

---

**Title:** EASE-Traffic Schlussbericht

Dokumenten Typ: Report  
Document Type:

Thema: EASE Schlussbericht  
Subject:

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Verantwortliche(r)  
Inhalt:  
Content Responsible:

S. Sievi

Rolle: Project Manager  
Role:

Unternehmen: Airbus Defence and Space  
Company: GmbH

Verantwortliche(r)  
Anwendung:  
Execution Responsible:

U. Brauer

Rolle: HoD  
Role:

Unternehmen: Airbus Defence and Space  
Company: GmbH

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Kurzdarstellung.....	5
1.1	Aufgabenstellung.....	5
1.1.1	Aufgabenstellung EASE-Traffic.....	6
1.2	Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde .....	7
1.3	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	7
1.4	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	8
1.5	Wissenschaftlich technischer Stand (Ausgangslage) .....	8
2	Eingehende Darstellung .....	10
2.1	Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen .....	10
2.1.1	Reactive Traffic Visualization (HAP 1000) .....	11
2.1.2	Forensic Profiling Assistance (HAP 4000) und Realtime Drift Services (HAP 6000) .....	16
2.1.2.1	Forensic Profiling Assistance - Collaborative Concept and Integration (AP 4300) .....	18
2.1.2.2	Realtime Drift Services - Collaborative Concept and Integration (AP 6500) .....	19
2.1.3	Reactive Traffic Engine (HAP 2000) .....	21
2.1.4	Smart Data Preparation (HAP 3000).....	25
2.1.5	Scenarios, Use Cases, User Requirements (HAP 7000).....	27
2.2	Zusammenfassung.....	34
2.3	Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	34
2.4	Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit .....	34
2.5	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	35
2.6	Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	35
2.7	Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses.....	35
3	Glossar .....	36

---

## Abbildungsverzeichnis

Fig.1	Projektplan.....	8
Fig.2	Workbench Design .....	11
Fig.3	Schiffsmodelle.....	12
Fig.4	Design Time-Controller.....	13
Fig.5	Ereignispunkte .....	14
Fig.6	Multi-Map View.....	15
Fig.7	Bookmarks .....	16
Fig.8	EASE Assistenzkatalog.....	17
Fig.9	Workflows.....	18
Fig.10	Assistenz Parametrisierung.....	18
Fig.11	Design Assistenz.....	19
Fig.12	Drift-Assistenz .....	20
Fig.13	Visualisierung der Driftberechnung .....	21
Fig.14	Data Index - Out-of-Order Data .....	22
Fig.15	Virtual Traffic Generator - Schiffe.....	23
Fig.16	Virtueller Verkehrsgenerator - Streckenmodell (I) .....	24
Fig.17	Virtueller Verkehrsgenerator - Routenmodell (II).....	24
Fig.18	World Wide Vessel Routes (Quelle: Marine Traffic 2019).....	25

---

## Tabellenverzeichnis

Tab.1 Testfälle Validierungskampagne II.....	27
Tab.2 Testfälle Validierungskampagne III.....	29
Tab.3 Testfälle Validierungskampagne III mit dem Partner BSH.....	32

---

# 1 Kurzdarstellung

## 1.1 Aufgabenstellung

Zur Gewährleistung der maritimen Sicherheit sind in der Bundesrepublik den Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) in der maritimen Sicherheit mit jeweils eigenen Aufgaben- und Verantwortungsbereichen beauftragt. Die Behörden sind in dem gemeinsamen Lagezentrum See im Maritimen Sicherheitszentrum in Cuxhaven vertreten. Gleichzeitig kooperieren sie miteinander, um im Falle von größeren oder kritischen Vorfällen diese gemeinsam, unter der Leitung des Havariekommandos, schnellstmöglich zu bewältigen.

In diesem Rahmen lassen sich drei größere Aufgabenbereiche identifizieren, für die sich das Projekt EASE zum Ziel gesetzt hat, die Arbeit der Behörden zu unterstützen.

### **Unfälle auf See**

Bei Unfällen auf See konnte in den letzten Jahren beobachtet werden, dass es im maritimen Frachtverkehr immer wieder vorkommt dass Container oder anderes Frachtgut bei Sturm über Bord gehen. Im Januar 2019 verlor die MSC Zoe in einem Sturm vor der Nordseeküste mehrere 100 Container. Tonnenweise Frachtgut wurde an die Küsten und Inseln der niederländischen und deutschen Nordsee angespült, ebenso musste über Monate ein immenser Aufwand betrieben werden um die über Bord gegangenen Container zu lokalisieren. Dies ist bis heute nur teilweise gelungen. Bei solchen oder ähnlichen Havarien ist von entscheidender Bedeutung, direkt nach der Ereignismeldung innerhalb von Minuten mögliche Auswirkungen auf den Schiffsverkehr, Infrastruktur und Umwelt besser einschätzen zu können. Dadurch lassen sich Warnungen in den betroffenen Gebieten kurzfristig aussprechen und das Risiko einer breiten Kontamination der Umwelt durch Giftstoffe reduzieren. Darüber hinaus gilt es durch eine verbesserte Datenlage möglichst frühzeitig die Einsatzplanung zu unterstützen und auf Basis neuer Erkenntnisse fortlaufend Suchbereiche zu präzisieren.

### **Organisierte Kriminalität**

Bei der organisierten Kriminalität werden im Rahmen von Untersuchungen zu Verdachtsmomenten sowie Routinekontrollen von Schiffen regelmäßig illegale Schmuggelwaren aufgefunden. Zum Teil werden auch Schwimmwesten als Indiz für illegale Migration oder Menschenhandel gefunden. Hierbei gilt es, bei den umfangreichen Mengen an Drogen, die jedes Jahr an Bord von Schiffen sowie als Treibgut im Wasser entdeckt werden, die Herkunft dieser Funde und die meist wiederkehrenden Transportwege zu detailliert zu untersuchen und aufzuklären. In diesem Zusammenhang ist es überaus wichtig, alle potentiell beteiligten Schiffe zeitnah zu identifizieren, bevor diese die regionalen Gewässer wieder verlassen. Konkret bedeutet dies, dass für eine sehr große Menge an Schiffen, die exakten Routen, auffällige Manöver sowie die Liste der angelaufenen Häfen über einen langen Zeitraum (mehrere Monate) analysiert und korreliert werden müssen. Leider stellen Schiffspapiere und Schiff-Tracking-Datenbanken in solchen Fällen nur bedingt belastbare Informationen bereit, da Hafenaufenthalte und Fahrtrouten leicht (vorsätzlich) verschleiert werden können. Insbesondere die Korrelation mehrerer Schiffsrouten, um mögliche Übergaben auf See oder andere Auffälligkeiten zu entdecken, ist derzeit nur mit hohem manuellem Aufwand möglich.

## **Umweltverschmutzung**

Der Bereich der Umweltverschmutzung stellt im Zusammenhang mit eingeleiteten Schadstoffen oder aufgefundenen Treibgütern die Notwendigkeit da, die Verursacher von Gewässer und Verunreinigungen rückwirkend zu identifizieren und zur Rechenschaft zu ziehen. Hierbei sind oft zeitintensive behördliche Recherchemaßnahmen einschließlich übergreifender Amtsleistungen (z.B.: Driftberechnungen vom BSH) erforderlich. Die in diesem Zusammenhang notwendigen aufwändigen können schnell mehrere Personen beschäftigen und sich über längere Zeiträume erstrecken. Besonders schädlich sind hierbei mehrfache Iterationszyklen, da diese den Ermittlungsprozess unweigerlich verlängern. Sehr schnell vorliegende Ergebnisse sind jedoch zwingend erforderlich, wenn Verursacher überführt werden sollen, da dies gegebenenfalls durch den Probeentnahme vor Ort (zum Beispiel direkt im Schiff) oder in Augenschein Name erfolgen kann.

Das Förderprojekt KI-basierte Assistenz für forensische Ermittlungen auf See - EASE hat sich zum Ziel gesetzt die Effizienz forensischer Ermittlungstätigkeiten im maritimen Bereich signifikant zu erhöhen und insbesondere die Aufklärungsquote bei zeitkritischen Fällen drastisch zu verbessern. Zwar gibt es vorhandene Systeme, diese sind allerdings lediglich nichtoptimierte Werkzeugkästen. Hier gilt es, aufgabenorientierte Interaktionskonzepte zu entwerfen, welche die maritimen Akteure situationsgerecht unterstützen.

### **1.1.1 Aufgabenstellung EASE-Traffic**

Der Fokus dieses Teilvorhabens liegt auf einer auf Benutzerfreundlichkeit optimierten und aufabengerechten Unterstützung der Anwender bei den oben genannten Ermittlungstätigkeiten.

Hierbei sollen vor allem zwei gegensätzliche und dadurch sich ergänzende Interaktionskonzepte erforscht und entwickelt werden. Auf der einen Seite ein innovatives Interaktionskonzeptes, das eine räumlich und zeitlich unbeschränkte Lagebildnavigation in Echtzeit ermöglicht. Auf der anderen Seite neuartige Assistenz- und Interaktionstechnologien, welche die Unterstützung und Teilautomation komplexer und vierteiliger Aufgaben dienen.

In bereits existierenden Systemen können solche räumlichen und teilweise zeitlichen Navigationsfunktionen nur sehr eingeschränkt genutzt werden. Wobei insbesondere der Blick in die Vergangenheit üblicherweise nur mit komplizierten Abfragedialogen, langen Wartezeiten und nicht existierenden Steuermöglichkeiten angeboten wird.

Im maritimen Kontext sollen nicht nur aktuelle sondern auch historische geobasierte Massendaten angezeigt und analysiert werden. Die Wirksamkeit eines Recherchekonzeptes kann stark beeinträchtigt werden, wenn das Laden der benötigten Daten zu viel Zeit in Anspruch nimmt. Konkret soll erforscht werden, wie man sehr große maritime Datenmengen so verarbeitet, dass der Benutzer sich nahezu verzögerungsfrei auf der Basis eines maritimen Lagebildes in Raum und Zeit bewegen kann.

Das Ziel des Projektes EASE ist es die manuellen Prozessaufwände für Recherche, Datenaufbereitung und -bewertung signifikant zu reduzieren. Neben der räumlich und zeitlich unbeschränkten Lagebildnavigation, soll Forschung und Design der Assistenzfunktionen dazu dienen, schwierige Arbeitsabläufe gezielt zu unterstützen. Im EASE Projekt werden diese durch den Drift-Service des Projektpartners BSH sowie der forensischen Analyse der Projektpartner Offis/DLR und Humatecs vertreten. Die Assistenzfunktion hat demnach auch das Ziel der Integration ergänzender Funktionen unter Berücksichtigung eines ganzheitlichen, innovativen Interaktionskonzeptes.

---

## 1.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Thema Digitalisierung gehört weiterhin zu den großen Aufgabe unserer Zeit. Die Umsetzung von Arbeitsprozessen aus der analogen Welt in Software Systeme ist weiterhin ein zentrales Thema. Viele, bereits digitalisierte, Arbeitsprozesse oder einzelne Schritte werden häufig in isolierten Funktionen verteilt über viele Systeme bereit gestellt. Eine Digitalisierung, die den wachsenden Anforderung an Komplexität in einer sich stetig wandelnden Welt gerecht wird, erfordert neuartige Herangehensweisen. Dies ist besonders zutreffend für den Anwendungsbereich der Sicherheit, in denen Nutzer die Aufgabe haben, in einer komplexen Gesamtsituation Ordnung und Stabilität zu erhalten, wie es die primäre Aufgabe unserer BOS der maritimen Sicherheit der Fall ist. Für die Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung der Stabilität werden ein besonderes Maß an Situationsbewusstsein und Entscheidungsunterstützung benötigt.

Um diese Anforderungen adäquat zu beantworten, ist es notwendig in den Architektur- und Designprozess die Perspektive des Nutzers einzubinden, mit dem Ziel, situationsgerechtes und aufgabenangepasstes Arbeiten in den digitalen Prozessen zu implementieren.

Das Abbilden einzelner Schritte in einem solchen Prozess, wie der Anomalie Detektion, ist an sich schon anspruchsvoll. Die Einbettung dieser einzelnen Arbeitsschritte in Arbeitsabläufe und darauf aufbauend in das Concept of Operations (CONOPS) einer Organisation, wie dem Maritimen Sicherheitszentrum, macht die Entwicklung dieser Software Systeme zu einer komplexen Aufgabe.

Aufgrund dessen war die Einbindung der assoziierten Partner in das Projekt EASE besonders wichtig und wertvoll. Perspektive und Anforderungen der assoziierten Partner ermöglichten es, relevante Fragen zu stellen und adäquate Antworten zu finden.

## 1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

An dem Projektverbund waren folgende Partner und assoziierte Partner beteiligt, die hier mit den eingebrachten Kompetenzen aufgelistet sind.

- Airbus Defence and Space - Space Systems in der Rolle als Projektkoordinatorin
  - Intelligente & leistungsstarke
  - Datenverarbeitung/-visualisierung
  - Reaktive Karte
  - Systemintegration
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
  - Entwicklung & Betrieb von Ozeanmodellkomponenten (Drift, Zirkulation, Ökosystem)
  - Auswertung und Beratung zu Drift- und Strömungsthemen
- Institut Offis
  - Formalisierung & technologische Unterstützung von menschlichen Tätigkeiten
  - Maschinelles Lernen
  - Evaluation & Validierung von maritimen Systemen
  - Manövernetze
- Humatects
  - Modellbasierte Konzeption und Implementierung von der Mensch Maschine-Interaktion
  - Anforderungserhebung

In beratender Form konnten Vertreter des Maritimen Sicherheitszentrum in Cuxhaven als assoziierte Partner gewonnen werden.

Bundespolizei See, Wasserschutzpolizei und Zoll brachten Anforderungen als Endnutzer ein und standen für Fragen und Reviews zur Verfügung. An dieser Stelle möchten wir uns bei den assoziierten Partnern für die sehr wertvolle Unterstützung sehr herzlich bedanken. Ebenso geht ein Dank an Jakota, die dem Projekt Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt haben.

## 1.4 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt wurde mit einer Laufzeit von 30 Monaten geplant und in der Abschlussphase um 2 Monate (kostenneutral) verlängert. Um die oben skizzierte Aufgabenstellung zu erfüllen, wurde das EASE Projekt in sieben Hauptarbeitspakete gegliedert. Die Hauptarbeitspakete und die eingeplanten Meilensteine sind in Abbildung 1 dargestellt. In den folgenden Abschnitten werden die während der Laufzeit erreichten Ergebnisse dargestellt.

	2019		2020				2021				2022																								
	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4																						
Meilensteine																																			
Projektmonat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32			
HAP 0000																																			
HAP 1000																																			
HAP 2000																																			
HAP 3000																																			
HAP 4000																																			
HAP 6000																																			
HAP 7000																																			

Fig.1 Projektplan

Das Projekt musste größtenteils unter Pandemiebedingungen durchgeführt werden, wodurch nur das Kickoff Meeting und das erste Projekttreffen als Präsenzveranstaltung stattfinden konnten. Über die gesamte Projektlaufzeit hinweg wurden daher regelmäßige online Projektbesprechungen mit den Projektpartnern aller Teilvorhaben durchgeführt.

## 1.5 Wissenschaftlich technischer Stand (Ausgangslage)

Im Projekt IntelliMar wurden bereits Erfahrungen bezüglich der Aufgaben und Arbeitsumgebung der Behördenvertreter des MSZ gesammelt. In IntelliMar wurde der Fokus auf die Überwachung der aktuellen Verkehrslage, speziell mit der Detektion und Visualisierung von Anomalien in Echtzeit, gelegt. Jedoch wurden Aspekte der Analyse (historischer) maritimer Daten, wie es in Ermittlungstätigkeiten relevant ist außer Acht gelassen.

Zu Beginn des Projektes EASE verfügten die Vertreter des MSZ über kein integriertes System welches ihnen eine interaktive, reaktive, räumliche und zeitliche Navigation in einer Seekarte mit maritimer Verkehrslage ermöglicht und darüber hinaus erlaubt, weiterführende Analysen in der Verkehrslage durchzuführen.

Insgesamt war zu beobachten, dass die Arbeitsvorgänge und die unterstützenden Werkzeuge oftmals nicht optimal auf die Bedürfnisse der involvierten Benutzergruppen zugeschnitten sind, so dass manche Ermittlungen nur mit signifikantem Zeitversatz durchgeführt werden können. Doch gerade zu Beginn

---

eines Vorfalls sind schnelles Handeln und gezielte Maßnahmen von entscheidender Bedeutung. Unter dem Aspekt einer Prävention ist es ebenso wichtig, Vorfälle zeitnah und effizient zu bearbeiten, um eine abschreckende Wirkung für zukünftiges kriminelles Handeln zu bewirken.

In der vergangenen Dekade hat sich mit steigenden Datenmengen das Management und die Analyse von Daten von klassischen Data Warehouse Systemen hin zu Echtzeitsystemen entwickelt, die große Datenmengen in Form von Big Data verarbeiten können. Im Datenmanagement ist es besonders wichtig, die zu analysierenden Daten ggf. in Echtzeit zu speichern bzw. vorhandene Daten aufzubereiten und für zukünftige Anfragen vorzuhalten (Predictive Data Caching). Dies stellt einen erheblichen Forschungsanteil dar, weil es insbesondere im Big Data Umfeld konzeptionell sowie technisch überaus anspruchsvoll ist.

Für das Teilvorhaben EASE-Traffic stand somit die Frage im Fokus, wie sich die Methoden des Datenmanagements aus kommerziellen Bereichen wie Data Warehouse Systemen in einem Echtzeitsystem der maritimen Sicherheit übertragen lassen. Und darüber hinaus, wie sich diese einsetzen lassen um innovative Nutzungskonzepte zu entwerfen, die den Nutzer optimal bei der Erfüllung seiner Aufgaben unterstützen.

---

## 2 Eingehende Darstellung

### 2.1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen

Die Entwicklung der vergangenen Jahre hat gezeigt, dass sich das Aufgabenspektrum bei der Verarbeitung von Massendaten ständig erweitert. Obwohl die Menge und Komplexität der Datenprodukte stetig zunimmt, besteht in Unternehmen und Behörden die Notwendigkeit und Erwartung, ihre wesentlichen Aufgaben schneller und effizienter erledigen zu können.

Gerade im Umgang mit Situation-Awareness-Anwendungen treten in diesem Zusammenhang viele Aufgabenstellungen auf, die ganzheitlich bewertet und kollaborativ bearbeitet werden müssen. Um die Informationsextraktion zu verbessern, werden dringend neuartige Systeme benötigt, die in der Lage sind, komplexe Datenmengen effizient zu handhaben. Dabei geht es um die Beschleunigung der gesamten Verarbeitungskette von der Datenerhebung über die Datenverarbeitung bis hin zur Datenvisualisierung. Beim Teilvorhaben EASE-Traffic lag ein wesentlicher Fokus bei Konzeption und Entwicklung auf der zentralen Kartenkomponente (Visualisierung komplexer Verkehrssituationen und Datenprodukte).

Technologien zur Verarbeitung und Visualisierung komplexer Daten haben sich in den letzten Jahren stark weiterentwickelt. Zudem ist auch die Hardware deutlich leistungsfähiger geworden. Große Datenmengen, die noch vor wenigen Jahren von mehreren Rechnern verarbeitet werden mussten, können heute auf einem einzigen Rechner bewältigt werden.

Die Forschungstätigkeiten im Teilvorhaben EASE-Traffic dienen dazu, diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen, indem folgende Kriterien in den Vordergrund gestellt werden.

1. Die Leistungsfähigkeit der Hardware ist deutlich gestiegen.
2. Die Intelligenz der Software wurde deutlich gesteigert.

Diese beiden Aspekte ermöglichen grundlegend neue Technologien im Umgang mit Massendaten, die bei der Erforschung von EASE-Traffic von Anfang an berücksichtigt wurden.

Von den Benutzern wird erwartet, dass sie im Rahmen ihrer täglichen Arbeit mit einer Vielzahl von Systemen und Anwendungen interagieren, um ganz spezifische Aufgaben zu lösen. Dementsprechend zeigt eine wichtige Erkenntnis in diesem Zusammenhang, dass mit zunehmender Komplexität einer Arbeitsumgebung die Leistungsfähigkeit eines Mitarbeiters abnimmt. Aus diesem Grund gibt es zwei übergeordnete Anforderungen, die bei der Gesamtentwicklung aller Komponenten des EASE-Systems berücksichtigt werden müssen:

1. Die Handhabung des EASE-Systems muss für den Anwender als „einfach“ empfunden werden. Er soll sich immer wohlfühlen und darf nie überlastet werden.
2. Der Umgang mit dem EASE-Systems muss für den Nutzer immer als „reaktiv“ erlebt werden. Er soll immer flüssig arbeiten können und darf nie das Gefühl haben, auf das System warten zu müssen.

Beides erscheint nicht allzu überraschend und findet sich in dieser Form (oder in anderer Form) in allen vergleichbaren Systemen wieder. Im EASE-Technologiedemonstrator werden diese Aspekte jedoch als die beiden wichtigsten Architekturtreiber eingestuft und können nur dann angemessen umgesetzt werden, wenn diese Kriterien von Anfang an berücksichtigt werden.

In den folgenden Hauptarbeitspaketen (HAP) werden die daraus resultierenden Forschungsergebnisse beschrieben.

### 2.1.1 Reactive Traffic Visualization (HAP 1000)

Ziel dieses Arbeitspaketes war es innovative Bedienkonzepte in einer einheitliche Bedienoberfläche zu entwerfen, welche die eingangs erläuterten Anforderungen und Ziele erfüllt.

Im Ergebnis wurde eine browserbasierte Anwendung mit einer Workbench gestaltet, wodurch eine flexible und zugleich aufgabenangepasste Arbeitsweise ermöglicht wird.

Aufgabenspezifische Funktionen werden in unterschiedliche Unterfenster (Views) strukturiert. Dadurch können alle Funktionen in ein Softwaresystem integriert und gebündelt werden. Die Bereiche der Workbench können jeweils frei konfiguriert werden. Durch „Drag & Drop“-Operationen können diese Ansichten beliebig angeordnet werden.

Die Gestaltung der EASE-Bedienoberfläche gliedert sich in einen oberen Bereich der interaktiven Karte und einem unteren Bereich der Daten (siehe Abb. Workbench Design). Im EASE Projekt wurde ausschließlich der Kartenbereich erforscht und bearbeitet, während im unteren Bereich ergänzende Funktionen gemockt wurden um das ganzheitlich Concept of Operations (CONOPS) der BOS im MLZ zu transportieren.

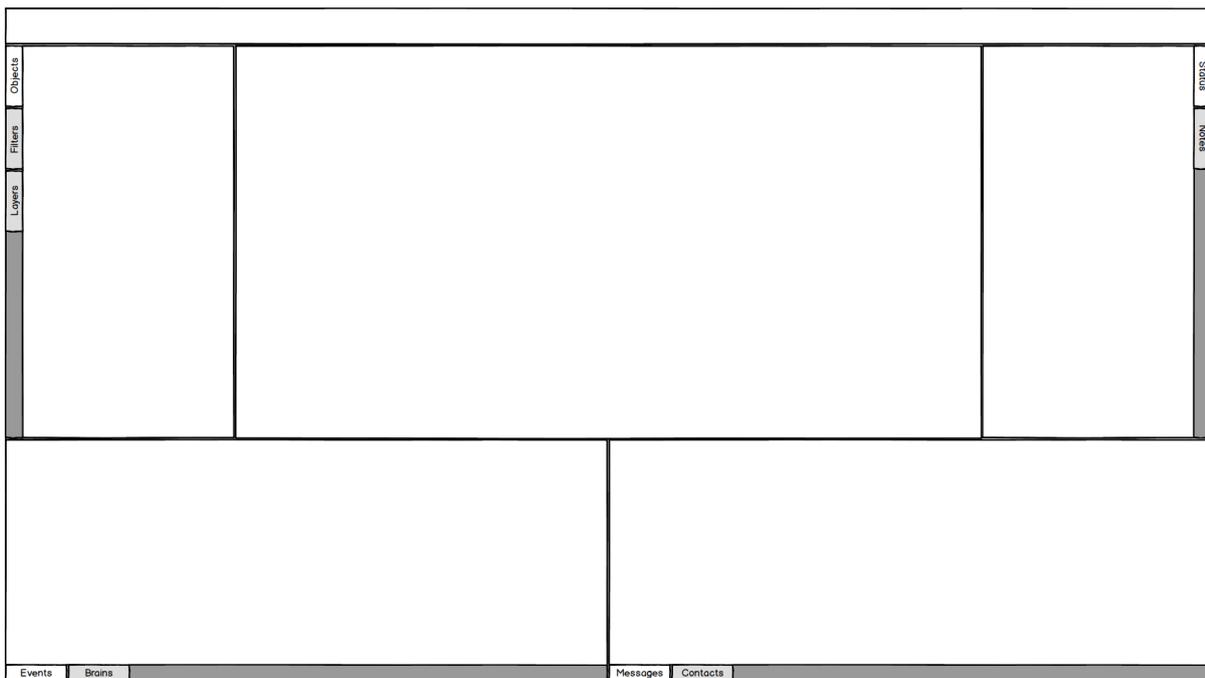


Fig.2 Workbench Design

#### Map View

Die zentrale Komponente des EASE-Technologiedemonstrators ist die interaktive Land- und Seekarte (siehe Abb. EASE-Workbench). Rechts und links der Karte befinden sich Views, die der direkten Interaktion mit der Karte dienen. Die Nutzer sollen dadurch sowohl bei ihren täglichen Routinearbeiten als auch in außergewöhnlichen oder kritischen Situationen unterstützt werden.

Die Grundlage der Karte bilden folgende Elemente:

- **Layer-Manager:** Sofern nicht auf Bild- oder Videoformat basierend wird jegliches Kartenmaterial mit Vektor Tiles abgebildet. Als spezialisierte Layer können Quellen wie Satellitenbilder, Live- oder aufgezeichnete Videoquellen, verschiedenes Kartenmaterial sowie Verkehrsdaten eingebunden werden. Ebenen können ihre Zeit mit der Kartenuhr synchronisieren oder ihre eigene Uhr verwenden. Dies ermöglicht Gruppen von Layern, zeitlich korrelierte Informationen anzuzeigen. Mit Geodaten verknüpfte Videostreams oder Satellitenbilder können als georeferenzierte Daten auf der Karte angezeigt werden. Dadurch können andere georeferenzierte Informationen zusammen mit dem Video- oder Bildmaterial zu Analysezwecken verwendet werden.
- **Bei Verwendung der 3D-Darstellung** werden Karteninformationen und Objekte ab einer bestimmten Zoomstufe automatisch plastisch dargestellt. Ebenso lassen sich Bild- und Videodaten in der Ebene kippen.
- **Schiffsmodelle:** Die Schiffsmodelle wurden in Abstimmung mit den assoziierten Partnern in 2D und 3D von Airbus und Humatecs gemeinsam entworfen. Die Farben der Schiffstypen entsprechen dabei dem IMO-Standard und dessen Form lässt erkennen, welche Funktion ein Schiff hat. Für die Darstellung werden ebenfalls Größen- als auch Orientierungsinformationen, die aus AIS-Daten ermittelt werden, genutzt. Dadurch ist es auch bei niedriger Zoomstufe möglich, größere Schiffe von kleineren zu unterscheiden. Ebenso nähert sich die Darstellung bei größeren Zoomstufen den realen Werten an (siehe Abb. Schiffsmodelle).
- **Raum-Zeit-Navigation:** Bei der weltweiten Navigation kann sich der Nutzer verzögerungsfrei per zooming und panning bewegen. Gleichzeitig kann der Time-Controller zur Navigation in der Zeit genutzt werden. Details dazu werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

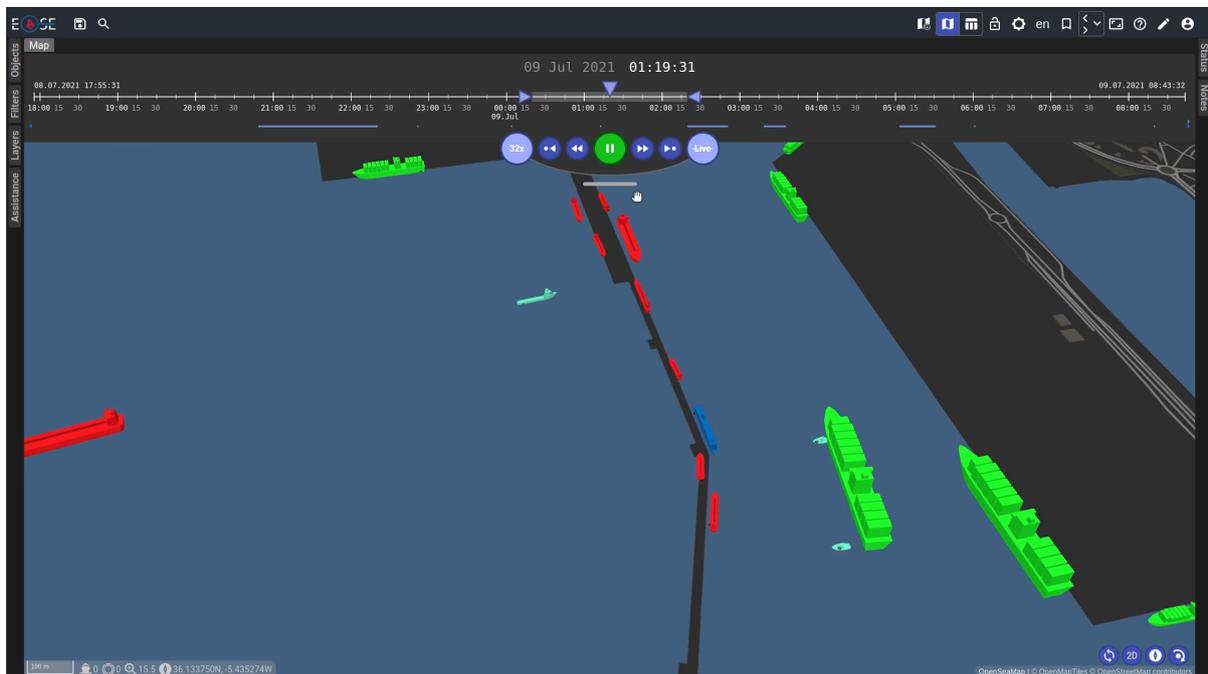


Fig.3 Schiffsmodelle

Die verzögerungsfreie Navigation bildet ein zentrales Element des innovativen Interaktionskonzepts. Sie ermöglicht dem Nutzer eine deutlich dynamischere Arbeitsweise, da beliebig häufig Ort, Zeitpunkt oder Perspektive des Lagebildes ohne Aufwand gewechselt werden kann. Um diese Dynamik zu fördern, wurden zusätzlich die im Folgenden aufgelisteten Funktionen in die Bedienschnittstelle integriert.

## Time-Controller

Ein Interaktionselement für die Navigation in der Zeit ist der Time-Controller. Das Bedienkonzept sieht vor, dass ein Benutzer in der Karte weltweit im Zeitraum von zehn Jahren frei navigieren kann. Die Reaktionszeit des Systems bleibt reaktiv, das heißt der Nutzer wird nicht durch Wartezeiten ausgebremst, wie es bei ähnlichen Systemen der Fall ist. Bestimmte Aufgaben, wie das Nachvollziehen von Schiffsrouten über längere Strecken bei der Verfolgung von illegalem Abwracken, werden dadurch ermöglicht. Der Nutzer hat die Möglichkeit verschiedene vergangene Zeitpunkte darstellen zu lassen und die Geschwindigkeit der Zeitreise zu steuern. Es ermöglicht eine sehr benutzerfreundliche Zeitreise. Die Zeitleiste bietet die Möglichkeit, per Drag-Funktionalität oder Rädern die Uhrzeit auf den gewünschten Zeitpunkt einzustellen. Die Granularität der Zeitleiste kann von Jahren bis Sekunden genau eingestellt werden, um grobe oder feine Sprünge zu ermöglichen. Außerdem bietet die Timeline die Möglichkeit, die Wiedergabegeschwindigkeit einzustellen und die Zeit anzuhalten. Die Time-Controller-Komponente (siehe Abb. Design Time-Controller) stellt die Kernfunktionalität für Zeitreisen in der Karte bereit.

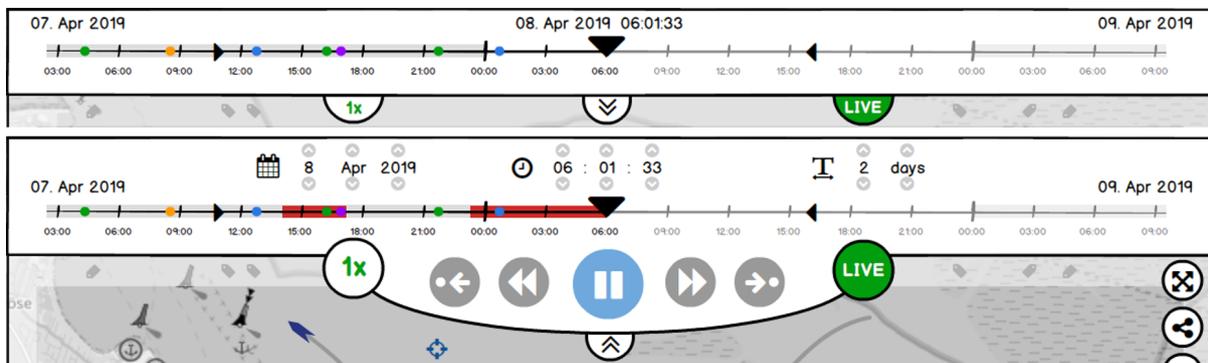


Fig.4 Design Time-Controller

## Ereignispunkte

Eine weiteres Element, das Situationsbewusstsein zu erhöhen, bilden die Ereignispunkte. Diese Funktion kann unter anderem für die Unterstützung des Nutzers bei der Analyse von Schiffsbewegungen einzelner Verkehrsteilnehmer genutzt werden. Soll beispielsweise ermittelt werden, ob bei der Fahrt eines Schiffes Auffälligkeiten aufgetreten sind, muss im Normalfall die komplette Schiffsbewegung verfolgt werden. Große Teile der Fahrt könnten jedoch für die Ermittlung uninteressant sein. Der EASE-Technologiedemonstrator unterstützt diese Aufgabe gezielt, indem interessante Ereignisse für die Routen ausgewählter Schiffe automatisch identifiziert und auf der Zeitachse markiert werden. Durch das Anklicken der Markierung kann direkt zum Ort und Zeitpunkt des Ereignisses gesprungen werden. Durch eine Vor- und Zurückfunktion kann der Nutzer von einem Ereignis zum nächsten springen, ohne manuell navigieren zu müssen. Für eine Schiffsroute lassen sich verschiedene Arten von Ereignissen identifizieren, z.B. Ausfall der AIS-Daten, ungewöhnliche Schiffsbegegnungen und - Bewegungen. Ereignisse können dabei je nach Art unterschiedlich erkannt werden. Die geeigneten Algorithmen (z.B. KI-Verfahren) zur Bereitstellung der Ereignisse werden als Service in die System of Systems Architektur eingebunden. Im EASE Projekt wurden die Ereignisse vom Projektpartner Offis/DLR bereit gestellt und über die Ereignispunkte in der Karte visualisiert (siehe Abb. Ereignispunkte).

Welche Ereignisarten für den Ermittler von Interesse sind, hängt von der Art der Ermittlung ab. Um den Ermittler hier optimal zu unterstützen, werden die Ereignispunkte nach ihrer Art farblich markiert. So

kann der Ermittler auch bei einer großen Anzahl von Ereignispunkten schnell die für ihn relevanten identifizieren. In der gesamten EASE-Software wurde darauf geachtet, dass der Nutzer möglichst schnell die für die jeweilige Aufgabe relevanten Informationen rein visuell extrahieren kann.



Fig.5 Ereignispunkte

**Multi-Map View**

Um Vergleichssituationen zu vereinfachen, wurde eine weitere Multi-View-Funktion in das System integriert. Hierbei kann die schnelle Navigation durch die Daten und die gleichzeitige Darstellung mehrerer Lagebilder Multitasking-Situationen bei der Beobachtung unabhängiger Lagebilder in Echtzeit, unterstützen. Der Nutzer kann sich dazu verschiedene Lagebilder nebeneinander anzeigen lassen (siehe Abb. Multi-Map View) oder diese in Tabs organisieren und zwischen diesen wechseln.

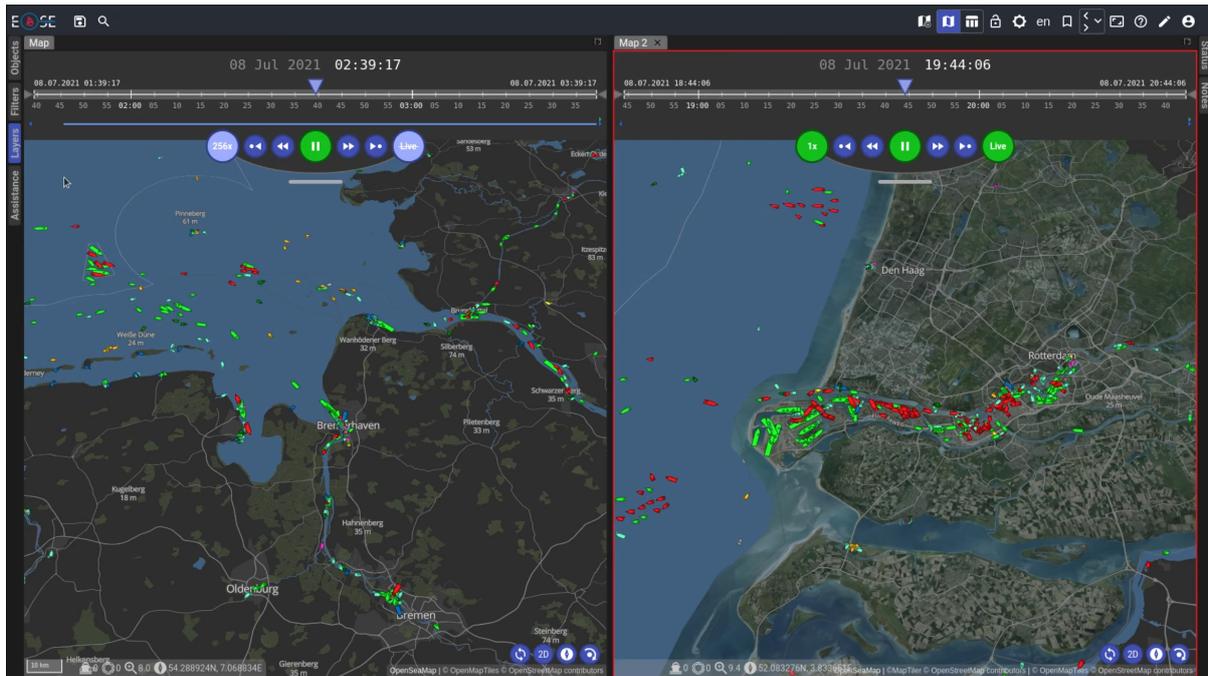


Fig.6 Multi-Map View

## Bookmarks

Um den Nutzer bei der Navigation zusätzlich zu unterstützen, wurde das aus Browsern bekannte Bookmark-Konzept integriert. Möchte der Nutzer ein Seegebiet häufiger aufsuchen, so kann er den entsprechenden Kartenausschnitt manuell als Bookmark speichern und direkt dorthin navigieren. Solche direkten Navigationen über Links werden in der Software an verschiedenen Stellen ermöglicht. Um aufwendiges manuelle Navigieren durch Bewegen der Karte zu verhindern, um zum letzten Ort zu gelangen, erzeugt die Software automatische Bookmarks. Der Nutzer kann durch eine Vor- und Zurück-Funktion (siehe Abb. Bookmarks, oben rechts) durch diese navigieren und so effizient zwischen verschiedenen Lagebildern hin und her wechseln.

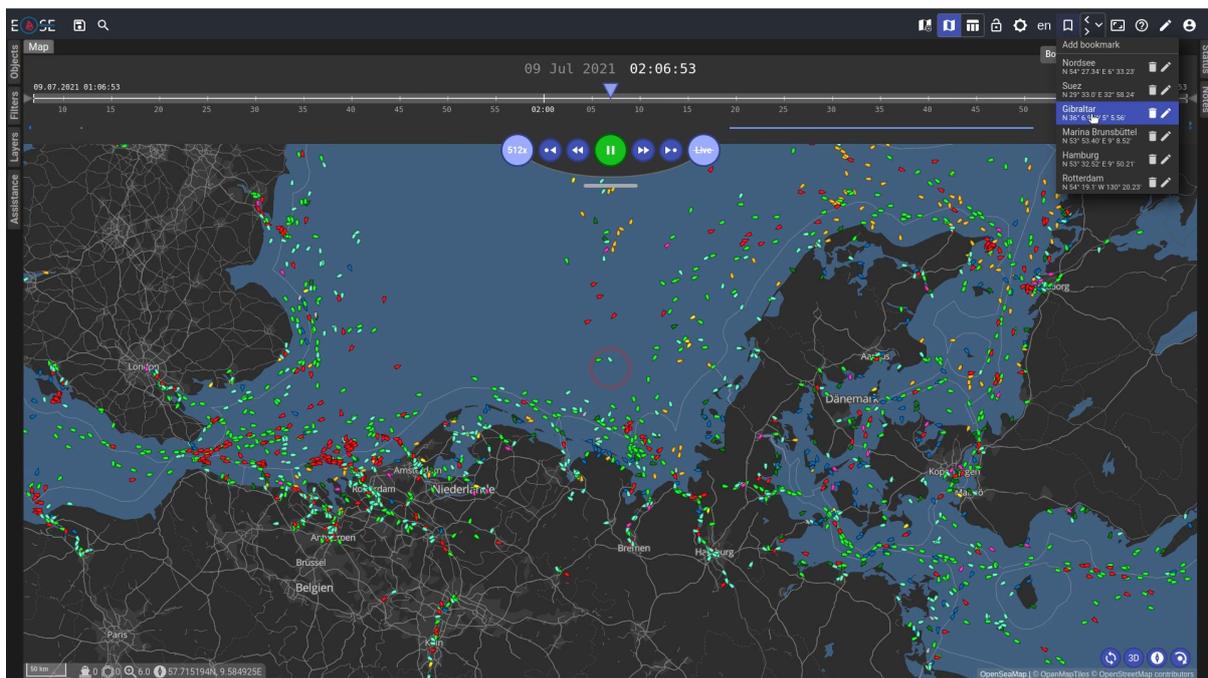


Fig.7 Bookmarks

### 2.1.2 Forensic Profiling Assistance (HAP 4000) und Realtime Drift Services (HAP 6000)

Analyse und Auswertung von Daten sowie die visuelle Darstellung von Berechnungsergebnissen in der Karte sind eines der Hauptmerkmale des EASE-Bedienkonzeptes. Ermöglicht wird diese Funktionalität durch die Einbindung externer Assistenzdienste. Diese Dienste können über eine Plugin-Architektur integriert werden.

Es wurde ein Framework geschaffen, welches mehrere Basiskomponenten bereit stellt, um die Schnittstellen der Assistenz zu realisieren, bestehend aus einer Visuellen-Komponente und einem Plugin-Deskriptor. Durch die im Plugin-Deskriptor verfügbaren Metadaten werden die Dienste an den entsprechenden Stellen im EASE-Demonstrator eingebunden.

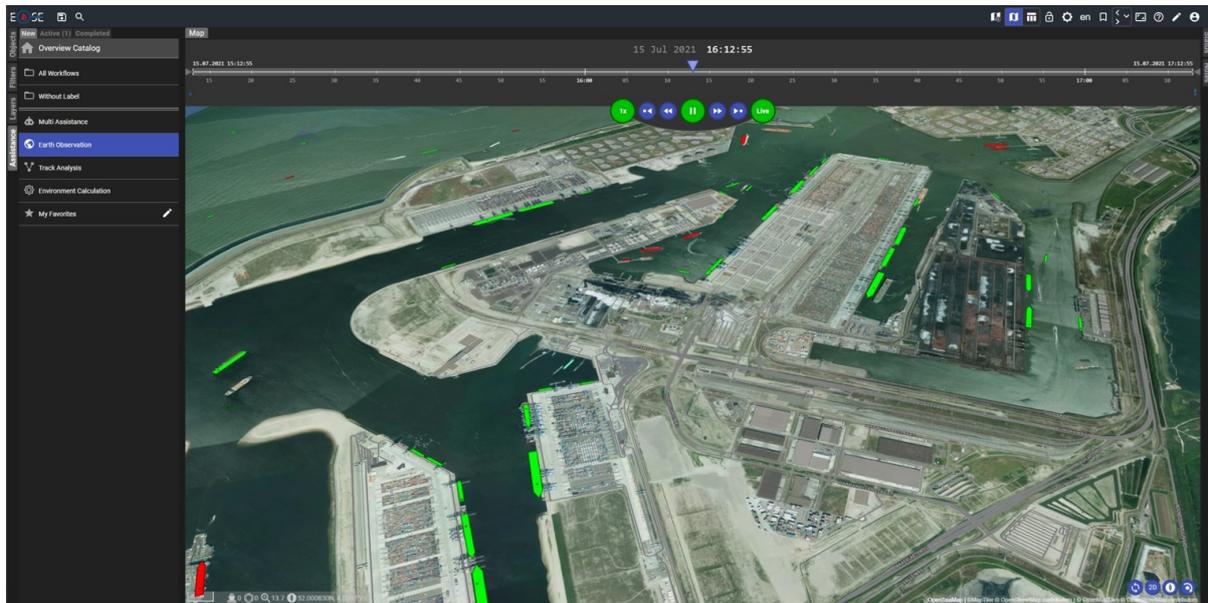


Fig.8 EASE Assistenzkatalog

Die Assistance-View ermöglicht es, verschiedene Assistenzsysteme in den EASE-Demonstrator einzubinden (siehe Abb. EASE Assistenzkatalog). Im Rahmen des EASE-Projekts wurden zwei Assistenzen umgesetzt, jeweils in enger Zusammenarbeit mit den Partnern BSH und Humatect's (HMT).

Für die Entwicklung der Interaktionskonzepte der Assistenz fand in der ersten Phase des Projektes eine intensive Analyse und Designphase statt. Als Basis hierfür wurden Use Cases basierend auf den drei Ermittlungsbereichen Unfälle auf See, Organisierte Kriminalität und Umweltverschmutzung herangezogen. Darauf aufbauend wurde das Assistenzkonzept mit der Plugin-Architektur entwickelt.

### 2.1.2.1 Forensic Profiling Assistance - Collaborative Concept and Integration (AP 4300)

Bei der Entwicklung der Smart Profiling Assistance Visualisierung von HMT stellte Airbus das Plugin Framework zur Verfügung auf dessen Basis HMT die Views der Workflows (siehe Abb. Workflows) und der KI-basierten Parametrisierung (siehe Abb. Assistenz Parametrisierung) erstellten. Der Vorteil an einer solchen Herangehensweise ist, dass die Visualisierungskomponenten, auch wenn sie von unterschiedlichen Anbietern bereit gestellt werden, sich in Interaktionskonzept und Design der Anwendung konsistent einfügen.

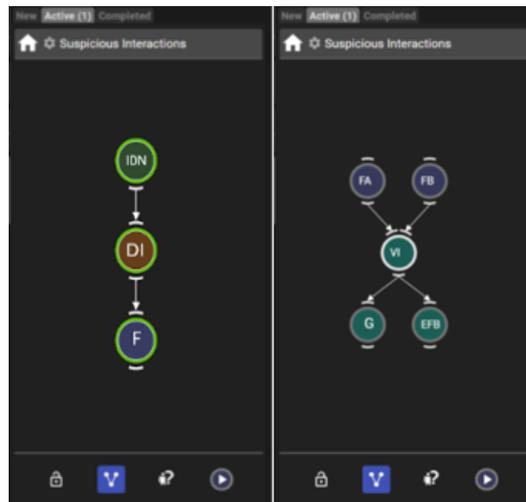


Fig.9 Workflows

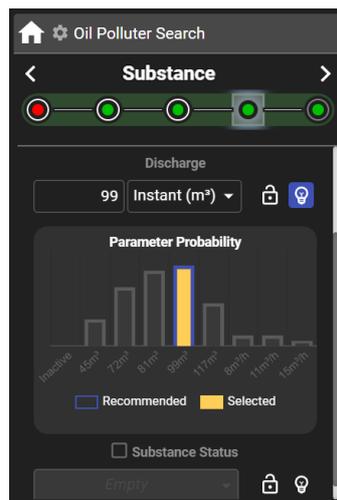


Fig.10 Assistenz Parametrisierung

### 2.1.2.2 Realtime Drift Services - Collaborative Concept and Integration (AP 6500)

Weiterentwicklung und Integration des Drift-Services des BSH erfolgte in enger Zusammenarbeit. Wie oben bereits beschrieben wurde in der initialen Analyse- und Designphase sowohl die Graphische Benutzerschnittstelle (siehe Abb. Design Assistenz) als auch das Service API auf Seiten des BSH entworfen.

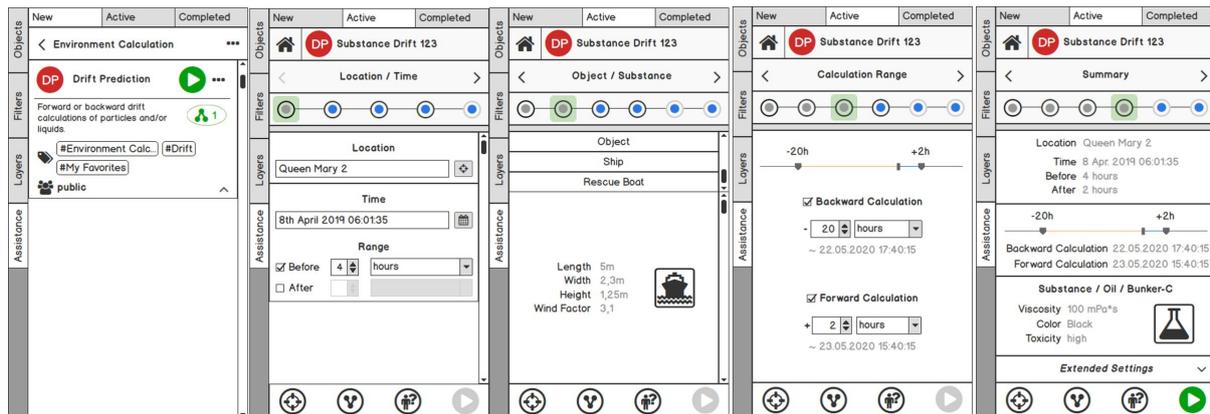


Fig.11 Design Assistenz

Im weiteren Verlauf wurden beim BSH die erforderlichen Entwicklungen an den Driftalgorithmen und der Übertragung an das Service API umgesetzt, während auf Seiten von Airbus die Integration der Driftberechnung über das Service APIs bis in den EASE-Demonstrator erfolgte. Darüber hinaus wurde die Visualisierung der Driftergebnisse inklusive Drift-Assistenz komplett von Airbus umgesetzt.

Mit der Assistenz erhält der Nutzer eine gezielte Unterstützung bei der Eingabe der Parameter für eine Driftberechnung (siehe Abb. Drift-Assistenz), welche nach Abschluss der Eingabe eine Drifanfrage an den Service des BSH sendet. Das Ergebnis wird innerhalb kürzester Zeit in der Karte visualisiert. Die Ergebnisse werden auf der Karte mit zeitlich markierten Bereichen angezeigt. Ebenso ist die Analyse der Driftberechnung in Verbindung mit anderen Daten wie Verkehrsdaten möglich. Falls Ladung oder Personen über Bord gehen, müssen die Auswirkungen auf Schiffsverkehr, Infrastruktur und Umwelt sowie die Planung von Rettungsmaßnahmen durchgeführt werden. Durch die Driftberechnung kann die aktuelle Situation zeitnah beurteilt werden. Darüber hinaus können Ermittlungen zu kriminellen Aktivitäten wie Schmuggel illegaler Waren oder Umweltverschmutzung nach Aufdeckung nachträglich durchgeführt und mit der Verkehrslage abgeglichen werden.

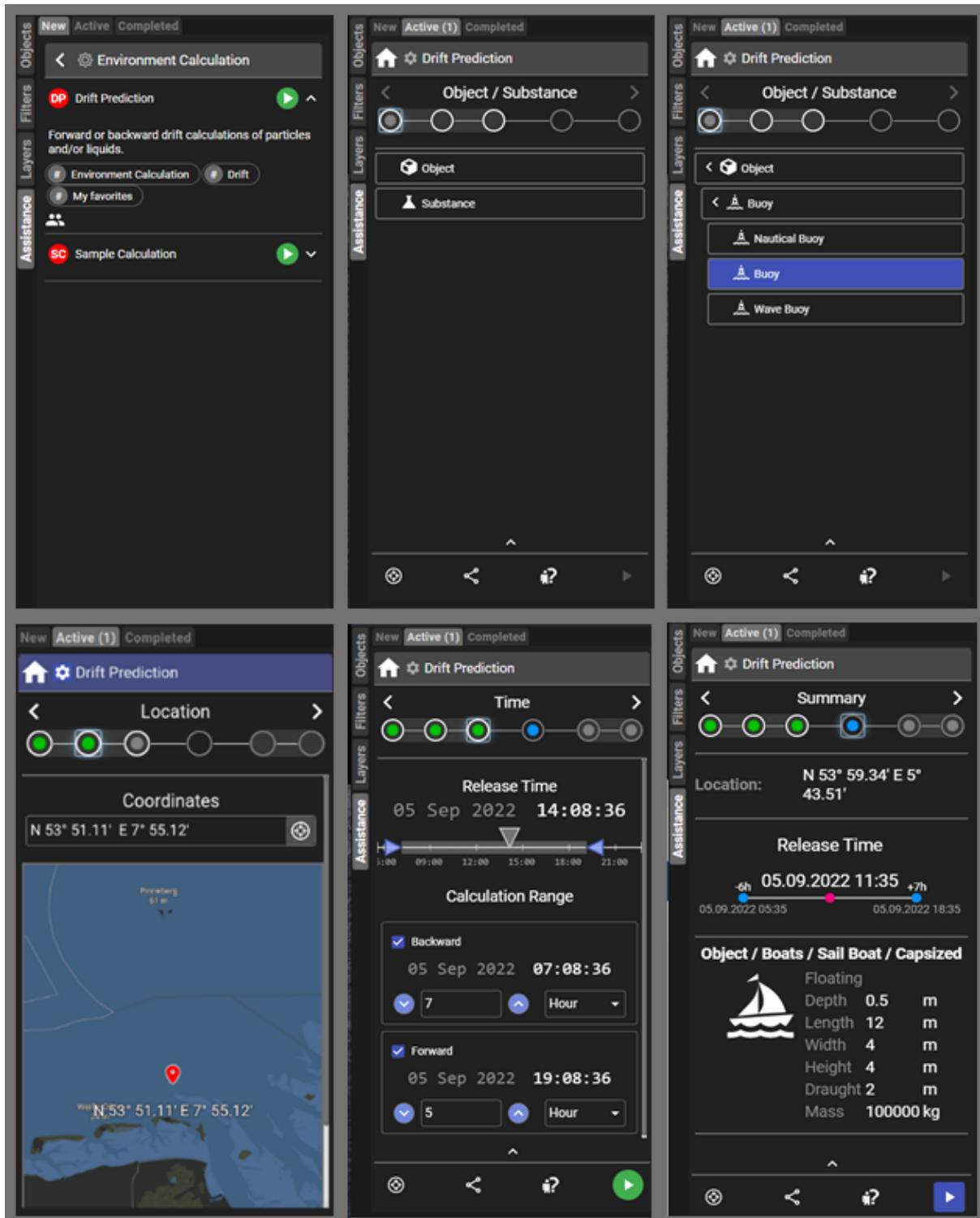


Fig.12 Drift-Assistenz

Mit der interaktiven Zeitleiste wird dem Benutzer ermöglicht, das Driftergebnis über die Zeit (vor und zurück) zu beobachten und zu analysieren. Die rote Ellipse stellt den aktuellen Zeitpunkt dar, der blaue Teil die Vergangenheit und der grüne die Zukunft (siehe Abb. Visualisierung Driftberechnung).

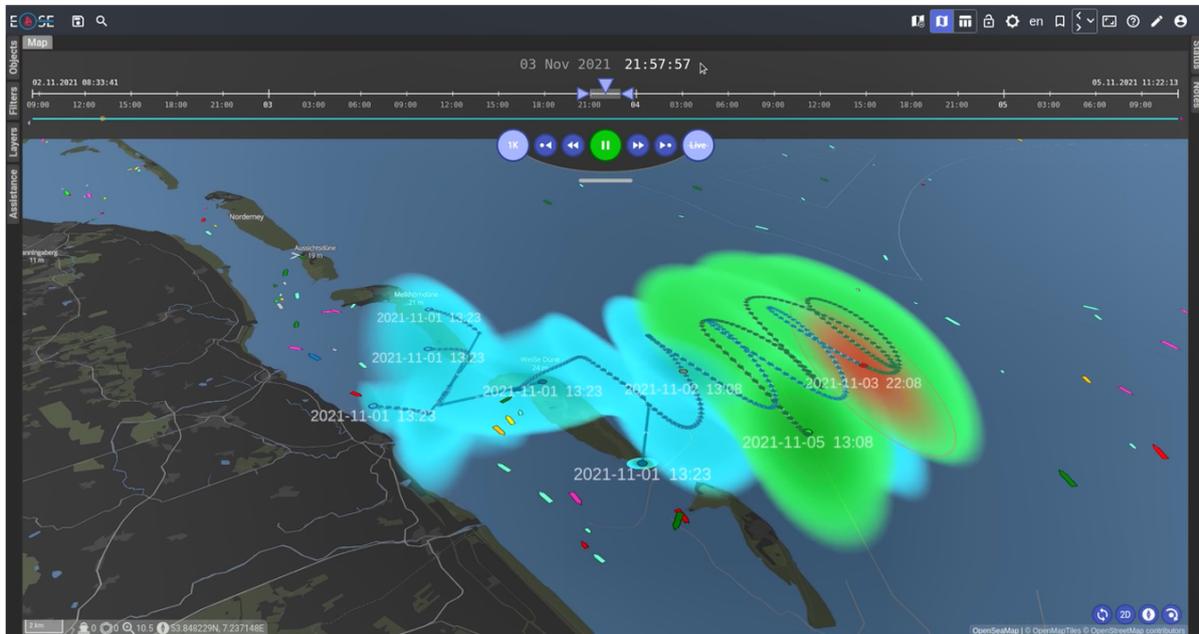


Fig.13 Visualisierung der Driftberechnung

### 2.1.3 Reactive Traffic Engine (HAP 2000)

Um eine verzögerungsfreie Navigation in der Kartenanwendung zu gewährleisten, wurde ein neues Konzept zur Aufbereitung, Speicherung und Übermittlung von Daten entwickelt. Dies basiert auf einer eingehenden Bewertung der auf dem Markt verfügbaren Technologien, die ergab, dass keine der bestehenden Lösungen die erforderlichen Ziele zur Verringerung der Latenz auf der einen Seite und Erhöhung der Reaktivität auf der anderen Seite vollständig erfüllte.

#### Smart Data Index

Aus diesem Grund wurde der Smart Data Index als eigenständige Softwarekomponente im EASE-System entwickelt. Üblicherweise konzentrieren sich bestehende Frameworks und Technologien entweder auf den Aspekt der effizienten Datenübertragung oder auf den Aspekt der effizienten Datenspeicherung. Das Konzept des Smart Data Index deckt beide wichtigen Aspekte ab und kombiniert leistungsfähige Mechanismen zur binären Datenserialisierung mit intelligenten Konzepten zur Datenstrukturierung und Speicherung.

Während der Konzeption und Entwicklung des Smart Data Index wurde kontinuierlich ein Benchmarking mit gängigen Technologien aus den Bereichen Datenübertragung (z. B. ProtoBuf) und Big Data Storage (z. B. Parquet V1/V2) durchgeführt. Das Benchmarking zeigte, dass der Smart Data Index bei der Verarbeitung von 33.000 AIS-Positionsmeldungen 3-4 mal effizienter in Latenz und Übertragung im Vergleich zu ProtoBuf ist. Weiteres Benchmarking auf der Grundlage von 1.250.958.775 Zeitreihendaten aus dem Weltraumsektor zeigte, dass Smart Data Index bei der Datenverarbeitung im Vergleich zu Parquet V1/V2 2-3 mal effizienter ist.

Von entscheidender Bedeutung im Smart Data Index ist die Unterstützung von Out-of-Order (O3)-Daten. Abhängig von der Datenquelle (z. B. Positionsdaten, die über ein Satellitennetzwerk empfangen werden) können sie mit erheblicher Verzögerung eintreffen. Aus diesem Grund wurde die Verarbeitung beliebig verzögerter O3-Daten als zentrale Anforderung bei der Konzeption und Entwicklung des Smart-Data-Index betrachtet. Aus diesem Grund ist der interne Verarbeitungsmodus in zwei funktional unabhängige Bereiche aufgeteilt:

(1) Die Staging-Area erlaubt es, jederzeit beliebige Mengen von O3-Daten mit beliebigen Zeitstempeln (auch zufällig) bereitzustellen. Allerdings werden die Daten weniger vorverarbeitet und die Beantwortung von Anfragen erfordert etwas mehr Nachbearbeitungsaufwand. Dementsprechend ist die die Performanz Daten einzufügen sehr hoch, die die Performanz Daten abzufragen etwas geringer und der Speicherbedarf hoch.

(2) Die Commit-Area unterstützt keine O3-Daten. Allerdings werden die Daten viel stärker vorverarbeitet und die Beantwortung von Anfragen erfordert nur einen sehr geringen Aufwand in der Nachbearbeitung. Dementsprechend ist die Performanz Daten einzufügen etwas geringer, die Performanz Daten abzufragen sehr hoch und der Speicherbedarf sehr gering.



Fig.14 Data Index - Out-of-Order Data

Wenn neue Daten eingefügt werden, werden diese zunächst in der Staging-Area gesammelt und dann kontinuierlich in die Commit-Area übertragen. Der Vorteil dieses Konzepts liegt darin, dass trotz des permanenten Imports neuer O3-Daten jederzeit eine performante Abfrage historischer Daten möglich ist. Die obige Abbildung zeigt das Prinzip der Datenindizierung, einschließlich Daten außerhalb der Reihenfolge (Sitzung F wurde nach Sitzung D eingefügt).

### Virtual Traffic Generator

Der Umgang mit globalen Datensätzen hat die besondere Eigenschaft, dass sie extrem viele Daten enthalten und folglich extrem viel Speicherplatz benötigen. Insbesondere die Verarbeitung solcher Datensätze ist sehr zeitaufwändig und kann Stunden oder Tage dauern. Gerade bei der Generierung und Erprobung neuer Systemfunktionalitäten erweist sich der Umgang mit solch großen Datenmengen als problematisch. Aus diesem Grund wurde für das EASE-System ein virtueller Verkehrsgenerator konzipiert und entwickelt. Dies ermöglicht die nahezu verzögerungsfreie Generierung aller relevanten Objekttypen (Land-, Wasser-, Luft- und Raumeinheiten) in beliebiger Datendichte zu jeder Zeit.

Die folgende Abbildung zeigt den Verkehrsgenerator als Datenquelle für die EASE-Benutzeroberfläche, um Leistungstests mit einer extrem hohen Dichte an Schiffsverkehr zu unterstützen.

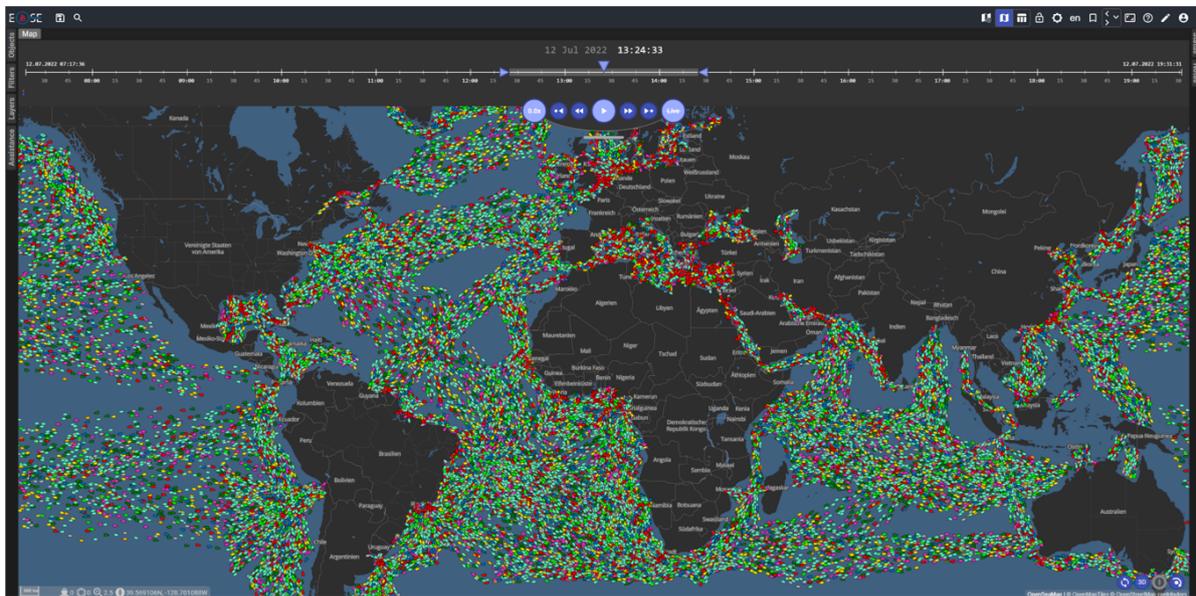


Fig.15 Virtual Traffic Generator - Schiffe

Zur dynamischen Generierung von Positionsdaten muss der Virtual Traffic Generator entsprechend konfiguriert werden. Dies geschieht durch die Angabe bestimmter Referenzdaten zu einem bestimmten Zeitpunkt und die Bereitstellung eines Streckenmodells. Danach kann der Nutzer frei in der Zeitleiste hin und her springen oder bei Bedarf eine Wiedergabe starten. Die „Reise“ in Raum und Zeit benötigt in einer maritimen Konfiguration etwa 10ms, um ein weltweites Lagebild mit über 300.000 Objekten zu erzeugen. Die generierten Situationsbilder sind mathematisch stabil, in dem Sinne, dass eine spätere Neugenerierung (zum gleichen Zeitpunkt) zum gleichen Ergebnis führt. Der Ressourcenbedarf für die Generierung ist minimal und kann auch auf kleinsten Rechnern effizient ausgeführt werden.

Während der Entwicklung des EASE-Demonstrators wurde der virtuelle Verkehrsgenerator intensiv genutzt. Es hat sich gezeigt, dass die Effizienz des Engineerings raumbezogener Softwarekomponenten deutlich verbessert werden könnte.

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen die Konfiguration der Routen für den Verkehrsgenerator. Die obere für den Schiffsverkehr, die untere für Fußgänger im Zoo Hannover.

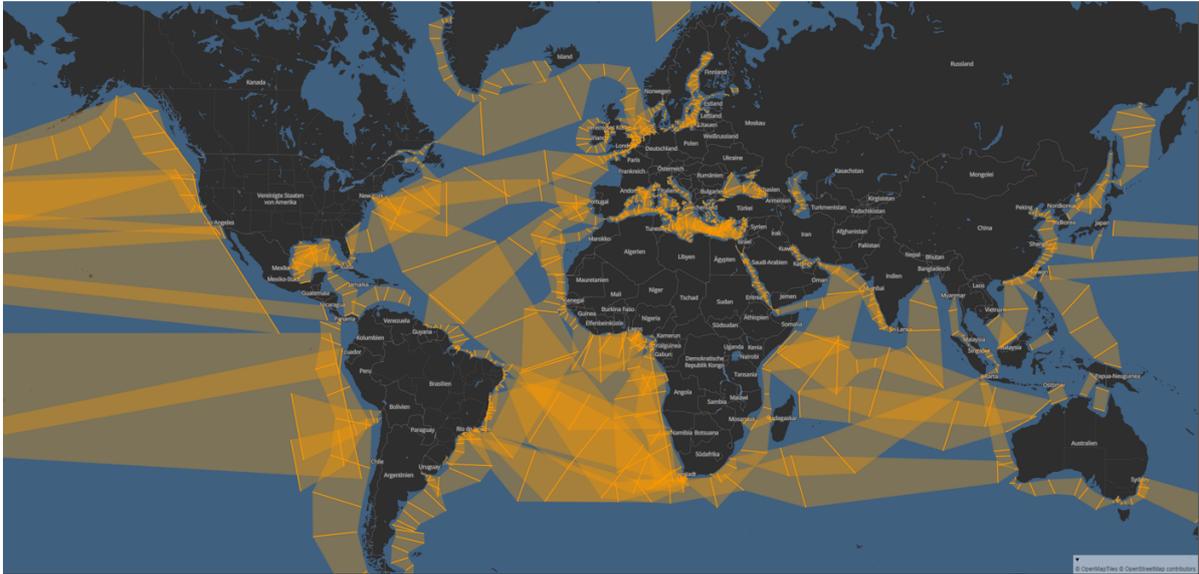


Fig.16 Virtueller Verkehrsgenerator - Streckenmodell (I)

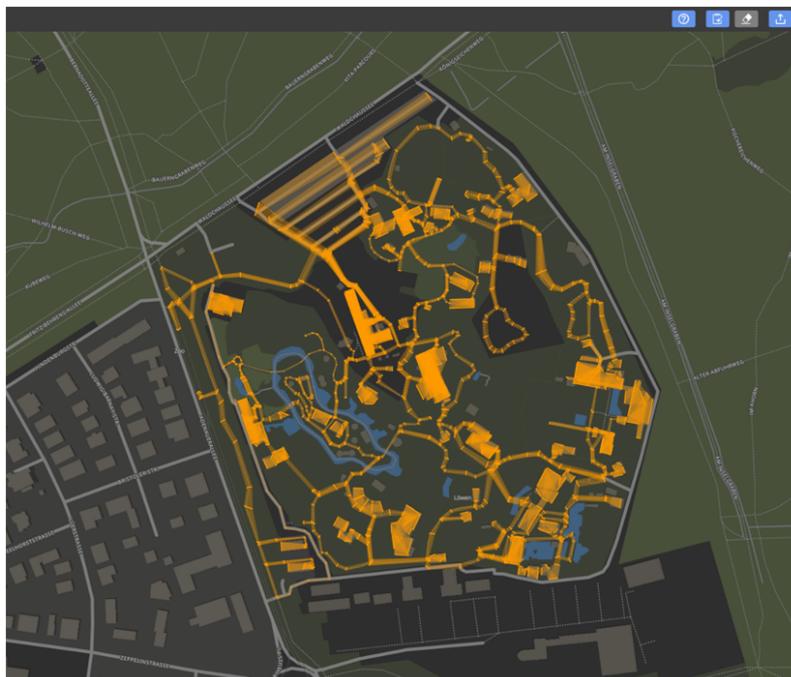


Fig.17 Virtueller Verkehrsgenerator - Routenmodell (II)

Diese Abbildung zeigt zum Vergleich eine Heatmap des weltweiten Schiffsverkehrs (Quelle: Marine Traffic, 2019).

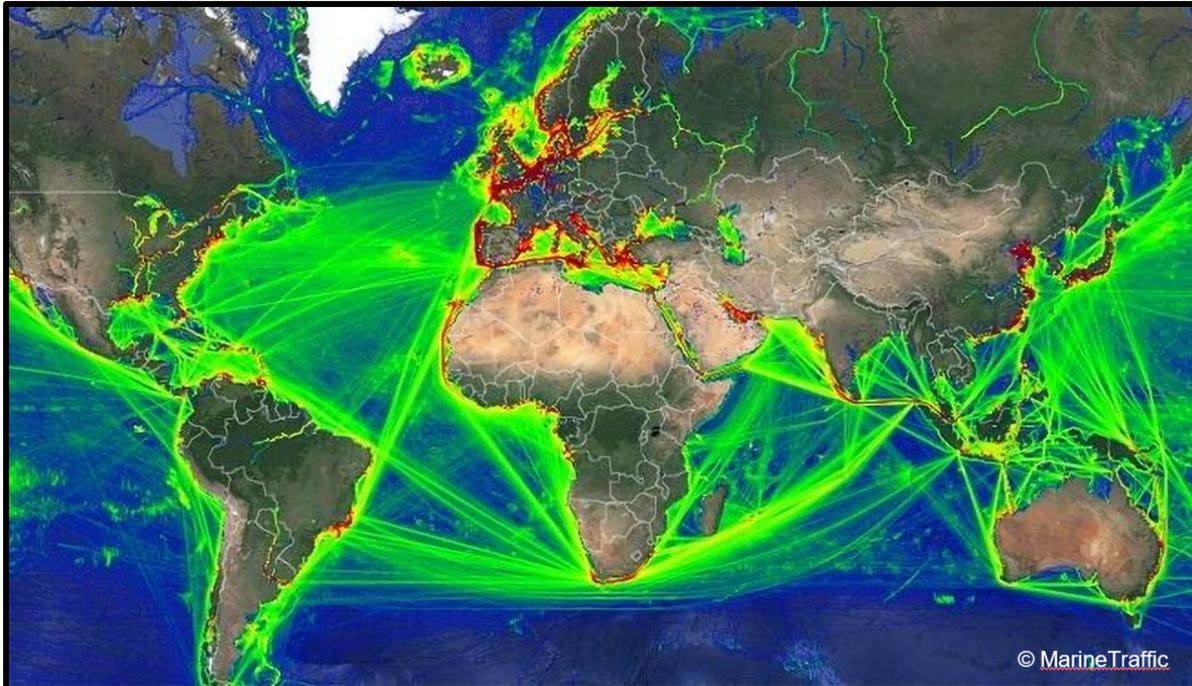


Fig.18 World Wide Vessel Routes (Quelle: Marine Traffic 2019)

## 2.1.4 Smart Data Preparation (HAP 3000)

### Data Service Grid

Das EASE-System arbeitet als verteiltes System, das auf einem Konzept namens Data Service Grid (DSG) basiert. Dieses ist als nachrichtenorientiertes Netzwerk basierend auf 1..n DSG-Knoten aufgebaut. Jeder DSG-Knoten stellt eine unabhängige Laufzeitumgebung bereit, um lokale Dienste auszuführen oder entfernte Dienste transparent zu integrieren.

In einem solchen DSG-Netzwerk können interne und externe Daten einfach an jedem verteilten DSG-Knoten bereitgestellt (oder konsumiert) werden. Dazu müssen Ein-/Ausgabeadapter angebunden werden (an beliebigen lokalen/entfernten DSG-Knoten). Um Bandbreite zu sparen, regulieren die DSG-Knoten dynamisch die Datenströme, um Informationen nur an diese spezifischen Orte zu übertragen, an denen die Daten tatsächlich verbraucht werden.

Die Kommunikation innerhalb eines DSG-Netzwerks basiert auf einer Messaging Technologie, sodass mehrere Standorte (minimal invasiv) unter Verwendung der vorhandenen Infrastruktur verbunden werden können.

### Concurrent Streaming Framework

Die Verarbeitung und Speicherung sowie der (Low-Latency) Abruf einer großen Anzahl gleichzeitiger Datenströme ist eine der wichtigsten Aufgaben im EASE-System. Mit diesem Wissen wurden die Anforderungen in einem frühen Entwicklungsstadium erhoben und vorhandene Technologien bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Mischung aus einer Geodatenbank und einem intelligenten

---

Archivkonzept der beste Weg ist, um die ambitionierten Leistungsanforderungen zu erfüllen. Aus diesem Grund wurde das Concurrent Streaming Framework entworfen, das eine wesentliche Softwarekomponente innerhalb des Smart Data Index darstellt.

Der Hauptvorteil des Concurrent-Streaming-Frameworks besteht darin, dass Tausende von Datenströmen gleichzeitig auf vollständig parallelisierte Weise mit Hunderten von Datenströmen verarbeitet werden können. Um Ressourcen zu sparen, werden die Daten in großen Dateien organisiert, so dass jeder einzelne Datenstrom dennoch durch einen eindeutigen Referenzzeiger adressiert werden kann.

Das Besondere dabei ist, dass die Dateneinheiten im Memory Buffer verwaltet werden und somit einen hochperformanten Zugriff ermöglichen. Das heißt, einzelne Datenströme werden so organisiert, dass möglichst große Bereiche sequentiell ausgelesen werden können. Je nach Datenstrom ist es auch möglich, gleichzeitig in einen Datenstrom zu schreiben, und parallel einen anderen Datenstrom zu lesen.

### **MicroBuffer Serialization Framework**

Das MicroBuffer Framework bildet einen weiteren Baustein der hochperformanten Datenspeicherung und -übertragung, wobei durch die Parametrierung und die Auswahl spezifischer Modi ein besonderer Schwerpunkt auf extrem schnelle Datenübertragung oder extrem komprimierte Datenspeicherung gelegt werden kann. Das Funktionsprinzip gliedert sich in folgende Schritte:

Die Datenquelle enthält strukturierte Daten (z.B. AIS), die gesammelt werden. Mit dem Verschlüsselungsalgorithmus kann die Struktur der Daten trainiert oder ein Mapping erstellt werden. In den folgenden Schritten werden die Daten verschlüsselt und komprimiert. So können sie beispielsweise im Datenspeicher abgelegt oder an die EASE-Benutzeroberfläche übertragen werden. Die gemeinsame technologische Basis für Übertragung und Datenspeicherung ist ein Kriterium für die Leistungsfähigkeit.

Darüber hinaus tragen folgende Elemente zur Effizienz und Performance bei:

- Der gesamte Prozess der Datenverarbeitung verursacht keinerlei Garbage Collection, wodurch erhebliche Verzögerungen vermieden werden.
- Bei der Datenübertragung wird bei einem langsamen Empfang der Daten ein Rückstau vermieden, indem die einzelnen Pakete automatisch zusammengefasst werden.
- Die Kodierung der Daten nutzt besonders effiziente Algorithmen.
- Die Komprimierung der Daten erfolgt automatisiert, wobei der Algorithmus den jeweils optimalen Kompressionsalgorithmus wählt.

Benchmarking hat gezeigt, dass die Data Index-Technologie bei der Verarbeitung von 33.000 AIS-Positionsmeldungen um den Faktor 3,5 effizienter in Latenz und Übertragung ist als ProtoBuf. Weiteres Benchmarking von Zeitreihenmessdaten aus dem Weltraumsektor (1.250.958.775 Werte, 3.045.550 Zeilen) zeigte, dass Data Index im Vergleich zu Big Data Storage Parquet-V2 um den Faktor 2-3 effektiver in der Speichergröße ist.

## 2.1.5 Scenarios, Use Cases, User Requirements (HAP 7000)

Um den Projektfortschritt über den gesamten Projektverlauf sicher zu stellen, wurden im Projekt drei Validierungskampagnen (M1 - M3) vorgesehen und umgesetzt. Die Validierungskampagnen basierten auf konkreten Tests, anhand derer Projektfortschritt in Forschung und EASE-Demonstrator Implementierung überprüft wurde. Gemeinsam mit den Projektpartner wurden Use Cases und Szenarien erarbeitet, welche als Grundlage für die Tests der Validierungskampagnen und gleichzeitig der Erfüllung der SMART Ziele dienen.

### Validierungskampagne I

Das Ziel der Validierungskampagne I gliederte sich in zwei Teile. Der erste Teil bestand aus der Erstellung eines Technischen Durchstichs. Für das Teilvorhaben EASE-Traffic bestand dieser darin, eine erste Version der Benutzerschnittstelle vorzustellen und zu testen. Es wurde ein statischer AIS Datensatz für die Visualisierung der Verkehrslage genutzt. Desweiteren wurde ein Verbindungsaufbau zum Drift-Webservice aus der EASE-Service Umgebung von Airbus zum BSH und mittels DSG-Node eine Verbindung zwischen Airbus und Offis/DLR umgesetzt.

Der zweite Teil der ersten Validierungskampagne bestand in einer Demonstration der Benutzerschnittstelle gegenüber den assoziierten Partnern im MSZ. Es wurde eine Validierung der HMI-Konzepte durch eine Demonstration der Benutzerschnittstelle bei den Referenzbenutzern im MSZ durchgeführt. Die Corona Pandemie machte einen Besuch im MSZ unmöglich. Ebenso war eine Demonstration der Interaktionskonzepte mit einer reinen Online-Präsentation aufgrund von Bandbreiteneinschränkungen nicht zielführend. Daher wurde dem MSZ mehrere vorkonfigurierte Endgeräte (MS Surface Studio, MS Surface Pro, Mobiles Endgerät sowie div. Eingabegeräte) zur Verfügung gestellt, um dann vor Ort - unterstützt mit einer Remotedesktopverbindung - eine verteilte Demonstration der Benutzerschnittstelle durchzuführen. Die Demonstration war sehr erfolgreich und wurde überaus positiv aufgenommen.

### Validierungskampagne II

Der Schwerpunkt der Validierungskampagne II wurde aus das "Knacken der Harten Nüsse" gesetzt, also der Identifikation der größten Herausforderungen. Für Airbus bestand die Harte Nuss darin: "*F lüssige Visualisierung komplexer Verkehrslagen (weltweit) ohne negativ spürbare Verzögerungen für den Benutzer.*" Folgende Tests wurden durchgeführt.

Was?	Wie?	Ziel	Akzeptanzkriterium	Er g.
Anzeige von 2D-Schiffssymbole in der EASE Weboberfläche.	Der Benutzer wählt eine kleine Zoomstufe und verschiedene Ausschnitte in der Karte, in denen Schiffe zu sehen sind.	Die unterschiedlichen Schiffe sollen auf Basis der 2D-Symbole optisch in Bezug auf Typ und Größe unterschieden werden können.	Ausgewählte Schiffe können optisch in Bezug auf Typ und Größe voneinander unterschieden werden.	✔

Was?	Wie?	Ziel	Akzeptanzkriterium	Er g.
Anzeige von 3D-Schiffsmodellen in der EASE Weboberfläche.	Der Benutzer wählt eine große Zoomstufe und verschiedene Ausschnitte in der Karte in denen Schiffe zu sehen sind.	Die unterschiedlichen Schiffe sollen auf Basis der 3D-Symbole optisch in Bezug auf Typ und Größe unterschieden werden können.	Ausgewählte Schiffe können optisch in Bezug auf Typ und Größe voneinander unterschieden werden.	✓
Performance-Test der EASE Anwendung unter komplexen Verkehrssituation.	Der Benutzer wählt eine kleine Zoomstufe mit mehreren tausend Schiffen im Viewport.	Die Kartendarstellung soll auch bei der Visualisierung von weltweiten Verkehrslagen (mit tausenden von Schiffen) flüssig bedienbar sein.	Die Kartendarstellung erlaubt ein flüssiges Navigieren bei niedrigen Zoomstufen mit mindestens 10 FPS auf normalen Endgeräten (Win10 Notebook).	✓
Anpassung der Karteninhalte durch Ein- und Ausblenden von Kartenlayern.	Der Benutzer kann verschiedene Karteninhalte als Layer anordnen und ein-/ausblenden.	Die Visualisierung von einzelnen Datenprodukten sowie Kartenmaterial soll individuell angepasst werden.	Die einzelnen Layer lassen sich ein-/ausblenden und in der Reihenfolge ändern.	✓
Auswahl und Anzeige von Verkehrslagen durch Auswahl eines Zeitabschnittes.	Der Benutzer kann den Zeitpunkt der Karte frei auswählen.	Die flexible Navigation in Raum und Zeit soll ermöglicht werden (ohne Dialoge).	Der ausgewählte Zeitpunkt wird in der Karte (mit statischer Verkehrslage) dargestellt und dem Server mitgeteilt (Logfile-Ausgabe).	✓
Auswahl und Anzeige von Verkehrslagen durch Auswahl eines Raumes.	Der Benutzer kann den Ausschnitt der Karte frei auswählen.	Die flexible Navigation in Raum und Zeit soll ermöglicht werden (ohne Dialoge).	Der ausgewählte Ausschnitt wird in der Karte (mit statischer Verkehrslage) dargestellt und dem Server mitgeteilt (Logfile-Ausgabe).	✓

Tab.1 Testfälle Validierungskampagne II

### Validierungskampagne III

Mit der Validierungskampagne III wurde die Erreichung der gesteckten Ziele und insbesondere auch des SMART Ziels überprüft. Die konkrete Überprüfung erfolgte anhand von Tests oder Testschritten, die sich auf grundlegende Anwendungsszenarien und Use Cases anwenden lassen.

SMART Ziel: *"Der zeitliche Aufwand für die visuelle Überprüfung von möglichen Schiff-zu-Schiff Aktivitäten auf deutsch-internationalen Schiffsrouten wird durch die Benutzung der reaktiven Karte um mindestens 40% reduziert. "*

Es handelt sich konkret um die Fähigkeit Schiff zu Schiff Aktivitäten anhand einer internationalen Schiffsroute visuell überprüfen zu können. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit illegalen Aktivitäten wie Schmuggel relevant. Ein Vergleich mit der Methodik wie sie im MSZ angewandt wird zeigte, dass dieselbe Analyse mit dem EASE-Demonstrator zehnmal so schnell durchgeführt werden kann. Somit wurde das SMART Ziel erfüllt.

Darüber hinaus deckten Tests Funktionen ab, die bei zahlreichen Ermittlungstätigkeiten zum Einsatz kommen können.

Was?	Wie?	Wofür?	Akzeptanzkriterium	Er g.
Auswahl und Anzeige von Verkehrslagen durch Auswahl eines Zeitabschnittes.	Der Benutzer kann den Zeitpunkt der Karte frei auswählen.	Die flexible Navigation in Raum und Zeit soll ermöglicht werden (ohne Dialoge).	Der ausgewählte Zeitpunkt wird in der Karte (mit dynamischer Verkehrslage vom Backend) dargestellt.	✓
Auswahl und Anzeige von Verkehrslagen durch Auswahl eines Raumes.	Der Benutzer kann den Ausschnitt der Karte frei auswählen.	Die flexible Navigation in Raum und Zeit soll ermöglicht werden (ohne Dialoge).	Der ausgewählte Ausschnitt wird in der Karte (mit dynamischer Verkehrslage vom Backend) dargestellt.	✓
Flexible Kontrolle über Zeitpunkt und Wiedergabe der Verkehrslage	Der Benutzer kann durch Interaktion mit dem Time Controller verschiedene absolute Zeitpunkte auswählen und die Wiedergabe anhalten, beschleunigen, etc.	Die flexible Navigation in Raum und Zeit soll ermöglicht werden (ohne Dialoge).	Die Verkehrslage passt sich den Einstellungen des Time Controllers an (z.B. bewegt sich gemäß den Einstellungen vorwärts oder rückwärts).	✓

Was?	Wie?	Wofür?	Akzeptanzkriterium	Er g.
Interaktive Visualisierung der Kartenanwendung auf gängigen mobilen Endgeräten	Der Benutzer öffnet die Kartenanwendung auf einem Smartphone und / oder Tablet.	Die Kartendarstellung soll unabhängig vom Endgerät auf möglichst vielen Plattformen einfach zugänglich sein.	Der Benutzer öffnet die Kartenanwendung exemplarisch auf einem Android basierten Smartphone (OnePlus) und interagiert per Touch mit dem Time Controller.	✓
Auswahl und Durchführung komplexer Workflows zur Unterstützung der Operator Aufgaben	Der Benutzer wählt aus dem Seitenreiter "Assistance" einen Workflow und erzeugt eine neue Workflow Instanz.	Das Assistenzsystem soll die Bearbeitung von komplexen Aufgaben durch teilautomatisierte Schritte effizienter gestalten.	Der Benutzer wählt ein Workflow-Template im Assistenz-Katalog aus und erzeugt eine neue Workflow Instanz. Die neue Instanz erscheint im Tab-Reiter "Active".	✓
Visualisierung von dynamischen / georeferenzierten Inhalten direkt in der Kartendarstellung	Der Benutzer aktiviert einen entsprechenden Content-Layer, um zugehörige Inhalte in der Karte zu visualisieren.	Durch die integrierte Darstellung sowie Korrelation mit Raum/Zeit soll das Verständnis und Wahrnehmung von komplexen Situationen erleichtert werden.	Der Benutzer aktiviert den Video Surveillance Layer im Layer Manager und ein hinterlegtes Überwachungs-Video vom Containerhafen Rotterdam wird eingeblendet.	✓
Visualisierung von S57 Kartenmaterial in der Kartendarstellung	Der Benutzer aktiviert einen entsprechenden Karten-Layer, um zugehörige Kartenausschnitte zu visualisieren.	Durch die integrierte Darstellung und Unterstützung von verschiedenen Kartenformaten sollen die domänenspezifischen Anforderungen und Bedürfnisse besser abgebildet werden.	Der Benutzer aktiviert den S-57 Kartenlayer und erhält eine Ausschnittsvisualisierung im Raum Hamburg.	✓

Was?	Wie?	Wofür?	Akzeptanzkriterium	Er g.
Visualisierung von vektorbasiertem Kartenmaterial	Der Benutzer aktiviert einen entsprechenden Karten-Layer, um zugehörige Kartenausschnitte zu visualisieren.	Durch die integrierte Darstellung und Unterstützung von verschiedenen Kartenformaten sollen die domänenspezifischen Anforderungen und Bedürfnisse besser abgebildet werden.	Der Benutzer aktiviert mehrere der hinterlegten vektorbasierten Kartenlayer und erhält eine Ausschnittsvisualisierung des aktuellen Viewports. Die Vektordarstellung erlaubt ein freies "Rotieren" des Kartenausschnitts ohne Qualitätsverlust sowie die korrekte Ausrichtung sämtlicher Text-Labels.	✓
Visualisierung von pixelbasiertem Kartenmaterial	Der Benutzer aktiviert einen entsprechenden Karten-Layer, um zugehörige Kartenausschnitte zu visualisieren.	Durch die integrierte Darstellung und Unterstützung von verschiedenen Kartenformaten sollen die domänenspezifischen Anforderungen und Bedürfnisse besser abgebildet werden.	Der Benutzer aktiviert den hochauflösenden pixelbasierten Kartenlayer für den Raum Rotterdam. Die Pixeldarstellung erlaubt eine hochauflösende Wiedergabe selbst in sehr hohen Zoomstufen.	✓
Dynamische Reduktion der Verkehrslage in Abhängigkeit der Pixel-Signifikanz	Das System übermittelt nur die relevanten (sichtbaren) Objekte für frei wählbare Kartenausschnitte. Überlagerte (nicht sichtbare) Objekte werden nicht übermittelt.	Weltweite Verkehrslagen lassen sich erheblich einfacher (Server sowie Client) prozessieren, wenn man die Datenmenge unter Signifikanz-Kriterien ausdünn.	Ein identischer Kartenausschnitt wird zweifach übermittelt (einmal mit Reduktion und einmal ohne) und die Anzahl der übermittelten Objekte wird ausgegeben bzw. abgeglichen. Die visuelle Darstellung sollte sich nur im Rahmen der eingestellten Signifikanz voneinander unterscheiden.	✓

Was?	Wie?	Wofür?	Akzeptanzkriterium	Erg.
Steigerung der Effizienz im Bereich der Kommunikation und Persistenz	Das System erfordert in mehreren Bereichen einen effizienten Umgang mit Massendaten, die zum Zwecke der dauerhaften Persistenz (Server) oder zum Zwecke der Kommunikation (Client) möglichst effizient (schnell und klein) behandelt werden müssen.	Durch eine hohe Effizienz beim Umgang mit binären Massendaten wird sowohl auf der Server- als auch auf der Client-Seite ein Performance-Zugewinn ermöglicht und insbesondere ein reaktives Arbeiten bei niedrigen Bandbreiten unterstützt.	Der 3-wöchige Track-Verlauf von einem Fischkutter ist binär zu serialisieren. Hierbei sollte ein Effizienzvorteil gegenüber klassischer Varianten (Protobuf, JSON, etc.) klar erkennbar sein.	✓

Tab.2 Testfälle Validierungskampagne III

In einer weiteren Testreihe wurde gemeinsam mit dem BSH das Assistenzkonzept Anhand der Integration des Drift-Services vom BSH im EASE-Demonstrator getestet.

Was?	Wie?	Wofür?	Erg.
Schnittstelle	<p>Assistenzdialog</p> <p>Es soll gezeigt werden, wie die EASE Software mit dem Driftmodell am BSH kommuniziert und dass eine Schnittstelle besteht.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dafür ist eine Driftanfrage in der EASE Software zu starten (Airbus),</li> <li>• die dann eine Driftberechnung beim BSH startet.</li> </ul>	Damit Driftrechnungen aus der EASE-Software gestartet werden können und beim BSH Driftberechnungen angestoßen werden.	✓

Was?	Wie?	Wofür?	Erg
Stream	<p>Eine Driftberechnung soll gestartet und die Ergebnisse parallel in der EASE Software dargestellt werden, um zu zeigen, dass die berechneten Zeitschritte simultan übertragen werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Im EASE UI wird gezeigt wie die Driftergebnisse ankommen (Airbus)</li> </ul>	<p>Damit der Nutzer vorab Informationen zur Drift (Richtung) erhält bevor die gesamte Berechnung durchgeführt wurde.</p>	✓
Ergebnisdarstellung	<p>Das Ergebnis einer Driftberechnung mit den Neuerungen/Verbesserungen gegenüber der alten GUI sollen gezeigt werden. Das sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Driftereignis im Zeitstrahl zeigen</li> <li>Mit dem Time-Controller Vorwärts und Rückwärts in der Zeit</li> <li>Sichtbarkeit der Partikelwolke (Wahrscheinlichkeitswolke) (rein/raus zoomen)</li> <li>Anfang &amp; Endzeit an dem Driftergebnis</li> <li>Anklicken von Ellipsen in der Drift für einzelne Zeitpunkte</li> <li>2D/3D Ansicht</li> </ul>	<p>Besonders geeignete Benutzeroberfläche für den Kunden mit vielen optionalen Features, die mit Voreinstellungen geleitet werden.</p>	✓

Tab.3 Testfälle Validierungskampagne III mit dem Partner BSH

---

## 2.2 Zusammenfassung

Das Verbundprojekt "KI-basierte Assistenz für forensische **E**rmittlungen **a**uf **Se**e - EASE", an dem Airbus Defence and Space GmbH mit dem Teilvorhaben EASE-Traffic beteiligt war wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert.

Das Ziel des Verbundprojektes lag in der Erforschung und Evaluation innovativer KI-Verfahren mit völlig neuen Assistenz- und Interaktionstechnologien, um die Effizienz forensischer Ermittlungstätigkeiten im maritimen Bereich signifikant zu verbessern. Dabei wurden die Ermittlungsbereiche Unfälle auf See, Umweltverschmutzung und Organisierte Kriminalität betrachtet. Die Untersuchungen erfolgten aus der Benutzerperspektive des Maritimen Sicherheitszentrums (MSZ) in Cuxhaven.

Der Fokus des Teilvorhaben EASE-Traffic lag bei der auf Benutzerfreundlichkeit hin optimierte Unterstützung der Anwender bei den oben genannten Ermittlungstätigkeiten.

Erforschung und Design der innovativen Interaktionskonzepte erfolgten in den sich ergänzenden Bereichen (A) der räumlich und zeitlich uneingeschränkten Navigation in komplexen Verkehrslagen und (B) neuartiger Assistenzkonzepte zur Unterstützung und Teilautomation komplexer und vierteiliger Aufgaben und Arbeitsprozesse.

Um dieses für beide Bereiche erreichen zu können standen aus Perspektive der Benutzerfreundlichkeit bzw. User Experience (UX) die korrekte Auswahl und Anwendung von einfachen und sichtbaren Funktionen mit intuitiver Handhabung im Vordergrund. Aus technologischer Perspektive erfordert eine flüssige Visualisierung komplexer Verkehrslagen (weltweit) ohne spürbare Verzögerungen für den Benutzer, in allen beteiligten Komponenten, eine hochperformante Datenaufbereitung sowie eine hochperformante Datenvisualisierung.

Die gesetzten Ziele wurden erfolgreich adressiert. Mit der EASE-Demonstrator SW wurde eine Web-basierte Anwendung entwickelt, welche in in der interaktiven Kartendarstellung mit einer komplexen Verkehrslage ein flüssiges Navigieren in Raum und Zeit erlaubt. Diese wird durch eine generische virtuelle Assistenzschnittstelle ergänzt. Im Projekt wurde die Drift-Assistenz umgesetzt, welche es erlaubt den schwierigen Prozess einer Driftanfrage über den Drift-Service des Partners BSH zu initiieren. Das Ergebnis wird innerhalb kürzester Zeit in der Karte visualisiert. Dies ermöglicht eine visuelle Analyse der Verkehrslage integriert mit dem Driftergebnis in Raum und Zeit durch vorwärts und rückwärts Navigieren in der Zeit.

## 2.3 Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der Ablauf der Arbeiten im Projekt folgte, mit einer kostenneutralen Verlängerung um zwei Monate, im wesentlichen dem im Projektantrag formulierten Zeitplan. Auf die Personalkosten entfiel mit Abstand der höchste Anteil. Die Kostenpositionen werden im zahlenmäßigen Nachweis detailliert aufgeschlüsselt und dem Fördergeber separat übermittelt.

## 2.4 Notwendigkeit und Angemessenheit der Arbeit

Gesellschaftlich besteht nach wie vor ein hoher Bedarf, möglichst alle Zuständigen, Entscheider und Helfer im Bereich der maritimen Sicherheit optimal bei Ihrer Aufgabenerfüllung zu unterstützen. Hierzu besteht bei den verantwortlichen Stellen der Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, wie

z.B. den Einsatzleitungen am Maritimen Sicherheitszentrum sowie bei handelnden Akteuren ein konkreter, situationsabhängiger Bedarf, aktuelle und historische Informationen der maritimen Lage zu analysieren und miteinander in Beziehung setzen zu können.

In diesem Kontext bestand ein begründeter Forschungsbedarf, um dies in einem über den aktuellen Stand hinausgehenden Maße die manuellen Prozessaufwände in den Bereichen für Recherche, Datenaufbereitung und Bewertung signifikant zu reduzieren. Durch die Komplexität der Anforderungen und der einzelnen Forschungsfelder ließ sich diese Zusammenführung der Technologien nur im Rahmen der Verbundforschung realisieren. Technische Risiken bei der Anwendbarkeit von Algorithmen und Methoden lassen sich nur in einer Experimentalumgebung realistisch analysieren und bewerten.

## 2.5 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die innerhalb des Projektes erarbeiteten Lösungsansätze basieren auf innovativen Interaktionskonzepten zur verzögerungsfreien Navigation in Raum und Zeit innerhalb einer Kartenanwendung mit georeferenzierten Daten. In Kombination mit den Assistenzkonzepten stellen sie einen neuen „state-of-the-art“ dar, der bisher noch in keinem kommerziellen Produkt so abgedeckt wird. Diese erlauben Airbus in zivilen und militärischen Anwendungen und Services, Lösungen basierend auf Maritime Domain Awareness zu entwickeln und damit einen Wettbewerbsvorteil zu erlangen.

## 2.6 Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Teilvorhaben EASE-Traffic sind während der Projektlaufzeit keine Fortschritte von anderen Stellen bekannt geworden.

## 2.7 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

Während der Projektlaufzeit erfolgte keine Veröffentlichung von Projektergebnissen nach Nr. 11, der NKBF 98 Förderbedingungen.

### 3 Glossar

Abkürzung	Begriff
AP	Arbeitspaket
API	Application Interface
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) in der maritimen Sicherheit
BPol See	Bundespolizei See
BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
CONOPS	Concept of Operations
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMZ	Demilitarisierte Zone
DSG	Data Service Grid
DSG-Node	Data Service Grid-Node
eMIR	eMaritime Integrated Reference Plattform
HAP	Hauptarbeitspaketen
HMI	Human Machine Interface
HMT	Humatects
MLZ	Maritimes Lagezentrum
MSZ	Maritimes Sicherheitszentrum
SW	Software
WSP	Wasserschutzpolizei