

Journal of Applied Hydrography

HYDROGRAPHISCHE NACHRICHTEN

06/2026

HN 134

Hydrographie
im Kontext der
Nachhaltigkeit



Beiträge vom
38. Hydrographentag
und DVW-Seminar



Automatisiertes und interaktives Echtzeitmonitoring des Schiffsverkehrs mit GIS

Ein Beitrag von NATASCHA JAKOBSEN und LARS BEHRENS

Die Überwachung des maritimen Schiffsverkehrs erfordert die Verarbeitung und Analyse hochfrequenter Sensordaten in Echtzeit. Dieser Beitrag stellt einen GIS-basierten Ansatz zur Integration, räumlichen Analyse und Visualisierung heterogener maritimer Echtzeitdaten vor. Anhand eines Anwendungsbeispiels soll gezeigt werden, wie im Vorfeld fusionierte AIS-basierte (Automatic Identification System) und landbasierte Radardaten in einer eventbasierten Infrastruktur innerhalb einer modernen GIS-Architektur angereichert und verarbeitet werden können. Die Kombination aus Echtzeitdatenverarbeitung, Geofencing, optimierter Speicherung von großen Datenmengen und kartenbasierter Visualisierung soll die Erzeugung eines konsistenten maritimen Echtzeitlagebildes ermöglichen. Der vorgestellte Ansatz ist auf vergleichbare Monitoring-Szenarien übertragbar und bildet eine Grundlage für weitergehende Automatisierungs- und Analyseverfahren im maritimen Kontext.

Echtzeitmonitoring | maritimes Lagebild | Echtzeitdatenverarbeitung | ArcGIS
real-time monitoring | maritime situational awareness | real-time data processing | ArcGIS

Monitoring maritime shipping traffic requires the processing and analysis of high-frequency sensor data in real time. This paper presents a GIS-based approach to the integration, spatial analysis and visualisation of heterogeneous real-time maritime data. Using an application example, we aim to demonstrate how pre-fused AIS-based (Automatic Identification System) and land-based radar data can be enriched and processed within an event-driven infrastructure as part of a modern GIS architecture. The combination of real-time data processing, geofencing, optimised storage of large data volumes and map-based visualisation is intended to enable the generation of a consistent real-time maritime situational picture. The approach presented is transferable to comparable monitoring scenarios and forms a basis for further automation and analysis procedures in a maritime context.

Autoren

Natascha Jakobsen und Lars Behrens arbeiten bei der Esri Deutschland GmbH in Kranzberg.

n.jakobsen@esri.de

1 Einleitung

Die konventionelle Überwachung des maritimen Raums (Maritime Domain Awareness) stützte sich über Jahrzehnte primär auf landgestützte Küstenfunkstationen und Radarsysteme. Das Internet of Things (IoT) hat neue Möglichkeiten für ein ganzheitliches Echtzeitmonitoring des marinen Verkehrs eröffnet (Yan et al. 2022; Nathisiya et al. 2024). Das Automatic Identification System (AIS), das seit 2002 für Schiffe an fast allen Küsten- und Offshore-Gebieten verpflichtend ist, bildet neben dem Radarverfahren eine wichtige Echtzeitdatenquelle, die Daten zu Position, Identität und Beschreibung der Schiffe in Echtzeit liefert.

Die Prozessierung und Visualisierung maritimer Echtzeitdaten in einem Geoinformationssystem (GIS) bringt viele Vorteile mit sich (Isbaex et al. 2025). Im Gegensatz zu isolierten Überwachungslösungen ermöglicht GIS neben der Integration hochfrequenter Positionsdaten eine räumliche

Analyse dieser Echtzeitdatenströme im Backend und eine ganzheitliche Visualisierung der Schiffspositionen samt Benachrichtigungen über relevante Ereignisse in einer kartenzentrischen Anwendung.

Dieser Beitrag zeigt, wie heterogene Echtzeitdatenströme in eine moderne GIS-Architektur integriert, in ihr analysiert und visualisiert werden können, um den Schiffsverkehr automatisiert zu überwachen.

2 Methodischer Ansatz für Echtzeitmonitoring des Schiffsverkehrs

2.1 Das ArcGIS-System

Das ArcGIS-System bietet eine durchgängige Plattform zur Verarbeitung von Echtzeitdatenquellen. Als End-to-End-System ermöglicht ArcGIS eine nahtlose Integration, Analyse, Speicherung und Visualisierung von verschiedenen Echtzeitdaten aus

dem maritimen Kontext (Abb. 1). Die skalierbaren Technologien sind in der Lage, hochfrequente Datenströme mit minimaler Latenz in Echtzeit räumlich zu prozessieren, zu speichern und effizient auf der Karte darzustellen. Eine interaktive Visualisierung in Form von Echtzeitkarten und -Dashboards erleichtert datenbasierte Entscheidungsprozesse (Esri o. J. a).

2.2 Datenquellen und Integration der Echtzeitdaten

Echtzeitdaten wie AIS-Signale können über unterschiedliche Messaging-Frameworks und in verschiedenen Datenformaten bereitgestellt werden. Zu den gängigen Messaging-Frameworks im maritimen Kontext gehören zum Beispiel Kafka oder RabbitMQ. Als Austauschformate dienen standardisierte Strukturen wie JSON, XML, CSV und weitere.

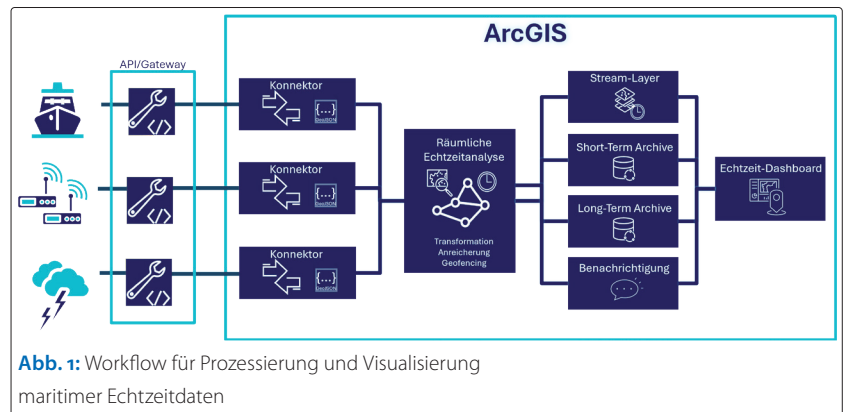
Ein zentraler Vorteil der ArcGIS-Plattform ist die nahtlose Integration heterogener Echtzeitdatenquellen über diverse Schnittstellen. Die Einbindung der Echtzeitdaten in ArcGIS erfolgt über die sogenannten Konnektoren, die eine direkte Verbindung zur Schnittstelle aufbauen und die Sensordaten in Echtzeit empfangen. Eine API ist häufig mit einem Authentifizierungsverfahren verschlüsselt oder befindet sich hinter einer Firewall. Durch integrierte Authentifizierungsmechanismen und erweiterte Systemeinstellungen, ist ArcGIS in der Lage, nahezu alle Arten von Echtzeitdatenquellen zu integrieren (Esri o. J. b).

2.3 Räumliche eventbasierte Echtzeitanalyse und Geofencing

Die Echtzeitdaten werden in ArcGIS in einer eventbasierten Prozesskette verarbeitet. Die Verarbeitung erfolgt mit leistungsstarken räumlichen Prozessoren, die in die Kette zwischengeschaltet werden und eine Verknüpfung, Modifizierung, Anreicherung, räumliche Auswertung eines oder mehrerer Echtzeitdatenströme ermöglichen. Dies bedeutet, dass zum Beispiel jede gesendete AIS-Position oder jedes Radarsignal als Event prozessiert und sofort an die Endnutzenden weitergeleitet wird.

Ein zentrales Instrument ist hierbei das Geofencing. Ein Geofence ist ein definierbares Polygon, das manuell oder automatisiert erstellt werden kann und zum Beispiel maritime Zonen wie Reviere, Ankerverbotzonen oder Naturschutzgebiete repräsentiert (Ballines-Barrera et al. 2023). Mit den Prozessierungswerkzeugen lassen sich die Echtzeitdaten mit den Geofences verschneiden und auswerten. Auf diese Art lassen sich verschiedene Fragestellungen in Echtzeit beantworten. Hier sind einige Beispiele:

- Identifikation, in welchem Revier sich Schiffe aktuell befinden,



- automatisierte Erkennung, in welchem Sektor und Revier sich das jeweilige Schiff gerade befindet,
- automatisierte Erkennung, ob Schiffe unautorisiert in Sperrgebiete eingedrungen sind, inklusive präziser Erfassung von Zeit und Ort des Vorfalles.

So können Vorfälle frühzeitig identifiziert werden. Mit den integrierten Benachrichtigungsfunktionen lassen sich außerdem Nachrichten per Teams, Slack, SMS und E-Mails unmittelbar nach dem Ereignis an die Endgeräte der verantwortlichen Personen schicken.

2.4 Speicherung

Bei der maritimen Überwachung ist es notwendig, die Daten zu speichern, um die vergangenen Ereignisse rekonstruieren zu können. Aufgrund der hohen Frequenz und der Menge der Echtzeitdaten ist eine Speicherung in einer relationalen Datenbank nicht ausreichend performant. Dementsprechend ist es auch wichtig, dass ein System eine effiziente Speicher- und Analysemöglichkeit für große Mengen an Geodaten zur Verfügung stellt.

Deshalb werden Echtzeitdaten in ArcGIS in einer speziellen Datenbank, dem sogenannten Spatio-temporal Big Data Store, gespeichert. Dieser ist extra für große Mengen raum-zeitlicher Daten optimiert und ermöglicht daher eine mittel- bis langfristige Archivierung. Diese Daten bilden die Grundlage für die Unfallrekonstruktion, die nachträgliche Analyse von Beinahe-Kollisionen oder die Identifizierung langfristiger Verkehrsmuster, die für das maritime Monitoring unerlässlich sind.

2.5 Visualisierung über kartenbasierte Echtzeit-Dashboards

Eine visuelle Darstellung des maritimen Echtzeitlagebildes auf einer Karte ist am anschaulichsten. Deshalb bringen interaktive Kartenanwendungen und Dashboards viele Vorteile mit sich, weil es direkt ersichtlich ist, wo ein Ereignis aufgetreten ist. Gleichzeitig können alle notwendigen Informatio-

4 Herausforderungen

Beim Einsatz von Echtzeitmonitoring im maritimen Umfeld ergeben sich bestimmte Herausforderungen, wie Datenqualität, Performance und Datensicherheit.

- **Datenqualität:** Aufgrund der Möglichkeit, das AIS-Signal manuell abzuschalten oder absichtlich falsche Identitäts- oder Positionsdaten zu senden, weisen diese Daten potenziell Lücken und Ungenauigkeiten auf. Eine Ergänzung durch weitere Datenquellen wie Radar für produktive Anwendungen ist deshalb unerlässlich.
- **Performance:** Die große Menge an Positionsmeldungen, die bis zu 2000 Events pro Sekunde allein für die deutschen Küstengewässer erreichen kann, erfordert eine stabile, auf diese Datenmengen abgestimmte Architektur.
- **Datensicherheit:** Sensible Echtzeitinformationen können durch die Integration von ArcGIS in eine Enterprise-Architektur und eine Firewall geschützt werden. Gleichzeitig wird der Zugriff auf diese Daten über Rechte und Rollen reguliert.

Durch die Integration von Echtzeitdaten aus dem maritimen Kontext in ArcGIS kann ein ganzheitliches maritimes Echtzeitlagebild geschaffen wer-

den, wenn gleichzeitig die genannten Herausforderungen berücksichtigt werden und ihnen proaktiv begegnet wird.

5 Fazit und Ausblick

Der Beitrag zeigt, dass GIS-basierte Echtzeitarchitekturen ein geeignetes methodisches Fundament für die Integration, Analyse und Visualisierung hochfrequenter maritimer Sensordaten darstellen. Im Use Case wird demonstriert, wie heterogene Datenströme aus AIS und Radar über eine Event-Streaming-Infrastruktur harmonisiert und innerhalb eines GIS räumlich kontextualisiert werden können. Insbesondere die Kombination aus ereignisbasierter Verarbeitung, Geofencing und performanter Visualisierung über Stream-Layer ermöglicht die Erzeugung eines konsistenten maritimen Echtzeitlagebildes.

Über den konkreten Anwendungsfall hinaus liefert der vorgestellte Ansatz einen übertragbaren Architekturrahmen für vergleichbare Monitoring-Szenarien im maritimen Umfeld. Das GIS-basierte Echtzeitmonitoring bietet ein hohes Potenzial für eine weitergehende Automatisierung und datengetriebene Unterstützung maritimer Entscheidungsprozesse (Isbaex et al. 2025). //

Literatur

Ballines-Barrera, Sergio; Leopoldo López Reverón; Daniel Santana-Cedrés; Nelson Manuel Monzón López (2023): Maritime Surveillance by Multiple Data Fusion: An Application Based on Deep Learning Object Detection, AIS Data and Geofencing. Proceedings of the 18th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, DOI: 10.5220/0011670100003417

Esri (o. J. a): ArcGIS system patterns. ArcGIS Architecture Center. <https://architecture.arcgis.com/en/framework/system-patterns/introduction.html>

Esri (o. J. b): Introduction to ArcGIS GeoEvent Server. <https://enterprise.arcgis.com/de/geoevent/latest/get-started/what-is-arcgis-geoevent-server.htm>

Esri (o. J. c): Stream Layer. <https://doc.arcgis.com/de/arcgis-online/reference/stream-layers.htm>

Isbaex, Crismeire; Francisco dos Reis Fernandes Costa; Teresa Batista (2025): Application of GIS in the Maritime-Port Sector: A Systematic Review. Sustainability, DOI: 10.3390/su17083386

Nathisiya, B. Mary; A. Radhakrishnan (2024): Leveraging IoT Technology for Transformative Impact in the Maritime Sector. Salud, Ciencia y Tecnología – Serie de Conferencias, DOI: 10.56294/sctconf2024.1253

Yan Zhenguo; Xin Song; Hanyang Zhong; Lei Yang; Yitao Wang (2022): Ship Classification and Anomaly Detection Based on Spaceborne AIS Data Considering Behavior Characteristics. Sensors, DOI: 10.3390/s22207713