

Individueller Schlussbericht
Deutsche Binnenreederei GmbH

zum Vorhaben

**Smarte Entscheidungsassistenz für Logistikketten der
Binnenschifffahrt durch ETA-Prognosen (SELECT)**



im Rahmen des Förderprogramms
„Innovative Hafentechnologien“

November 2023

Projektpartner: Technische Universität Berlin,
Fachgebiet Logistik
(*Verbundkoordinator*)

BEHALA Berliner Hafen- und
Lagerhausgesellschaft mbH

Deutsche Binnenreederei
GmbH

Duisburger Hafen AG

HGK Shipping GmbH

Förderkennzeichen: 19H19010E

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur



Projektaufzeit: 01.03.2020 – 28.02.2023

Inhaltsverzeichnis

Teil I: Kurze Darstellung	3
1 Ausgangssituation.....	3
2 Zielstellung.....	3
3 Planung und Ablauf des Vorhabens	3
4 Wissenschaftlicher und technischer Ausgangsstand	3
5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	3
Teil II: Eingehende Darstellung	4
6 Ergebnisse des Projektes.....	4
6.1 Projektmanagement (AP 0).....	4
6.2 Anforderungsanalyse (AP 1).....	4
6.3 Prozess- und Störungsanalyse (AP 2)	5
6.4 Datenanalyse (AP 3).....	5
6.5 Modellentwicklung – Prognose (AP 4)	6
6.6 Modellentwicklung – Entscheidungsassistenz (AP 5).....	7
6.7 Gesamtrealisierung und Konzeption einer Live-Umsetzung (AP 6).....	8
6.8 Dissemination (AP 7)	8
7 Voraussichtlicher Nutzen.....	9
8 Veröffentlichungen	9
9 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	9
10 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	9
11 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	9

Teil I: Kurze Darstellung

1 Ausgangssituation

Die Informationen zu den Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben ausgeführt wurde, sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

2 Zielstellung

Die Informationen zur Aufgabenstellung des Vorhabens sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Informationen zur Planung und Ablauf des Vorhabens sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

4 Wissenschaftlicher und technischer Ausgangsstand

Die Informationen zum wissenschaftlichen und technischen Stand, an den bei dem Vorhaben angeknüpft wurde, sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Die Informationen zur Zusammenarbeit mit anderen Stellen sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

Teil II: Eingehende Darstellung

6 Ergebnisse des Projektes

Ergänzend zu den Ausführungen im gemeinsamen Schlussbericht werden in diesem Kapitel unsere Aktivitäten zur Erzielung der Projektergebnisse beschrieben. Die Darstellung erfolgt anhand der Projektstruktur in Form der acht Arbeitspakete.

6.1 Projektmanagement (AP 0)

Zentrales Ziel des Arbeitspaketes war die Gesamtprojektleitung sowie die Leitung der Arbeitspakete. Hierzu gehörte die Koordination des Teams der beteiligten Mitarbeitenden, die Sicherstellung der Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Partnerinnen und Partnern, sowie das Erstellen von Vorgehensweisen im Konsortium und die Veranstaltungsorganisation. Des Weiteren beinhaltete das Arbeitspaket die Dokumentationspflicht gegenüber dem Projektträger bzw. -förderer. Die Inhalte wurden maßgeblich von der TUB übernommen.

Die Deutsche Binnenreederei GmbH beteiligte sich nachhaltig bei der Mitarbeit von Fortschritts- und Zwischenberichten, der Bereitstellung relevanter Informationen und Prüfung der erstellten Berichte sowie der Kommunikationsgestaltung zwischen etwaigen Interessensgruppen bei fachspezifischen Fragen.

6.2 Anforderungsanalyse (AP 1)

Im Rahmen des Projekts wurden umfassende Arbeiten zur Anforderungserhebung und -analyse durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Bedürfnisse und Anforderungen der Reedereien in der Binnenschifffahrt angemessen berücksichtigt werden. Der Schwerpunkt lag dabei auf den betrieblichen Anforderungen aus Sicht der Reedereien. Dies umfasste eine gründliche Untersuchung verschiedener Wasserstraßen, die von den Binnenschifffahrtunternehmen genutzt werden, und die Identifizierung spezifischer Anforderungen und Einschränkungen in Bezug auf diese Gewässer. Ebenso wurden die verschiedenen Transportgüter berücksichtigt, da diese unterschiedliche Anforderungen an die Handhabung und Sicherheit mit sich bringen können.

Darüber hinaus erfolgte die Unterstützung bei der Bewertung und Priorisierung dieser ermittelten Anforderungen. Dies half dabei, die dringlichsten und bedeutendsten Anforderungen zu identifizieren, um sicherzustellen, dass die Ressourcen effizient eingesetzt werden.

Schließlich wurde das Lastenheft sorgfältig geprüft und ergänzt, um sicherzustellen, dass es die aktuellen Anforderungen der Reedereien und der Binnenschifffahrtbranche genau widerspiegelt. Dieser fortlaufende Prozess wurde in enger Zusammenarbeit mit den relevanten Stakeholdern durchgeführt, um sicherzustellen, dass das Projekt den Erwartungen entspricht und die bestmöglichen Ergebnisse erzielt werden können.

6.3 Prozess- und Störungsanalyse (AP 2)

Im Rahmen unseres Projekts wurden eine Reihe von wichtigen Arbeiten erfolgreich abgeschlossen, um die Grundlagen für eine verbesserte Transportkette zu schaffen. Hier sind die durchgeföhrten Aufgaben im Detail:

Wir begannen damit, eine geeignete Untersuchungsmethodik zu identifizieren und die erforderlichen Unterlagen zur Aufnahme der Betriebs- und Informationsprozesse auszuarbeiten. Diese Schritte legten den Grundstein für unsere weiteren Arbeiten.

Anschließend planten und führten wir Experteninterviews zur Prozessaufnahme mit Projektpartnern und anderen Akteuren durch. Diese Interviews ermöglichen es uns, wertvolle Einblicke in die Betriebs- und Informationsprozesse zu gewinnen und sie besser zu verstehen.

Die gewonnenen Informationen wurden systematisch strukturiert und in ein qualitatives Gesamtmodell für die Transportkette überführt. Wir nutzten bewährte Methoden der Prozessmodellierung, insbesondere BPMN, um die Ergebnisse klar und verständlich darzustellen.

Gleichzeitig beschäftigten wir uns mit den Einflussfaktoren und Störungen, die die Transportkette beeinflussen können. Hierzu identifizierten wir eine geeignete Untersuchungsmethodik und erstellten Unterlagen, darunter eine FMEA (Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse).

Experteninterviews zur Aufnahme und Bewertung von Einflussfaktoren und Störungen wurden ebenfalls geplant und erfolgreich durchgeführt. Diese Gespräche lieferten wichtige Erkenntnisse, die in unsere Analyse einflossen.

Die gewonnenen Informationen über Einflussfaktoren, Störungen und Ursachen wurden systematisch dokumentiert und in eine Gesamtsystematik überführt. Hierbei griffen wir auf gängige Methoden des Reliability Engineerings wie das Ishikawa-Diagramm und die Einflussmatrix zurück.

Schließlich erfolgte die Priorisierung der Einflussfaktoren und Störungen, wobei wir Faktoren hinsichtlich ihrer Stärke und Häufigkeit bewerteten. Dies ermöglichte es uns, klare Definitionen für diejenigen Einflussfaktoren und Störungen festzulegen, die in der Lösung der Transportkette besonders berücksichtigt werden sollten.

Insgesamt haben diese Arbeiten eine solide Grundlage für die weitere Entwicklung und Verbesserung der Transportkette geschaffen. Wir sind zuversichtlich, dass die erzielten Erkenntnisse und Modelle dazu beitragen werden, die Effizienz und Zuverlässigkeit des Systems deutlich zu steigern..

6.4 Datenanalyse (AP 3)

Im Rahmen unserer Arbeit haben wir verschiedene Aufgaben erfolgreich erledigt, um sicherzustellen, dass die Datenanforderungen unserer Partner erfüllt werden. Dazu gehörte zunächst die Unterstützung bei der Identifikation geeigneter Datenarten und Datenquellen in Zusammenarbeit mit unseren Datenworkshops. Wir haben sorgfältig geprüft, welche Daten im Unternehmen verfügbar

sind und wie diese am besten genutzt werden können, um die Anforderungen unserer Partner zu erfüllen.

Ein weiterer wichtiger Schritt bestand darin, die partnerspezifischen Anforderungen hinsichtlich Vertraulichkeit zu definieren. Gemeinsam mit der TU Berlin haben wir Maßnahmen ergriffen, um sicherzustellen, dass die Daten in Übereinstimmung mit den erforderlichen Datenschutzrichtlinien bereitgestellt werden. Hierbei haben wir alle notwendigen formalen Schritte eingeleitet, um die Daten in sicherer Weise zugänglich zu machen.

Darüber hinaus haben wir Datenextrakte bereitgestellt und gegebenenfalls Live-Schnittstellen zu identifizierten Datenquellen eingerichtet. Besonders wichtig war dabei die Integration zusätzlich aufgezeichneter Schiffsbewegungen als Ergänzung zu AIS-Daten. Dies ermöglichte es unseren Partnern, umfassendere und genauere Informationen zu erhalten, die für ihre Projekte von entscheidender Bedeutung waren.

Insgesamt haben wir durch unsere engagierte Arbeit sicherstellen können, dass die Datenanforderungen unserer Partner erfüllt wurden und sie über die notwendigen Ressourcen verfügten, um ihre Projekte erfolgreich umzusetzen. Wir sind stolz darauf, einen wichtigen Beitrag zur Realisierung dieser Vorhaben geleistet zu haben.

6.5 Modellentwicklung – Prognose (AP 4)

Im Rahmen dieses Projekts wurden verschiedene Arbeiten durchgeführt, um die Prozesszeitenprognose im Binnenschifftransport zu optimieren und deren praktische Anwendbarkeit sicherzustellen.

Zunächst erfolgte die Definition geeigneter, abgrenzbarer Teilprognoseprobleme. Diese wurden sorgfältig ausgearbeitet und auf ihre Vollständigkeit und Übereinstimmung mit den realen Prozessabläufen des Binnenschifftransports überprüft. Dabei wurden potenzielle Sonderfälle und Grenzen des gewählten Modellierungsansatzes identifiziert, einschließlich Sonderprozessen und nicht prognostizierbaren Ereignissen.

Die Auswahl der Machine Learning (ML)-Verfahren und Prognoseansätze wurde ebenfalls gründlich analysiert. Die praktische Eignung dieser Methoden für eine spätere Live-Version wurde kritisch bewertet, um sicherzustellen, dass sie den Anforderungen der realen Welt entsprechen.

Ein wichtiger Schritt bestand darin, geeignete Inputvariablen (Features) zu identifizieren. Dies erfolgte durch die Kombination von Variablen aus den Rohdaten, die die relevanten Einflussfaktoren und Störungen im Binnenschifftransport möglichst genau abbilden. Hierbei wurden auch "Feature Engineering Workshops" durchgeführt, um die Qualität der Inputvariablen zu optimieren.

Die Validierungsergebnisse für Teil- und Gesamtprognosen wurden nach jeder Entwicklungsiteration sorgfältig überprüft. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die praktische Einsetzbarkeit der Prognosen für definierte Anwendungsfälle gelegt.

Schließlich wurden weitere Verbesserungsmöglichkeiten für die nächste Entwicklungsiteration aufgezeigt. Dies umfasste unter anderem die Einbindung weiterer Datenquellen, um die Prognosequalität weiter zu steigern und den Nutzen für die Anwender zu maximieren.

Insgesamt wurden diese Arbeiten durchgeführt, um eine zuverlässige und praxisnahe Prozesszeitenprognose im Binnenschifftransport zu entwickeln und kontinuierlich zu verbessern.

6.6 Modellentwicklung – Entscheidungsassistenz (AP 5)

Im Rahmen dieses Projekts wurden verschiedene Aufgaben erfolgreich erledigt, um die Effizienz und Effektivität der wasserseitigen Prozessabschnitte zu verbessern. Diese Arbeiten wurden sorgfältig durchgeführt, um sicherzustellen, dass die angewendeten Maßnahmen den Anforderungen der Praxis entsprechen.

Zunächst erfolgte die konzeptionelle Erarbeitung von Maßnahmen für die in AP 1 identifizierten wasserseitigen Prozessabschnitte. Hierbei wurde besonderes Augenmerk auf die praktische Umsetzbarkeit gelegt. Es war wichtig, Lösungen zu entwickeln, die in der realen Arbeitsumgebung effektiv eingesetzt werden können.

Die Eignung der erarbeiteten Maßnahmen wurde im Hinblick auf eine IT-gestützte Entscheidungsassistenz analysiert. Dabei standen die identifizierten Kriterien im Fokus, wobei die Praktikabilität und die erwartete Wirkung der Maßnahmen besonders berücksichtigt wurden. Es war entscheidend sicherzustellen, dass die IT-Unterstützung die Entscheidungsprozesse effizienter gestaltet.

Des Weiteren wurde die Definition von Events für spezifische Maßnahmen unterstützt. Hierbei wurden formalisierbare Entscheidungskriterien entwickelt, um das Vorliegen der definierten Events zu überprüfen. Dies diente der Eignungsbeurteilung bestimmter Maßnahmen und trug dazu bei, klare Leitlinien für die Umsetzung zu schaffen.

Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Spezifizierung und Quantifizierung der Entscheidungskriterien für jede identifizierte Maßnahme. Dies basierte auf eigener, praktischer Erfahrungswerte und trug dazu bei, die Bewertung der Maßnahmen objektiver und nachvollziehbarer zu gestalten.

Abschließend erfolgte eine Bewertung des implementierten Systems hinsichtlich seiner praktischen Einsetzbarkeit für die Gesamtkette. Dies ermöglichte es, sicherzustellen, dass die entwickelten Lösungen in der Praxis erfolgreich angewendet werden können und zur Verbesserung der wasserseitigen Prozesse beitragen.

Insgesamt wurden die oben genannten Arbeiten erfolgreich abgeschlossen, um die Effizienz und Effektivität der wasserseitigen Prozessabschnitte aus Praxissicht zu optimieren und eine IT-gestützte Entscheidungsassistenz zu etablieren.

6.7 Gesamtrealisierung und Konzeption einer Live-Umsetzung (AP 6)

Im Rahmen unserer Arbeiten haben wir den Demonstrator umfassend validiert, um sicherzustellen, dass er sämtliche definierten Anforderungen und Gütekriterien für die Gesamtkette erfüllt. Dies war von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Lösung den höchsten Qualitätsstandards entspricht und den angestrebten Zielen gerecht wird.

Darüber hinaus haben wir betriebliche Konzepte erarbeitet, die die Anwendung der Lösung in einem Live-Betrieb ermöglichen. Dabei haben wir optimale Betreibermodelle entwickelt und die notwendigen Informationsflüsse definiert. Besonderes Augenmerk lag auf den Anforderungen hinsichtlich Datenschutz und IT-Sicherheit, um sicherzustellen, dass sensible Informationen angemessen geschützt sind.

Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt unserer Arbeit lag in der Beurteilung der erzielbaren Potenziale, die sich für die verschiedenen Akteure durch die Nutzung des Systems im Live-Betrieb ergeben. Dies ermöglichte eine fundierte Bewertung der wirtschaftlichen und operativen Vorteile, die mit der Implementierung der Lösung einhergehen.

Zusätzlich haben wir das erweiterte Lastenheft für den zukünftigen Live-Betrieb geprüft und ergänzt, um sicherzustellen, dass sämtliche Anforderungen und Funktionalitäten klar definiert sind und den Bedürfnissen aller Beteiligten gerecht werden.

Insgesamt können wir festhalten, dass die durchgeführten Arbeiten dazu beigetragen haben, die Lösung auf ein solides Fundament für den Live-Betrieb zu stellen und sicherzustellen, dass sie den höchsten Qualitäts- und Leistungsstandards entspricht. Dies legt den Grundstein für einen erfolgreichen Einsatz der Lösung in der Praxis.

6.8 Dissemination (AP 7)

Das Ziel des Arbeitspaketes bestand in dem zielgruppengerechten Transfer von Informationen über das Projekt und die Projektergebnisse in die Interessengruppen Öffentlichkeit, Wissenschaft / Forschung, Wirtschaft und Politik. Die Deutsche Binnenreederei GmbH hat den Leiter dieses Arbeitspaketes bei dessen Umsetzung vor allem bei dem Ergebnistransfer zu relevanten Zielgruppen unterstützt.

7 Voraussichtlicher Nutzen

Die Informationen zum voraussichtlichen Nutzen der Projektergebnisse sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

8 Veröffentlichungen

Die Informationen zu den Veröffentlichungen der Projektergebnisse sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

9 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Die Informationen zu den identifizierten Fortschritten auf dem betreffenden Gebiet durch andere Vorhaben sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

10 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die einzelnen Positionen sind dem zahlenmäßigen Nachweis zu entnehmen.

11 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Informationen zur Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit sind dem gemeinsamen Schlussbericht zu entnehmen.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Individueller Schlussbericht zum Vorhaben Smarte Entscheidungsassistenz für Logistikketten der Binnenschifffahrt durch ETA-Prognosen (SELECT)	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Schütz, David	5. Abschlussdatum des Vorhabens Februar 2023
	6. Veröffentlichungsdatum November 2023
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Deutsche Binnenreederei GmbH Möllendorffstraße 52 10367 Berlin	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 19H19010E
	11. Seitenzahl 9
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Digitales und Verkehr Invalidenstraße 44 D-10115 Berlin	13. Literaturangaben 0
	14. Tabellen 0
	15. Abbildungen 0
16. Zusätzliche Angaben Außer der Darstellung der partnerspezifischen Aktivitäten in Kapitel 6 bezieht sich der Bericht auf den gemeinsamen Schlussbericht.	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung Im SELECT-Projekt wurden durch die kooperative Zusammenarbeit einer Forschungseinrichtung und mehreren Praxisvertretern gezielt die Potenziale innovativer Datentechnologien aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz (KI) zur Prognose von Logistikketten eingesetzt. Mithilfe verschiedener Verfahren des Maschinellem Lernens (ML) wurde in dem Projekt ein intelligentes System entwickelt, welches erstmalig belastbare Aussagen zur Ankunftszeit (ETA – Estimated Time of Arrival) von Binnenschifffrätern liefert. Dadurch wird eine frühzeitige Bewertung des Eintreffens der Schiffe sowie der darauf befindlichen Güter an wichtigen Prozessabschnitten, wie den Häfen und Schleusen, ermöglicht. Für die Realisierung dieses neuartigen Lösungsansatzes wurde im Projekt eine Vielzahl verschiedener Daten für einen Zeitraum von drei Jahren integriert. Dies umfasste u. a. 200 Millionen AIS-Meldungen, 38.000 Nachrichten für die Binnenschifffahrt und 1,2 Millionen Wettermessungen. Das Prognosesystem wurde zusätzlich um eine Entscheidungsassistenz ergänzt, welches in Abhängigkeit der prognostizierten ETA verschiedene Störungen und Ineffizienzen entlang der jeweiligen Logistikketten detektiert, z. B. in Form von Verspätungen und Anschlusskonflikten mit angrenzenden Transporten. In diesen Fällen werden situativ durch das System geeignete Handlungsmaßnahmen für die beteiligten Akteure bereitgestellt, damit diese proaktiv und zielgerichtet in die Prozesse eingreifen können. Das im Projekt entwickelte IT-System wurde in Form eines Demonstrators umgesetzt, welcher die Machbarkeit des KI-Ansatzes verdeutlicht und als Grundlage für die anschließende Implementierung einer produktiven Lösung durch die Praxis fungiert. Das System soll zur Steigerung der Transparenz, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit von Binnenschifffrätern verhelfen, wodurch langfristig ein Beitrag zur Erhöhung von deren Wettbewerbsfähigkeit gegenüber anderen Verkehrsträgern im Sinne der deutschen und europäischen Nachhaltigkeitsziele geleistet wird.	
19. Schlagwörter Künstliche Intelligenz, Machine Learning, Data Analytics, Prognose, ETA, Logistik, Güterverkehr, Transport, Binnenschifffahrt	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) report	
3. title Individual report of the project Smarte Entscheidungsassistenz für Logistikketten der Binnenschifffahrt durch ETA-Prognosen (SELECT)		
4. author(s) (family name, first name(s)) Schütz, David		5. end of project February 2023
		6. publication date November 2023
		7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Deutsche Binnenreederei GmbH Möllendorffstraße 52 10367 Berlin		9. originator's report no.
		10. reference no.
		11. no. of pages 9
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Digitales und Verkehr Invalidenstraße 44 D-10115 Berlin		13. no. of references 0
		14. no. of tables 0
		15. no. of figures 0
16. supplementary notes Apart from the presentation of the partner-specific activities in chapter 6, the report refers to the joint final report of all partners.		
17. presented at (title, place, date)		
18. abstract <p>In the SELECT project, the potential of innovative data technologies from the field of artificial intelligence (AI) for the prediction of logistics chains was applied through the collaboration of a research institution and several representatives of the industry.</p> <p>With the help of various machine learning (ML) methods, an intelligent system was developed in the project which, for the first time provides reliable information on the Estimated Time of Arrival (ETA) of inland waterway transports. This enables an early assessment of the arrival of the ships and the respective goods at important process stages, such as ports and locks. To realize this innovative approach, the project integrated a wide range of different data for a period of three years. This included, for example, 200 million AIS messages, 38,000 notices to skippers (NtS) and 1.2 million weather observations. The prediction was supplemented by a decision support system, which detects disruptions and inefficiencies along the respective logistics chains depending on the predicted ETA, e.g. in the form of delays and connection conflicts with adjacent transports. In these events, the system provides suitable measures for the involved actors in order to enable them to intervene proactively and in a purposeful manner in the processes.</p> <p>The developed IT system in the project was implemented as a demonstrator, which illustrates the feasibility of the AI approach and serves as a basis for the subsequent deployment of a live solution by the industry. The solution is intended to improve the transparency, efficiency and reliability of inland waterway transports, thus contributing to increasing their competitiveness compared to other modes of transport according to the German and European sustainability goals.</p>		
19. keywords Artificial intelligence, machine learning, data analytics, prediction, ETA, logistics, freight transport, inland water transport, shipping		
20. publisher		21. price