

# Seeverkehrsdaten- und Sicherheitsanalyse am Fraunhofer CML

**BIG DATA-ANALYSEN** Mit dem Ziel der verstärkten Abbildung und Prognose des Seeverkehrs betreibt das Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML forcierte „Big Data“-Analysen von Daten des Automatischen Informationssystems (AIS) sowie Umweltparametern. Neben der Visualisierung und Analyse historischer Schiffsbewegungen werden zukünftige Bewegungen prognostiziert sowie die Sicherheit verschiedener Verkehrssituationen im Hinblick auf Kollisions- und Grundberührungsrisiken bewertet.

Tina Scheidweiler

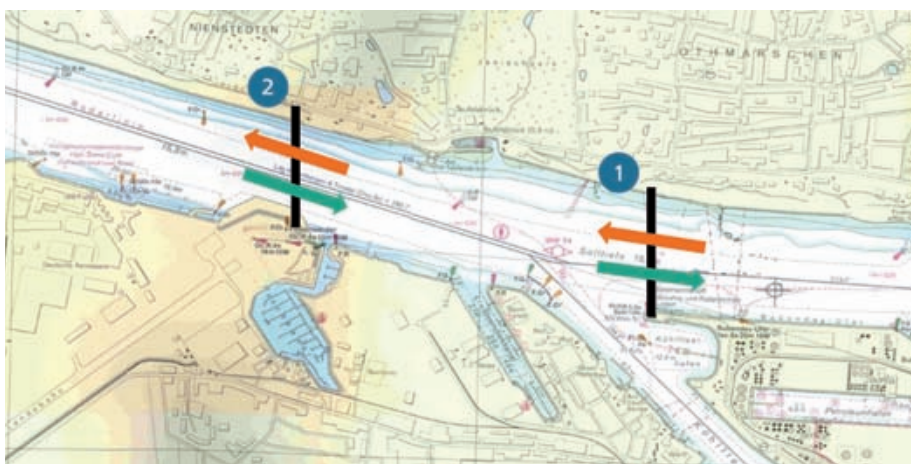


Abb. 1: Referenzlinien für die Bestimmung von Kreuzungspositionen von Bahnverläufen ein- (grün) und ausfahrender (orange) Schiffe am Bubendey-Ufer (1) sowie am Landeplatz Finkenwerder (2) in Hamburg

Mit der Einführung des Automatischen Identifikationssystems (AIS) durch die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) im Jahre 2002 [2], [4] sollte der Austausch von Informationen von Schiff zu Schiff sowie Schiff zu Landstation automatisiert und die Sicherheit und Lenkung des Seeverkehrs verbessert werden. Neben der Echtzeit-Visualisierung der Seeverkehrslage lassen sich mithilfe der über das AIS übermittelten Daten, die unter anderem Positions-, Geschwindigkeits- sowie Kursangaben enthalten, tiefgreifende Seeverkehrsdaten- und Sicherheitsanalysen durchführen.

## Seeverkehrsdatenanalyse

Die Schiffsgrößenentwicklung der letzten Jahre, bei der die absolute Anzahl der Schiffsanläufe in den deutschen Seehäfen stagniert, die Bruttoreaumzahl der Schiffe, die absoluten Gesamtumschlagmengen sowie die Anzahl

außergewöhnlich großer Fahrzeuge jedoch kontinuierlich wachsen, stellt die Häfen der deutschen Nord- und Ostseegewässer vor enorme Herausforderungen. Um diesem veränderten Verkehrsaufkommen möglichst vorausschauend begegnen zu können, wird am Fraunhofer CML innerhalb des mit der Trenz AG durchgeführten Forschungsprojektes VESTVIND (Abkürzung für: Vessel Traffic – Vorhersage-Informationssystem) ein verlässliches Vorhersagemodell für die Seeverkehrslage in der deutschen Nord- und Ostsee entwickelt, um Schiffspositionen vorauszusagen und vor allem Ankunftszeiten in den deutschen Seehäfen präziser zu prognostizieren. Dabei stellt der im VESTVIND-Projekt forcierte Ansatz der Inkludierung von Umweltparametern eine Erweiterung des gegenwärtigen „Real-ETA“-Systems zur Vorhersage von Schiffsankunftszeiten der Trenz AG dar.

Ein Fokus der am Fraunhofer CML durchgeführten Analysen liegt auf der

Kombination von den dynamischen Daten des AIS mit Wetter und Umweltparametern, wie Wind, Wellen sowie Strömung, mit der Hilfe neuronaler Netze, um zukünftige Schiffsgeschwindigkeiten und damit Seeverkehrssituationen gezielter und automatisierter prognostizieren zu können, die Kapazitätsplan- und Ressourcenplanung verschiedener Akteure zu verbessern, die Verkehrssicherheit zu steigern, Routen zu optimieren und somit insgesamt den Planungshorizont der an der Schifffahrt beteiligten Akteure zu erweitern.

Die am Fraunhofer CML forcierten Analyseschwerpunkte von Seeverkehrsdaten umfassen neben der Entwicklung eines Seeverkehrsprognosealgorithmus eine umfangreiche Seeverkehrsdatenanalyse zur Identifikation von Verhaltensmustern von Schiffen sowie die Entwicklung eines Algorithmus zur Vorhersage des Zielhafens anhand historischer Fahrten. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass die Angaben des Zielhafens im AIS aufgrund der manuellen Eingaben häufig fehlerhaft sind. Gleiches gilt für das ebenfalls manuell eingetragene Feld der Ankunftszeit. Beispielfähig waren von 30 946 übermittelten AIS-Nachrichten 49 Prozent im Hinblick auf die Angaben des Zielhafens sowie der Ankunftszeit fehlerhaft, vgl. [1].

Neben der Analyse der Schiffsbewegungen in der gesamten deutschen Nord- und Ostsee werden auch kleinere Reviere, wie das der Elbe innerhalb Hamburgs, untersucht. Eine beispielhafte Analyse ist die Schätzung der Lateralverteilung durch die Bestimmung von Kreuzungspositionen von Bahnverläufen zu bestimmten vorgegebenen Referenzlinien. Die Abbildung 1 stellt zwei exemplarische Referenzlinien zur Bestimmung der Kreuzungspositionen im Hamburger Hafen dar.

Auf Grundlage der Daten des AIS des Zeitraumes vom 1. Februar bis 1. August 2016 konnten für Fracht- bzw. Containerschiffe und Tanker, die anhand der Angaben des Schiffstyps im AIS selektiert werden konnten, Kreuzungspositionen (Abb. 2) ermittelt werden. Dabei wird zum einen deutlich, dass sich nahezu alle Schiffe – unabhängig von der betrachteten Referenzlinie – innerhalb der Fahrrinne bewegen, um Grundberührungen zu vermeiden bzw. das Risiko für Grundberührungen zu minimieren. Zum anderen geht bei der Betrachtung der Kreuzungen der Bahnverläufe der Referenzlinie Finkenwerder (Abb. 2, rechts) die Einhaltung des Rechtsfahrgebots hervor. Im Falle der Referenzlinie in Höhe des Bubendey-Ufers ist die Einhaltung des Rechtsfahrgebots nicht so eindeutig erkennbar. Dies ist der Vielzahl an Schiffsbewegungen – insbesondere dem Feederverkehr – innerhalb Hamburgs in den Finkenwerder- und Dradenauhafen zuzuschreiben.

### Sicherheitsbewertung des Seeverkehrs

Neben den reinen Big Data-Analysen der Seeverkehrsdaten werden Begegnungssituationen von Schiffen im Hinblick auf Kollisions- sowie Grundberührungsriskien analysiert und mithilfe eines in Kooperation mit den in Schweden ansässigen Partnern, der Technischen Hochschule Chalmers sowie SSPA Sweden AB, entwickelten Safety Index bewertet. Zur beispielhaften Schätzung der Kollisionsrisiken wird auf Grundlage eines Fuzzy-Modells ein Kollisionsin-

dex entwickelt, der neben den Positions-, Geschwindigkeits- und Kursangaben der Schiffe auszugsweise aus den folgenden Parametern ermittelt wird:

- › Distance to Closest Point of Approach (DCPA),
- › Time to Closest Point of Approach (TCPA).

Dabei beschreibt die Variable DCPA den Passierstand zweier Schiffe und TCPA die zeitliche Dauer bis zum Erreichen dieses Abstandes. Mit Bezug auf die Internationale[n] Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (COLREG) [3] wird zwischen den Begegnungssituationen „Überholen“, „Kreuzen“ sowie der klassischen „Frontalsituation“ unterschieden. Neben den zuvor genannten geometrischen Faktoren finden auch Umweltbedingungen sowie die „Intentionen“ des Schiffsführers bzw. Navigators innerhalb des Fuzzy-Modells Berücksichtigung.

Zur Generierung des Modells wurden Ende des Jahres 2016 und Anfang des Jahres 2017 Expertenbefragungen zur Bewertung der Sicherheit verschiedener Seeverkehrssituationen durchgeführt. Die Experten bestanden dabei aus den Instruktoren der Simulator-Zentren, die sich am European Simulator Network (EMSN), dem weltweit größten zivilen Simulationsnetzwerk, beteiligen. Das EMSN wurde 2013 im Laufe des Forschungsprojektes MONALISA 2.0 entwickelt und wird innerhalb des Projektes Sea Traffic Management (STM) Validation [5] eingesetzt und ausgebaut.

Die Expertenbefragung umfasste etwa 150 verschiedene Verkehrssituationen, die Begegnungssituationen zweier oder mehrerer Schiffe innerhalb oder außerhalb von Verkehrstrennungsgebieten sowie in der Nähe von seichtem Gewässer umfassten. Das durch die Expertenbefragungen entstandene Modell wird darüber hinaus mithilfe der hauseigenen Schiffsführungssimulatoren in verschiedenen Szenarien validiert.

Am Beispiel der Begegnungssituation zweier Schiffe zeigte die Auswertung der Expertenbefragung unter anderem die folgenden Ergebnisse:

- › Kreuzungsmanöver von der Backbordseite gelten als unsicherer als Manöver von der Steuerbordseite.
- › Überholsituationen zeigten sich als unsicherer, wenn das Schiff, das überholt wird, sich an der Steuerbord-Seite befindet.
- › Bei gegebenem DCPA von 0 Meilen ist eine Frontalsituation bei gleicher TCPA sicherer als eine Kreuzungssituation.

In Abbildung 3 werden exemplarisch die Kollisionsindizes für eine „Überhol“- und „Frontal“-Begegnungssituation über den Verlauf einer innerhalb des EMSN durchgeführten Simulation im Kattegat dargestellt, sodass das Verhalten eines Schiffsführers während einer Simulationsübung über die Zeit auf einer Skala von 0 bis 10 analysiert werden konnte. Dabei gibt der Wert  $CI = 0$  an, dass die Aufgabe der Kollisionsverhütung perfekt erfüllt wurde, wohingegen ein Wert  $CI = 10$  eine nicht sichere Performanz liefert. Es kann durch ›

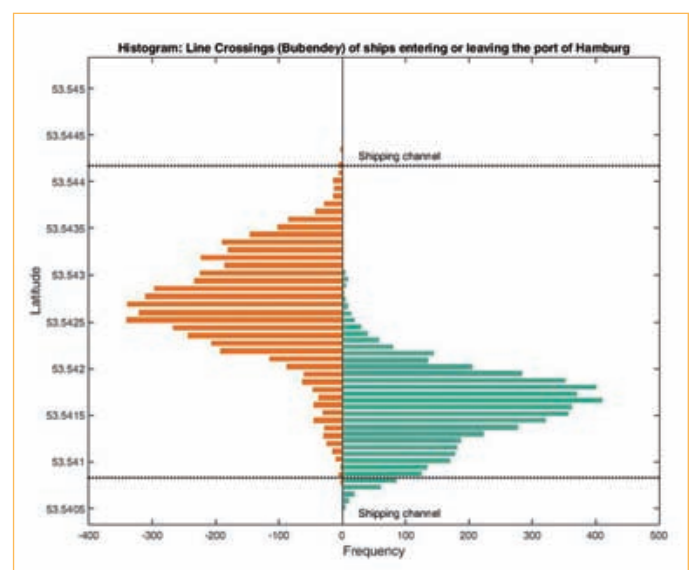
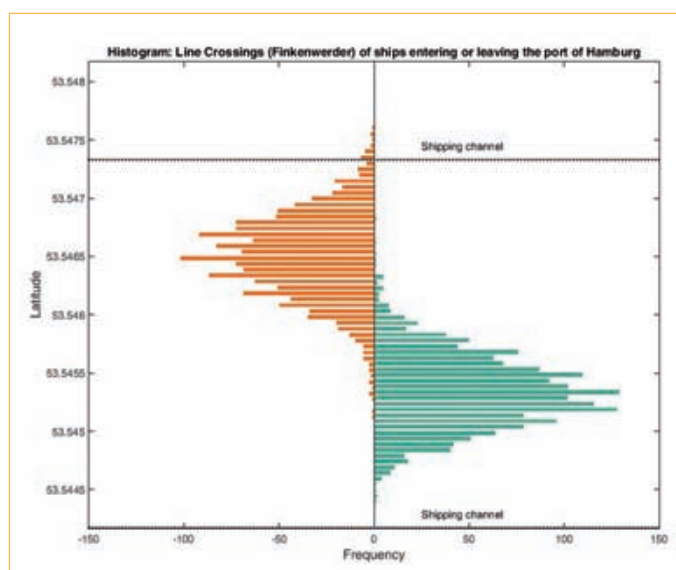


Abb. 2: Kreuzungspositionen von Bahnverläufen ein- und ausfahrender Containerschiffe und Tanker zu den vorgegebenen Referenzlinien (Längengraden) in Höhe der nautischen Zentrale am Bubendey-Ufer (links) sowie des Landeplatzes Finkenwerder (rechts) in Hamburg in dem Zeitraum vom 1. Februar bis 1. August 2016

Analyse der Kollision-Indizes konstatiert werden, dass Überholsituationen im Allgemeinen ein höheres Kollisionsrisiko aufweisen als Frontal-Begegnungssituationen.

Innerhalb des STM-Validation (STM) Projektes werden im Herbst 2017 die ersten Simulationstestläufe bestehend aus 25 bis 30 bemannten Schiffen stattfinden, um die innerhalb des Projektes entwickelten und integrierten Anwendungen zu testen und mithilfe des Safety Index zu validieren. Die entwickelten Applikationen umfassen unter anderem neue ECDIS-Funktionalitäten, insbesondere den Austausch von Routen zwischen Schiffen als auch zwischen Schiff und Landstation,

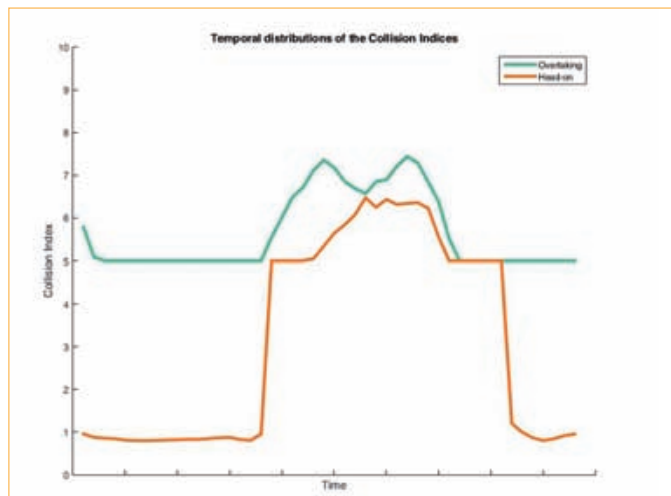


Abb. 3: Verteilung der Kollisionsindizes während einer Überholung (orange) sowie Frontal-Begegnungssituation (grün)

sowie die dynamische Anpassung der Routen zur Verkehrsoptimierung. Zudem wurde der Einsatz von ETA-Zeitfen-

tern zur ökonomischen Geschwindigkeitsregulierung und von Seeverkehrssteuerungssystemen erprobt.

## Literatur

- [1] Harati-Mokhtari, A., Wall, A.: Automatic Identification System (AIS): A Human Factors Approach; Journal of Navigation, Cambridge University Press, 2007.
- [2] IMO (International Maritime Organization): Consideration and adoption of amendments to the international convention for the safety of life at sea; Conference of contracting governments to the international convention for the safety of life at sea 1974, agenda item 6, 2002. Online abrufbar unter [http://www.shmsa.gov.cn/UserFiles/File/e%20SOLAS%201995%20\(CONF\).pdf](http://www.shmsa.gov.cn/UserFiles/File/e%20SOLAS%201995%20(CONF).pdf)
- [3] IMO (International Maritime Organization): Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs), zu deutsch: Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See, 1972. Online abrufbar unter <http://www.imo.org/en/OurWork/safety/navigation/pages/preventing-collisions.aspx>
- [4] IMO (International Maritime Organization): Guidelines for the onboard operational use of shipborne automatic identification systems (AIS); Resolution A.917(22), 22nd session, 2002. Online abrufbar unter [https://www.navcen.uscg.gov/pdf/AIS/IMO\\_A\\_917\(22\)\\_AIS\\_OPS\\_Guidelines.pdf](https://www.navcen.uscg.gov/pdf/AIS/IMO_A_917(22)_AIS_OPS_Guidelines.pdf)
- [5] Sjöfartsverket: Sea Traffic Management Validation Project, 2016. Online abrufbar unter <http://stmvalidation.eu>

Die Autorin:

M.Sc. Tina Scheidweiler, Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML, Hamburg

## Energieautarkes Condition-Monitoring-System für Schiffsgetriebe

**COMOGEAR** | Das Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH (IPH) entwickelt derzeit ein Condition-Monitoring-System für Schiffsgetriebe, das den Verschleißzustand der drehmomentübertragenden Bauteile im laufenden Betrieb überwachen kann, beispielsweise von Kupplungen, Wellen oder Verzahnungen. Die dafür notwendige Energie soll direkt aus der Rotationsenergie im Getriebe generiert werden. Das Projekt CoMoGear – Condition Monitoring of Marine Gearboxes wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie mit rund 350 000 Euro und gefördert. Zu den Projektpartnern gehören die Reintjes GmbH, die Bachmann Monitoring GmbH, die Microsensys GmbH und die Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. Temperaturen, Drehzahlen, Drehmomente und Schwingungen werden bereits drahtlos erfasst, sodass drohende Lager-

schäden im Getriebe rechtzeitig erkannt und durch Wartung bzw. Ersatz der betroffenen Bauteile verhindert werden können. Das System soll nun so weiterentwickelt werden, dass auch der Verschleiß von rotierenden Bauteilen innerhalb des Getriebes gemessen werden kann. Ein erster Schwerpunkt liegt laut IPH auf der Fernüberwachung der Lamellenkupplung, deren Reibbeläge sich mit der Zeit abnutzen können.

Kern des Systems sind miniaturisierte Sensorknoten, die im Getriebe installiert werden und Messwerte an den Bordcomputer senden. Bei der Entwicklung ergeben sich zwei Herausforderungen: Zum einen müssen die Sensoren im ölumspülten Getriebe zuverlässig funktionieren, zum anderen muss die Energieversorgung sichergestellt werden. Bislang konnten lediglich außen am Getriebegehäuse Sensoren installiert und u.a. Schwingungen gemessen

werden, mit denen sich z.B. Lagerschäden detektieren lassen. Damit das Condition-Monitoring-System drahtlos und energieautark funktioniert, soll die notwendige Energie mithilfe von Energy-Harvesting-Technologien aus der Umgebung generiert werden.

Eine ähnliche drahtlose Energieversorgung wurde bereits im Vorgängerprojekt DriveCoM entwickelt. Die Sensoren nutzen zur Energiegewinnung den Temperaturunterschied zwischen Getriebe und Meerwasser. Thermische Energiewandler erzeugen daraus ausreichend Strom, um alle 20 Minuten Temperaturen, Drehzahlen, Drehmomente und Schwingungen zu erfassen und an den Bordcomputer zu senden. Die Technologie hat das IPH gemeinsam mit den Partnern entwickelt und auf dem Getriebeprüfstand der Reintjes GmbH getestet: Mithilfe der Schwingungsdaten konnten so erfolgreich Lagerschäden detektiert werden.

Im neuen Projekt CoMoGear wollen die Partner das System so weiterentwickeln, dass zusätzlich auch der Verschleiß von rotierenden Bauteilen innerhalb des Getriebes gemessen werden kann. Dazu ist eine neue Art der Energiegewinnung nötig, denn innerhalb des Getriebes gibt es keine großen Temperaturunterschiede, die sich ausnutzen lassen. Deshalb soll die Rotationsenergie im Getriebe genutzt werden, um Strom für die Sensoren zu erzeugen. Die Messdaten sollen nicht nur regelmäßig an den Bordcomputer übertragen werden, sondern sich zusätzlich per Bluetooth mit dem Smartphone auslesen lassen. In den kommenden zwei Jahren soll ein Demonstrator entwickelt und erneut auf dem Getriebeprüfstand der Reintjes GmbH getestet werden.

Weitere Informationen zum Forschungsprojekt unter:

[www.comogear.iph-hannover.de](http://www.comogear.iph-hannover.de)