

Herausforderungen bei der Integration von Systemen mit künstlicher Intelligenz an Bord von Schiffen

Ein Beitrag von PAUL KOCH

Der maritime Sektor ist in den letzten Jahren durch die Digitalisierung verschiedener Teilprozesse und Gesamtsysteme geprägt. Entwicklungen auf dem Gebiet der maritimen Autonomie, insbesondere der Situationsbewertung und Kollisionsverhütung nehmen zu. Auf der Suche nach neuen und innovativen Wegen stellt sich die Frage, wie die Akzeptanz für autonome Systeme mit Marktreife gesteigert werden kann. Dabei ist nicht nur das System Schiff zu betrachten, sondern auch die landseitige Infrastruktur und die mit der technischen Verknüpfung dieser Systeme verbundenen und vielfältigen Herausforderungen. Eine dieser Herausforderungen im Zusammenhang mit autonomen Systemen ergibt sich aus der noch nicht vollzogenen Standardisierung von maritimem Brückensystem und Sensorik.

autonome Systeme | autonome Schiffe | künstliche Intelligenz | Retrofit
autonomous systems | autonomous ships | artificial intelligence | retrofit

In recent years, the maritime sector has been characterised by the digitalisation of various sub-processes and overall systems. Developments in the field of maritime autonomy, especially situation assessment and collision prevention, are increasing. In the search for new and innovative ways, the question arises as to how the acceptance of autonomous systems with market maturity can be increased. In this context, not only the ship as a system must be considered, but also the shore-based infrastructure and the manifold challenges associated with the technical linking of these systems. One of these challenges in connection with autonomous systems arises from the still incomplete standardisation of maritime bridge systems and sensor technology.

Autor

Paul Koch arbeitet beim Fraunhofer-Center für Maritime Logistik und Dienstleistungen CML in Hamburg.

paul.koch@cml.fraunhofer.de

Sensor gut, alles gut?

Autonome Systeme sind auf verlässliche und kontinuierlich einfließende Informationen angewiesen, die aus den Daten der Sensoren gewonnen werden. Die Erstellung eines Lagebilds erfolgt mit Methoden der Sensorfusion, auch die Schiffserkennung und die Kollisionsvermeidung sind daten- und rechenintensive Aufgaben und lassen sich nur durch umfassende und heterogene Sensorik an Bord umsetzen, um ein umfassendes Verständnis der das Schiff umgebenden Objekte zu erhalten. Die Entwicklung autonomer Systeme hat in den vergangenen Jahren deutlich zugenommen. Mit dem Projekt MUNIN (CML 2016) hat das Fraunhofer CML die grundlegende Machbarkeit für die Implementierung autonomer Systeme auf Handelsschiffen gezeigt (Abb. 1). Derzeit entwickelt es im B ZERO-Projekt (CML 2019) Systeme, welche einen wachfreien Brückenbetrieb über mindestens acht Stunden ermöglichen sollen.

Maschinelles Lernen als Hilfsmittel

Die aktuelle Entwicklung hat gezeigt, dass die für die herkömmliche Navigation ausreichende Sen-

sorik unter Zuhilfenahme von Software-Lösungen aufbereitet werden muss.

Für die Umsetzung dieser Herausforderung haben sich Techniken des maschinellen Lernens als hilfreich erwiesen: Datenprodukte mit hohem Rauschanteil können durch ein tiefes Verständnis von Fehlern und Rauschverhalten in eine für autonome Systeme nutzbare Qualität überführt werden.

Der für autonome Systeme benötigte Informationsbedarf ist unmittelbar vom Grad der Automatisierung abhängig (Tabelle 1). Die Automatisierungsgrade definieren sich hierbei über den Anteil der Aufgaben, die ausschließlich durch ein autonomes System wahrgenommen werden. Dargestellte Automatisierungsgrade helfen bei der Definition von Iterationsschritten hin zur vollständigen Autonomie (AL 5 bis AL 6), bei welcher der gesamte Prozess – von der Auswertung des maritimen Lagebildes bis zur Festlegung der Ruderlage und des Maschinentelegrafens – durch ein autonomes System getätigt wird.

Die Einführung autonomer Systeme ist in den letzten Jahren zunehmend ins Stocken geraten,

die Gründe dafür sind vielfältig. Insbesondere fehlen die Standardisierung der vorgeschriebenen sensorischen Systeme an Bord sowie flexible Kommunikationsprotokolle für Schiff-zu-Schiff- und Schiff-zu-Land-Kommunikation.

Ungeklärter Informationsbedarf

Diese Defizite in der Standardisierung sind auch auf den noch ungeklärten Informationsbedarf, welchen autonome Schiffe mit sich bringen, zurückzuführen. Durch die bereits vorgebrachten Methoden, Sensordaten aufzuwerten, und die erwähnten Forschungsprojekte stellt sich die Frage, ob die vorhandene Sensorik ausreichend ist. Helfen mehr Sensoren, dem Betreiber das Gefühl von Kontrolle zu vermitteln? Bei der Entwicklung der Systeme zeigt sich, dass ein lineares Verhältnis zwischen Informationsbedarf und Sensoranzahl vorhanden zu sein scheint, in der Praxis ist dieses Verhältnis jedoch deutlich komplexer als anfangs vermutet. Warum können Menschen Schiffe seit Jahrhunderten sicher navigieren, zu Anfangszeiten ohne GPS, Radar und AIS? Diese Frage wirft die Problemstellung in den Raum, dass nicht nur der Informationsbedarf wachsen muss, um autonome Schiffe Realität werden zu lassen, sondern auch die Verknüpfung der erhaltenen Sensordaten und die Auswertung ihrer Verknüpfungen und Abhängigkeiten untereinander.

Nutzung neuer Sensoren für die Umsetzung vollautonomer Systeme

Schon jetzt zeigt sich in anderen Bereichen der Autonomie, wie beispielsweise der Automobilindustrie, dass eine Kamera deutlich mehr Informationen liefern kann als eine Vielzahl an Sensoren. Insbesondere die Flexibilität im Umfang extrahierbarer Informationen übersteigt in der Regel den Umfang, welcher selbst durch eine hohe Anzahl dedizierter Sensoren erreicht werden kann.

Eine Umsetzung der autonomen Entscheidungsprozesse über die direkte Verarbeitung visueller Informationen würde eine deutliche Annäherung an die Funktionsweise menschlicher Entscheidungsprozesse darstellen. Erfolgreiche Implementierung eines solchen Ansatzes und robuste Demonstration der Zuverlässigkeit kann das Vertrauen in autonome Systeme deutlich stärken. Dies würde einen Shift weg von immer mehr Sensoren hin zu einer cleveren Kombination visueller Information mit punktuell notwendigen Sensoren wie AIS, Radar oder GNSS darstellen.

Alles eine Frage der Kontrolle

In enger Verbindung mit dem Betrieb autonomer Systeme steht die Überwachung (Monitoring) teil- und vollautonomer Systeme. Monitoring bezieht sich in diesem Kontext auf die landseitige Überwachung eines Systems durch Methoden der Anomalie-Detektion und auf die Übernahme der

| Bezeichnung | Definition |
|-------------|--|
| AL 0 | Keine autonomen Funktionen |
| AL 1 | An Bord befindliche Unterstützungssysteme |
| AL 2 | An Bord oder an Land befindliche Unterstützungssysteme |
| AL 3 | Aktionen werden durch Menschen bestätigt |
| AL 4 | Autonome Entscheidung und Überwachung durch Menschen |
| AL 5 | Volle Autonomie mit einzelner menschlicher Überwachung |
| AL 6 | Volle Autonomie ohne Überwachung |

Tabelle 1: Stufen der Autonomie (nach: Lloyd's Register 2017)

Steuerung bei Ausfall des autonomen Systems. Während die Systeme an sich mit Blick auf Ausfallsicherheit und Redundanz in der Regel ausreichend sicher ausgelegt sind, ist vor allem in den küstennahen Bereichen ein dauerhaftes Monitoring dieser Systeme auf absehbare Zeit unverzichtbar. Das Monitoring dieser Systeme bringt dabei zwei grundlegende Herausforderungen hervor. Zum einem die Frage nach ausreichend robusten Kommunikationskanälen in Landnähe als auch bei einer Ozeanüberquerung. Zum anderen die Frage nach der erforderlichen Reaktion, sollte ein Eingreifen von Landseite erforderlich sein.

Kommunikationskanäle in der maritimen Welt gibt es viele. Mit Blick auf hohen Datendurchsatz und Ausfallsicherheit wird das Feld jedoch recht schnell dünn. Aufgaben wie Sprechfunk und AIS können über UKW geleistet werden. Die Schiff-zu-Land-Kommunikation hingegen ist wegen fehlender UMTS-/LTE-Verbindung auf dem offenen Meer nur über die Nutzung teurer und im Datenverbrauch begrenzter Satellitensysteme nutzbar. Hier wird es notwendig sein, internetfähige Satellitenkonstellationen zu nutzen oder spezielle Technologien zu etablieren. Von Ersterem wird bereits im Projekt B ZERO Gebrauch gemacht, um bei Ozeanüberquerungen Daten von installierten Sensoren zu sammeln und Wartungen vorzunehmen. Die begrenzte Verfügbarkeit, hohe Kosten und das



Abb. 1: Projekt MUNIN: Implementierung autonomer Systeme auf Handelsschiffen

frühe Stadium erwähnter Satellitenkonstellationen machen die Nutzung derzeit schwierig – der Nutzen für die Überwachung autonomer Systeme wird sich somit erst in den kommenden Jahren zeigen können.

Der Weg zur Zulassung

Die Herausforderungen im Monitoring haben neben technischen Nachteilen weitere ungewollte Nebeneffekte. Während autonome Fahrzeuge an Land bei der Markteinführung kontinuierlich überwacht werden können und eine schrittweise Inbetriebnahme durchgeführt werden kann, sind autonome Schiffe bereits bei den ersten Fahrten auf ein hohes Maß an Vertrauen vonseiten der Betreiber und des Gesetzgebers angewiesen. Durch nur lückenhaftes Monitoring ist es somit schwierig, die korrekte Arbeitsweise der Systeme im Feld zu beweisen. Zudem benötigen Testkampagnen hohen Personal- und Zeitaufwand.

Die Problematik der fehlenden Möglichkeiten des Monitorings zeigt sich auch bei den zu übermittelnden Informationen. Während in vielen Bereichen ein Monitoring eine rein unidirektionale Kommunikation zwischen System und Überwachungsdiensten darstellt, ist vor allem in der küstennahen autonomen Navigation der starke Wunsch nach einer möglichen Übernahme des Schiffes im Krisenfall vorhanden. Die Idee ist hierbei, dass der Mensch nach wie vor eine übergeordnete Rolle für die Ausführung komplexer Navigationsprozesse spielen soll. Navigation in Kanälen, Schleusen sowie das An- und Ablegen sollen weiterhin durch trainiertes Personal durchgeführt werden. Dies gilt auch für einen möglichen Systemausfall an Bord, um das Schiff in einen sicheren Zustand überführen zu können.

Die Bandbreite an geforderten Aufgaben erschwert eine Abschätzung des Informationsbedarfes. Neuartige Kommunikationskanäle müssen mit Blick auf die Fernsteuerung sowie die benötigte Integrität, Sicherheit und Robustheit dieser zu übertragenden Informationsmenge angepasst und entwickelt werden. Die Unsicherheiten über die mögliche Umsetzung dieser Herausforderungen lässt Entwicklungen auf dem Gebiet nur langsam voranschreiten, da insbesondere bidirektionale Kommunikationen neben hohem Datendurchsatz auf genannte Punkte grundlegend angewiesen sind.

Die technischen Hürden

Die technische Betrachtung der Herausforderungen in der Entwicklung und Einführung autonomer maritimer Systeme spiegeln jedoch nur einen Teil wider. Während die aufgeführten Herausforderungen im Bereich der Sensorik und des Monitorings den Fokus hauptsächlich auf den Betrieb autonomer Systeme legen, ist mit Blick in die Zukunft auch die Schnittstellenkompatibilität und

daraus notwendige Interoperabilität aller Systeme (land- und schiffsseitig) absolut kritisch.

Dargestellte Entwicklungen auf dem Gebiet der maritimen Autonomie haben gezeigt, dass Potenziale zum derzeitigen Zeitpunkt nur sehr punktuell ausgeschöpft werden und eine ganzheitliche Betrachtung der Autonomie noch ausstehend ist. In die Zukunft blickend, ist die Gesamtheit aller Systeme mit Fokus auf den Informationsfluss untereinander als eine der wichtigsten Herausforderungen anzusehen. Somit ist bei Entwicklungen die gesamte Logistikkette mit Blick auf die Interaktionen von Schiffssystemen untereinander als auch die Kommunikation mit externen Systemen, wie mit Monitoringsystemen, Hafenanlagen oder Schleppern, zu berücksichtigen. Die erfolgreiche Einführung von autonomen Systemen mit Blick auf die Marktreife erfordert von allen Stakeholdern eine Teilnahme am Dialog und den Fokus auf das genannte Zusammenspiel. Gesetzgeber müssen zielgerichtet darauf hinarbeiten, zukünftige und existierende nationale und internationale Vorgaben auf einen hybriden und vollautonomen Betrieb abzustimmen. Es ist von äußerster Wichtigkeit, dass Prozesse und Gesetzgebungen nicht mehr ausschließlich mit der Betrachtung menschlicher Teilnahme formuliert werden. Mensch-Maschine- und Maschine-Maschine-Interaktionen spielen eine immer größer werdende Rolle im Betriebsablauf und müssen entsprechend berücksichtigt werden. Resultierende Zulassungs- und Prüfprozesse müssen von einer bestehenden Soll-Ist-Analyse an neue und zukunftsweisende Systeme angepasst werden, um neuartige Datenprodukte in den Prozessen abbilden zu können. Herausforderungen im Bereich der Zulassung visueller Systeme, die mit Techniken des Deep Learning Ergebnisse auf dem Bereich der Extraktion von Informationen aus Videos und Bildern ziehen, zeigen schon jetzt die Grenzen des Zulassungswesens und stellen Gesetzgeber und Prüfinstitutionen vor große Herausforderungen.

Der Weg in die Zukunft

Weiterführend sind sowohl Reeder als auch Hafenbetreiber oder Lotsen angehalten, die Prozesstransformation von der klassischen Navigation hin zur teil- und vollautonomen Navigation aktiv mitzugestalten. Neubauten von Häfen sollten mit Blick auf diese Systeme Kapazitäten für einen autonomen Ablauf vom Einlaufen bis zum Festmachen und Entladen des Schiffes bieten. Die Kommunikationsinfrastruktur sollte für den hohen Durchsatz von Daten zwischen Schiff und Hafen vorhanden sein, um den wachsenden Bedarf eines kompletten Transfers von Informationen über den Schiffszustand an Land erfüllen zu können und um reagieren zu können. Testfelder müssen etabliert werden, um in Echtumgebungen Abläufe zu entwickeln und um die technische Umsetzung mit

