



Abb. 1: Potenziale der Analyse von Daten des Automatischen Identifikationssystems

Steigerung der Schiffseffizienz durch AIS-Datenanalyse und Wetter-Routing

FRAUNHOFER CML Globale Klimaziele, strengere Emissionsvorschriften und spürbarer Kostendruck führen zu immer größeren Anreizen, Schiffsemissionen zu reduzieren und die Energieeffizienz zu steigern. Auf der Basis von AIS- und Wetterdaten können am Fraunhofer CML historische und zukünftige Bewegungsmuster von Schiffen sowie deren Routen mithilfe von Big-Data-Ansätzen modelliert und damit die Performance von Schiffsreisen bewertet und verbessert werden.

Tina Scheidweiler, Laura Walther

Mit der Einführung der Ausrüstungspflicht von Handelsschiffen mit Sendern des Automatischen Identifikationssystems (AIS) im Jahre 2004 konnte die Schifffahrt einen ersten Meilenstein auf dem Wege zur Digitalisierung und damit Optimierung der maritimen Wertschöpfungskette erreichen. Durch den automatisierten Austausch von Positions-, Geschwindigkeits-, Kurs- und weiteren Daten von Schiff zu Schiff oder Schiff zu Landstation konnten zudem die Effizienz und Sicherheit des Seeverkehrs gesteigert werden. Die Informationen des AIS bilden die Grundlage aller am CML getätigten Analysen mit Methoden des maschinellen Lernens.

Seeverkehrsdatenanalyse und -vorhersage

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. Diese Tatsachen haben für den Hafenbetrieb die Folge, dass sich immer mehr Umschlag auf verhältnismäßig kleine Zeitfenster konzentriert.

Darüber hinaus beeinflussen Umwelteinflüsse die Fahrzeiten der Schiffe sowie den Terminalbetrieb maßgeblich. Starkwinde und Nebel sorgen wiederholt dafür, dass Umschlaganlagen ihren Betrieb einstellen und Seeschiffe ihre Fahrtgeschwindigkeit anpassen müssen. Im Frühjahr 2014 kam es aufgrund von Schwerwetterlagen in der Deutschen Bucht zu starken Unregelmäßigkeiten im Seeverkehrsablauf. Be-

sonders die Containerterminals standen dadurch vor der Herausforderung einer ungewöhnlich hohen Lagerauslastung durch aufgestaute Exportcontainer mit teilweise verdoppelten Standzeiten. Durch eine reduzierte Lagerkapazität war eine optimale Stauung der Container nur noch eingeschränkt möglich, sodass sich Fahrwege verlängerten und die Anzahl an Umstaubewegungen zunahm [1], [2], [3].

Auch auf langen Seereisen spielt der Einfluss von Umwelt- und Wetterbedingungen eine entscheidende Rolle: Geschwindigkeiten sind je nach Umwelt- und Wetterbedingungen anzupassen oder Hafeneinfahrten aufgrund bestehender Tiefgangsbeschränkungen den Tidewellen anzugleichen, sodass die Fahrzeiten und Routen der Schiffe je nach Wetter- und Umweltbedingungen variieren und die Planbarkeit verschiedener Akteure eingeschränkt wird.

Vorgehen und Ansatz am Fraunhofer CML

Informationen über Verkehrsbewegungen und Prognosen führen zu einer immensen Erweiterung des Planungshorizonts der maritimen Akteure: Ressourcen- und Hinterlandtransporte können im Voraus geplant, Wartezeiten effektiver gesteuert und die Sicherheit auf See erhöht werden. Mithilfe der Korrelation von AIS- sowie Wetter- und Umweltdaten können am Fraunhofer CML spezifische Routenverläufe und Begegnungssituationen analysiert sowie Routenverläufe und Fahrzeiten prognostiziert werden.

Ein Schwerpunkt liegt auf der Prognose von Schiffsbewegungen sowie Ankunfts- und Abfahrtszeiten in den Seehäfen. Dabei verwendet das CML verschiedene Ansätze des maschinellen Lernens, um aus historischen Daten Muster zu erlernen und darauf aufbauend Prognosen zu tätigen. So konnten beispielsweise Algorithmen zur Prognose von Ankunfts- und Abfahrtszeiten von Schiffen in der deutschen Nord- und Ostsee entwickelt werden. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass die Abweichung von vorhergesagter und wahrer Ankunftszeit im Falle einer 24 Stunden-Vorhersage innerhalb der deutschen Seehäfen stets kleiner als 60 Minuten war. Für einen Prognosezeitraum von 72 Stunden sowie einer Kombination von Ankunfts- und Abfahrtszeitprognose war die Abweichung stets kleiner als 3h. Der entwickelte Ansatz konnte darüber hinaus in einer Vielzahl kleinerer Projekte eingesetzt, angepasst und abschließend validiert werden.

Neben der Vorhersage von Schiffsbewegungen entwickelt das Fraunhofer CML intelligente Algorithmen für eine Vielzahl weiterer Anwendungen, die unter anderem innerhalb des geförderten Forschungsvorhabens TINA – Techniken zur interaktiven nautischen AIS-Datenanalyse [4] umgesetzt werden.

Mögliche Anwendungsfelder sind innerhalb der Abbildung 1 dargestellt. Beispielhaft werden am CML die nachfolgend präsentierten Themenschwerpunkte behandelt:

› **Bewegungsmusteranalyse:** Neben der klassischen Bewegungsmusteranalyse werden automatisierte Frequenzanalysen von Schiffen sowie Verteilungsanalysen von Geschwindigkeiten und Verläufen entlang vordefinierter Bereiche untersucht und entsprechende Methoden entwickelt.

› **Risikobewertung:** Eine sichere Schifffahrt ist für die Akteure im Seeverkehr von wesentlicher Bedeutung. Für die

Risiko- und Sicherheitsbewertung werden unter anderem die Passierabstände zweier Schiffe bei Begegnungen, aber auch die Abstände zu Fahrrinnenrändern und Tonnenstrichen erfasst, analysiert und visualisiert. Darüber hinaus werden Begegnungssituationen zweier Schiffe im Hinblick auf Kollisionsrisiken bewertet.

› **Anomalie-Detektion:** Kollisionen, Grundberührungen, illegale Fischerei, Umweltverschmutzung und Piraterie bedrohen die Sicherheit von Schiffsreisen und Küstenländern. Anhand von AIS-Daten entwickelt das Fraunhofer CML eine Methodik, um ungewöhnliche Verhaltensweisen von Schiffen wie zufällige Bewegungen in der

Mitte des Wassers, unerwartete Stopps, viele Interaktionen oder Abweichungen von Standardrouten zu identifizieren. Anomalie-Frühdetektionen bieten die Potenziale eines möglichst frühzeitigen Eingriffs auf die Schiffsführung, beispielsweise zur Prävention von Kollisionen oder Strandungen.

› **Umwelteinfluss:** Das CML entwickelt zur Identifikation von Abhängigkeiten und Zusammenhängen Methoden zur Korrelation der Umweltparameter mit den Schiffsbewegungsdaten des AIS. So können unter anderem auch Brennstoffverbräuche, Emissionen oder die Auswirkung der Schiffsbewegungen auf die Umwelt oder Lebewesen bewertet werden.

Europäische Union
Investition in Bremens Zukunft
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

**BREMEN
BREMERHAVEN
HOME OF INNOVATION**

**EXCELLENT PROVIDERS
OF MARITIME SERVICES!**

WIR SEHEN UNS
auf der internationalen
Leitmesse für die maritime Wirtschaft
in den Messehallen Hamburg.
HALLE B7 / STAND 130

04.-07.
Sept. 2018
SMM

LDW
Starke Maschinen.

Mittelstand 4.0
Kompetenzzentrum
Bremen

ISL

**Media
Mobil**

Opto
Precision

H S HAFEN SERVICE

Bremerhavener Gesellschaft
für Investitionsförderung
und Stadtentwicklung mbH **bis** Der Senator für Wirtschaft,
Arbeit und Häfen

Freie
Hansestadt
Bremen

Performancesteigerung durch Wetter-Routing

Die Reduktion von Brennstoffkosten oder Reisezeiten bei gleichzeitiger Einhaltung der immer strenger werdenden Emissionsvorschriften sowie der Gewährleistung der Sicherheit stehen während einer Schiffsreise im Fokus. Aus diesem Grund ist ein optimaler und somit auch optimierter Schiffsbetrieb während einer jeden Schiffsreise von besonderem Interesse für Schiffseigner, Charterer oder Schiffsführer sowohl von Passagier- als auch von Frachtschiffen, um die Wirtschaftlichkeit, Treibstoffeffizienz und Sicherheit von Besatzung, Ladung und Umwelt zu jeder Zeit zu gewährleisten.

Bei langen Seereisen spielt besonders die meteorologische Reiseplanung eine bedeutende Rolle für die Effizienz und die Sicherheit. Die Entscheidungsunterstützung des Kapitäns an Bord erfolgt individuell für jede Überfahrt in Form von berechneten optimalen Routen und Geschwindigkeitsprofilen. Die gezielte Anpassung von Route und Geschwindigkeit durch den Einsatz effizienter und robuster Algorithmen führt zu Effizienzsteigerungen des operativen Betriebs. Abgesehen von der Steigerung der Effizienz durch Minimierung des Brennstoffverbrauchs bzw. der Kosten, kann das Ziel eine Schiffsreise mit minimaler Reisezeit oder Strecke, mit maximaler Sicherheit oder Komfort oder auch einer Kombination der genannten Aspekte sein. Neben dem Reiseplan mit Routenrestriktionen, Abfahrts- bzw. Ankunftszeiten und -häfen sowie meteorologischen und ozeanografischen Informationen, werden insbesondere die Schiffs-eigenschaften zur Bestimmung des Brennstoffverbrauchs und von Schiffsbewegungen bei den vorherrschenden Wetterverhältnissen berücksichtigt.



Abb. 2: Darstellung der Routenoptimierung zur Kraftstoffeinsparung und Emissionsreduktion

Die Optimierung von Schiffsreisen geschieht mithilfe von Wetter-Routing-Systemen und -Diensten, die zahlreich kommerziell angeboten werden und in der Handelsschifffahrt zum Einsatz kommen.

Fraunhofer CML arbeitet an Verbesserungslösungen

Auch das Fraunhofer CML arbeitet an Lösungen für die Verbesserung der operativen Routenplanung, um energieverbrauchsoptimierte Schiffsreisen zu ermöglichen. Hierbei wird angestrebt, durch die Anpassung der Wetter-Routing-Anwendungen an individuelle Kundenanforderungen den größtmöglichen Nutzen zu erzielen. Dabei werden die folgenden Fragestellungen detailliert betrachtet:

- › Ist das Hauptziel der Optimierung von Schiffsreisen die Minimierung der Kosten oder sind andere Ziele gleich wichtig oder sogar wichtiger?
- › Gibt es besondere Routing-Beschränkungen, denen große Bedeutung beigemessen wird, wie Sonderzonen, in denen spezielle Umweltrichtlinien gelten und beispielsweise andere Schiffstreibstoffe verwendet werden sollten?
- › Welche spezifischen oder außergewöhnlichen Schiffs-eigenschaften in Bezug auf Rumpfgeometrie, Antriebssystem oder Einsatzprofil sind besonders zu berücksichtigen?
- › Wie hoch ist der erforderliche Grad der Bewertung von Schlechtwettereinflüssen in

Echtzeit und der Integration mit anderen Assistenzsystemen an Bord?

Unter anderem für ihren Einsatz bei innovativen Schiffs-konzepten werden Wetter-Routing-Anwendungen am Fraunhofer CML weiterentwickelt, beispielsweise für Schiffe mit Antriebsunterstützung durch Windenergie, wie dem segelnden Frachtschiffsentwurf Vindskip®, und für unbemannte autonome Schiffe.

Potenziale der Kombination von Wetter-Routing und Seeverkehrsdaten-analyse

Durch die Seeverkehrsdaten-analyse lassen sich Routenverläufe inklusive der Positionsdaten und damit historische Bewegungsmuster analysieren. Darüber hinaus können Geschwindigkeitsprofile der historischen Routen erstellt und statische Reisedaten, wie die Dauer der Fahrt, der Ankunfts- und Abfahrtszeit oder des Tiefgangs, angegeben werden, um ein umfassendes Reiseprofil zu erhalten.

Mithilfe des Wetter-Routings lassen sich Geschwindigkeiten und Routen optimieren, um zur Minimierung des Brennstoffverbrauchs sowie zur Reduktion von Emissionen beizutragen. Auch hier werden analog zu der Seeverkehrsdatenanalyse Wetter-, Schiffs- und Routendaten inklusive möglicher Restriktionen berücksichtigt.

Mit dem Einsatz von Wetter-Routing-Systemen auf die modellierten historischen Routen bzw. Bewegungsmuster des Schiffes besteht das Potenzial, ex-Post Reiseanalysen von Eigen- oder Fremdschiffen mit dem Ziel der Performancebewertung zur Erhöhung der Verkehrs- und Planungssicherheit, einer optimalen Ressourcennutzung, dem Umweltschutz und damit einer Effizienzsteigerung durchzuführen.

Beispielhaft können Routen ex-post oder vor einer neuen Fahrt im Hinblick auf die folgenden Merkmale und ihres Einflusses auf die Schiffsperformance analysiert werden:

- › Bewertung des Wettereinflusses,
- › Bewertung der Emissionen,
- › Bewertung der Kosten,
- › Bewertung der Pünktlichkeit.

Darüber hinaus kann ein Schiff bezüglich der Schiffssicherheit oder des Komforts sowie bezüglich der Performance im Vergleich zu anderen Schiffen bewertet werden. Bestehende Ansätze sowie deren Weiterentwicklung und Integration liefern am Fraunhofer CML einen grundlegenden Beitrag für zukünftige Forschungsarbeiten und technologische Entwicklungen in diesem Bereich.

Literaturverzeichnis

- [1] Drewry Shipping Consultants Limited, „Carrier Performance Insight“, London, Großbritannien, 2014.
- [2] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), „Verkehrliche Auswirkungen einer Sturmflut“, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung; BBSR-Analysen KOMPAKT, Bonn, 2015.
- [3] Hafen Hamburg Marketing e.V., „Jahresbericht“, Hamburg, 2014.
- [4] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, „Techniken zur interaktiven nautischen AIS-Datenanalyse - TINA“, 01.05.2018. [Online]. Available: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/techniken-zur-interaktiven-nautischen-ais-datenanalyse.html?nn=326002>. [Zugriff am 25.05.2018].

Die Autorinnen:
Tina Scheidweiler, M. Sc., und
Dipl.-Ing. Laura Walther, MTM,
Fraunhofer-Center für
Maritime Logistik und Dienstleistungen CML, Hamburg