

## **MarInNa**

Maritime and Inland Navigation

*Testfeld autonome Binnenschiffe Elbe-Lübeck-Kanal -  
an der Schnittstelle maritimer und Binnenschifffahrt*

Datum der Erstellung:

9. Juli 2020

bearbeitet von:

TITUS Research GmbH  
Prof. Dr.-Ing. Uwe Meinberg  
Ernst Kreppenhöfer

Schmiedestraße 2 A  
15745 Wildau  
[uwe.meinberg@titus-research.eu](mailto:uwe.meinberg@titus-research.eu)

## Inhaltsverzeichnis

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1   | AUSGANGSSITUATION.....  | 1  |
| 2   | TESTFELDER .....  | 6  |
| 3   | STAND TESTFELDER BINNENSCHIFFFAHRT .....                          | 8  |
| 4   | DER ELBE-LÜBECK-KANAL .....                                       | 10 |
| 4.1 | ALLGEMEIN .....   | 10 |
| 4.2 | MEHRWERTE DURCH DIGITALES TESTFELD .....                          | 12 |
| 4.3 | BESONDERHEITEN DES ELK - ABGRENZUNG ZU DEN O.G. TESTFELDERN ..... | 14 |
| 4.4 | OPTION ELBE-SEITEN-KANAL (ESK) .....                              | 15 |
| 5   | TESTFELD ELK .....  | 17 |
| 5.1 | TESTTRÄGER .....  | 17 |
| 5.2 | KOMPONENTEN .....   | 18 |
| 5.3 | EINBINDUNG BINNENSCHIFF IN MULTIMODALE TRANSPORTKETTEN .....      | 18 |
| 5.4 | TESTSZENARIEN .....   | 20 |

## 1 AUSGANGSSITUATION

Der hochautomatisierte bzw. autonome Betrieb unserer Verkehrsträger ist aktuell ein vieldiskutiertes Thema, das sich in der öffentlichen Wahrnehmung vornehmlich auf Straßenfahrzeuge fokussiert.

Von der breiten Öffentlichkeit eher unbeachtet, nimmt das Thema auch in der Schifffahrt konkrete Formen an.

Insbesondere im Bereich der Seeschifffahrt sind bereits erhebliche Fortschritte des hochautomatisierten Fahrens erreicht worden, das Thema befindet sich hier in einer Phase unmittelbar vor der Inbetriebsetzung erster Hochseeschiffe (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS) in den Regelbetrieb<sup>1</sup>.



Abbildung 1 | Containertransporter Yara Birkeland,  
Bildquelle: Yara

---

<sup>1</sup> Z.B. aktueller Test der japanischen Schifffahrtlinie Nippon Yusen (NYK) vom 14.-17. Und vom 19.-20. September 2019 auf der Linienstrecke von Xinsa im Südosten Chinas nach Nagoya sowie anschließend von Nagoya nach Yokohama.

Die Abbildung zeigt den Rumpf des weltweit ersten elektrisch betriebenen auf 120 TEU ausgelegten Containerfrachters, der in Kooperation zwischen dem Düngemittelhersteller YARA und dem Ausrüster Kongsberg in der Entwicklung befindlich ist und die norwegischen Häfen Herøya, Brevik und Larvik im shuttle-Verkehr verbinden soll<sup>2</sup>.

Die bisherige Fokussierung auf die Seeschifffahrt erklärt sich dadurch, dass sie vergleichsweise wenig reguliert ist, von der Internationalen Seeschifffahrtsorganisation IMO sind bislang lediglich *vorläufige Regeln* für den Betrieb autonomer Schiffe veröffentlicht worden. Die Seeschifffahrt weist zudem international ein großes ökonomisches Potenzial aus.

Die Binnenwasserstraßen sind der einzige Verkehrsträger, der noch über umfangreiche Kapazitäten für die erwarteten Steigerungen im Frachtverkehr verfügt. Dies trifft insbesondere für den sogenannten Hinterlandverkehr der Seehäfen zu – bei der die Binnenschifffahrt zur umfangreichen Entlastung von Straßen- und Eisenbahnverkehren zur Verfügung stehen kann.

Um dies so zu realisieren, dass die Binnenschifffahrt zum einen als alternativer Verkehrsträger akzeptiert und andererseits hinsichtlich Leistung, Transportzeit und Service auch konkurrenzfähig sein kann, sind umfangreiche Aktivitäten und Verbesserungen notwendig.

Eine relevante Anforderung dabei ist z. B. die durchgängige Befahrbarkeit der Wasserstraßen für aktuell übliche Schiffstypen. Als weitere notwendige Aktivitäten sind die automatisierte Navigation und der autonome Fahrbetrieb der Binnenschiffe zu benennen. Im gleichen Kontext sind Aktivitäten für eine vollständige Automatisierung des Schleusenbetriebs sowie bei der Be- und Entladung zu sehen; letzteres, um schließlich zu vollständig durchautomatisierten Transport- bzw. Logistikketten zu kommen.

---

<sup>2</sup> Das Projekt pausiert derzeit im Zusammenhang mit der Corona-Pandemie.

Entwicklungen in Richtung hochautomatisierter bzw. autonomer Schiffe aus dem maritimen Schifffahrtsbereich sind in Bezug auf Binnenschiffe nicht generell übertragbar.

Dies resultiert nicht vornehmlich aus der Regelungsdichte im Vergleich zur Seeschifffahrt, sondern maßgeblich aus den sehr komplexen Umgebungssituationen, in denen Binnenschiffe operieren.

Neben Beeinflussungen durch natürliche Gegebenheiten, wie z.B. Strömungsverhältnisse, Wasserstände sowie Flussbreiten, müssen Binnenschiffe im Vergleich zu Seeschiffen auf sehr kleinteiligen Schifffahrtsstraßen navigieren. Sie haben dabei eine Vielzahl technischer Infrastrukturkomponenten zu berücksichtigen und zu nutzen (Brücken, Schleusen etc.) und sind z.T. mit einer hohen Verkehrsdichte konfrontiert, die insbesondere auch unter Berücksichtigung der verschiedenen Klassen von Verkehrsteilnehmern (Berufsschifffahrt, Freizeit, Sport etc.) schnell zu unübersichtlichen oder sogar kritischen Fahrsituationen führen kann.

Gleichwohl weist die Automatisierung bzw. die Autonomisierung der Binnenschifffahrt ein erhebliches Potenzial auf, das sich nicht nur in der Reduktion der Betriebskosten eines Schiffes widerspiegelt -der Entfall der Personalkosten an Bord würde einen erheblichen Beitrag zur Rentabilitätssteigerung leisten, zudem würde der Wegfall der Unterkünfte an Bord zu einer Gewichts- und Flächenreduktion führen, die -bei konstanten Schiffsdimensionen- zu einer höheren Auslastung mit Fracht führen könnte.

Damit würden auch kleinere Schiffseinheiten wieder wirtschaftlich zu betreiben sein, was sich zunächst in einer wachsenden Auslastung widerspiegeln würde.

Ein wichtiger entscheidender Aspekt kann daraus unmittelbar abgeleitet werden:

Können kleinere Schiffseinheiten wirtschaftlich betrieben werden, sind erheblich geringere Investitionen in die Wasserstraßeninfrastruktur notwendig, als dies in bisherigen Planungen veranschlagt ist. Zudem erschließen sich vollkommen neue Potenziale für kleinskalierte Einheiten, die in Bereichen für den Frachttransport eingesetzt werden können, die derzeit noch nicht oder seit langem nicht mehr in Rede stehen.

Zudem ergeben sich neue Einsatzszenarien, die im Transport (z.B. Wassertaxi, Fähren etc.), im Monitoring (z.B. Wasserqualität, Sedimentablagerungen etc.) oder

in der automatisierten regelmäßigen Inspektion (z.B. Kaianlagen, Brücken etc.) angesiedelt sein können.

Einige wenige erste Pilotprojekte in Deutschland zeigen, dass das Interesse an automatisierten Lösungen vorhanden ist. Beispielhaft sei hier das Projekt LAESSI erwähnt, in dem ein Assistenzsystem zum automatisierten Anlegen für ein herkömmliches Frachtschiff entwickelt und erfolgreich getestet wurde.



*Abbildung 2 | auf der Jenny wurde ein System zum assistierten Anlegen installiert, Bildquelle: DLR (CC-BY 3.0)*

Auch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hat die Chancen hochautomatisierter bzw. autonom operierender Binnenschiffe bereits in seinem aktuellen Masterplan festgehalten:

"Neue Verfahren im Bereich des automatisierten und vernetzten Fahrens - einschließlich des autonomen Fahrens - können das Binnenschiffahrtsgewerbe bei einem optimierten Betrieb unterstützen und die Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschiffahrt erhöhen. Neben einer unterbrechungsfreien Breitbandkommunikation müssen hierfür große Datenmengen auf digitalen Plattformen bereitgehalten werden. Es gibt bereits verschiedene Forschungs- und Entwicklungsprojekte, die sich mit dem automatisierten und vernetzten Fahren

beschäftigen. Um in diesem innovativen Bereichen praxisnah zu forschen, müssen digitale Testfelder auf hierfür geeigneten Wasserstraßen eingerichtet werden."<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Quelle: Masterplan Binnenschifffahrt, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Mai 2019

## 2 TESTFELDER

Der Bereich der automatisierten bzw. autonomen Binnenschifffahrt erfordert noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, bevor die ersten Einheiten bzw. größere Flotten in einem Regelbetrieb operieren können. Daher sind -auch vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Anwendungsszenarien- noch weitere Testfelder in Deutschland notwendig, auf denen die Entwicklungsergebnisse in realen Umgebungssituationen außerhalb von Laborumgebungen sicher getestet werden können.

Die Einrichtung eines realen Forschungsraumes bzw. Reallabors, in dem Versuche zum automatisierten/autonomen Fahren, zum Manövrieren und zu anderen mit dem Transport von Gütern auf einer Wasserstraße verbundenen Vorgänge probiert, getestet und auch demonstriert werden können, dient belastbar dazu, die Entwicklung des autonomen Fahrens zu beschleunigen und international wettbewerbsfähige Lösungsansätze zu entwickeln.

Testfelder sind hochinnovative instrumentierte Einrichtungen, in denen Komponenten, Baugruppen und Systeme

- unter bekannten Laborbedingungen mit *mess- und reproduzierbaren*

bzw.

- unter bekannten realen Bedingungen mit *messbaren*

Umgebungsparametern wissenschaftlich abgesichert getestet und geprüft werden können.

Die Bereitstellung eines Abschnittes einer Wasserstraße ist insoweit lediglich eine triviale Vorbedingung zur Einrichtung eines Testfeldes.

Ein Testfeld für unbemannte autonome Binnenschiffe sollte über verschiedene technische Ausstattungsmerkmale, wie beispielsweise eine vollständige unterbrechungsfreie kommunikationstechnische Ausleuchtung mit LTE oder 5G verfügen. Hinzu kommt eine Leitzentrale zur Koordination der Testfahrzeuge, zur



Kontrolle der Infrastrukturkomponenten und zur schnellen Reaktion auf eventuelle Notfallsituationen, die während der Tests auftreten können.

Für die Dokumentation und Analyse der Tests sind zudem Einrichtungen, wie Radar, Realtime Location System (RTLS) zur Erfassung der Trajektorien und Kamerasysteme notwendig.

Zusätzlich sollte ein Testfeld vollständig digital erfasst sein (digitales Kartenmaterial) und mit allen informationstechnischen Systemen ausgestattet sein, die auch in der bemannten Binnenschifffahrt zur Verfügung stehen, wie beispielsweise AIS, virtual AtoN, RIS, ECDIS etc.

Nicht zuletzt ist auch die Verkehrsinfrastruktur technisch auf den Betrieb unbemannter autonomer Schiffseinheiten vorzubereiten; so sind beispielsweise Schleusen so auszurüsten, dass sie mit unbemannten Wasserfahrzeugen kommunizieren können, um geregelte und sichere Ein- und Ausfahrten zu gewährleisten.

### 3 STAND TESTFELDER BINNENSCHIFFFAHRT

Bislang sind seitens des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur insgesamt vier Testfelder für Binnenschiffe in Deutschland ausgewiesen, weitere Ansätze, wie z.B. ein Testfeld am Mittellandkanal in Braunschweig wurden bislang nicht weiterverfolgt.

Die Elbe wird ebenfalls immer wieder als ein potenzielles Testfeld genannt, allerdings erfolgen auch hier derzeit, nach Abschluss der Studie "Digitalisierung des Elbkorridors – Elbe 4.0", keine erkennbaren Aktivitäten.

- Abschnitt des Dortmund-Ems-Kanals (DEK) zwischen dem Hafen Dortmund und der Schleuse Waltrop

*Themen:*

Das Testfeld ist primär auf die Entwicklung und Testung von Komponenten für Assistenzsysteme ausgerichtet.

- Spree-Oder-Wasserstraße (SOW)

*Themen:*

Das Testfeld ist vornehmlich auf kleine Schiffseinheiten fokussiert, die kleine und kleinste Ladungen z.B. im Kontext zu einer wasserbasierten Citylogistik transportieren.

Derzeit noch kein koordinierter Betrieb, bislang wurde lediglich ein Projekt (Studie), gefördert aus dem Programm mFund des BMVI, im Kontext zur SOW bearbeitet.

- Kieler Förde

*Themen:*

Das Testfeld fokussiert auf die Entwicklung und dedizierte Tests mit Fähren auf der Kieler Förde.

Im Rahmen der 5x5G Förderkulisse ist ein ergänzender Antrag zur Implementation von 5G im Testgebiet in Vorbereitung.

- Rhein, Oestrich-Winkel - Ingelheim

*Themen:*

Hier ist ebenfalls der Fährbetrieb im Fokus. Es handelt sich im engeren Sinne nicht um ein allgemeines Testfeld, sondern hier wird aktuell lediglich ein Projekt des Initiators (AKOON, Automatisierte und koordinierte Navigation von Binnenfähren) bearbeitet.

## 4 DER ELBE-LÜBECK-KANAL

### 4.1 ALLGEMEIN

Der Elbe-Lübeck-Kanal (ELK) ist eine Bundeswasserstraße der Klasse III im Zuständigkeitsbereich des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes Lauenburg, und verbindet die Elbe, beginnend bei Lauenburg, mit der Trave in Lübeck.

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf des ELK mit eingezeichneten Schleusenanlagen.



Abbildung 3 | Elbe-Lübeck-Kanal,

Quelle: Digitale Bundeswasserstraßenkarte, WSV 2019

Der Kanal hat eine Länge von 61,55 km. Er verbindet im Bundesland Schleswig-Holstein die Kleinstadt Lauenburg an der Elbe (Elbe-km 569,23) mit der Hansestadt Lübeck und bindet somit das Netz der mitteleuropäischen Binnenwasserstraßen an die Ostsee an. Am Kanal befinden sich die drei Häfen Lauenburg, Mölln und Lübeck.

Aktuell ist der ELK vor allem für kleinere Binnenschiffe von Bedeutung, da die Schleusen nur Schiffslängen von 80m zulassen. Zusätzlich ist der Tiefgang auf lediglich 2m begrenzt. Deshalb wurden Erneuerung und Vergrößerung der Schleusen und die Erneuerung von Brücken im Vordringlichen Bedarf des Bundesverkehrswegeplanes 2030 verankert. Die Schleuse Lauenburg wurde bereits saniert (nutzbare Länge: 115m, Breite: 12,5m).

Das vorrangige Ziel der geplanten Baumaßnahmen ist die Verbesserung der Qualität der Seehafenhinterlandanbindung von Lübeck mit den Häfen und dem Netz der Binnenwasserstraßen im Süden. Der Bund setzt damit ein wichtiges Zeichen für die Binnenschifffahrt als Gütertransportmittel.

Der einschiffige Ausbau des Elbe-Lübeck-Kanals auf eine Bundeswasserstraße der Klasse Va<sup>4</sup> ist als Projekt "W33" mit vordringlichem Bedarf in den Bundesverkehrswegeplan 2030 aufgenommen und mit einem Investitionsvolumen in Höhe von insgesamt etwa 840 Mio. Euro veranschlagt.

Die mit der Einrichtung eines digitalen Testfeldes für Binnenschiffe verbundenen zusätzlichen Investitionen bzw. Betriebskosten können derzeit noch nicht abschließend und detailliert quantifiziert werden, lassen aber sicher in einem mittleren einstelligen Mio.-Euro-Bereich einordnen.

Im Gesamtkontext ist dies ein sehr kleiner Betrag, der aber dennoch deutlich wahrnehmbare Mehrwerte für den Standort bzw. die Region induzieren kann.

Bezüglich der Einrichtung eines Testfeldes auf dem ELK hat die Hansestadt Lübeck gemeinsam mit der IHK zu Lübeck gegenüber dem Bundesministerium für Verkehr

---

<sup>4</sup> Binnenwasserstraßen dieser Klasse können von Schiffen mit einer Länge von bis zu 110m, einer Breite von bis zu 11,40m und einem Tiefgang von bis zu 4,50m befahren werden.

und digitale Infrastruktur (BMVI) eine Interessensbekundung abgegeben, die dort positiv aufgenommen wurde.

Auch der Maritime Koordinator der Bundesregierung, der CDU-Bundestagsabgeordnete Norbert Brackmann, hat die Idee eines Testfeldes auf dem ELK bereits in die Diskussion eingebracht.

## 4.2 MEHRWERTE DURCH DIGITALES TESTFELD

Durch die Einrichtung eines digitalen Testfeldes für Binnenschiffe können Mehrwerte in verschiedenen Dimensionen erzielt werden:

- Erhöhung der Attraktivität des Kanals

Die Einrichtung eines Testfeldes wird als solche nicht das Schiffs- bzw. Frachtaufkommen auf dem ELK erhöhen. Allerdings kann die Ertüchtigung der Infrastruktur, die unmittelbar mit der Einrichtung einhergeht, die Attraktivität dieser Wasserstraße durch eine mit dem Aufbau eines Testfeldes inhärent einhergehende Erhöhung der Servicequalität hier einen wichtigen Beitrag leisten:

Die Ausstattung mit AIS, die Ausleuchtung mit verbesserter Mobilkommunikation stellen hier einen ersten Baustein dar. Der Aufbau von Logistikinfrastruktur, mit deren Hilfe beispielsweise autonome Schiffe vollautomatisiert in kürzester Zeit be- und entladen werden können oder automatisierte Bunkereinrichtungen können auch die Servicequalität für personengeführte Schiffe spürbar erhöhen, so dass beispielsweise Liegezeiten reduziert und dadurch Umlauffrequenzen für die Fahrzeuge erhöht werden können.

- Plattform für die ansässigen Forschungseinrichtungen

Ein Testfeld, das auf Binnenschiffe ausgerichtet ist, aber gleichermaßen auch maritime Aspekte mit abbilden kann, ist in Deutschland einzigartig und bietet den im Land ansässigen Forschungseinrichtungen optimale Bedingungen, ihre F&E-Arbeiten und -Ergebnisse in einem Reallabor "vor der Haustür" ausprobieren und validieren zu können.

- Weiterentwicklung zum High-Tech-Standort  
Grade im zuvor adressierten Reallabor bietet sich für den Standort die Chance, eine konsequente Weiterentwicklung in Richtung "High-Tech" für die Schifffahrt aber auch für multimodale Applikationen zu forcieren.
- Nationale und internationale Vernetzung  
Bei adäquater Ausstattung des Testfeldes und entsprechendes Engagement der beteiligten F&E-Einrichtungen vorausgesetzt, wird sich sehr schnell eine nationale und insbesondere internationale Vernetzung des Standortes ergeben, die sich insgesamt sehr positiv auf die bereits vorhandene F&E-Landschaft auswirken wird; insbesondere ist davon auszugehen, dass ein gut gemanagtes Testfeld einen wesentlichen Beitrag dazu leistet, innovative Projekte und Partner in die Region zu holen.
- Ansiedlungen F&E, Wirtschaft, Start-Ups  
Eine entsprechende Positionierung und Ausstattung des Testfeldes kann forschungsorientierte Einrichtungen attrahieren, die schließlich an den Standort geholt werden können.  
Die Erfahrung zeigt, dass technologisch gut ausgerüstete und konzeptionell klar positionierte Standorte eine hohe Anziehungskraft auf dezidiert ausgerichtete ansiedlungswillige Unternehmen ausüben.  
  
Die o.a. Induktion thematisch naheliegender Themen und Projekte führt weiterhin zur Bildung von Start-Ups in dem adressierten Themenkomplex, was sich ebenfalls positiv auf den Standort und auf die Region auswirkt.

Alle o.g. Aspekte haben naturgemäß positive Auswirkungen auf die Wirtschaft in der Region, womit ein derartiges Testfeld als insgesamt positiv für die weitere Entwicklung der Region angesehen werden kann.

### 4.3 BESONDERHEITEN DES ELK - ABGRENZUNG ZU DEN O.G. TESTFELDERN

Folgende Besonderheiten zeichnen den ELK mit Blick auf die Nutzung als Testfeld und mit Blick auf die anderen o.g. Testfelder aus:

- Der ELK stellt eine Schnittstelle zwischen der maritimen und der Binnenschifffahrt dar. Hier können somit Tests erfolgen, in denen ein Schiff zunächst im "geschützten" Umfeld eines Kanals und nach einem Schleusvorgang unter eher maritimen Bedingungen fährt.
- Die direkte Anbindung an die Ostsee (Lübecker Bucht) führt dazu, dass im nördlichen Teil bis zur Schleuse Büssau Tidenhub zu verzeichnen ist<sup>5</sup>.
- Die unmittelbare Seenähe führt im nördlichen Teil des Kanals auch dazu, dass gemäßigte maritime Witterungsbedingungen herrschen.  
Im Unterschied zu den anderen Testfeldern ist hier sowohl mit stürmischem Wetter als auch mit Eisgang zu rechnen.
- Derzeit werden sämtliche Schleusen manuell bedient, der Projektbeschreibung im Bundesverkehrswegeplan ist nicht zu entnehmen, dass diese Bedienart geändert werden soll. Insoweit bietet dieses Testfeld besondere Testmöglichkeiten für die Interaktion von hochautomatisierten/autonomen Systemen mit manuell bedienten Infrastrukturkomponenten<sup>6</sup>.
- Bei Siebeneichen kreuzt eine manuell bediente Seilfähre den Fahrweg der Binnenschiffe. Auch in diesem Zusammenhang ergeben sich besondere Testmöglichkeiten, da eine Passage nur bei abgesenktem Führungsseil der Fähre (manuelle Tätigkeit) möglich ist, was zum sicheren Betrieb ebenfalls eine Interaktion zwischen einem hochautomatisierten/autonomen System und einem manuell bedienten zwangsgeführten dynamischen System notwendig macht.

---

<sup>5</sup> Der Tidenhub auf der Ostsee ist im Vergleich z.B. zur Nordsee eher gering (ca. 30 cm); dennoch ist dieser Aspekt von Interesse, da andere Testfelder diese Eigenschaft nicht aufweisen und sich so besondere Testfälle (z.B. beim Festmachen/Be- und Entladen) ergeben können.

<sup>6</sup> In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu erwähnen, dass insgesamt sechs der sieben Schleusen nicht elektrisch, sondern nach dem sogenannten Hotopp-Prinzip mit Vakuum funktionieren.



Die beiden nächsten Aspekte zeigen, dass das mit Testläufen im Testfeld ELK verbundene Risiko als gering einzuschätzen ist:

- Die Auslastung des Kanals ist derzeit eher gering, im Jahr 2019 wurde er laut Statistik des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes (WSA) Lauenburg von lediglich 1086 Frachter, die 505.325 Tonnen Ladung an Bord hatten, befahren.
- Gefahrgut wird auf dem Kanal de facto nicht transportiert, in den Häfen findet auch keine Verladung gefährlicher Güter statt.

Die Aspekte "Tidenhub" und "maritime Witterungsbedingungen" sind auch im Zusammenhang mit dem maritimen Testfeld westlich von Helgoland, dessen Einrichtung sich derzeit in Diskussion und Prüfung befindet, von Interesse:

Die maritimen aber gemäßigten Bedingungen, die der ELK in seinem nördlichen Bereich zu bieten hat, könnten beispielsweise für vorlaufende Tests genutzt werden, bevor dann die Komponenten oder Fahrzeuge vor Helgoland weiteren Tests in einem vollständigen offshore-Umfeld unterzogen werden.

#### 4.4 OPTION ELBE-SEITEN-KANAL (ESK)

Als denkbare Option kann die Erweiterung des Testfelds ELK in den Elbe-Seiten-Kanal (ESK) in Betracht gezogen werden.

Der ESK hat mittelbaren Anschluss an den ELK in Höhe der Stadt Lauenburg in deren unmittelbaren Nähe der ELK und der ESK mit der Elbe verbunden sind.

Die Erweiterung ist insbesondere vor dem Hintergrund des Schiffshebewerkes Lüneburg-Scharnebeck und die resultierenden Anforderungen an die Koordination zwischen Schiff und Infrastruktur von Interesse.

Das Doppelschiffshebewerk zur Überwindung eines Höhenunterschieds von 38 Meter bietet in zwei unabhängig voneinander arbeitenden Schiffströgen je Trog bis zu 100 Meter nutzbare Länge, 12 Meter Breite und etwa 3,40 Meter Wassertiefe und zählt damit weltweit zu den größten Bauwerken seiner Art.



Abbildung 4 | Schiffshebwerk Lüneburg-Scharnebeck (Quelle: Schiffshebwerk)

Unmittelbar an das Testfeld ELK könnte somit ein Testumfeld für Infrastrukturkomponenten einbezogen werden, das bislang noch nicht und insbesondere nicht in dieser Komplexität zur Verfügung steht.

## 5 TESTFELD ELK

Das Testfeld ELK soll -auch vor dem Hintergrund seiner besonderen charakteristischen Merkmale (s.o.)- inhaltlich weitgehend komplementär zu den bereits bestehenden Testfeldern positioniert werden und so Möglichkeiten zu übergreifenden Kooperationen bieten.

### 5.1 TESTTRÄGER

Als Testträger kommt zunächst z.B. ein konventionelles Schiff (Trockengüterschiff) infrage. Im Zusammenhang mit kooperativen Testszenarien zu Wasser sind in Ergänzung auch spezielle Schiffstypen im Konzept vorgesehen:

- Katamaran als allgemeiner Testträger für verschiedenste Experimente im Bereich Sensorik und Aktorik
- Leichtbau, z.B. für "green shipping" mit alternativen Antriebstechnologien wie z.B. Brennstoffzellen
- Kombination Schiff – AUV (Autonomous Underwater Vehicle)

Dem Thema der alternativen Antriebstechnologien kommt eine besondere Bedeutung zu, da der Einsatz von Wasserstoff nicht nur zu Lande und in der Luft sinnvoll ist, sondern grade auch auf dem Wasser als Kraftstoff für eine saubere Mobilität verwendet werden.

Bislang gibt es nur wenige Ansätze zur Nutzung von Brennstoffzellensystemen als Antriebsaggregate auf Binnenwasserstraßen. Je nach Typ bzw. Bauart der Brennstoffzelle sind unterschiedliche Antriebssysteme vorstellbar. Als ein Beispiel ist hier die Brennstoffzelle in Kombination mit einem Elektromotor zu nennen, der über ein hohes Drehmoment bei geringer Drehzahl verfügt. Dadurch können spezifische Schrauben zum Einsatz kommen, die keinen bzw. einen sehr geringen Wellengang

erzeugen<sup>7</sup>. Das Schiff kann dadurch auch auf Wasserstraßen mit unbefestigtem bzw. einfach befestigtem Uferbereich gut eingesetzt werden.

## 5.2 KOMPONENTEN

Zwar ist die Testung von Komponenten ein zentrales Thema für das Testfeld DEK, doch bietet das Testfeld ELK mit seinem maritimen Teil diesbezüglich nochmal besonderer Herausforderungen, die auf dem DEK nicht abgebildet werden können.

Z.B. ist die Detektion und Klassifikation von Hindernissen (sense-and-avoid) bei Wellengang ein Thema, das auf den Testfeldern DEK oder Rhein nicht bearbeitet werden kann.

Diese Umgebungsbedingungen sind auch für weitere Komponenten beispielsweise zur Bahnführung, zum Anlegen, zum Festmachen oder zur Be- und Entladung von besonderem Interesse.

Damit bietet das Testfeld ELK ergänzende Möglichkeiten, um Entwicklungen, die an anderer Stelle -beispielsweise auf dem Testfeld DEK- bereits getestet wurden, weiterzuführen und an andere Gegebenheiten anzupassen.

## 5.3 EINBINDUNG BINNENSCHIFF IN MULTIMODALE TRANSPORTKETTEN

Laut Masterplan Binnenschifffahrt können neue "Verfahren im Bereich des automatisierten und vernetzten Fahrens -einschließlich des autonomen Fahrens- ... das Binnenschifffahrtsgewerbe bei einem optimierten Betrieb unterstützen und die Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt erhöhen"<sup>8</sup>.

Diese "lokale" schiffsseitige Optimierung muss zwingend um die Entwicklung modernerer und leistungsfähiger Umschlaganlagen ergänzt werden. Dadurch könnten die Lade- und Löscheziten der Binnenschiffe beim Umschlag von Massengut

---

<sup>7</sup> siehe Projekt *Hydra* der Firma etaing GmbH, Juni 2000

<sup>8</sup> Quelle: Masterplan Binnenschifffahrt, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Mai 2019

in Binnenhäfen verringert und so schließlich die Kosten der gesamten Transportkette gesenkt werden.

Beide Maßnahmen in Kombination in Verbindung mit einer umfassenden kontextbezogenen Digitalisierung führen im Ergebnis zu einer besseren Einbindung des Binnenschiffs in multimodale Transportketten.

Damit ist der Fokus des Testfeldes ELK bereits umrissen:

Es sollen im Testfeld u.a. hochautomatisierte Umschlageinrichtungen aber auch konventionelle Techniken bereitstehen, um diese Integration möglichst vollständig im Rahmen von Pilot- und Testimplementationen abbilden zu können.

Die transporttechnische Integration muss durch adäquate Kommunikationsmöglichkeiten (z.B. LoRaWAN, LTE, 5G etc.) und ein darauf aufsetzendes Digitalisierungsangebot begleitet werden. Speziell in den Häfen der Hansestadt Lübeck sind hier bereits sehr gute Voraussetzungen implementiert, um schnell funktionsfähige Pilotimplementationen von schiffsbezogenen Diensten aufsetzen zu können.

Diesbezüglich ist auch von großem Vorteil, dass sich die Hansestadt Lübeck speziell mit Blick auf die Häfen an der aktuellen Ausschreibung des BMVI im Rahmen der 5x5G-Förderkulisse beteiligt.

Ein Zuschlag für das beantragte Projekt wird das Testfeld noch weiter aufwerten.

Das Testfeld für Binnenschiffe kann perspektivisch dadurch noch weiter aufgewertet werden, dass auch andere Modale explizit im unmittelbaren Umfeld des Testfeldes ELK in Reallaboren getestet werden.

So kommt dem o.a. Integrationsaspekt in besonderem Maße entgegen, dass die Lübeck Port Authority (LPA) auch ihr Interesse an einem Testfeld für automatisierte Verkehre im Bereich der Hafentram signalisiert hat. Der Fokus dieses Testfeldes könnte bzw. sollte im Bereich shunting liegen.

Eine Kombination bzw. Kopplung dieser beiden Testfelder würde die Plattform für außerordentlich innovative Entwicklungsergebnisse bieten, der Standort und auch das Thema "Multimodaler Verkehr" würden enorm gewinnen und die oben genannten Mehrwerte könnten noch weiter ausgebaut werden.

Im Übrigen würde von dieser Kombination auch das Thema "Digitalisierung" in hohem Maße profitieren.

## 5.4 TESTSZENARIEN

Derzeit sind beispielhaft folgende Testszenarios in der Diskussion, die sich zeitnah weiter konkretisieren werden und zu denen es im Zuge der Einbindung weiterer Partner auch Ergänzungen geben wird.

**Komponentenorientiert** (speziell mit Blick auf den maritimen Teil):

- exakte Kurshaltung
- exakte und präzise Fahrmanöver (Richtungswechsel, Ein-/Ausfahrt Hafen, Wenden, Ausweichen, Überholen)
- exakte Positionierung, Positionshaltung
- exaktes und präzises Anlegen

20

**Kommunikationsorientiert**

- ship-2-ship
- ship-2-infrastructure (z.B. Schleusen, Umschlaganlagen etc.)
- ship-2-control station (z.B. Verkehrs- und Havariemanagement)

**Integrationsorientiert:**

- multimodale Abläufe
  - Schiene – Schiff
  - Straße – Schiff
  - Binnenschiff - Seeschiff
- automatisiertes Bunkern – im Hafen, während der Fahrt
- Missionen
  - Kooperative Szenarien

z.B. Gewässermonitoring mit Oberflächenfahrzeug und AUV

Den integrations- bzw. prozessorientierten Testszenarien kommt in besonderem Maße entgegen, dass die Lübeck Port Authority Interesse an einem Testfeld für automatisierte Verkehre im Bereich Hafenbahn signalisiert hat; hier könnte also eine Kopplung zweier Testfelder erfolgen, was außerordentlich innovative Entwicklungsergebnisse zur Folge haben könnte.