

FORSCHUNGSHAFEN ROSTOCK – MARITIMER KRISTALLISATIONSPUNKT FÜR FORSCHUNGS-, ENTWICKLUNGS- UND DEMONSTRATIONSVORHABEN MIT GNSS BEZUG

T. Noack¹, M. Baldauf², K. Benedict³, M. Gluch³,

¹DLR IKN Neustrelitz, Deutschland; ²WMU Malmö, Schweden; ³ISSIMS HS Wismar, Deutschland

Zusammenfassung

Der Forschungshafen Rostock ist auf eine Initiative des Landes Mecklenburg-Vorpommern in enger Kooperation mit der regionalen Industrie, Universitäten und Forschungseinrichtungen zurückzuführen. Mit der Einrichtung, dem Betrieb sowie der Nutzung maritimer Testumgebungen wurde und wird auch weiterhin primär das Ziel verfolgt, das Potential neuer GNSS Systeme (speziell von Galileo) für eine sichere und effiziente Schiffsnavigation unter möglichst realen Bedingungen zu testen. Weiterführend werden die daraus gewonnenen Testergebnisse genutzt, um Assistenzsysteme im Bereich der Schiffsführung und Manöverprädiktion zu entwickeln und zu validieren.

Unter Bezug auf die Forschungs- und Entwicklungslandschaft des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern bündelt der Forschungshafen gegenwärtig die maritimen Kompetenzen der Hochschule Wismar (Fachbereich Seefahrt und Institut für Innovative Schiffs-Simulation und Maritime Systeme ISSIMS), des Schifffahrtsinstitutes Warnemünde e.V., der Universität Rostock (Fachbereich Automatisierungstechnik) und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR, Institut für Kommunikation und Navigation Neustrelitz, Abteilung Nautische Systeme) in den Bereichen der maritimen Schiffsführung und Navigation.

Neben der Nutzung als maritimes regionales GNSS Testbed besteht eine wichtige Zielstellung darin, den Forschungshafen auch zum Kristallisationspunkt überregionaler Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben werden zu lassen und ihn in diesem Zusammenhang mittelfristig als ein Testfeld im Rahmen der „eNavigation“ Strategie der Internationalen Maritimen Organisation auszubauen.

Der Beitrag gibt einen Überblick über das gegenwärtige Nutzungspotential des Forschungshafens und zeigt exemplarisch auf, wie neue GNSS Systeme sowie Ergänzungssysteme für Entwicklungen zur modernen Schiffsführung genutzt werden können.

1. EINLEITUNG

Die Entstehung des Forschungshafens Rostock (FoHRo) ist auf eine Initiative des Landes Mecklenburg-Vorpommern in enger Kooperation mit regionalen Industrieunternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen zurückzuführen. Bereits im Jahre 2007 wurden dazu verschiedene Testeinrichtungen entwickelt, aufgebaut bzw. zusammengeführt, die primär das Ziel verfolgen, das Potential neuer Systeme und Verfahren für eine sichere und effiziente Schiffsnavigation unter möglichst realen Bedingungen zu testen sowie neue Dienste und Assistenzsysteme aus den Bereichen Schiffsführung, Verkehrsmanagement und Transportlogistik zu entwickeln und zu validieren.

In Bezug auf Forschungsaktivitäten bündelt der FoHRo gegenwärtig die maritimen Kompetenzen der Hochschule Wismar (Fachbereich Seefahrt, Institut für Innovative Schiffs-Simulation und Maritime Systeme ISSIMS), des

Schifffahrtsinstitutes Warnemünde e.V., der Universität Rostock (Fachbereich Automatisierungstechnik) und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR, Institut für Kommunikation und Navigation Neustrelitz, Abteilung Nautische Systeme) in den Bereichen maritime Schiffsführung und Navigation. Ein spezieller Fokus wird seit Beginn der FoHRo-Aktivitäten auf die Entwicklung und Erprobung satellitenbezogener Technologien auf Basis von GNSS (Global Navigation Satellite Systems) und hier im Besonderen auf Nutzungsoptionen des europäischen Satellitennavigationssystems Galileo für Anwendungen im Bereich der maritimen Verkehrstechnik und Hafenlogistik gelegt. Dafür stehen mit dem Pseudolitesystem SEA GATE sowie einem maritimen Ergänzungssystem (MGBAS) zur Bewertung von GNSS Signalen sowie daraus abgeleiteten Daten zwei Infrastrukturen zur Verfügung. Das Maritime Simulationszentrum Warnemünde (MSCW) komplettiert die Forschungshafeninfrastruktur dahingehend, dass in ihm unter Einsatz spezieller Simulatoren realitätsnahe Szenarien in der Schiffsführung und Manöverprädiktion

u.a. unter Nutzung von Daten aus SEA-GATE und MGBAS getestet werden können.

Der Beitrag widmet sich inhaltlich ausschließlich GNSS bezogenen Aspekten des FoHRo und erhebt damit keinen Anspruch auf Vollständigkeit bzgl. der Abbildung aller im FoHRo verfolgten forschungsrelevanten Themen und Projekte. Zunächst wird im Beitrag auf die technische Ausgestaltung sowie Möglichkeiten der GNSS bezogenen Infrastrukturkomponenten eingegangen. Zudem werden bereits implementierte Verfahren und Prozessoren vorgestellt, die einen Mehrwert im Hinblick auf die Bewertung von GNSS Signalen und Daten ermöglichen. Der zweite Teil des Beitrages geht dann intensiver auf die Nutzungsmöglichkeiten im Rahmen der Unterstützung für die Schiffsführung durch maritime Simulatoren ein.

2. MARITIME GNSS TESTINFRASTRUKTUREN DES FORSCHUNGSHAFENS ROSTOCK

In den folgenden Abschnitten dieses Kapitels werden technische Details und Nutzungsmöglichkeiten der beiden maritimen GNSS Testumgebungen „SEA GATE“ sowie „Maritime Ground Based Augmentation System (MGBAS)“ beschrieben. Beide Systeme sind prinzipiell den terrestrischen Augmentierungssystemen zuzuordnen [1]. Augmentierung bedeutet normalerweise, dass die Systeme reine Unterstützungsfunktionalitäten übernehmen. SEA GATE weist jedoch die Besonderheit auf, dass es auch als autarkes Positionierungssystem verwendet werden kann (siehe dazu Kapitel 2.1). In Kapitel 2.3 wird zusätzlich noch auf ein Echtzeitsystem zur Plausibilitätsprüfung von AIS¹ Daten eingegangen, welches indirekt ebenfalls einen Bezug zu GNSS aufweist.

2.1. SEA GATE

Beim SEA GATE System in Rostock handelt es sich um ein sogenanntes Pseudolitesystem. Pseudolite (PSL) steht dabei abkürzend für Pseudo Satellite und beschreibt einen bodengestützten Signalgenerator, der sich mittels eines eigenen Codes und einer speziellen Frequenz prinzipiell wie ein GNSS-Satellit verhält und von einem fest installierten Ort Ranging-Signale abstrahlt, auf dessen Basis Signallaufzeiten und Entfernungen gemessen werden können [1].

SEA GATE wurde im Auftrag des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) aufgebaut (Kennzeichen 50 NA 0616) und befindet sich seit 1.11.2010 in der operationalen Betriebsphase für die kommerzielle Nutzung. Es ist im Vergleich zu den anderen 4 in Deutschland betriebenen Pseudolitesystemen, wie dem GATE in Berchtesgaden, dem railGATE in Wegberg-Wildenrath, dem automotiveGate in Aldenhoven-Siersdorf und dem aviationGATE in Braunschweig als maritime Testumgebung aufgebaut worden. Derzeitiger Betreiber ist die RST Rostock System Technik GmbH. Der Betreibervertrag läuft noch bis zum 30.09.2015. Für den Weiterbetrieb über 2015 hinaus laufen derzeit Betreiberverhandlungen.

Das System besteht aktuell aus 9 Sendestationen (Pseudolites), einer Master Control Station (MSC)

inklusive zwei dazugehörigen Referenzstationen und einem Nutzersegment für Tests und Messkampagnen (siehe BILD 1 und BILD 2).

Die neun Pseudolites sind in der Lage, Galileo-konforme Signale entsprechend [3] auf den Frequenzen E1 (1575,42 MHz) und E5 (1191,975 MHz) verteilt über das Operationsgebiet des FoHRo auf einer Fläche von rund 20 km² abzustrahlen. Die Signalspezifikation der Codes und NAV-Messages ist dabei dem Galileo OS SIS ICD [3] angepasst, wobei die NavMsg nur die für Pseudolites relevanten Inhalte enthält (z.B. keine Ionosphärenparameter etc.).



BILD 1. Verteilung der Pseudolites (PSL), der Referenzstationen (RS) und des Monitor Control Segments (MCS) im Bereich des Rostocker Hafens [2]

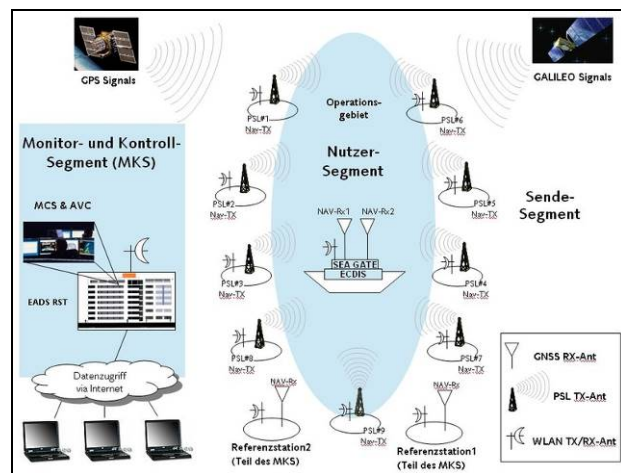


BILD 2. Gesamtaufbau von SEA GATE [2]

Die Steuerung und Überwachung des Systems erfolgt über ein Monitor- und Kontroll-Segment, welches über LiMAX in Verbindung mit den Pseudolites sowie den beiden Referenzstationen steht. Die Referenzstationen werden genutzt, um das System einerseits im differentiellen Mode zu betreiben und damit auch Genauigkeiten im Submeter-Bereich erzielen zu können und um andererseits eine Integritätskontrolle im Monitoring Kontroll Segment bzgl. der abgestrahlten Signale vornehmen zu können.

Hinsichtlich der Konfiguration des Systems werden verschiedene Betriebsmodi entsprechend TAB 1 angeboten. Im Standardmodus wird vom System ein gepulstes und zeitsynchronisiertes Galileo E1 Signal

¹ Automatic Identification System

abgestrahlt. Zudem verfügt das System über die Möglichkeit, über einen NTRIP-Server per Internet zeitaktuelle Korrekturdaten in den Standards RTCM v2.3 und v3.1 bereitzustellen.

Signaltyp	Pulsing	TimeSync
E1	On	Off
		On
E5	On	Off
		On

TAB 1. Mögliche Betriebsmodi des SEA GATE

Um eine hybride Nutzung von echten Galileo-Signalen und Pseudolite-Galileo-Signalen zu ermöglichen, sind die Trägerfrequenzen und Bandbreiten der Pseudolite-Signale identisch zu den Signalfrequenzen von Galileo. Unter normalen Bedingungen erlauben die internationalen Zuweisungsbedingungen für Frequenzen in den GNSS Frequenzbereichen nur die Ausstrahlung über Satelliten. Damit soll verhindert werden, dass es durch Interferenzen zu lokalen Einschränkungen von Navigationdiensten kommt. Die BNetzA hat für SEA GATE jedoch eine befristete Genehmigung zum Senden von Galileo Signalen für Versuchsfunkanwendungen erteilt, wobei zum Schutz des L1-Bandes (hiervon ist auch GPS betroffen) nur ein gepulstes Signal gesendet wird.

Die erreichbare Genauigkeit des Systems wird im Standardmodus (Galileo E1) mit einer horizontalen Genauigkeit von 4 m angegeben (2σ). Unter Nutzung differentieller Korrekturen der Referenzstation lassen sich horizontale Genauigkeiten von 0,2 m und besser erreichen (ebenfalls 2σ).

Seitens des Nutzersegmentes stellt SEA GATE auf dem Fährschiff "Mecklenburg-Vorpommern" eine Referenzanwendung zur Verfügung, bei der das Anlegemanöver durch die Angabe hochgenauer Abstandsdaten zwischen Schiff und Pier unterstützt wird. Die Basis dazu bilden 2 auf dem Schiff installierte GNSS Empfangssysteme bestehend aus Empfängern vom Typ Septentrio PoLaRx3eG und Antennen vom Typ NovAtel GPS-704X. Zudem stehen für weitere freie anwendungsbezogene Entwicklungen GNSS Empfänger vom Typ NovAtel EuroPak-15aT sowie Antennen vom Typ Septentrio PolaNT-G zur Verfügung.

SEA GATE selbst wirbt damit, dass die Signale und Korrekturdaten für GNSS Positionierungslösungen in der Navigation und Logistik genutzt werden können. Für die Nutzungsunterstützung wird eine aufwandsabhängige Gebühr erhoben. Als Standardpauschale ist ein Preis von 500,00 €/Tag angesetzt [2].

2.2. Maritimes Ground Based Augmentation System (MGBAS)

Das Institut für Kommunikation und Navigation des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt betreibt operationell seit 2008 in Rostock ein Ergänzungssystem zur Unterstützung hochgenauer und zuverlässiger GNSS Anwendungen. Das System wird seitdem im Rahmen diverser Projekte stetig weiterentwickelt und verfügt im Sinne der Basisinfrastruktur über eine GNSS Referenzstation (RS), eine Integritätsmonitoringstation (IMS), ein Kontroll-Segment zur Fernsteuerung- und Überwachung aller Komponenten sowie ein Nutzersegment und diverse

Nutzermonitore und Datenschnittstellen [5],[5] (siehe dazu auch BILD 3).

Kernstück des Systems bildet die Kombination einer GNSS RS mit einer IMS. Auf Basis dieser technischen Konstellation fungiert die IMS als eine Art virtueller Nutzer, welche das Servicegebiet des MGBAS hinsichtlich des Auftretens vor allem lokaler Signalstörungen überwacht. Lokale Signalstörungen können dabei entweder natürlicher Art sein oder bewusst bzw. unbewusst durch technische Gerätschaften, welche störend in das L-Band einstrahlen, hervorgerufen werden.

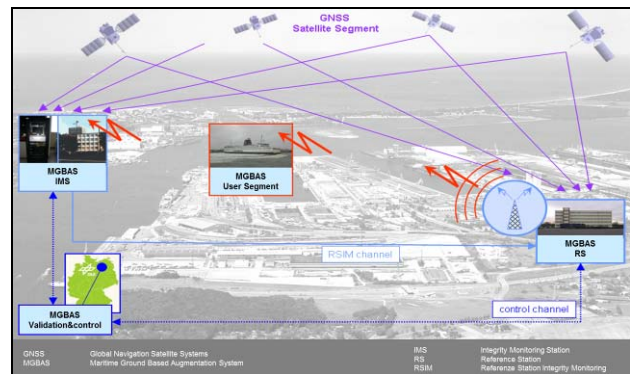


BILD 3. Gesamtsystemaufbau des MGBAS im Forschungshafen Rostock

Die Referenzstation ermittelt den Status der Überwachung auf Basis des Integritätsmonitorings und stellt über diverse Schnittstellen Korrekturdaten und Integritätsinformationen an Nutzer im Servicegebiet zur Verfügung. Hierfür wird als Datenformat für die Korrekturdaten RTCM v3.1 verwendet, wobei die Integritätsinformationen durch die speziell vom DLR entwickelte RTCM Message 4083 in RTCM v3.1 als Textmessage gekapselt sind [5] [8].

Das MGBAS im FoHRo unterstützt hinsichtlich spezieller Positionierungsservices derzeit den im maritimen Bereich standardisierten codebasierten differentiellen Korrekturdienst (c-DGNSS) IALA Beacon DGNSS² [6] [7] sowie nicht-standardisierte maritime phasenbasierte GNSS Dienste (p-DGNSS) auf Basis von RTK (Real Time Kinematik). Im Detail werden folgende Systeme, Frequenzen und Positions Lösungsverfahren durch MGBAS unterstützt:

System	Frequenz	Positions Lösungsverfahren
GPS	L1	SPP ³
GPS	L1	c-DGNSS ⁴
GPS	L1	p-DGNSS
GPS	L1/L2	p-DGNSS
Galileo	E1	p-DGNSS
Galileo	E1/E5a	p-DGNSS
GPS/Galileo	L1/E1	p-DGNSS
GPS/Galileo	L1/L2/E1/E5a	p-DGNSS

TAB 2. Unterstützte Systeme, Frequenzen und Positions Lösungsverfahren durch MGBAS

² Differential Mode for Global Navigation Satellite Systems

³ Single Point Positioning

⁴ umgesetzt für IALA Beacon DGNSS

Das Kontrollsegment des MGBAS befindet sich am DLR Standort Neustrelitz. Neben der Remote-Steuerung der Komponenten der RS und IMS obliegt dem Kontrollsegment auch das Monitoring der einzelnen Services. Dazu wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Integritätsmonitore entwickelt. Als Beispiel ist in BILD 4 ein Integritätsmonitor für die Nutzung von GPS, Galileo oder kombiniertem GPS/Galileo bei Einsatz phasenbasierter Positions Lösungsverfahren dargestellt.

Auf der linken Seite von BILD 4 ist in Spalte 2 die Überwachung der Services, d.h. der Status des GBAS Systems zur Bereitstellung von Korrektur- und Integritätsinformationen ersichtlich. Die grüne Anzeige bedeutet dort, dass sowohl Korrekturdaten bereitgestellt werden als auch Integritätsinformationen. Bei einer gelben Lampe werden nur Korrekturinformationen verteilt (kein IMS-Monitoring) und bei roter Lampe ist der Service nicht nutzbar. Die Ampel daneben zeigt an, ob es unter Nutzung integritätsbewerteter Korrekturdaten möglich ist, die Positionsgenauigkeits- und Integritätsanforderungen entsprechend des Anwendungsgebietes (d.h. Offene See, Hafen, Automatisches Docking) entsprechend [8] zu erfüllen. Werden die Anforderungen an die Positionsgenauigkeit erfüllt, so ist die Ampel auf Grün gestellt. Werden nur die Integritätsanforderungen erfüllt, so zeigt die Ampel Gelb an. Werden keinerlei Anforderungen erfüllt, so stellt die Ampel auf Rot. In diesem Fall wäre dies als Indiz zu werten, dass unter Nutzung des zugehörigen Positions Lösungsverfahrens (im konkreten Fall also GPS L1) kein automatisches Docking durchgeführt werden könnte, selbst wenn man unter Einsatz phasenbasierter Korrekturwerte die Position löst.

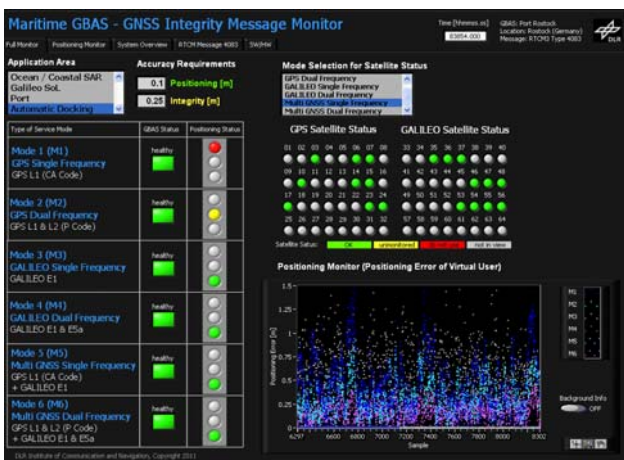


BILD 4. Integritätsmonitor des MGBAS im Forschungshafen Rostock für phasenbasierte Positions Lösungsverfahren

Auf der rechten des Monitors in BILD 4 wird der Status eines jeden einzelnen GPS bzw. Galileo Satelliten angezeigt und bereits hier greifen Ausschlussverfahren zur Nutzung einzelner Satelliten unter Anwendung sogenannter KPIs (Key Performance Identifiers). Im Detail bedeutet dies, dass z.B. das Code- und Phasenrauschen ausgewertet und mit statischen oder dynamischen Schwellwerten verglichen wird. Der Monitor gibt somit einen Aufschluss darüber, welche Satelliten zur Positionierung genutzt werden sollten und welche auszuschließen sind. Das untere Fenster der rechten Seite zeigt im Zeitverlauf den für jedes Verfahren (Service

Mode) ermittelten Positionsfehler an. Es sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass es sich bei den GPS und Galileo-Signalen um simulierte Signale handelt, die mittels eines Signalsimulators vom Typ SPIRENT für ein spezifisches Szenario generiert wurden [9].

Um die Korrekturdaten Nutzern im Umfeld des FoHRo zur Verfügung zu stellen, werden die Ergebnisse des vorab beschriebenen Monitors über zwei Datenschnittstellen für den externen Zugriff bereitgestellt. Die erste Schnittstelle basiert auf der Aussendung der Korrektursignale über einen terrestrischen Funkdienst im P-Band. Auf der über die BNetzA genehmigten Frequenz von 447,95 MHz werden über ein proprietäres Protokoll Korrekturdaten und Integritätsinformationen im RTCM V3.1 Format incl. Message 4083 abgestrahlt. Bedingt durch die Signalausbreitungseigenschaften in diesem Frequenzbereich können die Signale in einem Umkreis von bis zu 5 km Radius um die Referenzstation nahezu problemlos empfangen werden. Der Empfang auf See in Richtung des Fahrwassereingangsbereiches des Hafens Rostock ist bis etwa 15 km Entfernung möglich. Daneben erfolgt die Korrekturdatenbereitstellung mittels eines Broadcasters über eine spezifische Serveradresse im ntrip-Protokoll über das Internet. Unter der Voraussetzung eines eigenen Internetzuganges seitens des Nutzers können damit sowohl Korrektursignale als auch Integritätsinformationen auch über weitere Entfernungen empfangen werden. Zu beachten ist jedoch, dass die Dekorrelation der Daten mit zunehmender Entfernung zur Referenzstation steigt.

Für das maritime Nutzersegment wurde seitens des DLR eine sogenannte PNT-Unit entwickelt (siehe BILD 5). PNT steht dabei für Position, Navigation and Time und subsummiert in einem Begriff nahezu alle navigationsrelevanten Daten zur Positionierung und Navigation. Neben der ermittelten Position gehören dazu z.B. auch Geschwindigkeit, Kurs, Vorausrichtung, Drehrate, die Nick-, Roll- und Gierwinkel (Lageparameter) eines Schiffes sowie genaue Zeitinformationen zur Synchronisation von Daten. Eine PNT-Unit sollte prinzipiell in der Lage sein, nicht nur die seitens GNSS ableitbaren PVT-Daten⁵ sondern auch Daten anderer Schiffssensoren wie Gyro (Kurs), SpeedLog (Geschwindigkeit), IMU⁶ (Drehwinkel und Beschleunigungen) zu verarbeiten und zur Ableitung zuverlässiger PNT-Informationen zu nutzen [10][11].



BILD 5. PNT-Unit V1

⁵ Position, Velocity and Time

⁶ Inertial Measurement Unit

Die u.a. auch für das Nutzersegment von MGBAS entwickelte PNT-Unit nutzt zur Ableitung integritätsbewerteter PNT Daten (diese stehen dann den speziellen Anwendungen zur Verfügung) gegenwärtig folgendes Equipment: 2 GNSS Empfänger vom Typ Javad Sigma, einen GNSS Empfänger vom Typ Javad Delta, 3 Antennen vom Typ Javad GyrAnt bzw. GrAnt, wahlweise eine hochstabile Tactical Grade IMU vom Typ IMAR iVRU FCAI bzw. eine low-cost Tactical grade MEMS 6-DOF IMU vom Typ Analog Devices ADIS16485 sowie alternativ zusätzliche Bordsensoren wie z.B. Gyro und/oder SpeedLog. Zur Unterstützung der Nutzung während der Anwendung der PNT-Unit wurde zudem ein grafisches Anzeigesystem (BILD 6) entwickelt, welches Aussagen über die unter Einsatz des PNT-Unit erzielten Positionsgenauigkeiten sowie der geschätzten Messfehler liefert.

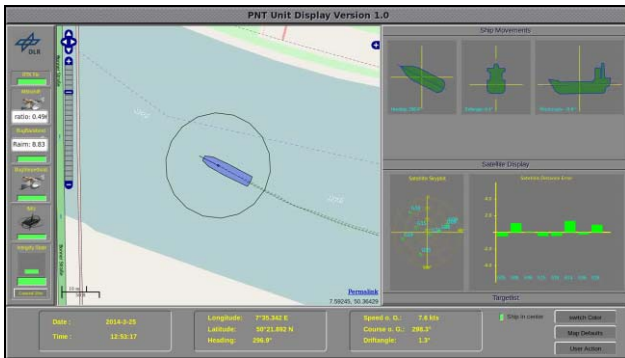


BILD 6. Anzeigesystem zur Ausgabe PNT relevanter Daten

Das Anzeigesystem kann wahlweise auf einem Laptop unter Windows oder auf einem Android-fähigen Tablet betrieben werden.

2.3. AIS Plausibilitätsmonitor

Der FoHRo verfügt neben der Funktionalität zur Unterstützung PNT-relevanter Anwendungen noch über einen erweiterten Service im Rahmen des Monitorings von AIS Daten. AIS ist bereits seit dem Jahr 2000 ein verbindlicher Standard im Schiffsverkehr. Unter Nutzung eines GNSS-Empfängers und zumeist auch einem Gyro ermittelt dazu ein AIS Empfänger an Bord von Schiffen dessen Position, Kurs und Geschwindigkeit und sendet die Daten zusammen mit statischen Informationen wie Identität des Schiffes, Ladung oder Zielhafen an umgebende Schiffe sowie Landstationen. Das System wurde für mehr Transparenz auf den Schifffahrtsstraßen eingeführt und leistet einen zusätzlichen Beitrag, um den Schiffsverkehr effektiver lenken zu können bzw. die Sicherheit im Sinne der Erkennung von Kollisionsrisiken zu verbessern. Auf Grundlage der Tatsache, dass aber auch fehlerbehaftete oder ungültige AIS-Daten verteilt werden können, ist das System nicht für die Kollisionsverhütung zugelassen.

Um die Datenintegrität von AIS zu verbessern, forscht das DLR auch an Verfahren und Systemen zur automatischen Überprüfung des AIS Dateninhaltes [12][13]. Der erste Prototyp eines solchen Systems wurde in 2014 im FoHRo installiert und arbeitet dort seitdem in Echtzeit. Der integrierte Prozessor unterzieht dazu die AIS-Dateninhalte aller im Empfangsbereich des Rostocker Hafens

operierenden Schiffe einer Plausibilitätskontrolle (siehe BILD 7).

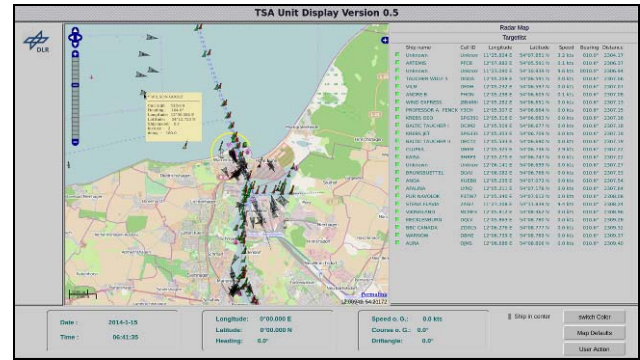


BILD 7. AIS Echtzeit-Plausibilitätsmonitor des FoHRo

Alle Schiffe werden dazu in einer Targetliste auf der rechten Seite des Monitors erfasst und zudem auf einer auf OpenSeaMap basierenden Karte im linken Teil des Fensters als Dreiecke AIS-konform dargestellt. Zudem wird durch eine farbliche Codierung angezeigt, ob die seitens eines Schiffes verteilten AIS-Daten die Plausibilitätskriterien (hier handelt es sich neben der Prüfung ausgesendeter Default-Werte vor allem um die Analyse der auf Zeitreihen aufbauenden Fehlermodelle) erfüllen. Werden alle Kriterien erfüllt, so wird dies mit Grün signalisiert (sowohl in der TargetList als auch auf der Karte). Gelb markierte Schiffe signalisieren, dass mindestens ein navigationsrelevanter AIS Parameter Default-Werte liefert. Eine rote Markierung signalisiert hingegen, dass der gelieferte Parameter als kritisch eingestuft wird, d.h. es handelt es sich nicht um einen erkennbaren Defaultwert, sondern sehr wahrscheinlich um einen falsch ausgegebenen Wert. Welche Werte genau betroffen sind lässt sich dadurch anzeigen, indem mit der rechten Maustaste das entsprechende Schiff angeklickt wird. Das zugehörige Pop-Up Fenster ist in der Karte im BILD 7 ebenfalls erkennbar (gelber Hintergrund).

Der Monitor verfügt derzeit noch über keine Schnittstelle zur Aussendung dieser Daten an andere Systeme. Dies wird Bestandteil zukünftiger Arbeiten sein. Zudem wird daran gearbeitet, für Ableitung integritätsbewerteter Informationen Radarinformationen zu integrieren. Hierzu laufen bereits Entwicklungen und Analysen zur Datenfusion von AIS und Radardaten. Für die Objekterkennung werden hierzu stochastische Verfahren zur Zustandsschätzung wie z.B. Partikelfilter eingesetzt und analysiert.

3. MARITIMES SIMULATIONSZENTRUM WARNEMÜNDE (MSCW)

Das Maritime Simulationszentrum Warnemünde gehört zu den modernsten Simulationszentren in Europa und weltweit. Die komplexe Anlage auf dem Campus der Hochschule in Warnemünde umfasst

- den Full Mission Ship Handling Simulator (SHS) mit vier modern ausgerüsteten Brücken,
- den Ship Engine Simulator (SES) mit zwölf Arbeitsplätzen,

- einen für die Ausbildung von VTS-Operateuren konzipierten Vessel Traffic Service Simulator (VTSS, neun Ausbildungsplätze) und
- den neuartigen Safety und Security Simulator (SST – zehn Arbeitsplätze) mit innovativen dreidimensionalen Visualisierungen der Simulationsumgebung.

Mit der komplex angelegten integrierten Simulationsplattform (gekoppelter Betrieb aller Simulatoren) kann das Gesamtsystem Schiff simulationstechnisch in einem der Realität sehr nahe kommenden Grad abgebildet werden.

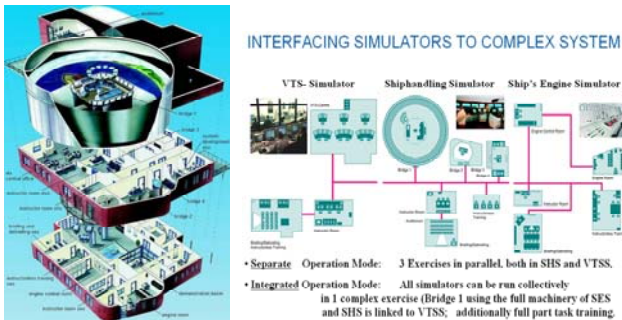


BILD 8. Komplexe maritime Simulation im MSCW der Hochschule Wismar

3.1. SHS – Schiffsführungssimulator

Der Schiffsführungssimulator umfasst vier Schiffbrücken, die mit einem unterschiedlichen Ausstattungsgrad an nautischen Geräten ausgerüstet sind und verschiedene Darstellungen der optischen Sicht besitzen. Auf diesen Brücken ist eine Simulation des Fahr- und Manövrierhaltens von verschiedenen Schiffstypen in verschiedenen Situationen und Seegebieten möglich. So können Schiffe mit Ein- und Zweimotorenanlagen sowie auch schnelle Schiffe (High Speed Craft) und unkonventionelle Fahrzeuge (z.B. mit Waterjet-Antrieben bzw. Azipod-Thrustern) simuliert werden.

Die unterschiedlichen Eigenschiffsbrücken ermöglichen das gleichzeitige Training von vier Brückenteams. Die Umwelt wird im Hinblick auf Seegangerscheinungen und -einflüsse, Gezeiten und Strömungen sowie Wind mit entsprechender Geräuschkulisse naturgetreu dargestellt. Hochauflösende Sichtsysteme sorgen mit hoher Detailtreue für die optische Umgebungsdarstellung.

Die Schiffbrücke 1 ist eine mit realen Schiffsführungsgeschäften ausgestattete und einer modernen Schiffbrücke nachgestaltete Eigenschiffskabine. Sie stellt das Kernstück des Schiffsführungssimulators dar und hat eine Außensicht von 360° horizontal und 40° vertikal, die durch eine Projektion auf die umlaufende Leinwand realisiert wird. Die Ausstattung der Brücke 1 gewährleistet die realistische Simulation sowohl des Einmannbrückenwachbetriebes als auch des konventionellen Wachbetriebes auf einer Schiffbrücke. Die Bedienung und Anzeigen sind auf original nachgebildeten Konsolen verteilt, so dass gleichzeitig Navigationsdaten, Umweltinformationen, sowie Zustände der internen Schiffssicherheit und der Hauptantriebsanlage beobachtet und bedient werden können.

Die Schiffbrücke 2 hat nur die wichtigsten

Ausrüstungselemente für die Schiffsführung, bietet aber durch ihre Ausstattung und Gestaltung bezüglich der Sicht eine hohe Flexibilität für die Nutzung im Manövertraining. Das vorhandene 257° Sichtsystem lässt für den Anwender eine Verschiebung der Sichtposition zu. Dies ermöglicht die Simulation und Beobachtung des Schiffsführungsprozesses von verschiedenen Positionen auf dem Schiffsbrückenbereich. Neben dem Fahren aus der Schiffsbrücke heraus kann auch eine Fahrstandsimulation aus den Nocken mit hoher Detailtreue und in verschiedenen Blickrichtungen durchgeführt werden. Dies ermöglicht ein realitätsnahes Trainieren von Schiffsmanövern wie das Manövrieren in engen Fahrwassern einschließlich des An- und Ablegens mit und ohne Schlepperhilfe.

Die Schiffsbrücken 3 und 4 haben den gleichen Ausrüstungsstand wie Brücke 2, unterscheiden sich aber bezüglich der Sicht, die auf drei die Brückenfenster darstellende Monitore reduziert ist mit einem Blickwinkel von 120 Grad.

3.2. VTSS - Vessel Traffic Service Simulator

Im VTS-Simulator können aktive und zukünftige VTS-Wachleiter und Nautische Assistenten sowie Radar-Lotsen an 9 realen Operatorplätzen die Aufgaben der maritimen Verkehrsüberwachung kennenlernen und trainieren. Die Simulation umfasst den gesamten Betrieb der radargestützten Überwachungseinrichtungen des Verkehrs mit allen notwendigen Kommunikationsanlagen. Die Verkehrslage wird auf Radarsichtgeräten in unterschiedlichen Verkehrsrevieren mit (simulierten) Schiffsbewegungen dargestellt. Die Plätze enthalten weiter Schiffsdaten- und Revier-Info-Displays. Durch Vernetzung mit den anderen Simulatoren des Zentrums ist eine komplexe Darstellung des maritimen Verkehrsgeschehens möglich.

Dieser Simulator wurde durch das Bundesverkehrsministerium beschafft, der Bereich hat unter anderem den Auftrag zum Betreiben des Simulators und zur Ausbildung der deutschen VTS Operateure in Zusammenarbeit mit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV).

Neben dem Einsatz in der Ausbildung, bietet die Verfügbarkeit des VTS- und der Schiffsführungssimulatoren hervorragende Voraussetzungen für simulationsbasierte experimentelle Untersuchungen.

So wurden wichtige Forschungsprojekte innerhalb der EU-Forschungsrahmenprogramme durchgeführt, z.B. mit dem Schwerpunkt VTS Technologie und AIS-Transpondereinführung.

So wurden beispielsweise im Projekt COMFORTABLE Untersuchungen mit dem Schwerpunkt Kollisionsverhütung durchgeführt. In einem anderen Projekt ging es um die Vernetzung von VTS Zentren, wobei seinerzeit in Weiterführung des deutsch-schwedischen BAFEGIS Projektes zusammen mit schwedischen Partnern erstmalig der Einsatz von AIS-Transpondern und die Übertragung neuer Informationen an Bord von Fährschiffen erprobt worden war. In dem EU Nachfolgeprojekt VT-MIS-NET wurden vier Fähren, die zwischen Rostock-Warnemünde, Trelleborg und Kiel verkehren, mittels AIS-Transpondern über lange Strecken getrackt. Mit Hilfe dieser Technologie werden die

Identifikationsdaten der Schiffe, der Kurs, Position und Geschwindigkeit (gemessen mit den schiffseigenen Sensoren!) zu den umgebenden Schiffen und an die VTS Zentralen übertragen, was eine völlig neue Qualität bei der Bewertung von Verkehrssituationen bzgl. Kollisionsgefahr und für künftige Navigationsunterstützung von Land aus ermöglichte. In BILD 9 wird eine Verkehrssituation auf der Wendepforte im Hafen Rostock-Warnemünde gezeigt, um die Vorzüge der neuen Technik zu demonstrieren: Die Datenübertragung erlaubte die Anzeige der Kursrichtung vom drehenden Schiff mit gleichzeitiger Angabe der Drehrichtung durch das Fähnchen, während der Geschwindigkeitsvektor schon nach achterauss gerichtet ist und vermittelt, dass das Schiff rückwärts fährt.

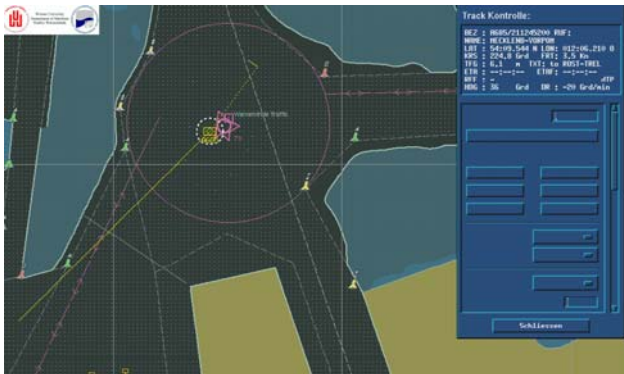


BILD 9. Einsatz von AIS zur Überwachung von Schiffsbewegungen im FoHRo

Mit Hilfe solcher Datenübertragung und der Verwendung von Relaisstationen können die Fähren den gesamten Weg zwischen Trelleborg und Warnemünde mitgeplottet werden - im Gegensatz zu der sonst eingeschränkten Radarreichweite.

3.3. Safety & Security Simulator

Der als Safety und Security Trainer (SST) ausgelegte neuartige Simulator, ein Produkt der Rheinmetall Defence Electronics Gruppe in Bremen wurde ursprünglich in 2D-Version entwickelt und im Rahmen verschiedener Projekte zur Forschung und technischen Entwicklung in Kooperation mit der Hochschule Wismar, u.a. zuständig für die Funktionalspezifikation und das konzeptionelle Design dieses Simulators, um Funktionen und dreidimensionale-Visualisierungselemente erweitert und komplettiert. In das Simulationssystem wurden dreidimensionale Modelle eines RoRo Fährschiffes und eines Containerschiffes der Bauserie CV-4500 integriert.



BILD 10. Simulationsbasiertes Sicherheitstraining mit dem SST

Das Simulationssystem kann in der ‚Standalone‘ Version mit acht Arbeitsplätzen (ein Instruktor) betrieben werden und über ein technisches Interface zum SHS als integriertes System zusammen mit dem Ship Handling

Simulator im gekoppelten Zustand auf insgesamt zehn SST-Stationen als komplettes Simulationssystem für die Aus- und Weiterbildung genutzt werden. Darüber hinaus kann das System auch zur Erweiterung und Vertiefung von simulationsbasierten Studien, die im Rahmen der Sicherheitsforschung u.a. zur Ermittlung der technischen und funktionellen Anforderungen an sicherheitsrelevante operationelle Verfahren im Bordbetrieb eingesetzt werden.

3.4. Sicherer maritimer Transport

Grundvoraussetzung für wirtschaftlich und ökologisch effiziente Prozessabläufe im maritimen Transport ist die Gewährleistung der Sicherheit aller Systemkomponenten. Die in der letzten Dekade bei zwar abnehmender Zahl von Totalverlusten aber wieder zunehmender Anzahl von Seeunfällen (wie z.B. die Totalverluste der ‚Costa Concordia‘ nach einer Grundberührung bzw. der ‚Lisica Gloria‘ nach einem Brand), die immer öfter fast ausschließlich auf menschliche Faktoren zurückgeführt werden, ist ein Grund für verstärkte Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Verbesserung der Schiffsführung durch verbesserte Beratungssysteme mit komplexen Funktionen zur Vorhersage zukünftiger Systemzustände und sogar bis hin zur Eliminierung des menschlichen Faktors aus dem aktiven Schiffsführungsprozess.

Im Rahmen der Forschungshafen Initiative werden am MSCW durch das Institut für Schiffs-Simulation und Maritime Systeme (ISSIMS) verschiedene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Einführung sogenannter e-Navigation-basierter Applikationen und zur Fernsteuerung unbemannter Schiffe angestellt. Die Entwicklung innovativer Beratungskomponenten setzt dabei in der Regel auf hochgenaue Positions- und Bewegungsdaten auf, welche für die Prädiktion und Bewertung zu erwartender Bewegungszustände von maßgeblicher Bedeutung sind. Um die Sicherheit, Effizienz und Nachhaltigkeit in der Fährschiffahrt zu gewährleisten wurden in nationalen und internationalen Projekten Anwendungen auf der Basis der Fast-Time-Simulation (FTS) Technologie entwickelt und in Testanwendungen implementiert und in ersten Versuchsreihen im FoHRo getestet.

Mittels FTS soll dabei die Planung und Durchführung sicherer sowie ökonomisch und ökologisch effizienter Manöver im Hafenrevier ermöglicht werden.



BILD 11. Integrierte Anzeige eines Manöverplans zur Unterstützung der Liegeplatzansteuerung

Die zunächst für den Bordbetrieb entwickelten Anwendungen nutzen die Potentiale der an Bord verfügbaren Navigationsausrüstung in Verbindung mit neuartigen Diensten zur hochgenauen Positionsbestimmung für das präzise Manövrieren. Sozusagen als Weiterführung der zuvor dargestellten AIS-Anzeigen können Prädiktionen der Schiffsbewegungen als direkte Auswirkung auf ein eingeleitetes Maschinen- oder Rudermanövers oder eines Bugstrahlereinsatzes in Realzeit angezeigt werden. Das soll einerseits eine bessere Dosierung des Einsatzes der Manövrierorgane unterstützen. Andererseits könnten FTS-basierte Vorausplanungen der Manöverabläufe auch landseitig für zusätzliche landseitige Assistenzdienste bereitgestellt werden.

4. WEITERENTWICKLUNG DES FOHRO

4.1. eMIR

eMIR steht für eMaritime Integrated Reference Platform und ist eine Initiative der maritimen Industrie Deutschlands zur Etablierung einer modularen Referenzplattform (Testbed) für die Entwicklung, Integration und Erprobung innovativer Technologien, Produkte und Dienste sowie zur nachhaltigen Nutzung der Ergebnisse einzelner Demonstratorvorhaben [14]. Einbezogen werden sollen Nutzer mit konkreten operativen Erfordernissen (Industrie, Schifffahrt, Behörden). Angestrebt wird die mittel- bis langfristige Einbindung innovativer Technologien und Dienste in einen operativen Standardbetrieb, um die nachhaltige Vermarktung innovativer Produkte und Dienste über das Ende einzelner, zeitlich befristeter Forschungs- und Entwicklungsvorhaben hinaus zu sichern. „Ziel ist es, für die Verfolgung und Umsetzung der gesamten Bandbreite aller im NMMT identifizierten Aktionsfelder eine gemeinsame Handlungsbasis mit abgestimmten Rahmenbedingungen zur Verfügung zu stellen“ [14].

Die Schnittstelle zum Forschungshafen Rostock besteht darin, dass das seitens MARISSA⁷ initiierte kumulative Demonstrationsvorhaben - Umsetzung der im NMMT⁸ empfohlenen Maßnahme F0.2 [Leuchtturmprojekt „Maritime Sicherheit“ mit Demonstrationsvorhaben „Sicherheit in der deutschen Bucht“] – durch eMIR konsequent fortgeführt wird und bzgl. der im NMMT adressierten Betrachtung spezifischer Aspekte auch anderer Gewässer (Ostsee) auch der Nordostseekanal sowie die Ostsee mit der Demonstratorplattform Forschungshafen Rostock eingebunden werden.

4.2. eNavigation

Unter eNavigation wird eine Strategie der IMO⁹ verstanden, um die Sicherheit der maritimen Navigation durch eine verbesserte Organisation von Daten auf Schiffen und an Land sowie den verbesserten Austausch und die Kommunikation zwischen Schiffen sowie Schiffen und landseitigen Systemen zu erhöhen. Die IMO selbst beschreibt eNavigation wie folgt: „eNavigation ist die harmonisierte Sammlung, die harmonisierte Integration, der harmonisierte Austausch, die harmonisierte

Darstellung und die harmonisierte Analyse von maritimer Information an Bord von Schiffen und auf der Landseite durch elektronische Hilfsmittel mit dem Ziel der Verbesserung der Navigation und damit zusammenhängender Dienste von Liegeplatz zu Liegeplatz, zur Verbesserung der Sicherheit auf See und zum Schutz der marinen Umwelt.“ [16]. eNavigation ist damit nicht ein bestimmtes Bord- oder Landgerät oder ein System aus Bord- und/oder Landgeräten, sondern vielmehr ein übergreifendes Konzept [17].

Unter den Anforderungen und Kernzielen von eNavigation finden sich Forderungen nach definierten Genauigkeits-, Integritäts- und Kontinuitätsniveaus für maritime Navigationssysteme, die geeignete Integration bord- und landseitiger Informationen zur Unterstützung der Entscheidungsfindung und das Erschließen von Möglichkeiten für einen noch sicheren und effizienteren Schiffsverkehr. All diese Punkte können durch die aufgezeigten Kernthemen des FoHRO bedient werden.

Im Rahmen des strategischen Implementierungsplanes von eNavigation wurden unter den 5 wichtigsten Lösungen zu einem die verbesserte Zuverlässigkeit, Ausfallsicherheit und Integrität von Brückenequipment und von Navigationsinformationen und zu anderen die Integration und Darstellung von verfügbaren Informationen in grafische Anzeigesysteme adressiert. Zugehörige Risk Control Options (RCO) werden diesbezüglich in einer verbesserten Zuverlässigkeit und Ausfallsicherheit des bordseitigen PNT-Systems und in verbesserten landbasierten Services gesehen. Dafür werden gegenwärtig im Rahmen des eNAV Komitees der IALA¹⁰ Standardisierungsprozesse z.B. im Rahmen der Erarbeitung von Guidelines vorangetrieben, die idealerweise durch wissenschaftlich-technische Untersuchungen zu untersetzen sind. Hierfür können Leistungsnachweise bzgl. erzielbarer Verbesserungen am besten durch eNavigation Testbeds erbracht werden. Der FoHRO kann dazu eine wichtige Rolle spielen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Der FoHRO ist ein maritimes Testbed für Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten mit einem speziellen Fokus auf Verfahren und Anwendungen unter Nutzung neuer bzw. erweiterter GNSS bzw. GNSS-Dienste.

Inhaltlich gesehen, bedient der Forschungsverbund des FoHRO bestehend aus der Universität Rostock, der Hochschule Wismar und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt die Themen Maritimes Galileo-Testbed, Verfahren für die hochgenaue und zuverlässige Positionierung und Navigation in Häfen und auf See sowie automatisierte Leit- & Kontrollsysteme zur Unterstützung in der Schiffsführung.

Die Infrastrukturkomponenten der FoHRO erlauben es sowohl unter Echtzeitbedingungen als auch mittels hochwertiger Simulationsumgebungen Prototypen von Systemen und Diensten zu erproben, um daraus experimentelle Leistungsnachweise im Kontext von Zulassungs- und Standardisierungsverfahren zu erbringen. Diesen bilden wiederum die Basis für die

⁷ Kompetenzcluster für Maritime Sicherheit [15]

⁸ Nationaler Masterplan Maritime Technologien

⁹ International Maritime Organisation

¹⁰ International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities

industrielle Umsetzung und Vermarktung in Form von Produkten und Diensten.

Im Beitrag wurde aufgezeigt, wie durch SEA GATE in einem lokal auf das Hafenumfeld begrenzten Bereich mittels bodengestützter Stationen (sogenannter Pseudolites) hochfrequente Signale im L-Band ausgestrahlt werden, wie durch ein MGBAS System, die Signale globaler Satellitennavigationssysteme bzgl. der Genauigkeit und Integrität der Positionslösung bewertet werden und wie im MSCW, weltweit einzigartig eine gemeinsame Simulation des nautischen und technischen Schiffsbetriebes unter gleichzeitiger Einbeziehung der landseitigen Unterstützung durch die Verkehrsleitzentralen durchgeführt werden kann.

Der FoHRO wird zukünftig stärker in überregionale sowie internationale Aktivitäten eingebunden sein und damit neben anderen maritimen Forschungsaktivitäten aus Mecklenburg-Vorpommern ein Aushängeschild darstellen. Eine große Herausforderung wird in diesem Zusammenhang auch darin gesehen, neben der Bearbeitung reiner Forschungsprojekte, Verbundforschungsprojekte zwischen KMU's bzw. Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen zu initiieren.

6. REFERENZEN

- [1] Dodel H., Häuptler D., Satellitennavigation, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2., korrigierte und erweiterte Auflage, 2010
- [2] <http://www.sea-gate.de>
- [3] OS SIS ICD, Issue 1, European GNSS (Galileo) Open Service, Signal in Space Interface Control Document, GSA, European Global Navigation Satellite Systems Agency
- [4] Engler, Evelin und Noack, Thoralf und Klähn, Dietmar und Schlüter, Stefan und Reimer, Roland und Hirrlé, Angelika und Beckheinrich, Jamila und Becker, Carsten (2008), *ALEGRO – Aufbau eines lokalen maritimen Ergänzungssystems zur Unterstützung hochpräziser Galileo-Anwendungen und –Dienste im Forschungshafen Rostock*. Projektbericht
- [5] Engler, Evelin und Minkwitz, David und Noack, Thoralf und Klisch, Anja und Gewies, Stefan und Becker, Carsten (2009) *Integritätsmonitoring für ein maritimes, phasenbasiertes Ground Based Augmentation System (GBAS)*. DGON PosNav 2009 Proceedings.
- [6] IALA Recommendation R-121: On the Performance and Monitoring of DGNSS Services in the Frequency Band 283.5 – 325 kHz. Edition 1.1, December 2004.
- [7] IALA Recommendation R-121: On the Performance and Monitoring of DGNSS Services in the Frequency Band 283.5 – 325 kHz. Edition 2, under development.
- [8] IMO Resolution A.915(22): REVISED MARITIME POLICY AND REQUIREMENTS FOR A FUTURE GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM (GNSS). 22nd January 2002.
- [9] Minkwitz, David und Beckheinrich, Jamila und Hornbostel, Achim (2012) *Installation of an Experimental Galileo GBAS at Research Port Rostock*. European Journal of Navigation, Volume 10 (1), Seiten 16-28. DCM Druck Center Meckenheim GmbH. ISSN 1571-473X
- [10] Ziebold, Ralf und Dai, Zhen und Lanca, Luis und Noack, Thoralf und Engler, Evelin (2013) *Initial Realization of a Sensor Fusion Based Onboard Maritime Integrated PNT Unit*. TransNav : International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Journal Vol.7 (No. 1- March 2013), Seiten 127-134. Faculty of Navigation Gdynia Maritime University. DOI: 10.12716/1001.07.01.17. ISSN 2083-6473.
- [11] Romanovas, Michailas und Lanca, Luis und Ziebold, Ralf (2014) *Entwicklung einer Low-Cost-PNT Unit für maritime Anwendungen, basierend auf MEMS-Inertialsensoren*. In: Positionierung und Navigation für Intelligente Transportsysteme (DGON POSNAV). DGON. DGON POSNAV 2014, 20-21 Nov 2014, Berlin, Germany.
- [12] Banyś, Paweł und Noack, Thoralf und Gewies, Stefan (2012) *Assessment of AIS vessel position report under the aspect of data reliability*. In: Annual of Navigation. Akademia Marynarki Wojennej, Gdynia. ENC 2012, 25.-27. Apr. 2012, Gdańsk, Polen.
- [13] Heymann, Frank und Noack, Thoralf und Banyś, Paweł (2013) *Plausibility analysis of navigation related AIS parameter based on time series*. ENC2013, Wien.
- [14] <http://www.emaritime.de/>
- [15] <http://www.wfb-bremen.de/sixcms/media.php/120/MARISSA%20Flyer.pdf>
- [16] <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/eNavigation.aspx>
- [17] Oltmann, Jan-Hendrik (2008) *Was ist eigentlich „e-Navigation“?*, Zwischen Weser und Ems, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nordwest, Heft 42, 2008, Seiten 50-55
- [18] Benedict, K. et al, (2015), "Innovative Simulation Tools for Learning & Teaching Ships Dynamic and Investigation of Manoeuvring Capabilities", MARSIM 2015, Newcastle, UK
- [19] Schaub, M. et al, (2015): "Satellite supported Maritime Safety – SaMarius", Final Research Report for project SaMarius (in German language only). Hochschule Wismar / ISSIMS, Germany
- [20] Baldauf M., Benedict K., Krüger C. (2014): Potentials of e-Navigation – Enhanced Support for Collision Avoidance. *TransNav - the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, Vol. 8:4, 613-617
