

# Journal of Applied Hydrography

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

06/2026

HN 134

Hydrographie  
im Kontext der  
Nachhaltigkeit



Beiträge vom  
38. Hydrographentag  
und DVW-Seminar



# Vom Sensor zum Service

## Ein Framework für die hochgenaue Seekarte

Ein Beitrag von CHRISTOPHER PETERSEN und MATTHIAS STEIDEL

Remote Operation | ENC | hochgenaue Seekarte | kooperativer Sensordatenaustausch  
remote operation | ENC | high-precision nautical chart | collaborative sensor data exchange

### Autoren

Christopher Petersen und Matthias Steidel arbeiten am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt beim Institut Systems Engineering für zukünftige Mobilität.

matthias.steidel@dlr.de

Der Wandel der maritimen Domäne ist maßgeblich durch den anhaltenden Fachkräftemangel und technologischen Fortschritt geprägt (BIMCO and International Chamber of Shipping 2025). Gerade diese Herausforderungen bieten den Anlass dazu, zu neuen Betriebsmodellen überzugehen. Dazu zählen insbesondere die Einführung innovativer automatisierter Systeme als auch der Einsatz von Remote Operation zur Fernsteuerung von Schiffen. Diese Entwicklung geht auch damit einher, dass solche Schiffe verstärkt auf Sensorik an Bord setzen, um die Umgebung umfassender überwachen zu können, sei es beispielsweise durch Kameras oder LiDAR. Bisher werden die Daten dieser Sensoren jedoch auf dem Schiff bzw. im entsprechenden Remote Operation Center verarbeitet und nur dort genutzt und nicht mit anderen Verkehrsteilnehmern ausgetauscht.

Besonders die Hafeninstandhaltung kann durch den Einsatz von Remote Operation profitieren, wie beispielsweise bei Baggerschiffen zur Wahrung der erforderlichen Wassertiefen im Hafengebiet. Dafür müssen Remote Operator dazu in der Lage sein, das jeweilige Schiff sicher zu steuern und Kollisionen zu vermeiden (Ramos et al. 2019). Um eine sichere Navigation gewährleisten zu können, wird ein präzises und stets aktuelles Abbild der relevanten Umgebung des Schiffs benötigt. Eine mögliche Lösung für dieses Problem besteht in einem Service, der hochgenaue Seekarten zur Verfügung stellt, indem Sensordaten unterschiedlicher Technologien mit Hilfe eines Sensor-Fusions-Frameworks kombiniert werden. Es werden sowohl Kameradaten, LiDAR, Sonar, GNSS und existierende ENCs betrachtet. Mit Hilfe eines V2X-Ansatzes (»Vessel-to-X«) findet ein kooperativer Datenaustausch zwischen Schiffen und der Infrastruktur statt. Durch die genaue Identifizierung und Georeferenzierung maritimer Objekte sowie das kooperative Verteilen der Sensordaten soll die sichere Navigation bemannter und unbemannter Schiffe gewährleistet werden:

- Erhöhung der Präzision: Herkömmliche elektronische Seekarten (ENCs) beinhalten bereits Informationen über die Art und Position von Objekten, können jedoch deutliche Diskrepan-

zen zu realen Objekten aufweisen, insbesondere in Bezug auf Formen und präzise Maße. Bewegliche Objekte werden somit nur ungenügend dargestellt. Es besteht sowohl ein Bedarf an erhöhter Präzision als auch an einem erhöhten Detailgrad der Darstellungen.

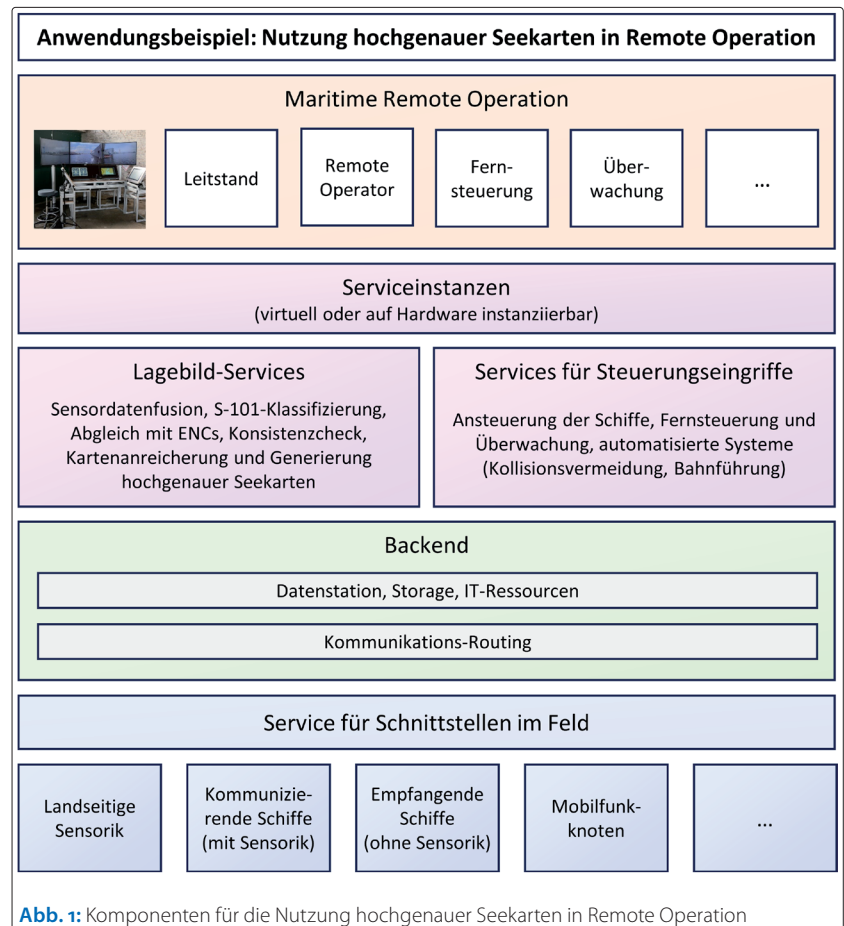
- Aktualität der Daten: Zwischen den Updates der ENCs vergehen oft längere Zeiträume, sodass kürzliche Änderungen in der Umgebung oder der Hafeninfrastruktur nicht abgebildet werden. Für die Detektion statischer und dynamischer Objekte wird bereits sowohl auf AIS als auch auf Radar zurückgegriffen. Sinnvoll ist die Integration weiterer Sensorik, wie zum Beispiel LiDAR.
- Hochgenaue Seekarte als Service: Werden Sensordaten einzelner Schiffe nicht mit anderen Verkehrsteilnehmern geteilt, profitiert nur das mit Sensorik ausgestattete Schiff von den Daten. Der Ansatz verfolgt das kooperative Teilen und Bereitstellen von Sensorinformationen in Form der hochgenauen Seekarte als Lagebild aus verteilten Sensoren, beispielsweise für ein bestimmtes Hafengebiet.

Dieses Konzept wird am Beispiel der Nutzung der hochgenauen Seekarten in einem Remote-Operation-Szenario innerhalb eines Hafengebiets erläutert (siehe [Abb. 1](#)). Das übergeordnete Ziel besteht darin, allen Verkehrsteilnehmern in diesem Hafengebiet eine stets aktuelle hochgenaue Seekarte bereitzustellen, die durch kooperativen Sensordatenaustausch generiert und zentral gespeichert wird. Um diese hochgenauen Seekarten als Service verfügbar machen zu können, sind folgende Komponenten erforderlich, die auch die Komponenten für das Remote-Operation-Szenario umfassen. Zuerst werden die Infrastruktur und Sensorik im Feld sowie entsprechende Schnittstellen benötigt: Im Feld existieren mehrere Schnittstellen, die für die Anbindung der Sensorik, die Datenverteilung und die Bereitstellung des Lagebildes notwendig sind. Für den Aufbau der landseitigen Sensorik werden Sensoren (wie LiDAR) an festen Positionen installiert, beispielsweise an kritischen Engstellen im Hafengebiet. Schiffe, die mit bordseitiger Sensorik ausgerüstet

sind, stellen diese Daten auch über die jeweiligen Schnittstellen zur Verfügung und tragen so aktiv zur Aktualisierung der hochgenauen Seekarten bei. Dies können Schiffe sein, die sich kontinuierlich durch das Hafengebiet bewegen und die Umgebung erfassen (zum Beispiel Baggerschiffe oder Messschiffe). Die Integration konventioneller Schiffe ohne spezielle Sensorausrüstung findet ebenfalls statt, sodass diese über die entsprechenden Schnittstellen auf das Lagebild zugreifen können. Dies ermöglicht die Navigation auf Basis einer aktuellen, hochgenauen Seekarte. Für den notwendigen Datenaustausch sorgen Mobilfunkknoten im Hafengebiet, welche die Datenübertragung zwischen Schiffen und dem zentralen Backend ermöglichen. Weitergehend wird ein Backend benötigt. Das Backend wird für das Kommunikationsrouting und als Speicher verwendet und dient als Middleware. Ein Teil des Backends ist die Datenstation, die die hochgenaue Seekarte für das Hafengebiet beinhaltet. Über das Backend werden alle Daten übertragen. In den Lagebild-Services werden hochgenaue Seekarten durch Sensorfusion und den Vergleich mit bestehenden ENC's generiert und über die Datenstation im Backend bereitgestellt. Die Kartenanreicherung läuft wie folgt ab: Die Nutzung von Kamera- und LiDAR-Daten ermöglicht die Identifizierung von Objekten und deren räumliche Abbildung. Aus den LiDAR-Daten werden Punktwolken einzelner Objekte gebildet und nach dem S-101-Feature-Katalog klassifiziert. Die Nutzung von GNSS-Daten erlaubt es, die Objekte in einem globalen Koordinatensystem zu georeferenzieren, sodass präzise Positionen der jeweiligen Objekte zur Verfügung stehen. Die erkannten Objekte werden mit der bestehenden Datenbank, die ausgehend aus herkömmlichen ENC's besteht, verglichen. Bei Übereinstimmung der detektierten Objekte innerhalb definierter Grenzwerte wird keine Aktualisierung vorgenommen, bei Abweichungen in Position oder Form werden die entsprechenden Merkmale aktualisiert oder neu hinzugefügt. Nur zeitlich konsistente Objekte werden gespeichert, um Falscherkennungen zu reduzieren. Für sich häufig bewegende Objekte werden typische Bewegungsbereiche analysiert, die als Informationen zur Verfügung gestellt werden. Die Services für Steuerungseingriffe betreffen das Beispiel für die Remote Operation. Hierzu gehören automatisierte Systeme, wie beispielsweise Kollisionsvermeidungssysteme, die auf den jeweiligen Schiffen genutzt werden können. Durch diese Services wird eine kontinuierliche Überwachung und Ansteuerung der Systeme auf den Schiffen ermöglicht, die durch das Remote Operation Center betrieben werden sollen. Als Serviceinstanz wird verstanden, in welcher Form die hochgenaue Seekarte genutzt werden kann. Die hochgenaue Seekarte

wird per Abfrage über die Schnittstellen als Instanz bereitgestellt. Dies geschieht entweder als virtuelle Instanz oder auf bestehender Hardware wie beispielsweise für das ECDIS. Das Remote Operation Center integriert bzw. wendet beispielhaft alle zuvor beschriebenen Komponenten an. Aus dem Remote Operation Center heraus kann ein entsprechendes Schiff im Hafengebiet überwacht und angesteuert werden. Dazu wird die hochgenaue Seekarte genutzt, die dem Remote Operator eine sichere Navigation ermöglicht, sowie Services für Steuerungseingriffe, die eine einfachere Automation von Systemen auf dem Schiff ermöglichen.

Hochgenaue Seekarten stellen eine Möglichkeit zur signifikanten Verbesserung der Einsatzfähigkeit autonomer und ferngesteuerter Schiffe dar. Durch den Service wird die Bereitstellung aktueller Navigationsdaten und die Kommunikation verschiedener Verkehrsteilnehmer ermöglicht. Zukünftig können durch diesen Service der Personalbedarf reduziert und Betriebskosten gesenkt werden. Gerade Hafenbetreibern kann ein Wettbewerbsvorteil durch die verbesserte Infrastrukturqualität entstehen. Zusätzlich bieten sich für die Generierung der hochgenauen Seekarten Multi-Schiff-Operationen an, bei denen Schiffe Hafengebiete vermessen und somit einen flächendeckenden Service etablieren.



Bis ein solcher Service im Einsatz ist, müssen jedoch verschiedene Hürden bewältigt werden. Gerade im Bereich des Datenschutzes müssen potentiell sensible Aufnahmen von Personen betrachtet werden. Problematisch ist auch die SOLAS-Konformität, da nur offizielle hydrographische Seekarten für die Navigation gelten. Dies erschwert den alleinigen Einsatz hochgenauer Seekarten, zeigt aber Potenziale für eine ergänzende Anwendung des Services auf. Für einen skalierbaren Service sollte eine Standardisierung der Sensorausrüstung vor-

genommen werden, die mit Kostensenkungen einhergehen kann. Des Weiteren muss die Kommunikationsinfrastruktur zuverlässige Echtzeit-Datenübertragungen gewährleisten. Während bei der Positionierung DGPS-basierte Lösungen etabliert sind, muss auf Alternativen wie RTK-GPS oder EGNOS geschaut werden. Für die Objektklassifizierung nach S-101 bleiben Hürden, da nicht alle Eigenschaften und Attribute der Objekte automatisch ableitbar sind und dies um sinnvolle Eigenschaften ergänzt werden muss. //

**Literatur** |||

Ramos, Marilia Abilio; Ingrid Bouwer Utne; Ali Mosleh (2019): Collision avoidance on maritime autonomous surface ships: Operators' tasks and human failure events. Safety Science, DOI: 10.1016/j.ssci.2019.02.038

BIMCO and International Chamber of Shipping (2025): Seafarer Workforce Report – The global supply and demand for seafarers in 2021. [www.bimco.org/products/publications/titles/seafarer-workforce-report](http://www.bimco.org/products/publications/titles/seafarer-workforce-report)