



Das 275 m lange Typschiff, auf dem die Installationen getestet werden

Foto: Bernhard Schulte

B ZERO – Projekt zur Entwicklung einer wachfreien Brücke

NAVIGATION Das vom BMWi geförderte B ZERO-Projekt hat die Entwicklung eines integrierten und autonomen Sensor-, Entscheidungs- und Dokumentationssystems für einen wachfreien Brückenbetrieb zum Ziel. An dem Vorhaben sind Vertreter aus Forschungsinstituten und Industrieunternehmen beteiligt. Bis Ende 2022 wollen sie ein (teil-)autonomes Navigationssystem vorstellen. Für das Gelingen eines autonomen Betriebs ist u.a. die Bestimmung der optimalen Schwimmlage und der Schiffsbewegung notwendig.

Andreas Jeromin, Nicolas Harcke, Klas Reimer

In Zuge der „Maritimen Forschungsstrategie 2025“ hat das Forschungsprojekt B ZERO im Herbst 2019 die Zuteilung erhalten und wurde zum 1. Dezember 2019 mit einer Laufzeit von 36 Monaten gestartet. Das Projekt B ZERO wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) unter dem Kennzeichen 03SX500 gefördert. Dem Konsortium, bestehend aus den Instituten Fraunhofer CML und Fraunhofer FKIE, Wärtsilä SAM Electronics, der Reederei Bernhard Schulte, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), dem Startup NautilusLog sowie der Hoppe Bordmesstechnik GmbH, soll gemeinsam ein großer Schritt in Richtung der autonomen Schifffahrt gelingen. Ziel des Konsortiums ist die Entwicklung eines integrierten und autonomen Sensor-, Entscheidungs- und Dokumentationssystems, das eine wachfreie Brücke für bis zu acht Stunden im freien Gewässer, bei maximal Windstärke 6 Beaufort und einer signifikanten Wellenhöhe von 3,5 m ermöglicht. Dem zugehörig werden die erforderlichen

Betriebsprozesse und Voraussetzungen für etwaige Regelwerke in UI/UX Testlaboren und InSitu-Testkampagnen an Bord zum Entwurfsstadium gebracht.

In den Arbeitspaketen zur Kollisionsvermeidung, Schwerwetternavigation sowie der Strandungsvermeidung sind die Konsortialpartner in enger Zusammenarbeit tätig. Ziel ist, die Entwicklung einer technisch prototypischen Lösung, mit dem Anspruch, zukünftig vermarktungsfähige Produkte zu testen.

Die Nutzeranwendungen umfassen unter anderem ein automatisiertes, elektronisches Logbuch (NautilusLog), eine webbasierte Visualisierung der Schwimmlage mit Optimierungskennfeldern (Hoppe Bordmesstechnik) und Algorithmen zur autonomen Navigation (Fraunhofer CML). Bereits im ersten Drittel der Projektlaufzeit soll auch die Datenverfügbarkeit an Land gewährleistet sein. Die Reederei Bernhard Schulte stellt ein Containerschiff (5600 TEU) für die Installation der Systeme und für InSitu-Testkampagnen zur Verfügung,

sodass schon in der frühen Projektphase Echtdaten aus dem Schiffsbetrieb erfasst werden und in die Algorithmen einfließen können. Federführend durch das BSH und basierend auf den Erfahrungen des Schiffsbetriebs wird Hoppe den Entwurf neuer Regelwerke zur autonomen Schifffahrt eng begleiten.

Optimierter und automatisierter Schiffsbetrieb

Die Hoppe Bordmesstechnik GmbH ist die Entwicklungsgesellschaft der Hoppe Marine Group und konzentriert sich auf die Bestimmung der dynamischen Schwimmlage durch Fusion von dynamischen Tiefgängen, Durchbiegung und Torsion. Die Kenntnis der vollständigen dynamischen Schwimmlage und der aktuellen Vortriebsleistung ermöglicht die Entwicklung eines selbstlernenden Trimmkennfelds. Durch eine Schnittstelle zum Ladungsrechner wird die autonome Nachjustierung der Trimmlage im Zuge eines automatischen Ballastingsystems implementiert.

Schiffsbetreibern bietet das kombinierte System eine automatisierte Monitoring- und Optimierungslösung zum Halten vor gegebener Schwimmlagen und ermöglicht so einen sicheren und effizienten Schiffsbetrieb.

Ebenfalls an Bord des Schiffes installiert ist die Mess- und Sensortechnik zur Erfassung relevanter Schiffsinformationen, wie einer Maihak-Leistungsmessanlage, einer Tankinhaltmessung und Ventilsteuerung sowie Tiefgangs- und Bewegungssensoren. In Kombination mit der Nutzung moderner digitaler Technologien kann so der kontinuierlich steigende Bedarf an Schiffsdaten und daraus abgeleiteten Informationen (u.a. durch Regularien zu Emissionsreduktion, Ballastwasserbehandlung und Reportings etc.) bedient werden. Gleichzeitig ist durch die Datenübertragung an Land eine Erzeugung eines digitalen Abbilds der Systeme möglich, sodass ein Alarming und Monitoring mit einem Remoteeingriff von Land aus möglich ist.

Überwachung der vollständigen Schiffsbewegung

Hoppe Bordmesstechnik ist im Forschungsprojekt unter anderem für die Aufgabe „Motion Sensing“ verantwortlich, für die sämtliche Schiffsbewegungen im statischen sowie im dynamischen Umfeld erfasst und abgebildet werden. Die Informationen von drei HOSIM-Sensoren (MRUs/Motion Reference Units) und sechs GNSS-Sensoren werden zur Verifizierung und Validierung der Biegelinie und Torsion zu

einem System geformt. Um Flachwassergebiete mit Auflaufrisiko zu erkennen, vor ihnen zu warnen und sie zu umfahren, spielen diese Informationen im Arbeitspaket Strandungsvermeidung eine wesentliche Rolle.

Weiterhin können mit den Daten numerisch ermittelte Trimmkennfelder validiert und Grundsteine für die Weiterentwicklung numerischer Verfahren gesetzt werden. Langfristiges Ziel ist die Erarbeitung von Performance Standards für autonome Assistenzsysteme.

Weitere wichtige Aspekte der Schwimmlagenbestimmung sind die zeitabhängigen Bewegungsmuster. Im Arbeitspaket Schwerwetternavigation werden Amplituden und Perioden von Roll- und Stampfbewegungen sowie Bewegungsmuster überwacht, um bei Schwerwetter die Maschinenleistung zur Einhaltung definierter Grenzen im Bereich der Schiffsbewegung zu reduzieren.

Einsatz von drei MRUs und sechs GNSS-Sensoren

Unter Zuhilfenahme der HOSIM-Sensoren und vier Tiefgangssensoren sollen Algorithmen zur Bestimmung des Biegeverhaltens in Längs- und Querrichtung weiterentwickelt und verbessert werden. Da über die HOSIM-Sensoren lediglich Winkeländerungen und Beschleunigungen entlang der drei Koordinatenachsen erfasst werden können, sind Referenzhöhen entlang der Schiffslängsachse zur fundierten Validierung der mathematischen Beschreibung des Biegeverhaltens notwendig.

Für diese Validierung wird als zweites unabhängiges Verfahren auf globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) mit Real Time Kinematic (RTK) gesetzt. Bei RTK wird der Abstand zum Satelliten über die Trägerwelle des Navigationssignals bis auf wenige Millimeter genau gemessen. Die Abstände mehrerer Empfänger zueinander werden auf wenige Zentimeter genau ermittelt. Die eingesetzten GNSS-Empfänger und -Antennen nutzen neben GPS (USA) auch die Satellitennavigationssysteme Galileo (EU), GLONASS (Russland) und BeiDou (China). Außerdem unterstützen sie nativ das RTK-Verfahren. Die strategische Verteilung der GNSS-Empfänger über die Schiffslänge und die Schiffsbreite erlaubt neben der Evaluation der Biegelinie auch die Bestimmung von Torsion, Trimm und zeitlichen Bewegungen wie Rollen und Stampfen.

Das Datenlogging der im Rahmen des Projektes an Bord gebrachten Sensorik wird auf zwei getrennten Systemen stattfinden, wobei ein Rechner/Datenlogger ausschließlich für das Erfassen und Speichern der GNSS-Daten installiert wird. Die Algorithmen-Entwicklung bedarf einer hochaggregierten Datenbasis, wofür eine Loggingrate der HOSIM-Sensoren von 25 Hz und der GNSS-Sensoren von 10 Hz angestrebt wird.

Automatische Bewertung der Datenqualität

Technologie und auch die Kostenstruktur erlauben es den Reedereien bereits seit >



Systemtest durch Hoppe Bordmesstechnik am Standort Hamburg

Foto: Hoppe



Aufbau des „Data Highways“

Grafik: Hoppe

einigen Jahren, Betriebsinformationen und auch Zeitseriendaten vom Schiff an Land zu transportieren. Unter Nutzung der an Bord vorhandenen IT-Infrastruktur und mit der Datenkommunikationslösung von Hoppe wird auch im Projekt B ZERO der Weg vom Sensor bis hin zur cloudbasierten Datenspeicherung und Verfügbarkeit an Land aus einer Hand bereitgestellt. Der Schutz gegen Cyberkriminalität wird hierbei nicht außer Acht gelassen, sodass bei der Datenkommunikation auf ein mehrstufiges Sicherheitskonzept mit dem Fokus auf Identitätsschutz, Zugriffsschutz und Integritätsschutz gesetzt wird. Beim Identitätsschutz wird in erster Stufe die Vertrauenswürdigkeit der Kommunikationspartner sichergestellt. Dazu wird jeder Endpunkt der Kommunikation ab Werk mit einem privaten, kryptografischen Schlüssel ausgestattet. Dieser Schlüssel verlässt niemals die Geräte und kann daher auch nicht kompromittiert werden.

Beim Zugriffsschutz wird eine sichere SSL-verschlüsselte Verbindung zwischen den Kommunikationspartnern aufgebaut. Diese verschlüsselte Verbindung stellt sicher, dass nur die beiden Kommunikationspartner die übertragenen Daten in Klartext lesen können, jedoch keine dritte Partei die Daten bei der Übertragung mitlesen kann. Beim Integritätsschutz wird in einem zusätzlichen Schritt nochmals sichergestellt, dass die Daten vollständig intakt sind und den Daten entsprechen, die an Bord in den sicheren Übertragungskanal gegeben wurden. Dazu werden wiederum kryptografische Signaturen nach Standard RFC 7519 verwendet.

Die Schiff-Land-Kommunikation schließt die Kette von der Datenakquise an Bord hin zur erweiterten Datenauswertung an Land. Damit zeichnet Hoppe Marine von der Datenquelle bis zur Bereitstellung der Informationen über Systemzustände an Land verantwortlich.

Die Nutzung einer Schiff-Land-Datenverbindung mit kontinuierlich verfügbaren Zeitseriendaten ist für das schnelle Reagieren auf gewonnene Erkenntnisse im Forschungsprojekt zwingend erforderlich. Der Systemzustand kann laufend überwacht werden und erforderliche Parameter für weiterführende Analysen sind verfügbar.

Im Forschungsprojekt B ZERO wird es zusätzlich möglich sein, System- und Softwareupdates von Land auszuführen. Es bildet damit für Hoppe einen weiteren Meilenstein, digitalisierte Dienstleistungen anzubieten.

Die Qualität der vom Schiff übertragenen Daten wird über den Service „Data Inspector“ sichergestellt. In diesem Service geht es darum, Fehlfunktionen und unplausible Daten frühzeitig zu erkennen und bei Abweichungen Maßnahmen bis hin zu einem koordinierten OnBoard-Service zu ergreifen. Hilfreich für die Kooperationspartner ist die Nutzung des Hoppe „Data Butler“-Service. Der Data Butler stellt die Schiffsdaten über eine standardisierte Schnittstelle auf einem cloudbasierten Server bereit, der für alle Kooperationspartner erreichbar ist, um die Daten für weitere Auswertungen und Analysen zu nutzen.

Präzise Daten für Flottenmanagement

Der Data Butler füllt eine bisher dünn besetzte Lücke. In der voranschreitenden Digitalisierung besteht der Bedarf nach präzisen, schnellen und aktuellen Daten. Die Datenbeschaffung und -bereitstellung ist daher zum zentralen Thema für Hoppe geworden. Mit entsprechender Expertise an Bord, maritimem Know-how und unter Nutzung modernster Technologien an Land soll diesem Bedarf begegnet werden. Der sogenannte Data-Highway wird der zentrale Nervenstrang für die weitere Digitalisierung sein und dient dem Ausbau innovativer Produkte und Dienstleistungen.

Systeminstallation und Ausblick

Für das Konsortium liegt der Fokus aktuell auf der Installation zusätzlicher Sensoren und dem Herstellen der Schiff-Land-Kommunikationsverbindung, um von Beginn der Datensammlung die Voraussetzungen für hohe Datenqualität zu gewährleisten. Denn valide und zuverlässige Messwerte, insbesondere vom Speedlog, der Leistungsmessanlage und dem dynamischen Tiefgang bilden die elementare Grundlage für den zuverlässigen, effizienten, autonomen Schiffsbetrieb. Aktuell wird das Gesamtsystem durch die Hoppe Bordmesstechnik GmbH intensiv getestet, die Installation auf dem Schiff soll im vierten Quartal vollständig abgeschlossen sein.

Zum Ende des Projektes im Jahr 2022 soll ein (teil-)autonomes Navigationssystem zur Verfügung stehen. Dieses System wird seitens Hoppe mit qualifizierten Informationen über das aktuelle Bewegungsverhalten, die dynamische Schwimmlage und den Leistungsbedarf gespeist. Im Zusammenspiel mit diesen Daten ist ein sicherer und effizienter Schiffsbetrieb möglich. Durch Anpassung der Maschineneistung im Schwerwetterfall können Roll- und Stampfbewegungen sowie die Möglichkeit des parametrischen Rollens minimiert werden. Der Schiffsbetrieb wird dabei über ein automatisches Ballasting zur Einstellung der optimalen Schwimmlage des Schiffes, entsprechend eines sich selbst kontinuierlich verfeinernden Trimmkennfeldes, realisiert und leistet damit neben einer Effizienzsteigerung auch einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz.

Die Autoren:

Andreas Jeromin (Entwicklungsingenieur Sensors and Systems), **Nicolas Harcke** (B ZERO Projektverantwortlicher bei der Hoppe Bordmesstechnik), **Klas Reimer** (Team Manager R&D), Hoppe Bordmesstechnik GmbH, Hamburg