

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

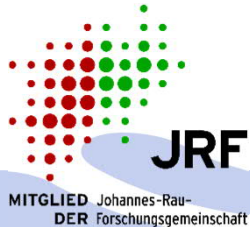
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

DTW | Digital Test Fields
Waterways funding program



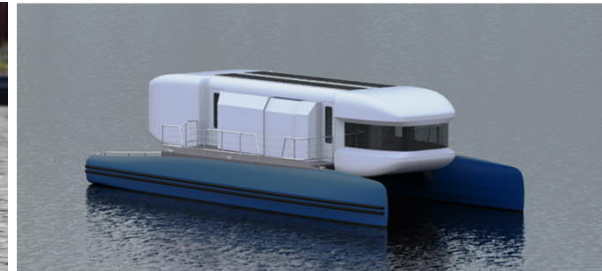
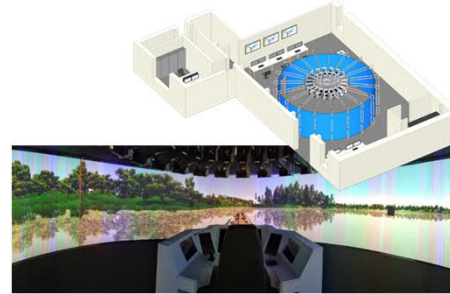
Mit „ELLA“ zur autonomen Binnenschifffahrt

Dipl.-Ing. Stephan Schweig



- Motivation & Zielsetzung
- Konzepte von ELLA
- Entwicklungsablauf & Ergebnisse
- Zusammenfassung & Ausblick

- Forschungsinstitut und An-Institut der Universität Duisburg-Essen
- \approx 60 Mitarbeitende
- 70 Jahre Erfahrung in Forschung, Entwicklung und Beratung im Bereich Binnenschifffahrt
- Viele Projekte im Bereich autonome Navigation z.B. Ella, AutoBin, VeLaBi, Nova



Autonome Binnenschifffahrt

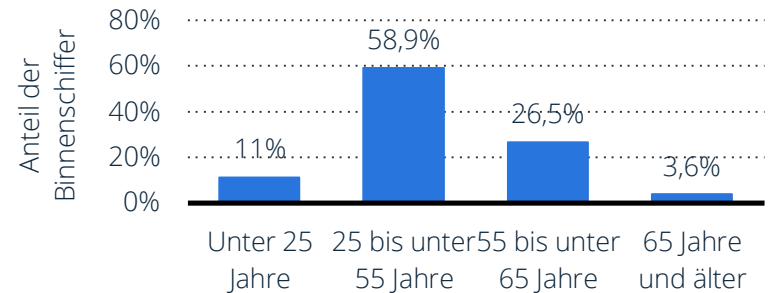
	Automatisierungsgrad ¹	Bezeichnung	Schiffsführung (Manövrieren, Antrieb, Steuerhaus usw.)	Überwachung und Reaktion auf Schiffsfahrts-umgebung	Rückfall-ebene dynamischer Schiffsfahrts-aufgaben
DER SCHIFFSFÜHRER FÜHRT EINIGE ODER ALLE DYNAMISCHEN SCHIFFFAHRTS-AUFGABEN AUS	0	KEINE AUTOMATISIERUNG permanente Ausführung aller Aspekte der dynamischen Schiffsfahrtsaufgaben durch den Schiffsführer, auch wenn diese durch Warn- oder Interventionssysteme unterstützt werden			
	1	STEUERUNGSUNTERSTÜTZUNG kontextspezifische Ausführung durch ein <u>automatisiertes Steuerungssystem</u> unter Verwendung bestimmter Informationen über die Schiffsfahrtsumgebung, wobei davon ausgegangen wird, dass der Schiffsführer alle übrigen Aspekte der dynamischen Schiffsfahrtsaufgaben ausführt			
	2	TEILAUTOMATISIERUNG kontextspezifische Ausführung durch ein automatisiertes Schiffsfahrtsystem <u>sowohl der Steuerung als auch des Antriebs</u> unter Verwendung bestimmter Informationen über die Schiffsfahrtsumgebung, wobei davon ausgegangen wird, dass der Schiffsführer alle übrigen Aspekte der dynamischen Schiffsfahrtsaufgaben ausführt			
DAS SYSTEM FÜHRT ALLE DYNAMISCHEN SCHIFFFAHRTS-AUFGABEN AUS (WENN ES EINGESCHALTET IST)	3	BEDINGTE AUTOMATISIERUNG <u>kontinuierliche</u> kontextspezifische Ausführung <u>aller</u> dynamischen Schiffsfahrtsaufgaben durch ein automatisiertes Schiffsfahrtsystem, <u>einschließlich Kollisionsvermeidung</u> , wobei davon ausgegangen wird, dass der Schiffsführer auf Aufforderungen zum Eingreifen und Systemausfälle angemessen reagiert			
	4	HOHE AUTOMATISIERUNG kontinuierliche kontextspezifische Ausführung und <u>Rückfallebene</u> aller dynamischen Schiffsfahrtsaufgaben durch ein automatisiertes Schiffsfahrtsystem, <u>ohne dass davon ausgegangen wird, dass ein Schiffsführer auf eine Aufforderung zum Eingreifen reagiert</u> ²			
	5	AUTONOM = VOLLAUTOMATISIERUNG kontinuierliche <u>bedingungslose</u> Ausführung und Rückfallebene aller dynamischen Schiffsfahrtsaufgaben durch ein automatisiertes Schiffsfahrtsystem, ohne dass davon ausgegangen wird, dass ein Schiffsführer auf eine Aufforderung zum Eingreifen reagiert			

¹ Fernsteuerung kann bei verschiedenen Automatisierungsgraden eingesetzt werden, wobei jedoch unterschiedliche, von den zuständigen Behörden festzulegende Bedingungen gelten können, um ein den derzeit verkehrenden Fahrzeugen gleichwertiges Sicherheitsniveau zu gewährleisten.

² Dieser Grad sieht zwei verschiedene Funktionalitäten vor: Fähigkeit zum „normalen“ Betrieb ohne menschliches Eingreifen und vollständige Rückfallebene. Zwei Untergrade sind denkbar.

Quelle: https://www.ccr-zkr.org/files/documents/AutomatisationNav/DefinitionAutomatisation_de.pdf

- Binnenschifffahrt hat Personalproblem (Crewreduzierung durch Automatisierung)
- Mehr als 30 % aller Binnenschiffer sind 55 Jahre und älter
- Freie Kapazitäten auf den Wasserstraßen
- Treibstoffverbrauch bei einem Binnenschiff pro Tonne Ladung kleiner als LKW

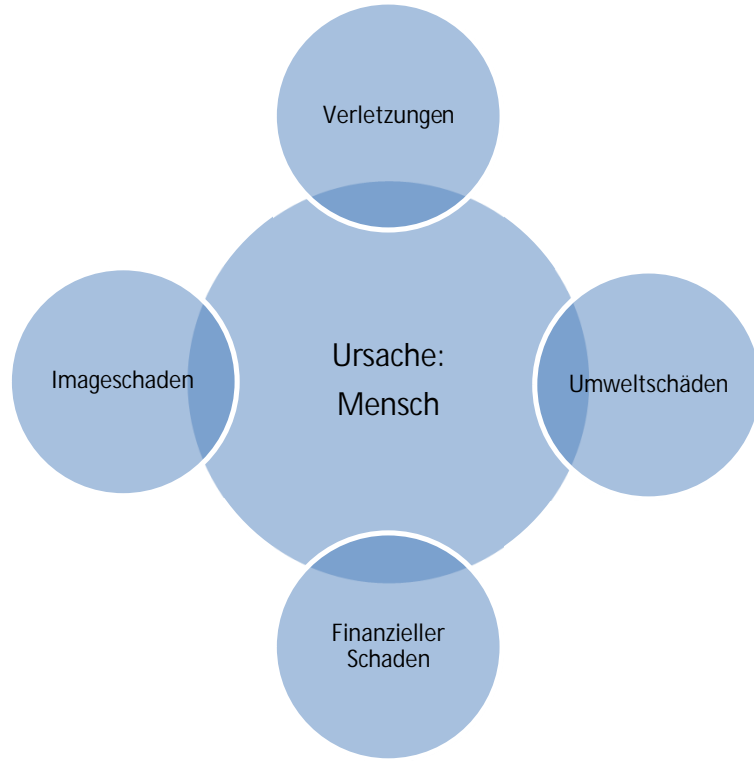


* Source: Statista / Bundesagentur für Arbeit; BAG: Marktbeobachtung Güterverkehr - Auswertung der Arbeitsbedingungen in Güterverkehr und Logistik 1/2019, Seite 49

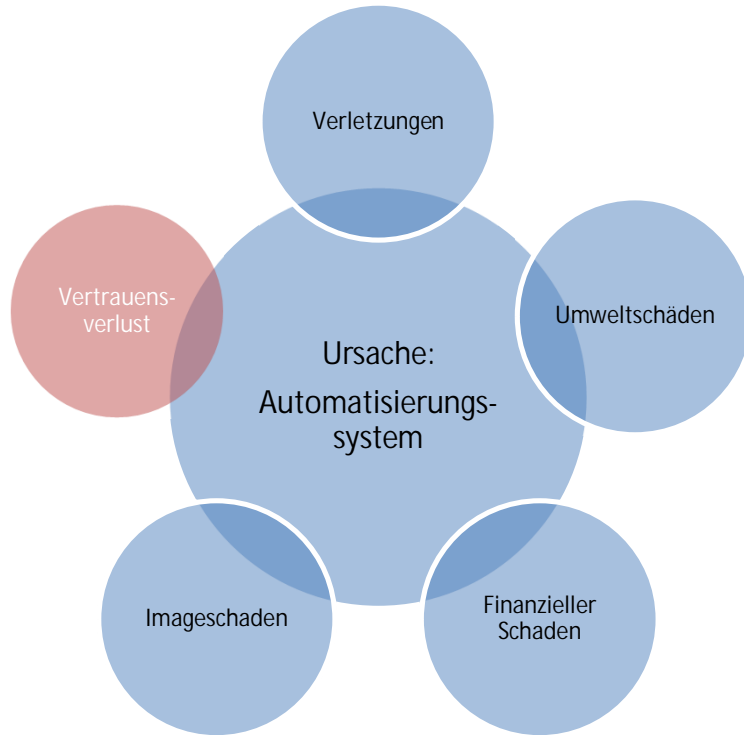
- Technische Entwicklung: ca. 2030
 - Spurhalteassistentz
 - Abstand, Geschwindigkeit
- Rechtliche Umsetzung: 2040?
- Arbeitsplätze in Gefahr?



Autonome Binnenschifffahrt

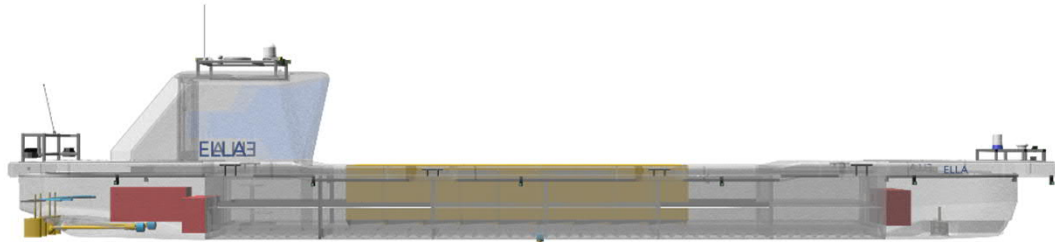


Autonome Binnenschifffahrt



Motivation Versuchsträger ELLA

- Experimente zum autonomen Manövrieren
- Immer verfügbar
- Geringe Betriebskosten
- Ausrüstung kann jederzeit gewechselt werden
- **Schadensrisiko** aufgrund der Fahrzeuggröße begrenzt
- Reale Umgebung (Wasserströmung, Wetter, ...)



- Aufbau und Betrieb eines Testträgers
- Modulare, zukunftssichere Plattform zum Testen beliebiger Sensoren, Algorithmen und Anwendungsszenarien
- Autonomes Manövrieren in
 - in engen Fahrwassern
 - in Häfen und Schleusen
 - Strömung
 - mit Wettereinfluss (Sensoren)
- Übertragung erfolgreicher Methoden auf großen Maßstab



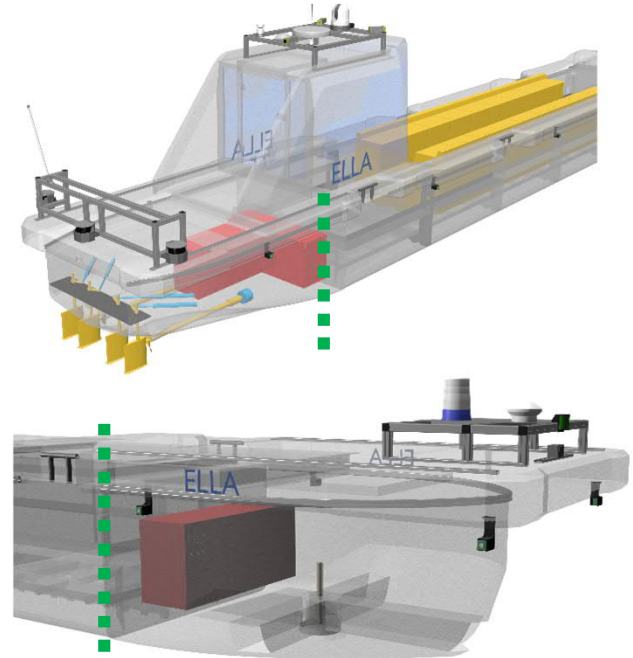
Steckbrief

- Rumpf eines echten Binnenschiffs im Maßstab 1:6
- L × B: 14,88 m × 1,69 m
- 18 Ballasttanks
- Gesamtantriebsleistung 12 kW
- Vollbeladen max. 8 km/h
- Gesamtbatteriekapazität von 63,5 kWh
- Reichweite ca. 8 h; 80 km



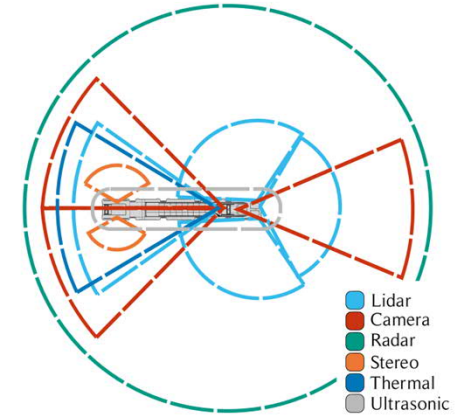
Eigenschaften

- Rumpf bestehend aus 3 Segmenten: Vorschiff, Mittelschiff, Heck
- Maßstabsgetreues Manövrierverhalten
- Variation der Beladungszustände und Manövriereigenschaften
- Austausch einzelner Sektionen möglich
- Modularer Aufbau der Steuerungshard- und -software



Sensor Ausrüstung

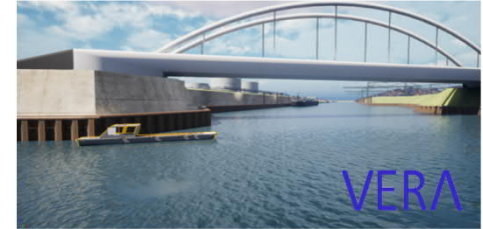
- Erstausrüstung
 - GNSS (hochpräzise Satellitennavigation)
 - IMU (Trägheitsnavigation)
 - AIS and Funk
 - Kameras
 - Monokamera
 - Stereokamera
 - 360° Kamera
 - LIDAR
 - RADAR
- Variable Positionen für Sensoren



Entwicklungsablauf

Virtuelle
Entwicklung

- Virtuelles Testfeld (VERA)
- Simulatorumgebung (VeLABi)



Tests

- Versuchsträger NOVA
- Versuchsträger ELLA

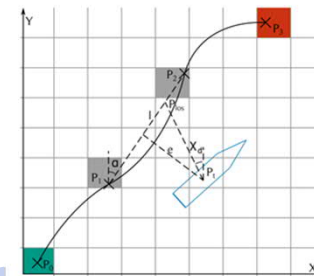
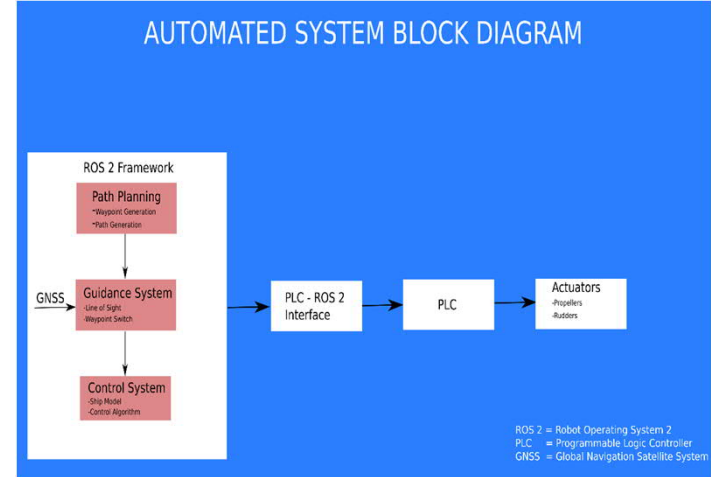
Reales Schiff

- Kostenintensiv
- Komplizierte Ausstattung



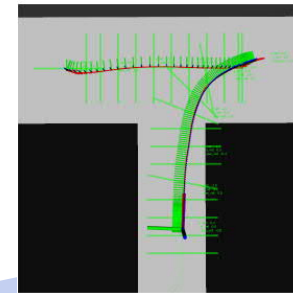
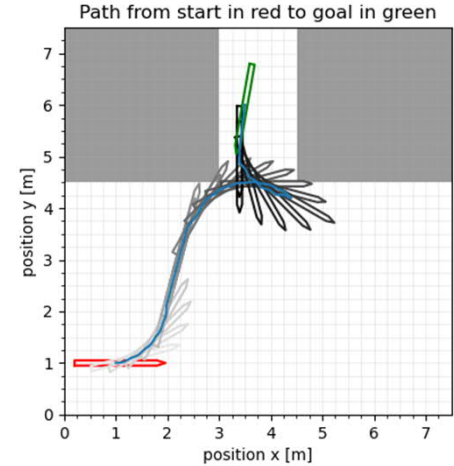
Manöverplanung und -regelung

- Pfadplanung
 - A* Algorithmus
 - Hybrid A* Algorithmus
- Guidance Algorithmen
 - Line of sight Algorithmus
 - Waypoint switch Algorithmus
- Regelungs Algorithmen
 - PID
 - Sliding mode control
 - Adaptive sliding mode control



Virtuelles Feld

- Virtuelles Testfeld
- Mathematisches Modell als Ersatz für ELLA
- Auswahl von Algorithmen
- Parametrisierung der Algorithmen
- Erprobung Pfadplanung und -verfolgung
- Komplexe Manöver Beispiel
Fahrtrichtungswechsel/Rückwärtseinparken



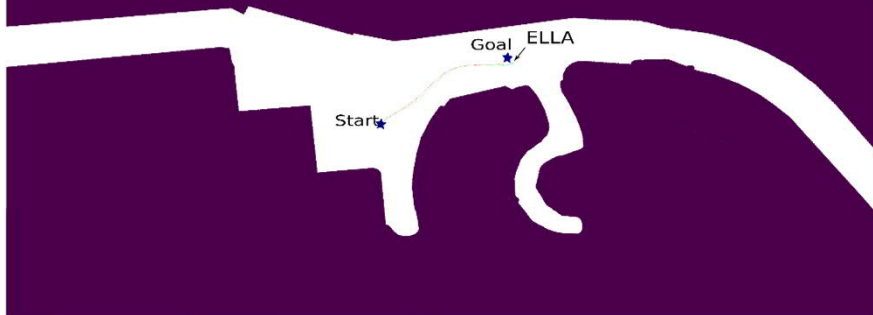
Ergebnis Pfadverfolgung

Test Area: Vincke Canal



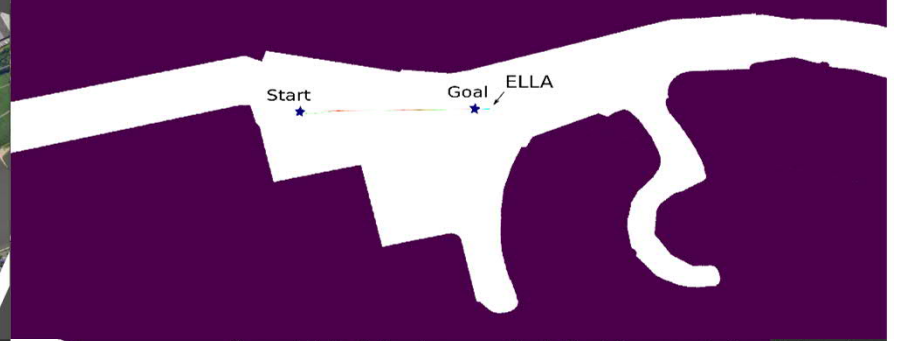
Curved Path Following
Planned Path = Red Line
Actual Path = Green Line

Each Pixel Represents 1 m × 1 m Area



Straight Path Following
Planned Path = Red Line
Actual Path = Green Line

Each Pixel Represents 1 m × 1 m Area

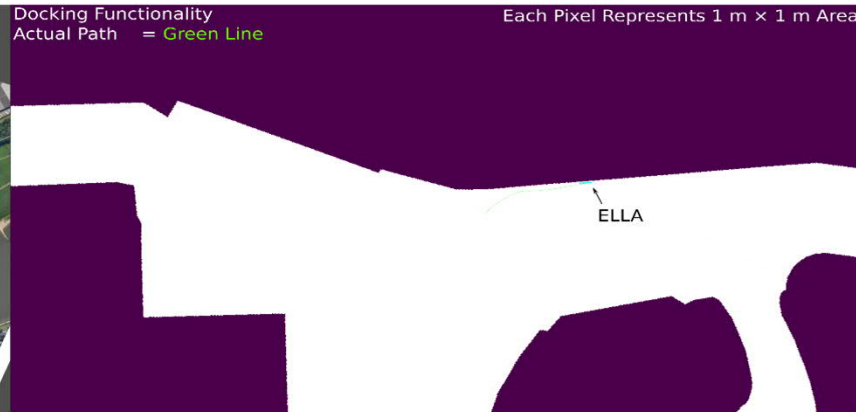


Curved Path Following
Planned Path = Red Line
Actual Path = Green Line

Each Pixel Represents 1 m × 1 m Area

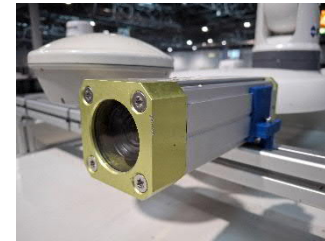


Ergebnis An- und Ablegen

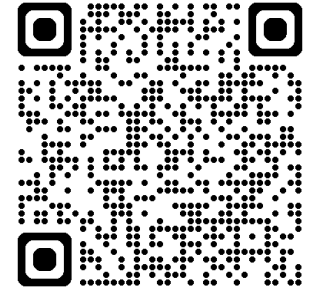
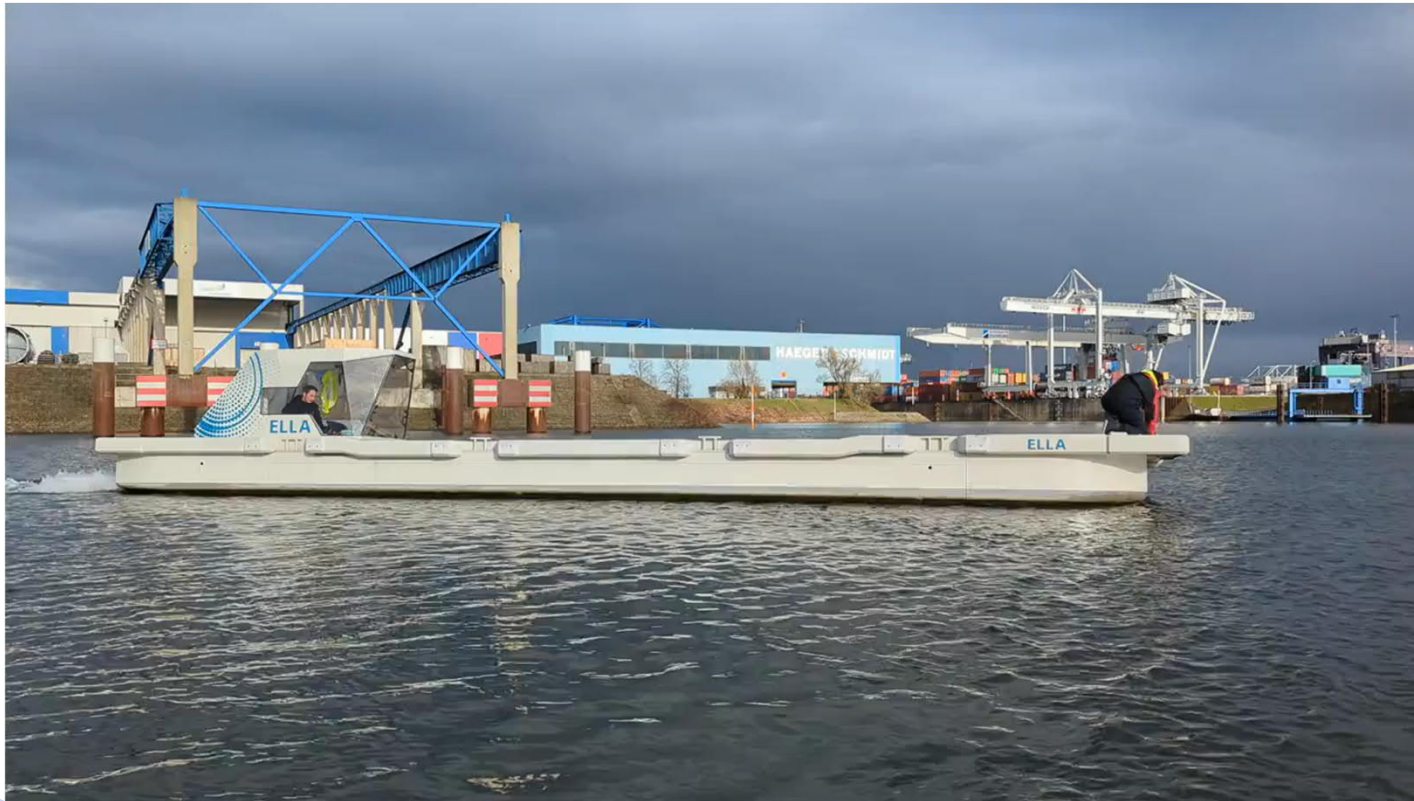


Zusammenfassung und Ausblick

- Entwicklungsplattform im Modellmaßstab für Manöver-Automatisierung in der Binnenschifffahrt
- Simulative Tests von Algorithmen und Validierung in realer Umgebung
- Durchführung von verschiedenen realen autonomen Manövern
- In Zukunft Einsatz z.B. in EU Projekt zur Untersuchung von Risiken in der Automatisierung



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



LinkedIn

SmartShipping



ELLA

