

SchleusenNOK4.0

Projektabschluss am 18.12.2023

Karin Steffen-Witt

dbh Logistics IT AG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



- 10:00 Begrüßung
- 10:05 Einführung / Übersicht über das Projekt SchleusenNOK40
- 10:15 Anforderungen an SchleusenNOK40
- 10:25 Vorstellung System-Frontend
- 10:55 Pause
- 11:00 Vorstellung System-Backend, Daten, Optimierung, Prognosen
- 11:45 Ergebnisse Pilotbetrieb und Evaluierung
- 12:05 Ergebnisse Akzeptanzbewertung und Bewertung aus verkehrswirtschaftlicher Sicht
- 12:15 Zusammenfassung und Ausklang

- Laufzeit: 04.2020-12/2023
- Förderplattform: mFUND
- Förderung von digitalen datenbasierten Anwendungen für die Mobilität 4.0.
- Förderung durch: Bundesministerium für Digitales und Verkehr
- Projektträger: VDI/VDE Innovation & Technik GmbH
- Gesamtvolumen: 2.109.762 Euro (73 % Förderung)



Erstes Präsenztreffen des Konsortiums
am 18.05.22 in Hamburg

„Mit der Innovationsinitiative mFUND fördert das BMDV seit 2016 Forschungs- und Entwicklungsprojekte rund um digitale datenbasierte Anwendungen für die Mobilität der Zukunft. Neben der finanziellen Förderung unterstützt der mFUND mit verschiedenen Veranstaltungsformaten die Vernetzung zwischen Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Forschung sowie den Zugang zu Datenportalen des BMDV. „*

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



*Quelle: <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Digitales/mFund/Ueberblick/ueberblick.html>



Fraunhofer FOKUS

- Planungs- und Vorhersagekomponenten
 - Algorithmen Auswahl und Anpassung
- Entwicklung von Software Komponenten

dbh Logistics IT AG



- Gesamtkoordination des Projektes
- Konzeptionierung und Realisierung der Schleusen-Management-Plattform
 - Anbindung der Beteiligten
 - Schnittstellenmanagement

TTS

- Erstellung verkehrswirtschaftlicher Studien, Gutachten, Prognosen
- Nutzen-Kosten-/ Machbarkeitsuntersuchungen
 - Regionalwirtschaftliche Analysen

WSV

- Einbringen von Fachwissen
- Bewertung: Nutzerbedarf (Schleuse), Verwendbarkeit, Umsetzbarkeit



- Nord-Ostsee-Kanal (NOK) → eine der meistbefahrenen Wasserstraßen der Welt
- Vorteile der Nutzung (auf dem Weg zwischen Nord- und Ostsee)
 - Reduzierung der Fahrstrecke
 - Reduzierung der Fahrzeit
 - Reduzierung des Treibstoffbedarfes der Schiffe
- Ständige Änderung der Verkehrsströme
- Vorplanung nur „kurzfristig“ möglich
- Datenbasis über aktuelles Verkehrsaufkommen fehlt
 - keine langfristige, verlässliche Voranmeldung und Planung möglich



- Optimierung des Schleusenzulaufmanagements am Nord-Ostsee-Kanal
 - Entwicklung eines Schleusenmanagement und -informationssystem
 - Auslastungsoptimierung
- Datenbasierte Verkehrsprognosen als Basis für eine Vorplanung der Schleusenbelegung
 - Unterstützung des Schleusenpersonals bei seinen Entscheidungen
 - Vorplanung für alle Verkehrsteilnehmer → Warte- und Abfertigungszeiten
 - Erhöhung der Transparenz
- Datennutzung:
 - Verfügbare Datenströme / Schnittstellen
 - Praxiserfahrung vor Ort



- **AP0 Projektkoordination**
 - Kommunikation mit dem Fördergeber
 - Organisation der Konsortialmeetings
 - Koordination der Arbeiten der Projektpartner
 - Koordination der Öffentlichkeitsarbeit
- **AP1 Anforderungsanalyse (2020)**
 - Durchführung von Workshops / Interviews mit Stakeholdern
 - Analyse der Datenquellen
 - Erfassung von Akzeptanzkriterien
 - Beschreibung der Geschäftsprozesse

-> **Ergebnis: Lastenheft**



Schleusenanlage Brunsbüttel | © K. Steffen-Witt

- **AP2 Erfolgserwartungsanalyse inkl. Hemmnisanalyse (2020-2021)**
 - Wie entwickelt sich die Schifffahrt über den NOK in Zukunft
 - Welche Auswirkungen sind durch die zunehmende Schiffsgrößenentwicklung
 - Welche Kriterien sind zu erfüllen, damit das System bei den Nutzern akzeptiert wird?
 - Welche technischen Hürden sind zu nehmen, können auftreten; sind diese überwindbar?

- **AP3 Systementwurf (2021)**
 - Abstimmung und Design der Systemarchitektur
 - Definition der zu entwickelnden Komponenten
 - Festlegung von Interaktionsabläufen und Kommunikationsprotokollen
 - Definition von Benutzerschnittstellen und Festlegung von Nutzerinteraktionen
 - Auswahl und Anpassung geeigneter Wissens- und Problemmodellierungsformalismen
 - Auswahl geeigneter Lern-, Planungs- und Optimierungsverfahren

-> vorgestellt auf dem ersten Meilenstein-Meeting am 12.08.2021

■ AP4 Implementierung (2021-2022)

- Implementierung der erforderlichen Datenstrukturen, Schnittstellen und Interaktionen
- Anpassung und Nutzung von Kommunikationsprotokollen
- Anpassung und Umsetzung der Lern, -Planungs- und Optimierungsverfahren unter Nutzung geeigneter Funktionsbibliotheken, Solvern, Datenbanken etc.
- Realisierung von interaktiven Benutzerschnittstellen
- Realisierung der Systemkomponenten

■ AP5 Test, Fehlerbehebung und Systemintegration (2022)

- Festlegung, Implementierung und Durchführung von Unit-Tests, ggf. Fehlerbehebung.
- Festlegung, Implementierung und Durchführung von Komponenten-Tests, ggf. Fehlerbehebung.
- Testen der Benutzerinteraktionen, ggf. Modifikationen und Fehlerbehebung
- Integration, Testen und Deployment der Systemkomponenten, ggf. Fehlerbehebung

-> System-Prototyp vorgestellt auf dem zweiten Meilenstein-Meeting am 29.09.2022

- **AP6 Pilotbetrieb, Evaluierung und Anpassung (2022-2023)**
 - Prototypischer Betrieb in den Schleusenzentralen Brunsbüttel und Kiel
 - Ermittlung von notwendigen Anpassungen und Erweiterungen
 - Priorisierung und Umsetzung dieser Anforderungen
 - Verbesserung des erstellten Prototyps

- **AP7 Akzeptanzbewertung und Bewertung aus verkehrsökonomischer Sicht (2023)**
 - Ermittlung von Vorteilen durch die Nutzung des Systems
 - Wirtschaftlichkeitsbewertung dieser Vorteile

-> Vorstellung der Projekt-Ergebnisse am 15.11.2023 in Kiel und am 18.12.2023 online

SchleusenNOK 4.0	Zeitplan mit Projektphasen														
	Analyse			Konzept		Implementierung/Deployment				Evaluierung/Bewertung					
Arbeitspakete	04/2020- 06/2021					07/2021-09/2022				10/2022-12/2023					
AP 0: Projektkoordination	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
AP 1: Anforderungsanalyse	■	■	■												
AP 2: Erfolgserwartungsanalyse / Hemmnisanalyse	■	■	■	■	■										
AP 3: Systementwurf				■	■										
AP 4: Implementierung						■	■	■	■						
AP 5: Test, Fehlerbehebung und Systemintegration								■	■						
AP 6: Pilotbetrieb, Evaluierung und Anpassung											■	■	■	■	
AP 7: Akzeptanzbewertung / Bewertung aus verkehrswirtschaftlicher Sicht											■	■	■	■	
AP 8: Begleitforschung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Meilensteine						M1 30.06.2021					M2 30.09.2022				31.12.2023

Projektlaufzeit: 01. April 2020 – 31.12.2023

Meilenstein 1 (30.06.2021) → Ende der Analyse- / Konzeptionsphase mit der Erfolgserwartungsanalyse

Meilenstein 2 (30.09.2022) → Ende der Implementierungs- / Deploymentphase mit lauffähigem Systemprototyp

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Karin Steffen-Witt

dbh Logistics IT AG



+49 451 707971-15



karin.steffen-witt@dbh.de



SchleusenNOK40.de



SchleusenNOK40

Anforderungen an SchleusenNOK40
Silke Cuno, Fraunhofer FOKUS

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Ein Schleusenmanagement- und Informationssystem am NOK

Zielsetzung

- Erfassung der Anforderungen an ein solches M&I-System
 - funktionale und nicht-funktionale Anforderungen
 - nach RFC 2119 [Bradner 1997]: MUSS, SOLL, KANN

Methode

- Experteninterviews nach [C. Helfferich, 2014] mit
 - Betreibern des NOK
 - Verkehrsteilnehmern am NOK
 - Dienstleistern am NOK

Ergebnis

- Lastenheft

Gefördert durch:

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

FUND
Das Startkapital für die Mobilität 4.0

Lastenheft

ANFORDERUNGEN AN DIE PLANUNG UND OPTIMIERUNG VON SCHLEUSENBELEGUNGEN AM NOK

Version: 1.0
Datum: 23.02.2021
Autoren: Dr. Armin Wolf (FOKUS) auf Basis von Ergebnissen von Silke Cuno (FOKUS) und Beiträgen der Herren Wilke, Bartel und Kuchta (WSV) sowie von Herrn Rosenbaum und den Damen Steffen-Witt und Thiel (dbh).

VERSIONSÜBERSICHT

Datum	Version	Anderung	Autor
09.06.20	0.1	Initiale Version erstellt; Schwerpunkt Bedingungen und Kriterien bei der Planung von Schleusenbelegungen	Wolf
15.06.20	0.2	Kommentare und Erläuterungen ergänzt	Wilke
16.06.20	0.3	Anmerkungen	Wolf
19.06.20	0.4	Mit Ergänzungen aus der Schleusenbetriebsverordnung und Fragen, die sich aus der letzten Arbeitsbesprechung und aus den SDVS/SDA-Daten ergeben haben.	Wolf
23.06.20	0.5	Mit Ergänzungen aus Arbeitsbesprechung mit Partnern	Wolf
25.06.20	0.6	Überarbeitung und Ergänzung der funkt. Anforderung (Abs. 3)	Wolf
03.07.20	0.7	In Abstimmung mit Herrn Wilke Fragen geklärt und erste nichtfunktionale Anforderungen zur Bedienung aufgenommen	Wolf
04.09.20	0.8	Umgang mit Überständen entsprechend der Abstimmung mit Herrn Wilke aufgenommen	Wolf
04.11.20	0.9	Ergänzungen gemäß der letzten Gespräche mit WSV (Wilke/Bartel/Kuchta) auf Basis der Ausarbeitung von S. Cuno	Wolf
12.11.20	0.95	Anpassungen gemäß Rückmeldungen vom FOKUS-Team	Wolf
30.11.20	0.98	Anpassungen gemäß Rückmeldungen vom dbh-Team	Wolf
12.01.21	0.99	Berücksichtigung der Anmerkungen von WSA Brünsbüttel	Wolf
21.01.21	0.999	Präfinale Version mit den Herren Kuchta, Wilke abgestimmt	Wolf

Projektintern / Vertraulich – Weitergabe oder Veröffentlichung, auch in Teilen, bedarf der Zustimmung der Autoren.

dbh Fraunhofer FOKUS TRIMODE Transport Solutions GmbH THINK FORWARD WSV.de

des Verkehrsmanagements

Durchführung von Experteninterviews mit Schleusenmeistern und Vertretern der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

Fokussierung insbesondere auf die funktionalen Aspekte des Schleusenmanagements

- Welche Daten sind relevant; welche davon verfügbar; wo sind Datenlücken?
- Welche Prinzipien und Randbedingungen sind bei der Schleusenbelegung einzuhalten?
- Nach welchen Kriterien soll bei der Planung der Schleusungen optimiert werden?



Schleusenanlage Brunsbüttel | © K. Steffen-Witt




Das Verkehrsmanagement fordert:

- Planung der Schleusungen auf Basis von
 - Ist-Zuständen und baulichen Gegebenheiten der Schleuseninfrastruktur
 - der (voraussichtlichen) Ankunftszeiten der zu schleusenden Schiffe in Brunsbüttel und Kiel
 - Pegelprognosen und Prognosen zu Ein- und Ausfahrdauern und Pufferzeiten der Schiffe
- Vermeidung langer Schleusungsdauern → Optimierung
- Konfigurierbarkeit von Ist-Zuständen und baulichen Gegebenheiten
- Anpassbarkeit von Schleusenplänen bei Störungen / Änderungen
- Berücksichtigung von Festlegungen durch Schleusenmeister
- Erstellung guter Pläne in akzeptabler Zeit

An das Informationssystem

Durchführung von Experteninterviews mit Linienreedern, Trampreedern, Schleusenmeistern, Lotsen, Hafenbetreibern und Maklern

- Ermittlung von Entscheidungszeitpunkten und -abhängigkeiten (Nutzung NOK /Schleusungsprozess)
- Fragen zur IST-Situation am NOK (insb. Schleusen)
 - aus Sicht der Kunden und Verkehrsteilnehmer
 - um Hindernisse und Kritik zu identifizieren



Eröffnung der Interviews und allgemeine Fragen

- Zielsetzung und Ablauf des Interviews (z.B. Aufzeichnung) erläutern, sofern nicht vorab erfolgt.
- Einhaltung von Datenschutz und Wahrung der Vertraulichkeit erläutern, sofern nicht vorab erfolgt.
- Personendaten und Funktion des/der Interviewten mit Angaben zur Institution erfassen

Fragen zur Ist-Situation

Fragen zur Entscheidungsfindung und damit auch zur Ermittlung von Zielkriterien für das Schleusenmanagement aus „Kundensicht“

- Wer entscheidet bei Ihnen über die Fahrten durch den NOK?
 - Agent
 - Reeder
 - Kapitän
 - Kunde
 - Sonstige
- Nach welchen Kriterien wird entschieden, ob durch den NOK gefahren werden soll oder nicht? (Bemerkung: Welche dieser Kriterien stehen im Einflussbereich der NOK-Verwaltung?)
- Welche Faktoren beeinflussen wie (Gewicht, Ausschlusskriterium, etc.) diese Entscheidung?
 - Kosten
 - Zeit; ggf. auch Tidenzeiten (Nordsee)
 - Fahrrestriktionen (Höhe/Abladetiefgang/Schiffsgröße etc.)
 - (voraussichtliche) Wartezeiten vor Einlass
 - (voraussichtliche) Durchfahrzeiten
 - Fahrplan
 - Wettersituation
 - Sportbootaufkommen insb. zu Spitzenzeiten
- Wann wird die Entscheidung getroffen? → Relevanz für möglichst frühe Vorab-Anmeldung
 - Bei Umlaufplanung
 - Direkt vor der Fahrt
 - Während der Fahrt
- Wie ab wann / ab wo („point-of-no-return“) ändern Sie Ihre Entscheidungen nicht mehr?
- Welche Vorteile bietet eine Fahrt durch den NOK?
- Wie lassen sich diese Vorteile quantifizieren / beziffern?
 - (eingesparte) Zeit
 - „just-in-time“ Ankunft am Zielhafen
 - (eingesparte) Strecke
 - (eingesparte) Kosten; insbesondere Treibstoffkosten; Rabattsysteme

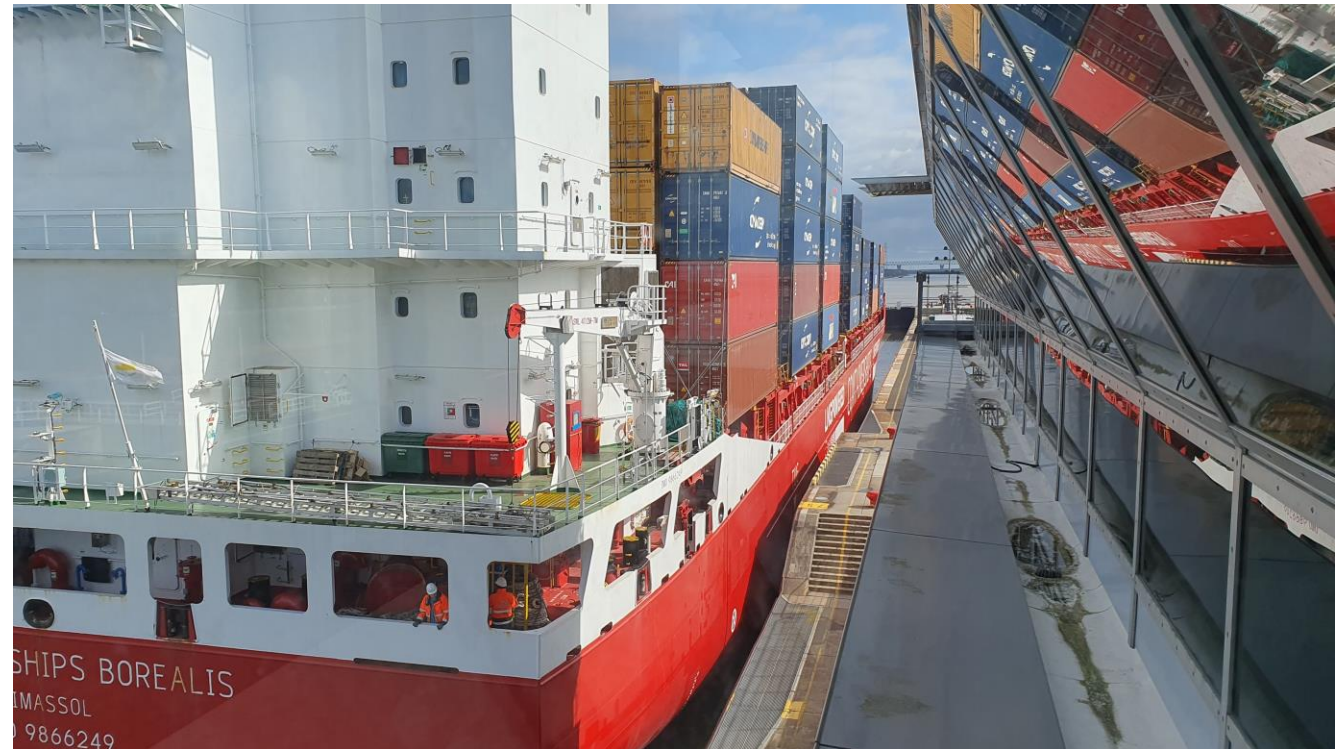
Dieses Dokument enthält ggf. vertrauliche, projekinterne Information – Die Nutzung oder Weitergabe, auch in Auszügen, bedarf der expliziten Zustimmung des Autors / der Autoren.

Interviews & Auswertung

Auswertung der Gespräche – Fazit

Bemerkenswert hohes Interesse am Thema der Schleusenoptimierung

- Hoher Bedarf an Verbesserungen
- Hoffnung bei den Verkehrsbeteiligten, dass das Projekt ihre Bedarfe umsetzt
- Große Motivation / Interesse am Mitwirken
- Aussicht am Fortschritt des Projekts teilzuhaben/sich einzubringen



Schleusenanlage Brunsbüttel | © K. Steffen-Witt

Schwerpunkte

Für das Informationssystem

- Erfassung der Ankunftszeiten der Schiffe an den Schleusen
 - Über einen größeren Zeitraum als bisher (> 4 h)
 - neben verbindlichen Kurzfristdaten auch Berücksichtigung von mittelfristigen “Voranmeldungen” (24 h)
- Unterstützung der Schleusenmeister im laufenden Schleusenbetrieb
 - Visuelle Aufbereitung der Schleusenbelegungspläne
 - Interaktion mit dem System über eine graphische Bedienoberfläche
- Information der Stakeholder über voraussichtliche Schleusenzeiten und -dauern

Anforderungen – Fazit

Aller Stakeholder an das Gesamtsystem

- Vorausschauende Planung der Schleusungen am NOK
 - Gute Prognostizierbarkeit der Schleusungszeiten/-dauern für die Verkehrsteilnehmer → Planungssicherheit
 - Anpassung der Schleusenpläne bei Störungen/Veränderungen
 - Optimierung der Schleusenbelegung unter der Prämisse „First Come-First Serve“
 - Berücksichtigung von „Vorankündigungen“
 - Realistische Umsetzung von Schleusensituationen
 - Planung für einen längeren Zeithorizont (~ 24 h)
 - Akzeptanz der generierten Schleusenpläne bei Schleusenmeistern und Verkehrsteilnehmern
 - Interaktive, grafische Bedienoberfläche mit intuitiv verständlicher Darstellung der Schleusenpläne



Schleusenanlage Kiel-Holtenau | © Dr. Armin Wolf

Anforderungen – Fazit

Des Verkehrsmanagement an die Planung und Prognose

- Zuordnung von Schiffen zu Schleusungen
- Platzierung der Schiffe in den Schleusenammern
 - Berücksichtigung von Sperrungen
 - Berücksichtigung der Abmessungen der Schiffe & Kammern
- Zeitliche Planung der Prozessschritte
 - Ein- und Ausfahrten der Schiffe insbesondere einseitige Serialisierung
 - Berücksichtigung von Tiefgang und Mindertiefen
 - Öffnen und Schließen der Schleusentore und Anpassung der Wasserstände
 - „reale“ **Schleusungsdauer** aller Schiffe **minimieren**
- Erstellung schiffsspezifischer Prognosen
 - Ein- und Ausfahrdauern
 - Pufferzeiten



Schleusenanlage Kiel-Holtenau | © K. Steffen-Witt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Dr. Armin Wolf, Silke Cuno
Fraunhofer FOKUS, Berlin



+49 175 1854 160



armin.wolf@fokus.fraunhofer.de



<https://www.dbh.de/forschungsprojekte/schleusenok40/>

<https://www.fokus.fraunhofer.de/de/viscom/project/schleusenok40>

- 10:00 Begrüßung
- 10:05 Einführung / Übersicht über das Projekt SchleusenNOK40
- 10:15 Anforderungen an SchleusenNOK40
- **10:25 Vorstellung System-Frontend**
- 10:55 Pause
- 11:00 Vorstellung System-Backend, Daten, Optimierung, Prognosen
- 11:45 Ergebnisse Pilotbetrieb und Evaluierung
- 12:05 Ergebnisse Akzeptanzbewertung und Bewertung aus verkehrsökonomischer Sicht
- 12:15 Zusammenfassung und Ausklang

SchleusenNOK4.0

Systemarchitektur und Systemfrontend

Petra Maaß und Manfred Rosenbaum

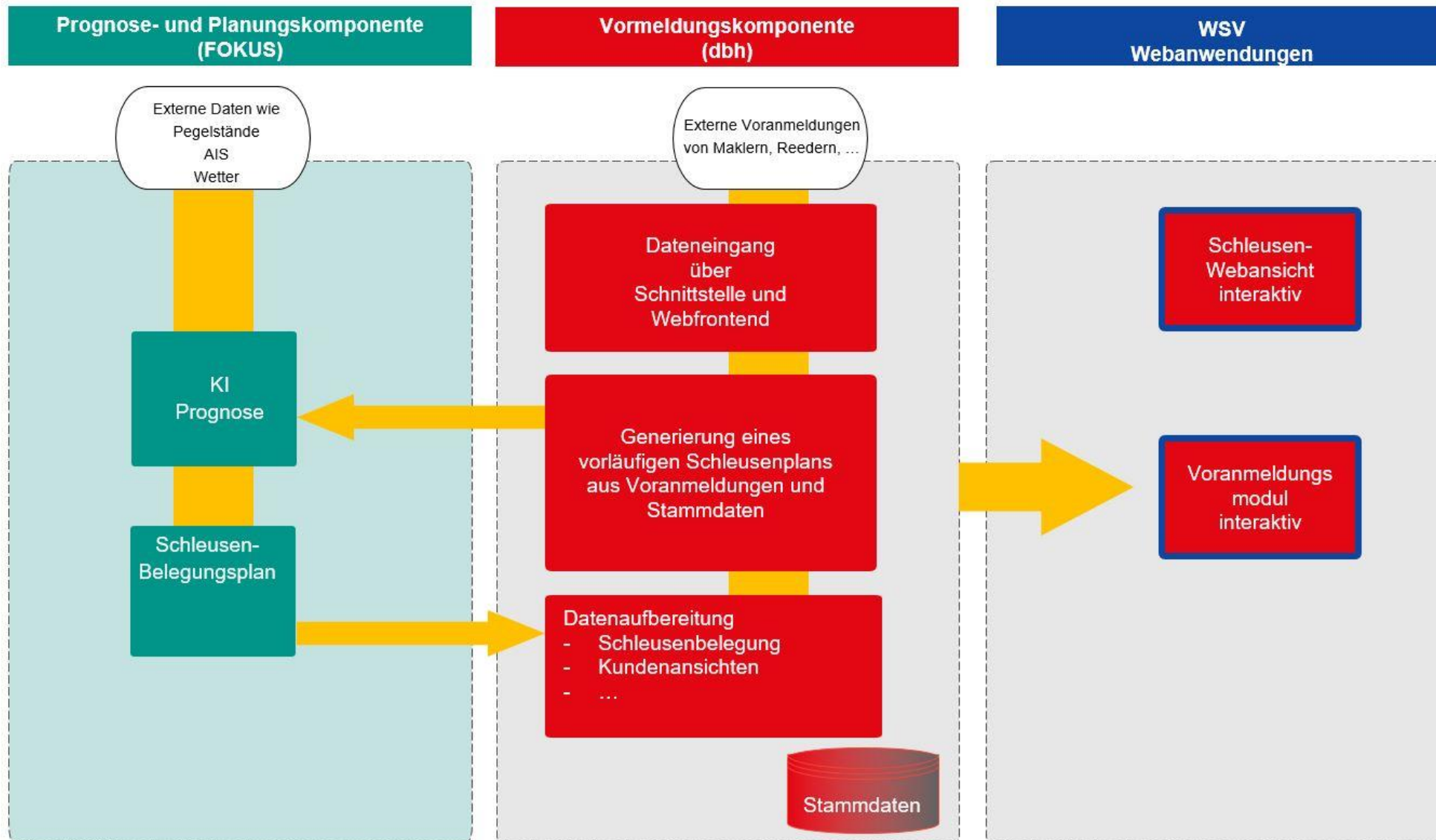
dbh Logistics IT AG

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages





Schiff Voranmeldungdbh PM Petra Maaß

- Schiff Voranmeldung
- Tug/Tow Voranmeldung
- Schiffe
- Aktive Voranmeldungen
- Info

Schiff - Geplante Nutzung des Nord-Ostsee-Kanals

Bitte geben Sie hier die Daten für die geplante Nutzung des Nord-Ostsee-Kanals ein. Alle Felder ausser Höhe, welches optional ist, müssen ausgewählt werden.

Zulaufotyp
 Durchfahrt Nur Einfahrt Nur Ausfahrt

Schiff •
LAFJEL | IMO: 9213997 | MMSI: 257708000

Geplante Ankunftszeit •
18.12.2023 12:00

Tippen Sie den Namen, die Imo oder MMSI Nummer in dieses Feld, um Ihr Schiff zu finden.

Schleuseneinfahrt •
Brunsbüttel


Schleusenausfahrt •
Kiel

Aktueller Tiefgang [m] •
5,30 m

Aktuelle Höhe [m]
4,00 m

Falls bekannt, den aktuellen Wert eintragen, ansonsten nicht ändern.

Voranmeldung Abbrechen



Tug/Tow Voranmeldung

- Schiff Voranmeldung
- Tug/Tow Voranmeldung**
- Schiffe
- Aktive Voranmeldungen
- Info

Schub- oder Schleppverband - Geplante Nutzung des Nord-Ostsee-Kanals

Bitte stellen Sie hier Ihren Verband zusammen, indem Sie das schiebende / ziehende Schiff auswählen und die dazugehörigen Einheiten hinzufügen.

Zulaufartyp
 Durchfahrt Nur Einfahrt Nur Ausfahrt

Schiebendes / Ziehendes Schiff •

Auswahl zu schiebender oder ziehender Einheiten

Tippen Sie den Namen, die Imo oder MMSI Nummer in dieses Feld, um Ihr Schiff zu finden.

Gesamtlänge • m
290 m maximale Länge

Gesamtbreite • m
38 m maximale Breite

Aktueller Tiefgang [m] • m
Falls bekannt, den aktuellen Wert eintragen, ansonsten nicht ändern.

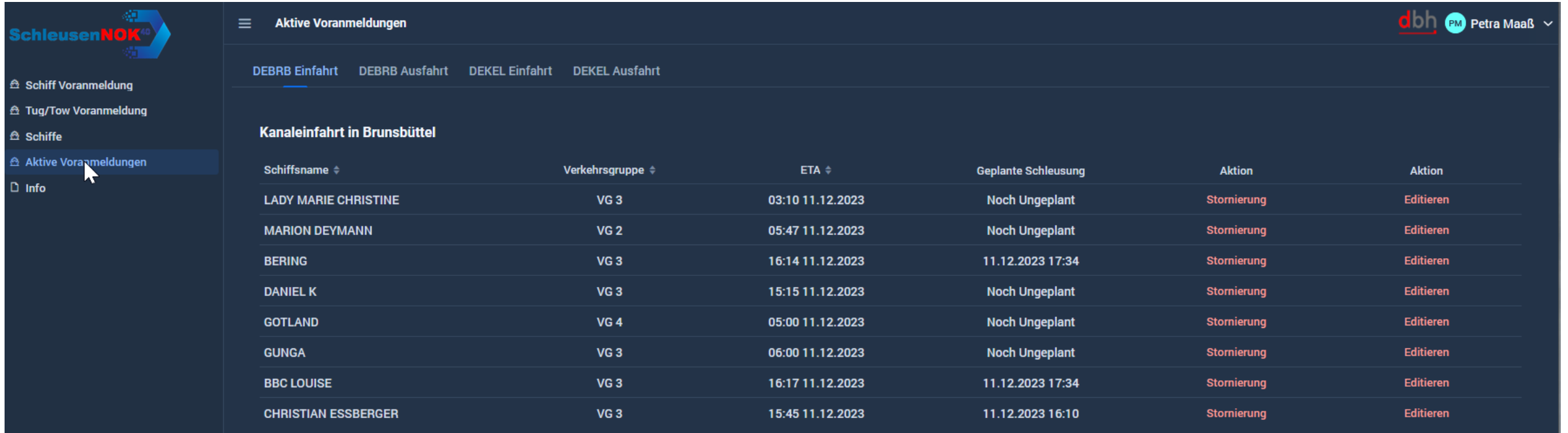
Aktuelle Höhe [m] m
Falls bekannt, den aktuellen Wert eintragen, ansonsten nicht ändern.

Geplante Ankunftszeit •

Bevorzugte Anlegeseite

Schleuseneinfahrt •

Schleusenausfahrt •



SchleusenNOK40

Aktive Voranmeldungen

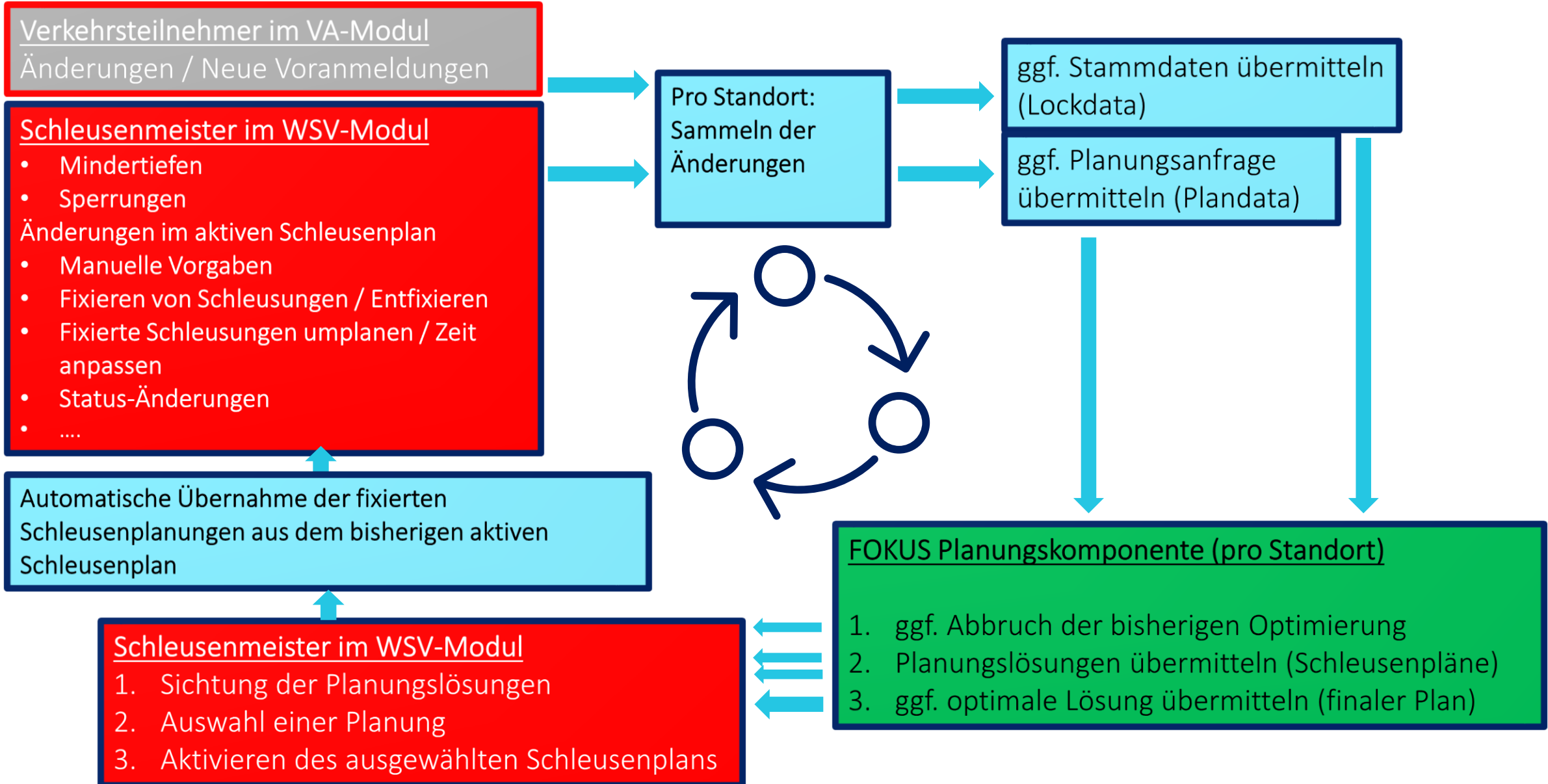
DEBRB Einfahrt DEBRB Ausfahrt DEKEL Einfahrt DEKEL Ausfahrt

Kanaleinfahrt in Brunsbüttel

Schiffsname	Verkehrsgruppe	ETA	Geplante Schleusung	Aktion	Aktion
LADY MARIE CHRISTINE	VG 3	03:10 11.12.2023	Noch Ungeplant	Stornierung	Editieren
MARION DEYMANN	VG 2	05:47 11.12.2023	Noch Ungeplant	Stornierung	Editieren
BERING	VG 3	16:14 11.12.2023	11.12.2023 17:34	Stornierung	Editieren
DANIEL K	VG 3	15:15 11.12.2023	Noch Ungeplant	Stornierung	Editieren
GOTLAND	VG 4	05:00 11.12.2023	Noch Ungeplant	Stornierung	Editieren
GUNGA	VG 3	06:00 11.12.2023	Noch Ungeplant	Stornierung	Editieren
BBC LOUISE	VG 3	16:17 11.12.2023	11.12.2023 17:34	Stornierung	Editieren
CHRISTIAN ESSBERGER	VG 3	15:45 11.12.2023	11.12.2023 16:10	Stornierung	Editieren

dbh PM Petra Maaß

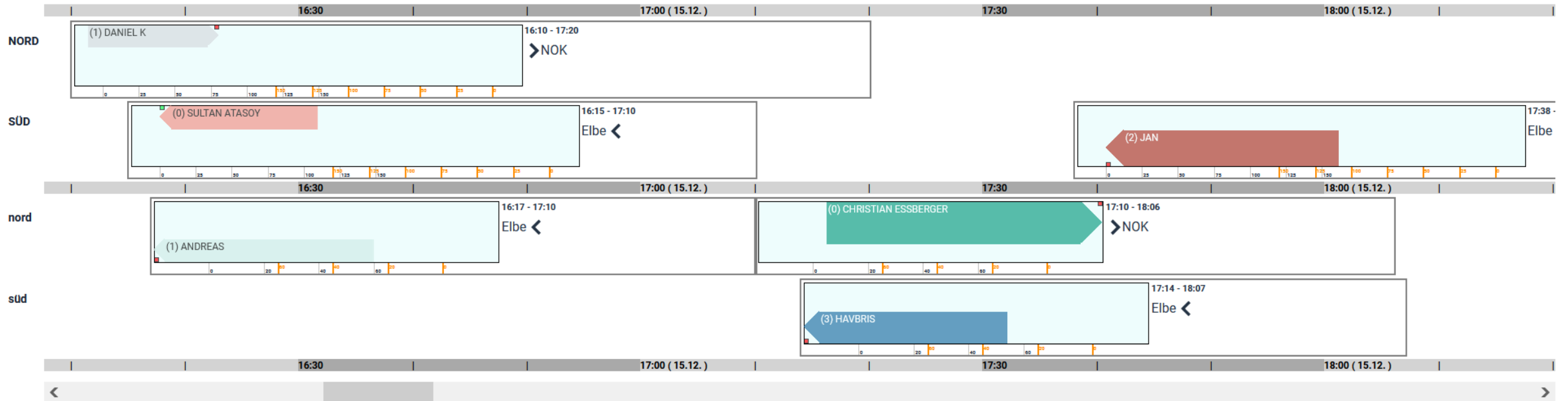
WSV-Modul für die Schleusenmeister



Anforderungen an die Oberfläche:

1. Getrennt nach Standorten
2. Zeitliche Übersicht über die geplanten Schleusungen
(mindestens 3 Schleusungen)
3. Maßstabsgerechte Darstellung von Schleusenkammern / Schiffen und Schleusenbelegung
4. Anzeige der wichtigsten Daten der Zuläufe

WSV-Modul für die Schleusenmeister



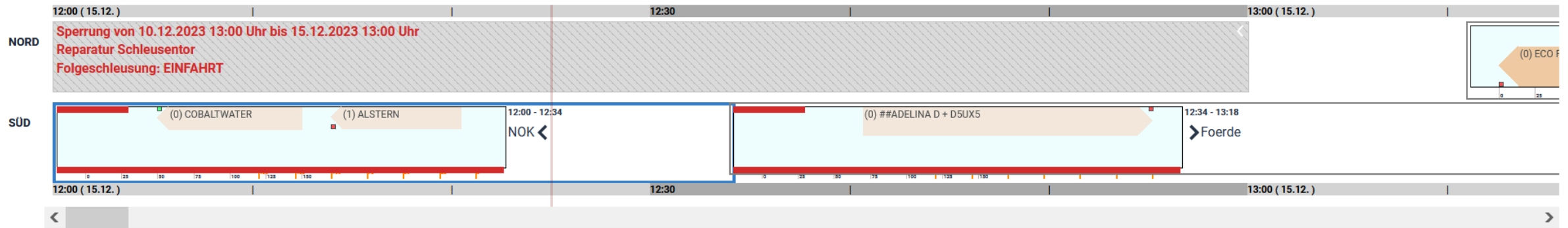
➤ Einfahrten Schleuse DEBRB

Schiff	Callsign	Maße	Tiefg.	Seite	ETA	Status Einfahrt	Vorgaben	geplante Schleusung
DANIEL K	PBIR	90.25 x 15.20	5.90	B	16:15 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 16:10 - 17:20 GROSSE N...
CHRISTIAN ESSBERGER	CQCC	99.93 x 15.50	5.80	B	16:45 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 17:10 - 18:06 KLEINE No...
BERING	V2BU1	87.84 x 12.80	5.70	Z	17:14 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 18:34 - 19:30 KLEINE Süc...
BBC LOUISE	V2HE8	137.95 x 21.79	6.00	B	17:17 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 18:34 - 19:31 GROSSE SÜ...

⬅ Ausfahrten Schleuse DEBRB

Schiff	Callsign	Maße	Tiefg.	Seite	ETA	ETA Ausfahrt	Status Ausfahrt	Vorgaben	gepl...
SULTAN ATASOY	5LCV9	109.23 x 16.30	7.30	S	08:15 15.12.	16:15 15.12.	ANGEMELDET	!	15.12.
ANDREAS	DA3986	80.00 x 8.20	1.50	B		16:17 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12.
HAVBRIS	LAVF8	73.83 x 11.50	3.20	B	09:14 15.12.	17:14 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12.
JAN	CQDL	161.32 x 25.03	9.40	B	08:19 15.12.	16:19 15.12.	ANGEMELDET	!	15.12.
TERN OCEAN	OYBJ2	147.00 x 22.04	8.00	B	10:33 15.12.	18:33 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12.
HUMBER RUNNER	CQOM	94.69 x 13.40	5.90	B	10:22 15.12.	18:22 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12.
THETIS D	5BEU5	168.11 x 27.05	9.20	B	10:30 15.12.	18:30 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12.
COBALTWATER	PHGO	99.98 x 16.00	5.80	S	12:00 15.12.		ANGEMELDET	⊖	
SILVER KENNA	OWOL2	92.30 x 15.20	6.70	Z	13:20 15.12.		ANGEMELDET	⊖	

WSV-Modul für die Schleusenmeister



Einfahrten Schleuse DEKEL

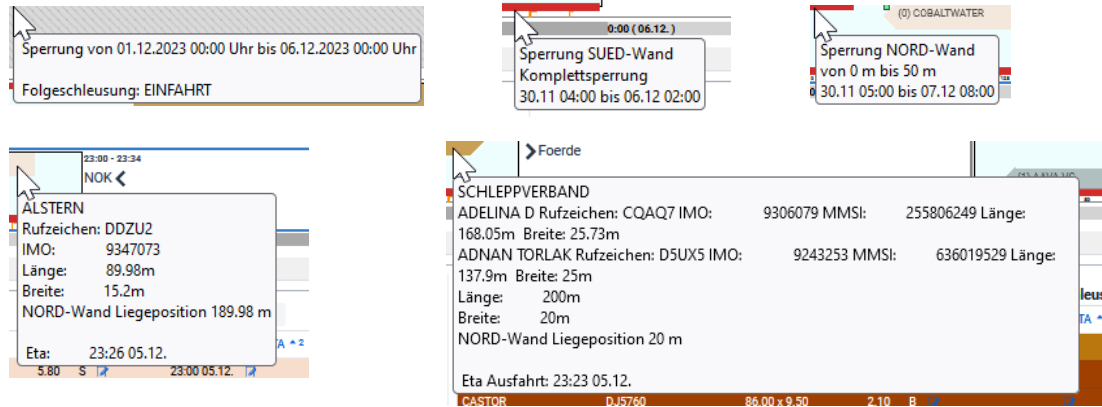
Schiff	Callsign	Maße	Tiefg.	Seite	ETA	Status Einfahrt	Vorgaben	geplante Schleusung
COBALTWATER	PHGO	99.98 x 16.00	5.80	S	12:00 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 12:00 - 12:34 GROSSE SÜ
ALSTERN	DDZU2	89.98 x 15.20	4.90	B	12:26 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 12:00 - 12:34 GROSSE SÜ
ECO FLEET	V7HX3	184.26 x 27.40	8.20	B	13:11 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 13:11 - 14:02 GROSSE N
AAVA VG	5BDM4	89.72 x 13.60	5.90	B	13:16 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 13:18 - 14:14 GROSSE SÜ
SILVER KENNA	OWOL2	92.30 x 15.20	6.70	Z	13:20 15.12.	ANGEMELDET	ⓘ	15.12. 13:18 - 14:14 GROSSE SÜ
CLYDE FISHER	C6TZ4	127.20 x 20.43	7.00	B	14:45 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 14:48 - 15:37 GROSSE N
ALPPILA	OJOF	155.69 x 25.52	5.50	B	14:30 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 15:11 - 16:10 GROSSE SÜ
CHRISTIAN ESSBERGER	CQCC	99.93 x 15.50	5.80	B	15:00 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 15:11 - 16:10 GROSSE SÜ
CONTAINERSHIPS VIII	DDAF2	155.15 x 22.00	8.40		15:13 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 15:54 - 17:03 GROSSE N
AMADEUS TITANIUM	PCJL	87.58 x 11.40	4.30	S	15:21 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 15:54 - 17:03 GROSSE N
FINJA	DFQI	67.26 x 11.92	3.70	B	15:55 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 15:54 - 17:03 GROSSE N
BALTICBORG	PBIP	153.05 x 23.16	6.10	Z	16:11 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 17:04 - 17:53 GROSSE SÜ
AEROE	CQVG	89.98 x 15.45	6.50	S	17:20 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 17:45 - 18:33 GROSSE N
ANNA G	V2H07	101.15 x 18.45	6.30	B	18:00 15.12.	ANGEMELDET	ⓘ	15.12. 18:39 - 19:27 GROSSE SÜ
GENTLE	PB5687	109.95 x 13.55	2.90	B	14:20 17.12.	ANGEMELDET	⊖	

Ausfahrten Schleuse DEKEL

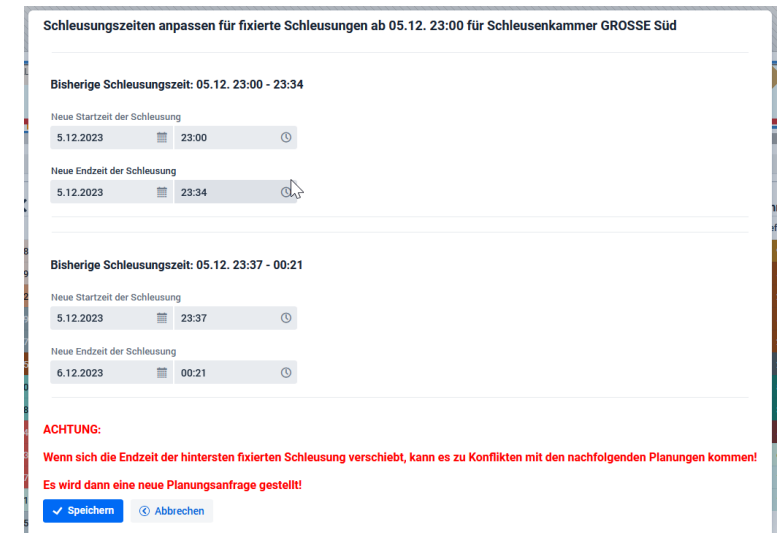
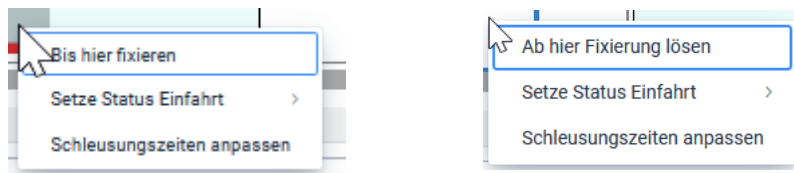
Schiff	Callsign	Maße	Tiefg.	Seite	ETA	ETA Ausfahrt	Status Ausfahrt	Vorgaben	geplante Schle
## ADELINA D	CQAQ7	200.00 x 20.00	9.50	B		12:23 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 12:34 - 1
DANIEL K	PBIR	90.25 x 15.20	5.90	B	16:15 15.12.	12:55 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 14:02 - 1
CASTOR	DJ5760	86.00 x 9.50	2.10	B		13:11 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 14:02 - 1
BERING	V2BU1	87.84 x 12.80	5.70	Z	17:14 15.12.	13:43 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 14:14 - 1
BOESCH	DIYB	26.00 x 9.45	2.70	Z		13:44 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 14:14 - 1
DOLPHIN	OXTQ2	23.90 x 8.40	2.80	Z		14:27 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 14:14 - 1
EMPIRE	PBRA	170.15 x 25.19	8.50	B		15:13 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 16:10 - 1
FLEMHUDE	DJTV	53.50 x 12.50	3.00	B		15:33 15.12.	ANGEMELDET	ⓘ	15.12. 16:10 - 1
GOTLAND	CQSM	144.00 x 23.00	5.50	B	06:00 15.12.	16:04 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 17:03 - 1
GUNGA	5BYP3	109.00 x 16.80	6.70	S	07:00 15.12.	17:05 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 17:53 - 1
MARION DEYMANN	DB5973	84.99 x 9.59	1.20	B	06:47 15.12.	17:47 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 17:53 - 1
BALTIC BEAUTY	SPG4947	50.00 x 9.00	1.00			19:00 15.12.	ANGEMELDET	⊖	15.12. 19:27 - 2

Sonstige Anzeigeelemente in der oberen grafischen Ansicht

- Tooltips mit Details zu Zuläufen und Sperrungen



- Kontextmenü zum
 - Fixieren von Schleusungen, bzw. Fixierung lösen
 - Status setzen
(Angemeldet | in Durchführung | Durchgeführt)
 - Anpassen von Schleusungszeiten



Sonstige Anzeigeelemente in den Tabellen im unteren Bereich

- Slider, um Tabellenbreiten anzupassen
- Schiff und Callsign als Fixspalten
- Vertikale und horizontale Scrollbars nach Bedarf
- Ausklappmöglichkeit, um Details einzusehen
 - Schiffe eines Schleppverbandes
 - Manuelle Vorgaben
- Sortiermöglichkeiten (Schiffsname, Callsign, Tiefgang, ETA bzw. ETA Ausfahrt, Status, geplante Schleusung)
- Editiermöglichkeiten (bevorzugte Anlegeseite, ETA bzw. ETA Ausfahrt, manuelle Vorgaben)
- Kontextmenü

Bitte geben Sie die bevorzugte Anlegeseite an:

Bevorzugte Anlegeseite

(B) Backbord

Speichern Abbrechen

Bitte geben Sie das Eta an.

COBALTWATER PHGO

5.12.2023 23:00

Speichern Abbrechen

SILVER KENNA OWOL2 - Einmalige Vorgabe für die Planung der Einfahrt in DEKEL

Schleuse: GROSSE Schleusenammer: Keine Vorgaben Schleusenwand: Keine Vorgaben

Hier bitte nur auswählen, wenn die Schleusenammer egal ist!

Speichern Alle Vorgaben verwerfen Abbrechen

Schiff	Callsign	Maße	Tiefg.	Seite	ETA	Status Einfahrt	Vorgaben	geplante Schleusung
COBALTWATER	PHGO		5.80	S	23:00 05.12.	ANGEMELDET		05.12. 23:00 - 23:34 GROSSE Süd
ALSTERN	DDZUJ		4.90	B	23:26 05.12.	ANGEMELDET		05.12. 23:00 - 23:34 GROSSE Süd
ECO FLEET	V7HX3		8.20	B	00:11 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 00:11 - 01:04 GROSSE Nord
AAVA VG	5BDM4		5.90	B	00:16 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 00:21 - 01:19 GROSSE Süd
SILVER KENNA	OWOL2		6.70	Z	00:20 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 00:21 - 01:19 GROSSE Süd
ALPPILA	OJOF	155.69 x 25.52	5.50	B	01:30 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 01:58 - 02:49 GROSSE Nord
CLYDE FISHER	C6TZ4	127.20 x 20.43	7.00	B	01:45 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 02:10 - 03:11 GROSSE Süd
CHRISTIAN ESSBERGER	CQCC	99.93 x 15.50	5.80	B	02:00 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 02:10 - 03:11 GROSSE Süd

Schiff	Callsign	site	ETA	ETA Ausfahrt	Status Ausfahrt	Vorgaben	geplante Schleusung
## ADELINA D	CQAQ7		23:23 05.12.		ANGEMELDET		05.12. 23:37 - 00:21 GROSSE Süd
ADNAN TORLAK	DSUXS		137,00	25,00			
## ADELINA D	CQAQ7		168,05	25,73			
DANIEL K	PBIR		03:15 06.12.	23:55 05.12.	ANGEMELDET		06.12. 01:04 - 01:58 GROSSE Nord
CASTOR	DJ5760		00:11 06.12.		ANGEMELDET		06.12. 01:04 - 01:58 GROSSE Nord
BERING	V2BU1		04:14 06.12.	00:43 06.12.	ANGEMELDET		06.12. 01:04 - 01:58 GROSSE Nord
BOESCH	DIYB		00:44 06.12.		ANGEMELDET		06.12. 01:04 - 01:58 GROSSE Nord
DOLPHIN	OXTQ2		01:27 06.12.		ANGEMELDET		06.12. 01:27 - 02:10 GROSSE Süd

Kontextmenü(s) in den Tabellen im unteren Bereich

- Bevorzugte Anlegeseite editieren
- Planung verwerfen (nur bei Planung in fixierte Schleusung)
- Für neue, aktuelle, fixierte Schleusung planen (um Ausgangssituation abzubilden / Pilotierung)
- Status setzen (Angemeldet | in Durchführung | Durchgeführt)
→ **Status gilt für alle Schiffe/Schleppverbände derselben Schleusung**
- Schleuse / Schleuse + Schleusenkammer / Schleusenwand vorgeben
(Manuelle Vorgaben) → Welche Schleuse / Schleusenkammer / Schleusenwand muss von der Planungskomponente geplant werden

Bitte geben Sie die bevorzugte Anlegeseite an:

Bevorzugte Anlegeseite
(S) Steuerbord

✓ Speichern ⌚ Abbrechen

Anlegen einer neuen, aktuellen, fixierten Schleusungen für COBALTWATER

Bitte geben Sie an, in welcher Schleuse und von wann bis wann geschleust wird.

Schleusenkammer
Bitte wählen

Schleusenwand
Bitte wählen

Liegeposition in m

Beginn der Schleusung
7.12.2023 13:03

Dauer in Minuten

ACHTUNG: Es wird anschließend eine neue Planungsanfrage gestellt. Voranmeldungen aus nicht fixierten Schleusungen werden dann neu geplant!

✓ Speichern ⌚ Abbrechen

Bevorzugte Anlegeseite editieren

Planung verwerfen

Für neue, aktuelle, fixierte Schleusung planen

Setze Status Einfahrt

Schleuse vorgeben (Schleusenkammer egal)

Schleuse + Schleusenkammer vorgeben

Schleusenwand vorgeben

IN_DURCHFUEHRUNG

DURCHGEFUEHRT

Bevorzugte Anlegeseite editieren

Planung verwerfen

Für neue, aktuelle, fixierte Schleusung planen

Setze Status Einfahrt

Schleuse vorgeben (Schleusenkammer egal)

Schleuse + Schleusenkammer vorgeben

Schleusenwand vorgeben

GROSSE

KLEINE

Bevorzugte Anlegeseite editieren

Planung verwerfen

Für neue, aktuelle, fixierte Schleusung planen

Setze Status Einfahrt

Schleuse vorgeben (Schleusenkammer egal)

Schleuse + Schleusenkammer vorgeben

Schleusenwand vorgeben

GROSSE Nord

GROSSE Süd

KLEINE Nord

KLEINE Süd

Bevorzugte Anlegeseite editieren

Planung verwerfen

Für neue, aktuelle, fixierte Schleusung planen

Setze Status Einfahrt

Schleuse vorgeben (Schleusenkammer egal)

Schleuse + Schleusenkammer vorgeben

Schleusenwand vorgeben

NORD

SUED

Fixierte Schleusungen

- liegen komplett in der Planungshoheit der Schleusenmeister
- Schleusungszeiten können durch Schleusenmeister angepasst werden (Zusätzlicher Zeitbedarf für Sportboote!)
- Schleusenbelegung / Liegeposition kann durch Schleusenmeister angepasst werden (Drag&Drop)
- Liegen am Anfang des Zeitstrahls
- Die Planungskomponente plant die jeweilige Schleusenkammer erst ab Ende der letzten fixierten Schleusung
- Zuläufe, die in fixierte Schleusungen geplant sind, werden nicht mehr an die Planungskomponente weiter gemeldet

The screenshot shows a web form titled 'Liegeposition'. It contains the following elements: a title 'Liegeposition', a prompt 'Bitte geben Sie an, an welcher Schleusenwand angelegt werden soll und die vorderste Position', a dropdown menu for 'Schleusenwand' with 'Mitte' selected, a text input field for 'Liegeposition Bug in m', a small explanatory text 'The position at the wall at the beginning of bow (0 is next to the exit gate according to the direction)', and two buttons: 'Speichern' (Save) and 'Abbrechen' (Cancel).

Gründe für fixierte Schleusungen

- Sportboote müssen berücksichtigt werden können → passiert auf einfache Weise durch Erfassung des erhöhten Zeitbedarfs
- Anpassungen bei den Schleusenzeiten / Schleusenbelegungen würden sonst automatisch von der Planungskomponente wieder überschrieben werden
- Ab einem gewissen Zeitpunkt sollten Schleusungen nicht mehr automatisch umgeplant werden
- Schleusenmeister können Wissen haben, dass der Planungskomponente fehlt (z.B. Gefahrgut, Wetter)
- ...

Status (Angemeldet | in Durchführung | Durchgeführt)

- Nur Zuläufe mit dem Status „Angemeldet“ werden an die Planungskomponente gemeldet
- Beim Setzen des Status „Durchgeführt“ wird zusätzlich ETA-Ausfahrt abgefragt

The screenshot shows a web form for 'ETA-Ausfahrt'. It contains the following elements: a prompt 'Bitte geben Sie an, wann COBALTWATER PHGO ausfahren könnte (eta Ausfahrt).', a text input field for 'COBALTWATER PHGO', a date input field showing '14.12.2023', a time input field showing '20:08', and two buttons: 'Speichern' (Save) and 'Abbrechen' (Cancel).

Einflussfaktoren für Planungsanfragen (enthalten in PlanData):

Pro Schleusenkammer

- Ende der spätesten fixierten Schleusung → Falls in Zukunft: Ab wann kann geplant werden
Alternativ: aktuelle Uhrzeit
- Gegenrichtung der spätesten fixierten Schleusung → In welche Richtung kann geplant werden
Alternativ: Gegenrichtung der letzten bekannten Schleusung
Alternativ: Einfahrt

Pro Einfahrt / Ausfahrt für den Standort

- Anpassung / Erfassung ETA / ETA Ausfahrt / Statusänderung / (Ent)Fixieren von Schleusungen → Einfahrt/Ausfahrt enthalten in planData, falls Status „Angemeldet“ und ETA/ETA-Ausfahrt in Zeitfenster liegt und nicht in fixierte Schleusung geplant wurde
- Bevorzugte Anlegeseite → Auf welche Seite **sollte** möglichst geplant werden
- Abmessungen (Länge / Breite / Tiefe) → Platzbedarf in der Schleuse und wann kann laut Pegelstand / Mindertiefe geschleust werden?
- Manuelle Vorgabe der Anlegeseite / Schleuse / **Anlegeseite** Schleusenkammer → In welche Schleuse / Schleusenkammer bzw. auf welche **muss** geplant werden

Und aus den Stammdaten / Sperrungen (enthalten in LockData):

- Mindertiefen in Schleusenkammer / Vorhäfen → Wann kann laut Pegelstand / Mindertiefe geschleust werden?
- Vollsperrungen → Wann kann geschleust werden?
- Schleusungsrichtung nach Vollsperrung → In welche Richtung kann nach einer Vollsperrung geplant werden?
- Seiten- und Sektorsperrungen → Wie kann die Schleusenkammer belegt werden?

WSV-Modul für die Schleusenmeister

Schleusenpläne für den Standort Kiel

Übermittle Stammdaten

Stelle Planungsanfrage

Aktualisieren

			Aktiv	Final	Id	Eingangszeitpunkt	Planungsanfrage	Übermittelte Stammdaten	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	✓	1161	14.12.23 11:46:17	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1160	14.12.23 11:46:07	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1159	14.12.23 11:46:07	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1158	14.12.23 11:46:06	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1157	14.12.23 11:46:06	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1156	14.12.23 11:46:05	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1155	14.12.23 11:46:05	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1154	14.12.23 11:46:04	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1153	14.12.23 11:46:04	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	—	1152	14.12.23 11:46:03	210	209	
Aktivieren	Anzeigen	Löschen	—	✓	1151	14.12.23 11:46:03	208	209	

Planungsanfrage um 11:46

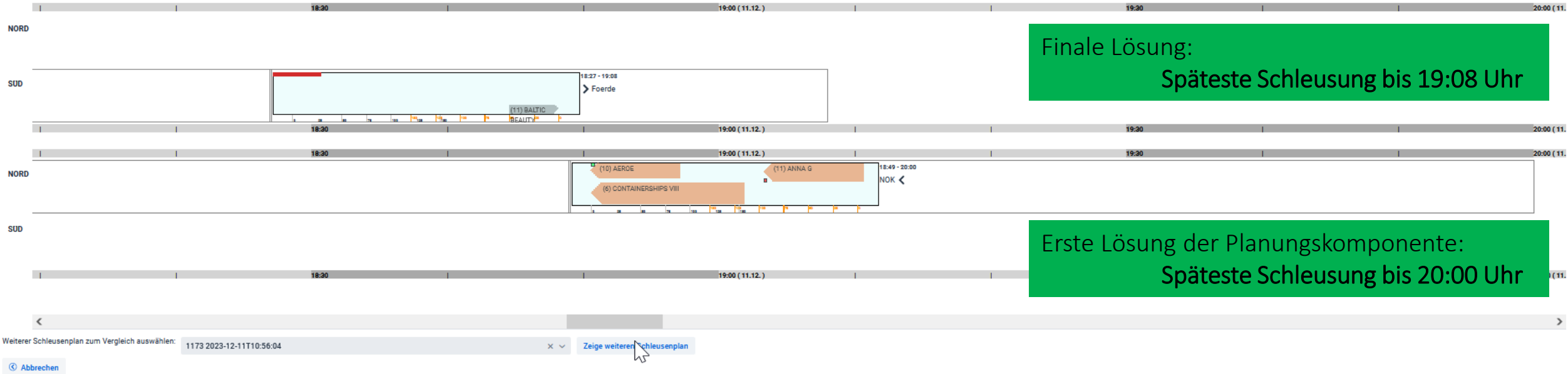


Erster Plan nach 3 Sekunden



Finaler Plan nach 17 Sekunden (eigentlich 7 Sekunden)

Vergleich finale Lösung / erste Lösung für Kiel:



Finale Lösung:
Späteste Schleusung bis 19:08 Uhr

Erste Lösung der Planungskomponente:
Späteste Schleusung bis 20:00 Uhr

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Manfred Rosenbaum / Petra Maaß
dbh Logistics IT AG



petra.maass@dbh.de



manfred.rosenbaum@dbh.de



SchleusenNOK40.de

- 10:00 Begrüßung
- 10:05 Einführung / Übersicht über das Projekt SchleusenNOK40
- 10:15 Anforderungen an SchleusenNOK40
- 10:25 Vorstellung System-Frontend
- 10:55 Pause
- 11:00 Vorstellung System-Backend, Daten, Optimierung, Prognosen
- 11:45 Ergebnisse Pilotbetrieb und Evaluierung
- 12:05 Ergebnisse Akzeptanzbewertung und Bewertung aus verkehrsökonomischer Sicht
- 12:15 Zusammenfassung und Ausklang



SchleusenNOK40

System-Backend: Daten, Optimierung

Dr. Armin Wolf

Fraunhofer FOKUS

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

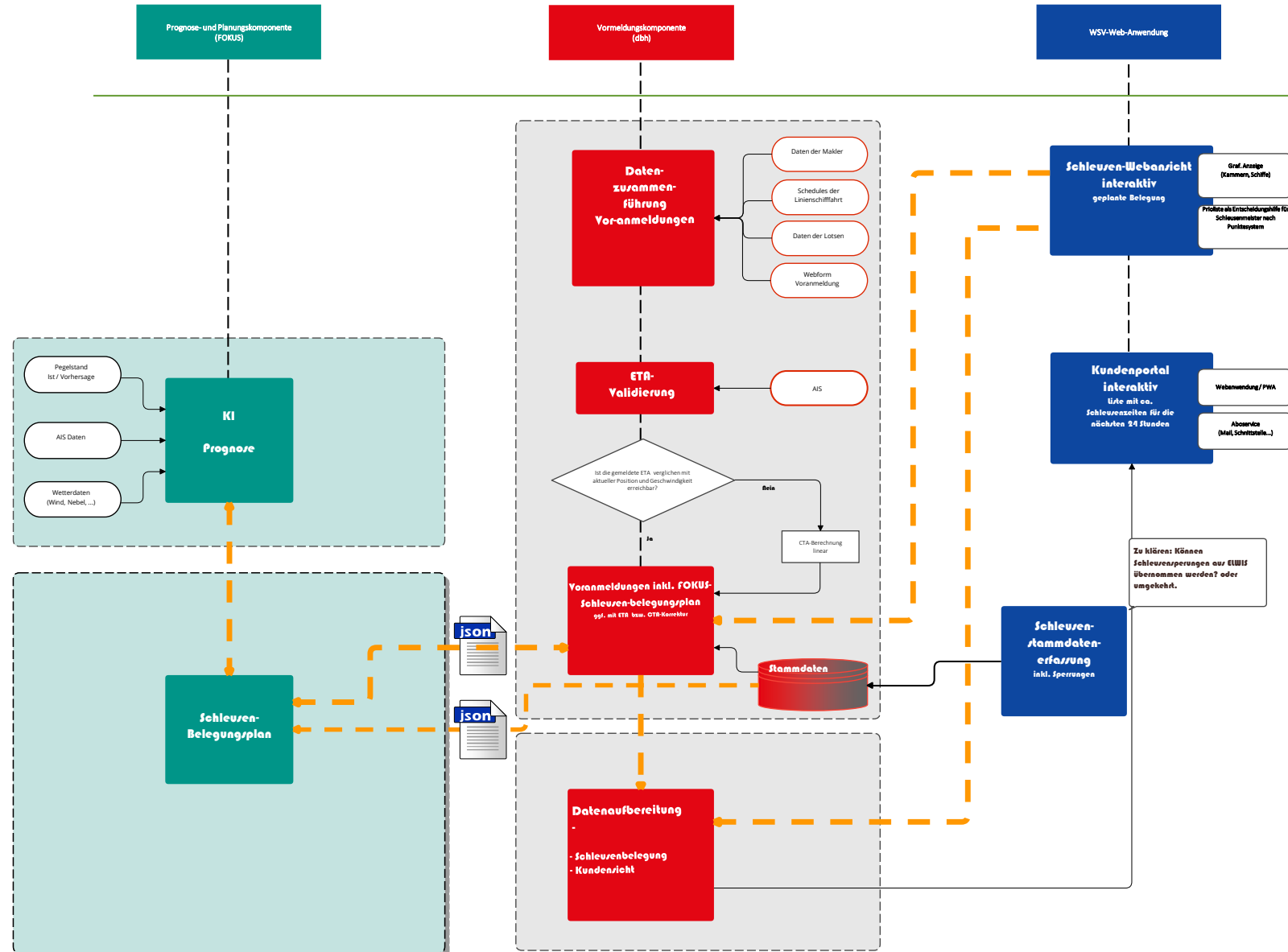


Das SchleusenNOK-Gesamtsystem

Systemarchitektur

Serviceorientierter Ansatz

- **Planungsdienst** (extern zugreifbar) (https-basierter REST-Service)
 - Stammdaten der Schleusen im JSON-Format
 - Planungsanfragen und Pläne in einheitlichem JSON-Format
 - Mehrstufige Fehlerbehandlung
 - Absicherung des Dienstes
- **Prognosedienst** (intern zugreifbar)
 - Prognoseanfragen/ -antworten
 - Schiffszeiten & Pegelzeitreihen



Planungskomponente

Herausforderungen

- Schleusenbelegungsplanung ist komplex
 - **Zuordnung** der Schiffe zu Kammern und Schleusungen
 - **Platzierung** der Schiffe in den Kammern
 - **Zeitliche Planung** der Abläufe

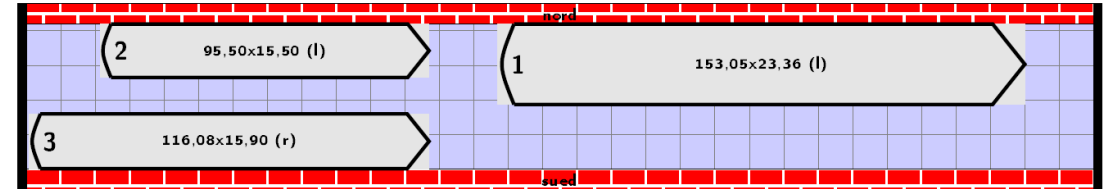
Schleusung #1 von "Elbe" kommend

Datum: 2023-06-03 – Einfahrt: 11:45

– **Schließung: 11:57 – (2×00:10 + 00:01) – Ausfahrt: 12:18 – Ende: 12:26**

Pegelstand auf der Seite 'Elbe' bei Schließung: 505 [cm].

Pegelstand auf der Seite 'NOK' bei Öffnung: 485 [cm].



Nr.	Schiff	Mauer	Pos.[m]	ETL. (eff.)	Abf.+Dauer	Einf.	Ausf.+Dauer	Ank.
1	190	nord	173,05	10:40 (11:45)	11:45+00:08	11:53	12:18+00:04	12:22
	Wasser u. Kiel [cm]	—	—	9999	813	803	764	764
2	184	nord	288,55	10:49 (11:45)	11:47+00:08	11:55	12:20+00:04	12:24
	Wasser u. Kiel [cm]	—	—	946	880	870	834	833
3	191	sued	309,13	11:05 (11:45)	11:49+00:08	11:57	12:22+00:04	12:26
	Wasser u. Kiel [cm]	—	—	830	778	768	734	733

- Ein **mehrschichtiges, NP*-hartes Planungs- und Optimierungsproblem**
 - "Constraint-Based Assignment, Placement, and Scheduling Optimization Problem"

*nichtdeterministisch-polynomial: "Lösung ist schwer zu raten, Prüfung, ob Werte eine Lösung sind, ist jedoch einfach"

Datenbasierte Modellierung und Lösung als "Constraint Optimization Problem (COP)"

- **Infrastrukturdaten der Schleusenanlagen**
 - (nutzbare) Breite und Länge der Kammern
 - Sicherheitsabstände in den Kammern
 - Dauern für das Öffnen und Schließen der Tore
 - Geschwindigkeit für Pegelanpassung
 - (partielle) Sperrungen von Kammern
 - ggf. Einfahrseite nach Vollsperrungen
 - „Tiefe“ der Kammern und im Zulauf
 - „Initialzustände“ der Kammern



Schleusenanlage Brunsbüttel | Quelle WSV ©

Lösungsansatz

Datenbasierte Modellierung und Lösung als "Constraint Optimization Problem (COP)"

■ Schiffsdaten

- Breite, Länge, Tiefgang,
- (voraussichtlich) früheste Zeit zur Schleusung (ETA/ETALL)
- feste oder bevorzugte Anlegeseite
- ggf. feste Kammer und ggf. Schleusung
- ggf. gemeinsame Schleusung mehrerer Schiffe
- voraussichtliche Dauer für Ein- und Ausfahrten in Kammern
→ **prognostiziert auf Basis von AIS-Daten**
– ideal schiffsgenau; ansonsten für Schiffskategorie

■ Pegelprognosen (auf Basis der Pegeldaten des BSH)

- Zur Bestimmung der Schleusungsdauern
- Zur Bestimmung der pot. Ein- und Ausfahrzeiten der Schiffe



Bild von Frauke Riether auf Pixabay

Lösung des COP mit CP-AI-OR

- **Constraint Programming (CP)**
 - ein ‚beschreibendes‘ Programmier-Paradigma („was“ nicht „wie“)
- **Artificial Intelligence (AI)**
 - zielgerichtete heuristische Suche
- **Operations Research (OR)**
 - effiziente Verfahren zur Suchraumeinschränkung

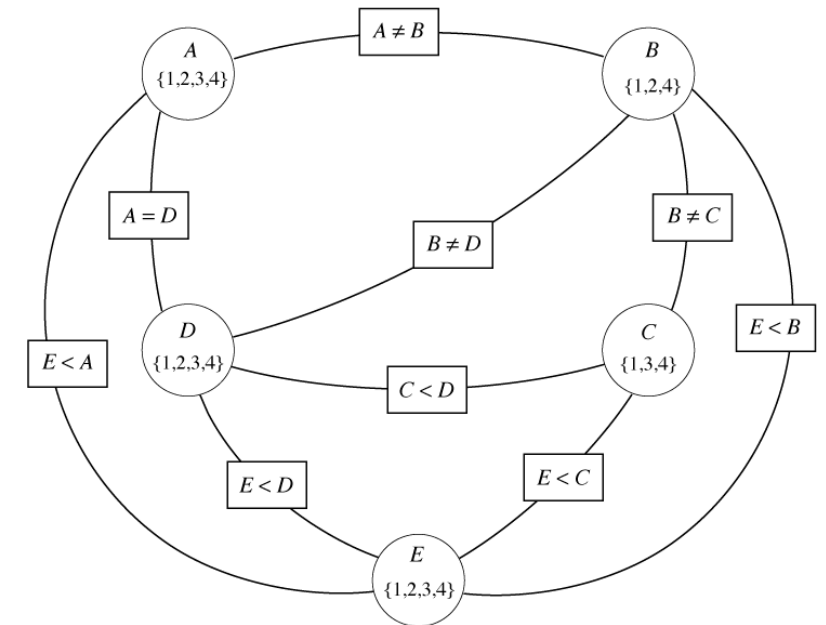


Bild: "Constraintnetz" - exemplarisch

Quelle: Artificial Intelligence, Foundation of Computational Agents, https://artint.info/html/ArtInt_79.html

Schleusenplanung erfolgt auf Basis „partieller“ Pläne, die vervollständigt werden.

→ wichtige Voraussetzung für Interaktionen

- Schrittweise Bestimmung von immer besseren Schleusenplänen
 - Schwerpunkt der Heuristik: initialer Plan möglichst schnell
 - schrittweise Suche nach besseren Plänen („Branch-and-Bound“)
 - gute / oft beste Pläne meist in wenigen Sekunden / Minuten
 - „Beweis“, dass es keinen besseren Plan gibt, kann dauern ☹



Bild von Gerd Altmann auf Pixabay

Pläne können durch die Schleusenmeister manuell angepasst werden

→ **Interaktion ist wichtig**, da spezielle Situationen meist individuelles Vorgehen erfordern

Planungskomponente

Fakten

- „Vorankmeldungen“ von Schiffen bis zu **24 h im Voraus** möglich.
- Planungen erfolgt **minuten- und zentimetergenau**
- Planungshorizont und Zahl an Schleusungen **dynamisch** bestimmt
- Einhaltung des **First-Come-First-Served**-Prinzips bei der Planung
- **Vermeidung von „Tunneln“** bei der Platzierung der Schiffe
- Berücksichtigung von **Präferenzen und Vorab-Festlegungen**
- Planverbesserungen in **~5-6 % Schritten** (einstellbar)



Bild von Gerd Altmann auf Pixabay

Weitere Eigenschaften

Umsetzung eines Sicherheitskonzepts

- Nutzen von **API-Keys** zur Autorisierung
→ adäquat, da nur wenige Dienstenutzende (akt. nur dbh)
- **verschlüsselte** Datenübertragung **mittels https**
→ weder API-Keys noch Anfragen/Pläne unbefugt einsehbar
- **Einschränkung der IP-Adressen** auf zulässige Bereiche (optional)
- Keine (Klartext-)Speicherung des API-Keys beim Planungsdienst, sondern Prüfung der Gültigkeit des API-Keys mit Hashwert.
- Rückmeldungen auf Planungsanfragen an vordefinierten Endpunkt (URL) – nicht an andere Adressen.

Absicherungskonzept für den SchleusenNOK40-Planungsservice

Andrei Aleksandrov, Fraunhofer FOKUS, Berlin, Version 1.0 vom 06.07.2021

In diesem Dokument stelle ich das Konzept der Absicherung des Service vor, das für das Scheduling und Erstellung der Schleusenpläne im Projekt „SchleusenNOK40“ zuständig ist. Der Service soll als eine Spring-Anwendung implementiert werden und erhält JSON-kodierte Schiffsdaten zusammen mit Nutzeranforderungen als Input. Danach erstellt der Service einen Schleusenbelegungsplan basierend auf weiteren Daten und internen Berechnungen mithilfe eines constraint-basierten Lösungs- und Optimierungsansatzes.

Nach unserer Einschätzung, ist das Sicherheitsrisiko des Service relativ niedrig. Die Gründe dafür sind:

1. Das Service bearbeitet keine sensitiven insbesondere keine personenbezogenen Daten.
2. Der Zustand des Service basiert auf einer Konfigurationsdatei der Schleuseninfrastruktur.
3. Der Zweck des Service ist sehr spezialisiert und kann nur wenigen einen Vorteil bringen.

Wir berücksichtigen dabei, dass Fraunhofer FOKUS mit signifikanter Wahrscheinlichkeit Ziel eines Cyberangriffes sein kann und dass solche Angriffe nicht vollständig ausgeschlossen werden können.

Im Zentrum unseres Konzeptes liegen API-Keys (API-Schlüssel). API-Schlüssel sind eine verbreitete Methode, um APIs abzusichern. Die Funktionsweise der API-Schlüssel ist wie folgt: der Client erhält einen vertraulich zu behandelnden Schlüssel, der später mit jeder Anfrage mitgeteilt wird und der Server prüft, dass der Schlüssel richtig ist, indem er beispielweise prüft, dass der Schlüssel in einer Schlüsseldatenbank zu finden ist. Ein Beispiel der Nutzung der API-Schlüssel ist Places API von Google Maps¹.

Für den Service, möchten wir die API-Schlüssel als Absicherungsmethode einsetzen. Die primäre Eigenschaft der API-Schlüssel ist, dass sie mit wenig Aufwand passende Sicherheitsgarantien mitbringen. Es ist uns aber bewusst, dass die API-Keys einige Nachteile haben^{2,3}:

1. API-Schlüssen können nur dann als sicher betrachtet werden, falls die Kommunikation über eine verschlüsselte Verbindung stattfindet. Um das zu erreichen, möchten wir das HTTPS-Protokoll mit einem Zertifikat, das wir von Fraunhofer oder durch LetsEncrypt⁴ erhalten werden, verwenden.
2. Die API-Schlüssel bringen keine sichere Autorisierung: ein individueller Benutzer kann nicht durch einen Schlüssel identifiziert werden. Das impliziert, dass jede Person, die einen Zugriff auf den Schlüssel hat, unser Service benutzen kann. Dabei kann ein Schlüssel zum Beispiel gestohlen werden. Um diesen Nachteil zu adressieren, möchten wir zusätzlich eine IP-Beschränkung implementieren, die die Nutzung außerhalb von erlaubten IP-Zonen verbietet. Bei Verdacht auf Fremdnutzung haben wir die Möglichkeit, einen neuen Schlüssel zu generieren, zu vergeben und zu nutzen. Als letztes, werden wir durch Monitoring und Kommunikation mit dem Nutzer (Projektpartner) sicherstellen, dass wir über alle Gründe ungewöhnlicher Nutzungsmuster informiert werden.

¹ <https://developers.google.com/maps/documentation/places/web-service/get-api-key>

² <https://swagger.io/docs/specification/authentication/api-keys/>

³ <https://cloud.google.com/endpoints/docs/openapi/when-why-api-key>

⁴ LetsEncrypt ist eine kostenlose und automatische SSL/TLS-Zertifizierungsstelle (<https://letsencrypt.org/de/>)

Weitere Eigenschaften

Mehrstufige Fehlerbehandlung

1. **Zulässigkeitsprüfung** der Anfrage (u.a. mittels API-Key)
2. **syntaktische Prüfung** der Anfrage gegen JSON-Schema
3. **einfache semantische Prüfung** der Planungsanfrage unter Einbeziehung der Schleusenstammdaten – z.B.
 - Eindeutigkeit der Bezeichner
 - definierte Verweise (keine „dangling references“)
 - ...
4. **Offensichtliche Widersprüche** in den Randbedingungen, z.B.
 - zu lange, zu breite Schiffe,
 - Kapazitätsüberschreitungen in den Schleusenkammern (z.B. Summe der Länge der Schiffe größer als Mauerlängen)
5. **Versteckte Inkonsistenzen**, bei der Lösungssuche

Konzept zur Fehlerbehandlung im SchleusenNOK40-Planungsservice

Dr. Armin Wolf, Fraunhofer FOKUS, Berlin, Version 1.0 vom 06.07.2021

Einleitung

Der Planungsservice soll Planungsanfragen zur Schleusenbelegung entgegennehmen, prüfen und sofern die Planungsanfragen erlaubt, korrekt und vollständig sind, diese auch bearbeiten. Bei der weiteren Bearbeitung sollen solche Planungsanfragen positiv beantwortet werden, wenn Schleusenbelegungspläne gemäß den Anfragen erstellbar sind und negativ, wenn aufgrund von Widersprüchen (Inkonsistenzen) keine Schleusenbelegungen möglich sind, die den Anfragen entsprechen. Die Fälle, die weder eine weitere Bearbeitung noch eine positive Beantwortung der Anfragen durch Übermittlung von entsprechenden Schleusenbelegungsplänen erlauben, sollen als Fehler behandelt werden und gegenüber der anfragenden Instanz (dbh-System) mitgeteilt werden. Dazu wird ein mehrstufiges Konzept verfolgt, das im Folgenden vorgestellt wird:

Fehlerbehandlungskonzept

Stufe 1: unzulässige Planungsanfrage

Ist eine Planungsanfrage nicht erlaubt – sei es aus dem falschen IP-Adressraum oder mit einem falschen API-Key (siehe dazu auch das Absicherungskonzept von Andrei Aleksandrov) – dann soll die Planungsanfrage ohne weitere Begründung abgewiesen werden.

Stufe 2: syntaktische Fehler in der Planungsanfrage

Ist eine Planungsanfrage erlaubt, wird sie im nächsten Schritt – beim Parsen – auf syntaktische Korrektheit geprüft. Im Detail wird geprüft, ob es sich um eine Zeichenkette im JSON-Format handelt, das dem JSON-Schema für Planungsanfragen (bzw. der YAML-Spezifikation der Schnittstellenbeschreibung) entspricht. Ist dies nicht der Fall, wird im einfachsten Fall der erste entdeckte Fehler oder aber alle entdeckten Fehler an die anfragende Instanz (dbh-System) gemeldet und zwar durch Übersendung einer Fehlermeldung in einem noch abzustimmenden JSON-Format an eine noch abzustimmende URL der anfragenden Instanz.

Stufe 3: einfache semantische Fehler in der Planungsanfrage

Ist eine Planungsanfrage erlaubt und syntaktisch korrekt, wird sie im nächsten Schritt – beim Traversieren der aus der Planungsanfrage generierten Datenstruktur – auf einfache semantische Korrektheit geprüft. Zu diesen Prüfungen zählen: Einhaltung von Wertebereichen (z.B. nur positive Ganzzahlen), Eindeutigkeit von Bezeichnern, fehlende Definition von Referenzen (sog. „dangling references“), Verweise auf falsche Entitäten (z.B. auf den Bezeichner einer Schleusenmauer statt auf eine Seite der Schleusenkammern) etc. Werden dabei Fehler festgestellt, wird im einfachsten Fall der erste entdeckte Fehler oder aber alle entdeckten Fehler an die anfragende Instanz (dbh-System) gemeldet und zwar durch Übersendung einer Fehlermeldung in einem noch abzustimmenden JSON-Format an eine noch abzustimmende URL der anfragenden Instanz.

Stufe 4: „offensichtliche“ Widersprüche / Inkonsistenzen im Problemmodell

Ist eine Planungsanfrage erlaubt, korrekt und vollständig, werden im nächsten Schritt – beim Generieren des Problemmodells aus der generierten Datenstruktur – auf „offensichtliche“ Widersprüche geprüft, wobei hier kein Anspruch auf Vollständigkeit besteht, da diese Widersprüche

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Dr. Armin Wolf

Fraunhofer FOKUS, Berlin



+49 175 1854 160



armin.wolf@fokus.fraunhofer.de



<https://www.dbh.de/forschungsprojekte/schleusenok40/>

<https://www.fokus.fraunhofer.de/de/viscom/project/schleusenok40>



SchleusenNOK40

System-Backend: Prognosen

Dr. Florin Popescu

Fraunhofer FOKUS

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

mFUND
Das Startkapital für die Mobilität 4.0



Schritt #1: Segmentierung der AIS Daten

Das realistische Modellieren der Struktur von Prozessen / Phasen eines durchfahrenden Schiffes durch den NOK ist wichtig,

- der Zeit (und Folge) der Ankunft und **Einfahrtverfügbarkeit** von Schiffen vor den Schleusen,
 - die gesamte **Fahrtdauer** eines Schiffes durch den NOK
- den zeitlichen Gebrauch von Ressourcen prognostizieren zu können.

Schritt #2: Lernen

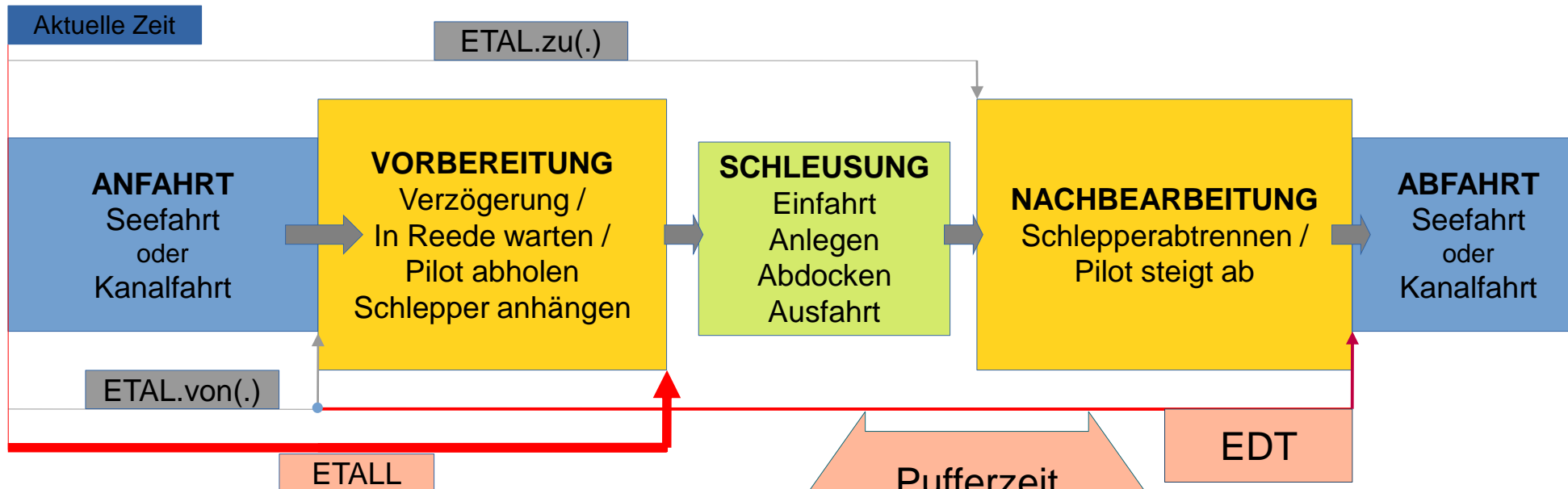
Auswahl von prädiktiven Variablen (aus dem verfügbaren Datensatz), ein ML-Modell aussuchen und trainieren, Analyse der Ausfälle.

Schritt #3: Lieferung der Prognosen in Echtzeit

Das gelernte Modell nutzen in einem IT-System



Segmentierung: wesentliche Struktur der Durchfahrt



DBH →

ETA = Estimated time of arrival
 ETAL = ETA at LINE
 ETALL = ETAL with Lockability

Pufferzeit
ISI Inter-ship interval

EDT

EDT = Estimated duration of transit

Prognose

Segmentierung: Hauptszenarien:

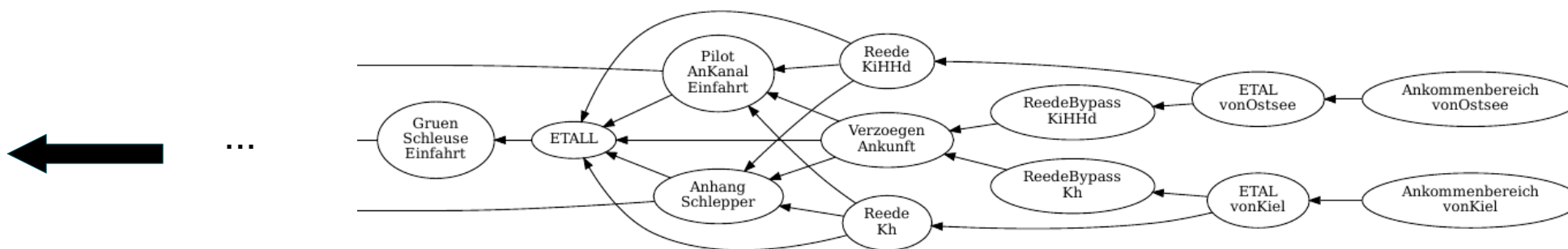
Je Phase braucht eine bestimmte (prognostizierbare) Zeit, die an der Schiffsart, Wetter, Strömung, Pegel usw. abhängig ist. Die Summe davon ist die NOK-Durchfahrtszeit.

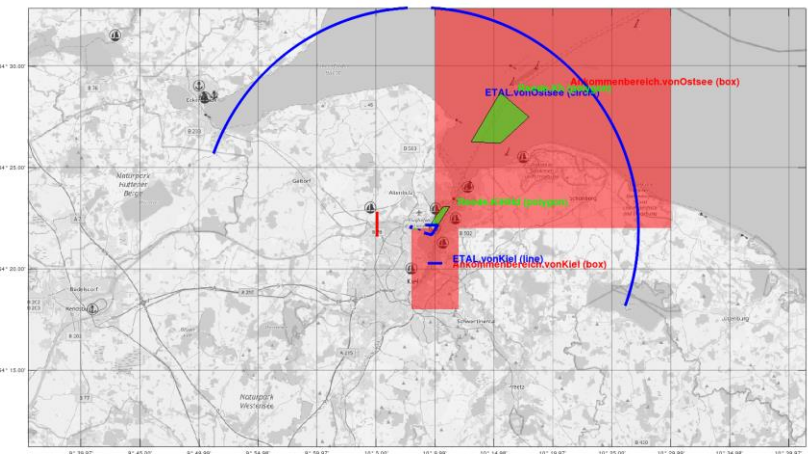
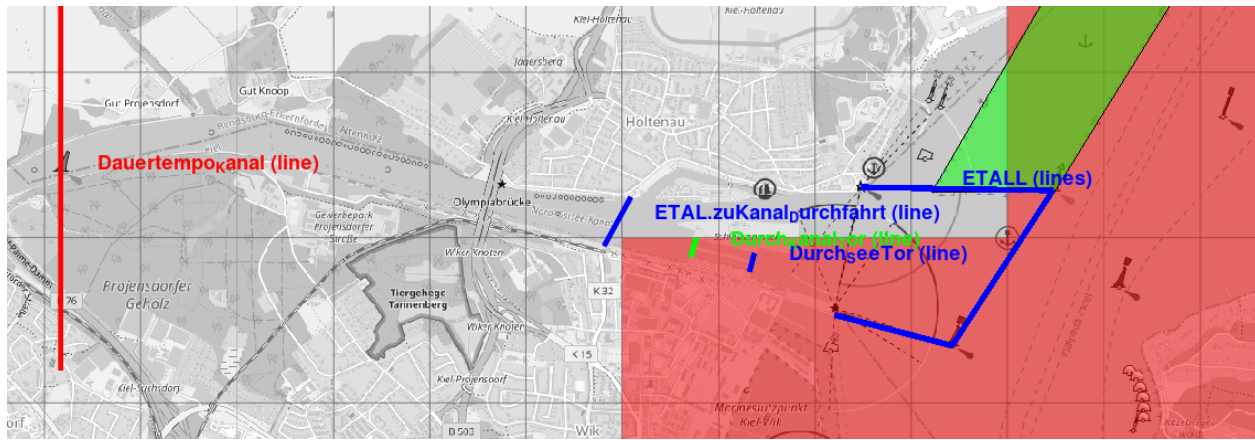
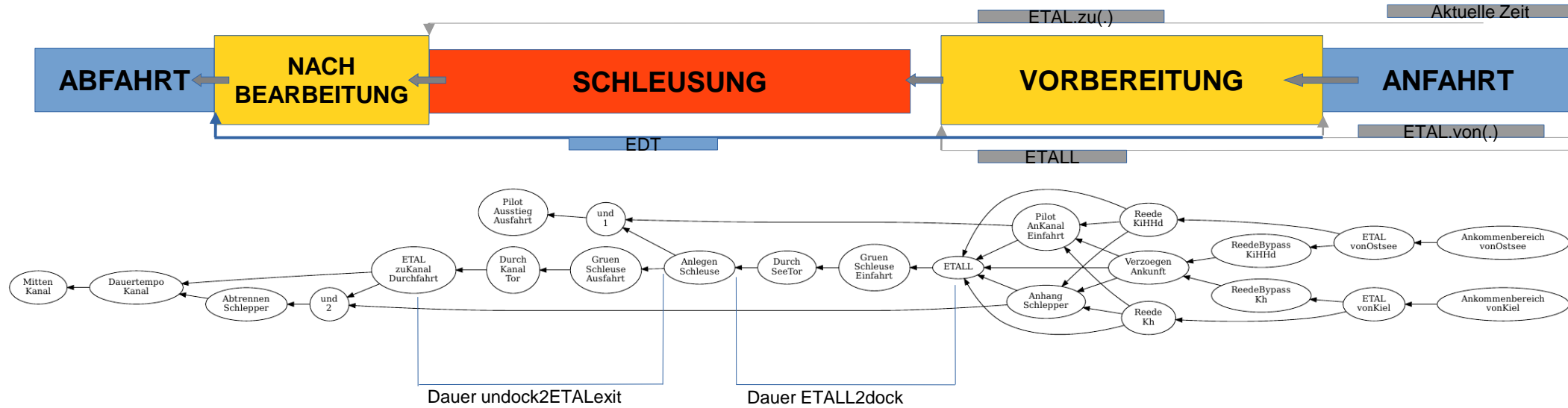
Bei den NOK-Fahrten gibt es 4 Hauptszenarien zu prognostizieren:

- Westlich in dem NOK einfahren (in der Nähe von Kiel)
- Östlich in dem NOK einfahren (in der Nähe von Brunsbüttel)
- Westlich aus dem NOK ausfahren (in der Nähe von Brunsbüttel)
- Östlich aus dem NOK ausfahren (in der Nähe von Kiel)

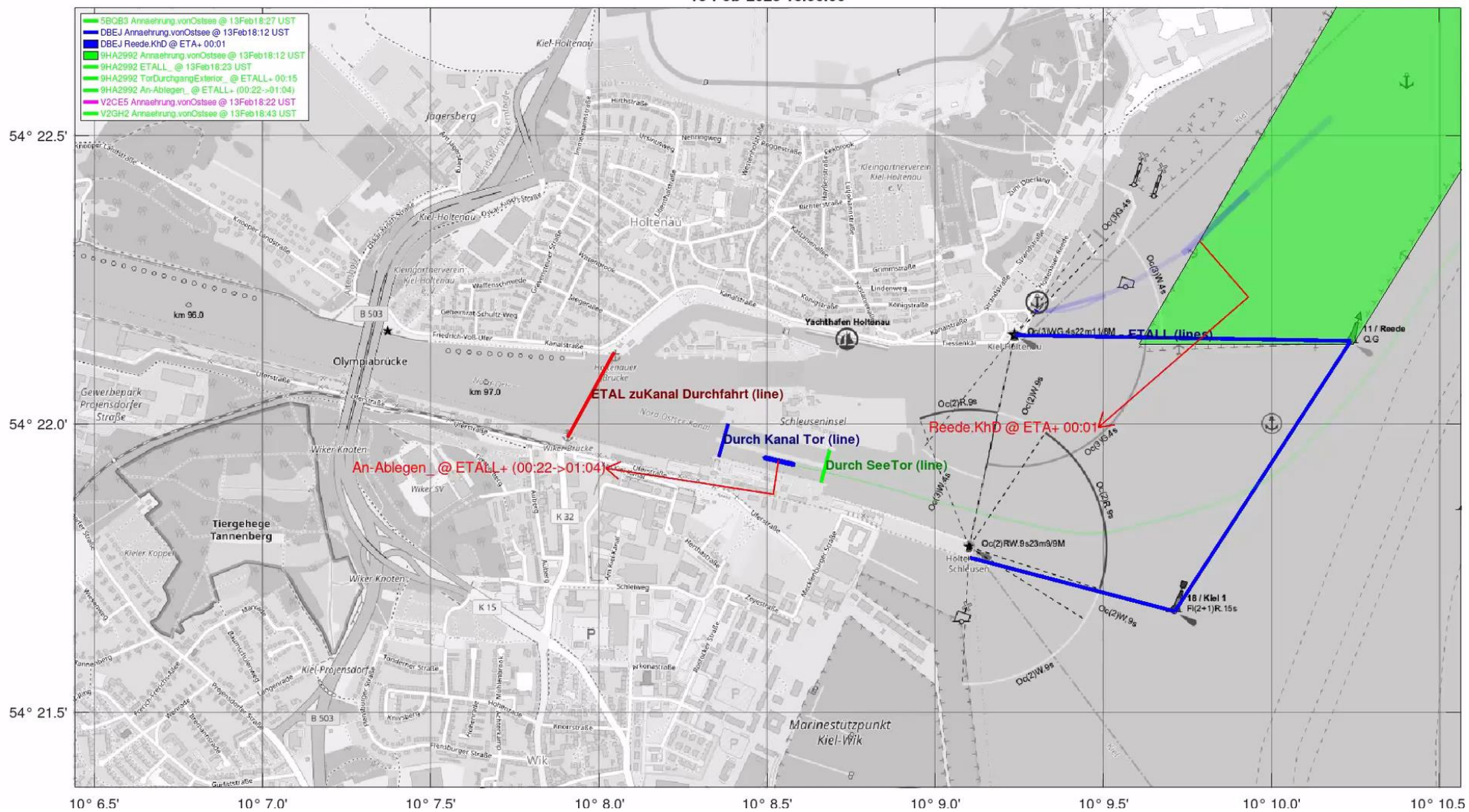
Prozessdiagramm, Beispiel:

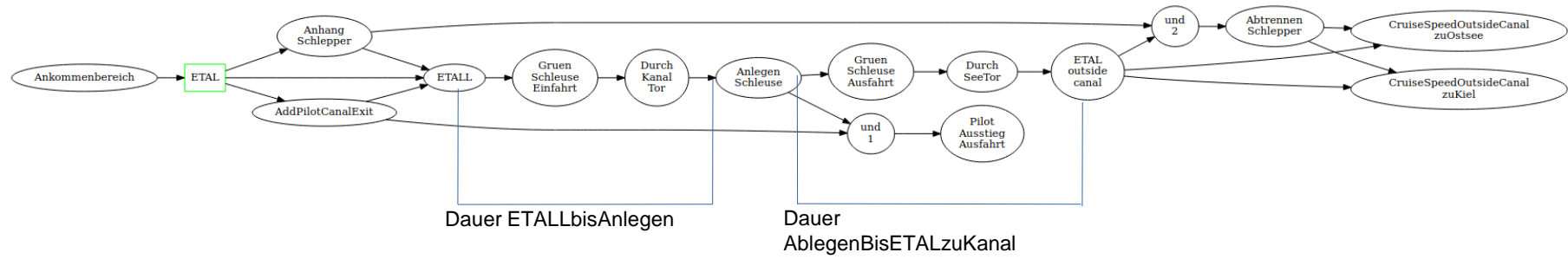
Prozessdiagramm, Westlich in dem NOK einfahren





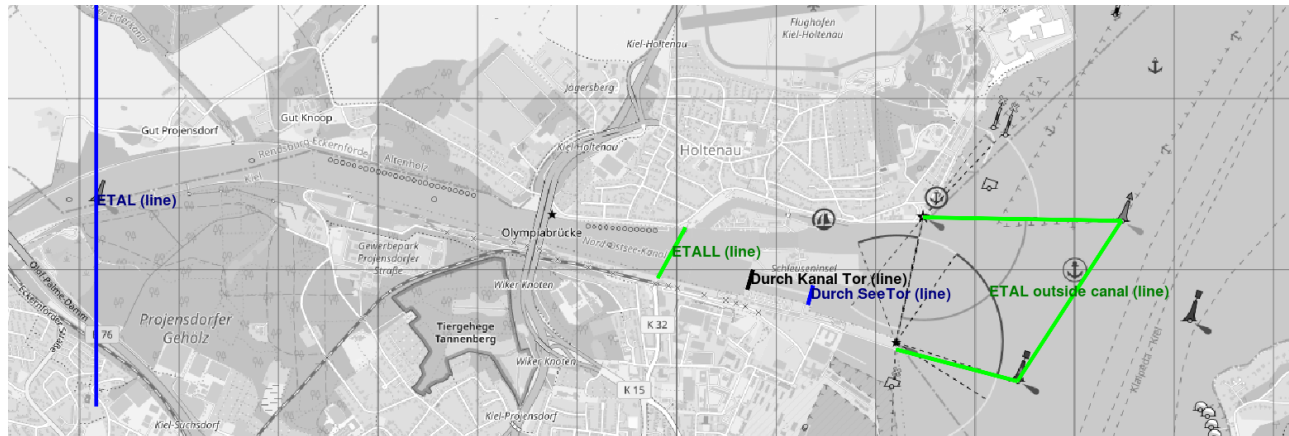
13-Feb-2023 18:50:00

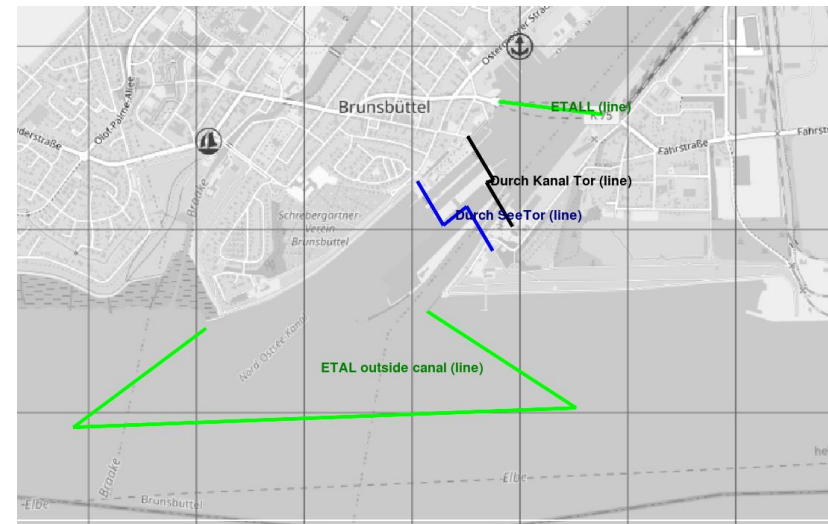
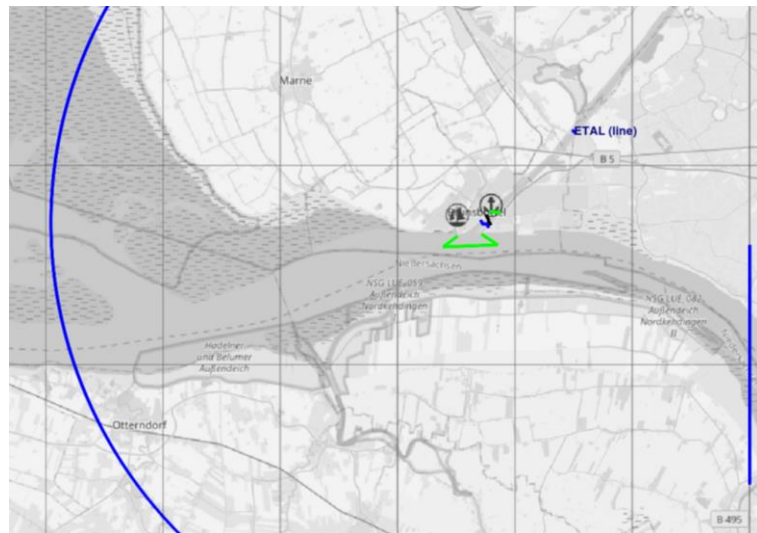
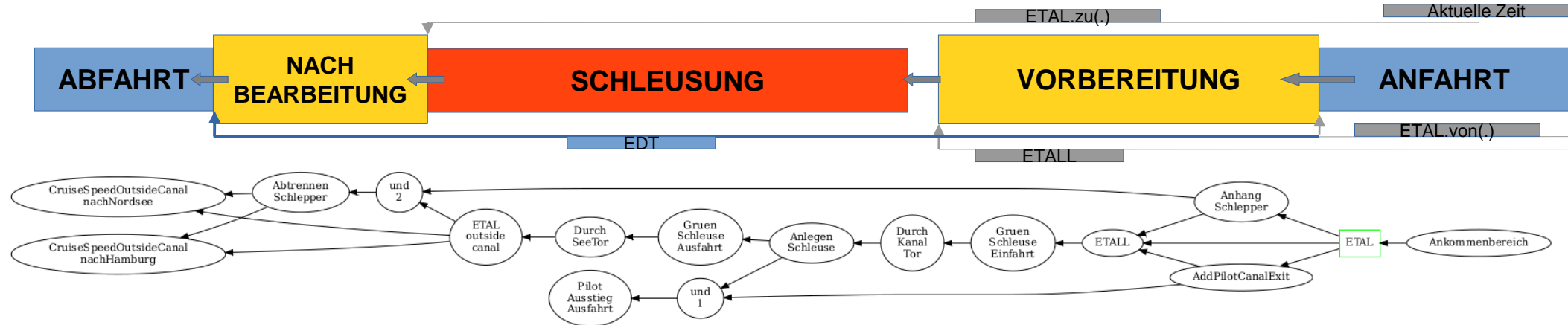


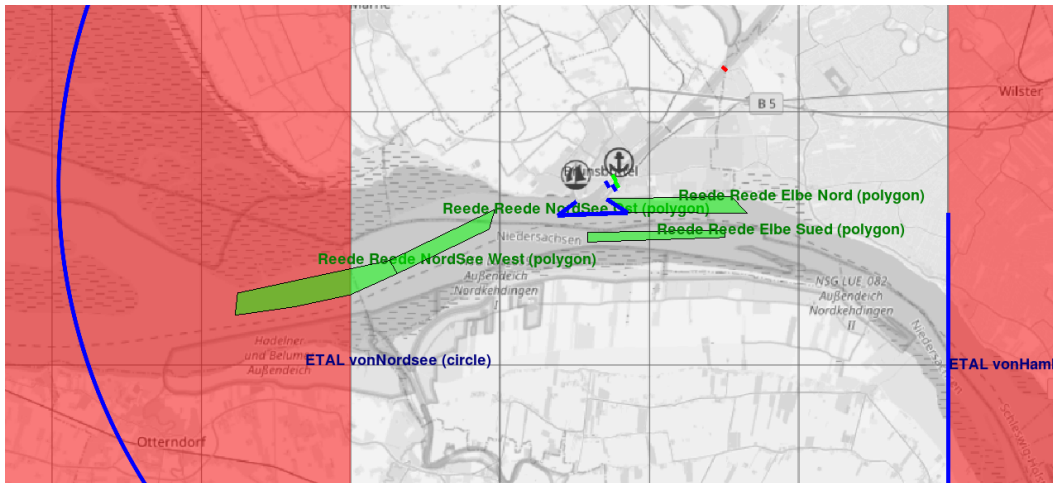
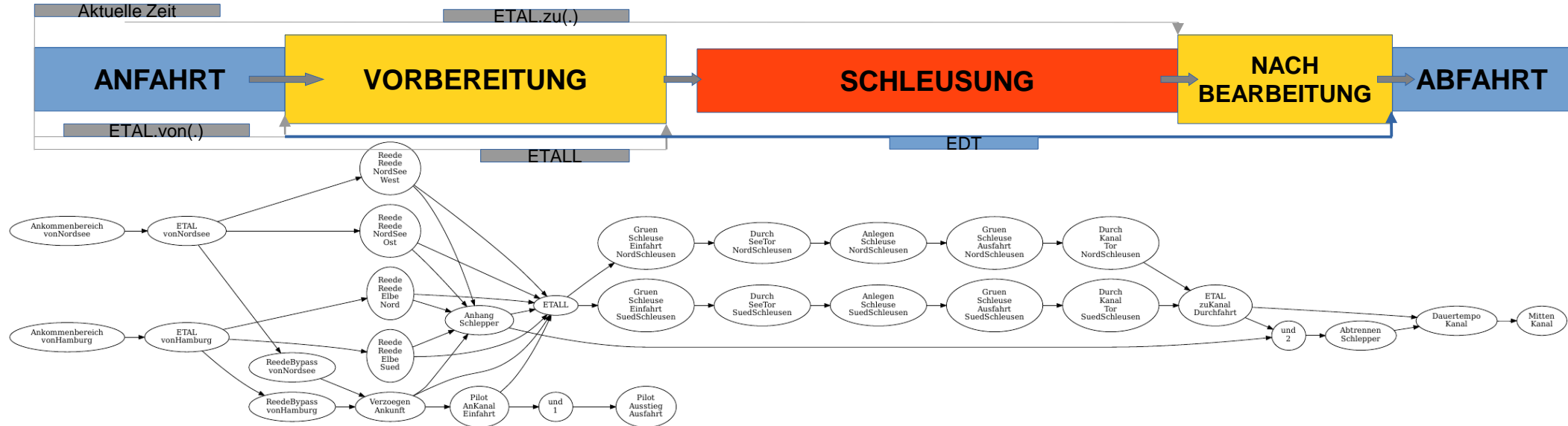


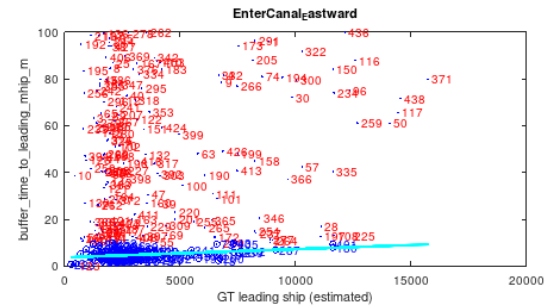
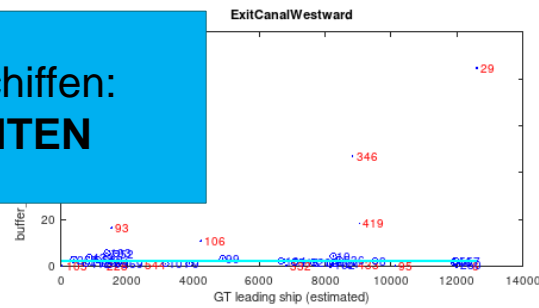
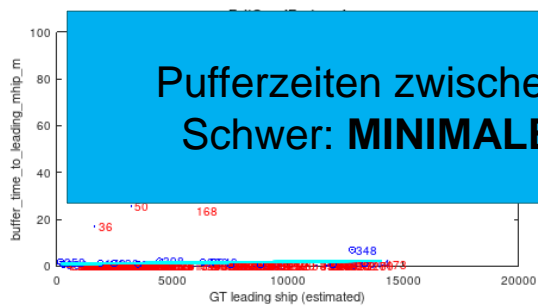
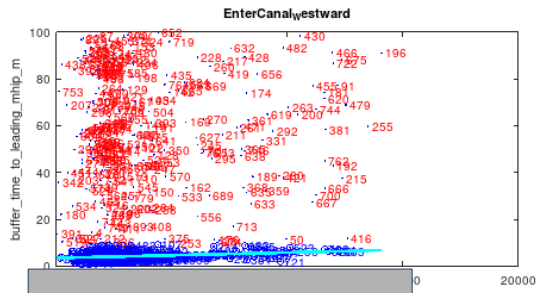
Dauer ETALLbisAnlegen

Dauer AblegenBisETALzuKanal





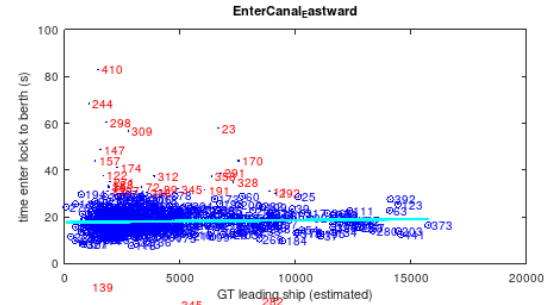
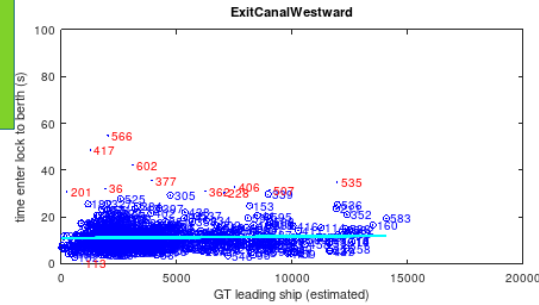
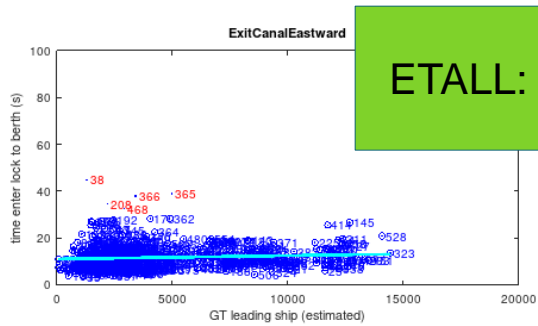
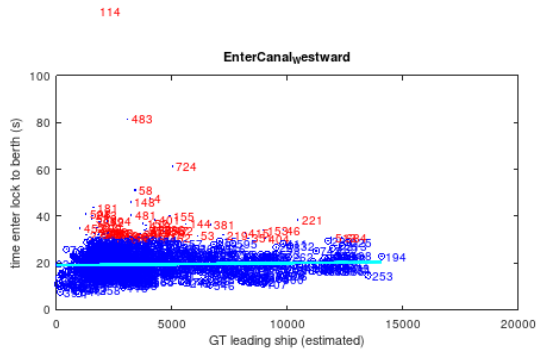




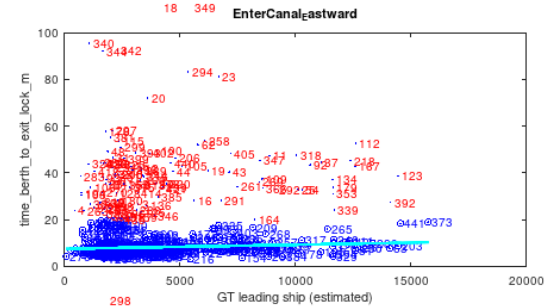
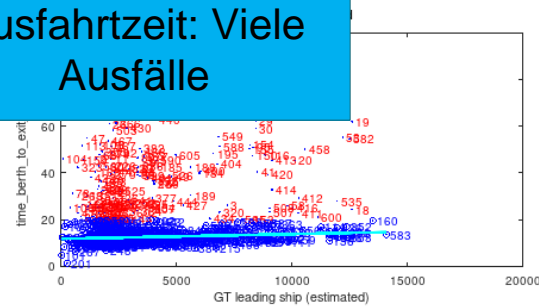
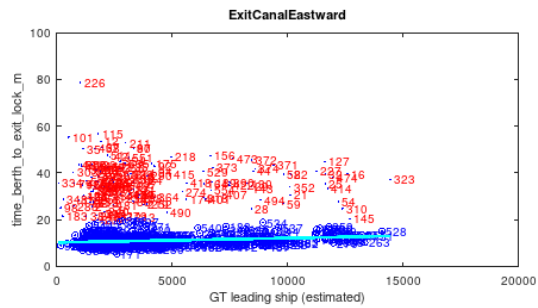
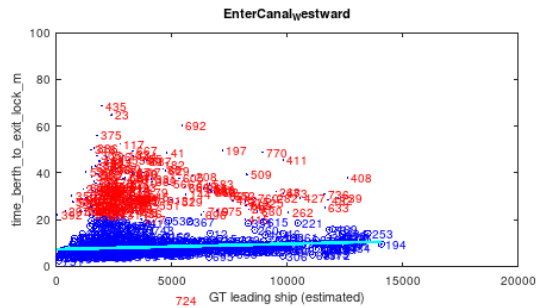
Pufferzeiten zwischen Schiffen:
Schwer: MINIMALE ZEITEN

Analyse

Modellbasierte nichtlineare Vorhersage der Schiffsdauern wurde mittels der logistischen Regression implementiert: GT Hauptindikator. Genauigkeit (+/- 3 bis 4 Minuten)



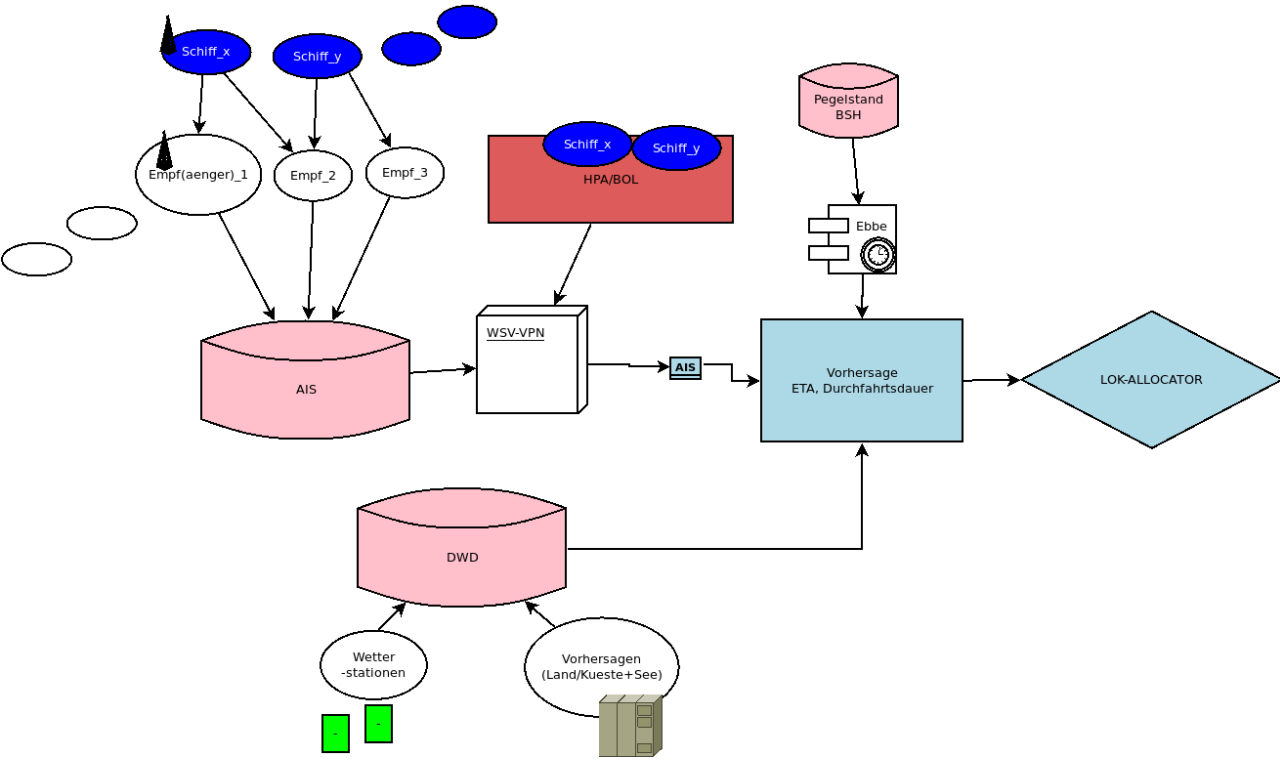
ETALL: klar



Ausfahrtzeit: Viele
Ausfälle

Lieferung der Prognosen in Echtzeit

	mmsi character varying (15)	imo character (7)	call_sign character varying	direction direction_enum	lock_location location_enum	time_to_preceding_ship double precision	time_to_following_ship double precision	estimated_mooring_time double precision	estimated_exit_time double precision	eta timestamp with time zone	computed_at timestamp with time zone
1	230351000	9126235	OJHI	WEST	KIEL	417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:01:00+00
2	235070283	9439814	2BXS4	WEST	KIEL	422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:01:00+00
3	244036000	9404625	PHNI	WEST	KIEL	413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:01:00+00
4	230351000	9126235	OJHI	WEST	KIEL	417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:02:00+00
5	235070283	9439814	2BXS4	WEST	KIEL	422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:02:00+00
						413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:02:00+00
						417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:03:00+00
						422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:03:00+00
						413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:03:00+00
						417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:04:00+00
						422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:04:00+00
						413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:04:00+00
						417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:05:00+00
						422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:05:00+00
						413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:05:00+00
						422.1409	422.1409	6454.5	2795.5	2022-05-09 13:21:10+00	2022-05-09 18:06:00+00
						417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:06:00+00
						422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:06:00+00
						413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:06:00+00
						422.1409	422.1409	6454.5	2795.5	2022-05-09 13:21:10+00	2022-05-09 18:07:00+00
						417.3026	417.3026	4971	3180	2022-05-09 13:37:05+00	2022-05-09 18:07:00+00
						422.9942	422.9942	10011	2659	2022-05-09 05:53:35+00	2022-05-09 18:07:00+00
						413.1814	413.1814	5239.5	3138.5	2022-05-09 13:31:12+00	2022-05-09 18:07:00+00



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Dr. Florin Popescu
Fraunhofer FOKUS, Berlin



+49-30-3463-7486



florin.popescu@fokus.fraunhofer.de



<https://www.dbh.de/forschungsprojekte/schleusenok40/>

<https://www.fokus.fraunhofer.de/de/viscom/project/schleusenok40>

- 10:00 Begrüßung
- 10:05 Einführung / Übersicht über das Projekt SchleusenNOK40
- 10:15 Anforderungen an SchleusenNOK40
- 10:25 Vorstellung System-Frontend
- 10:55 Pause
- 11:00 Vorstellung System-Backend, Daten, Optimierung, Prognosen
- 11:45 Ergebnisse Pilotbetrieb und Evaluierung
- 12:05 Ergebnisse Akzeptanzbewertung und Bewertung aus verkehrsökonomischer Sicht
- 12:15 Zusammenfassung und Ausklang



SchleusenNOK40

**Ergebnisse/Erkenntnisse aus
Pilotbetrieb und Evaluierung**

Dr. Armin Wolf

Fraunhofer FOKUS

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Digitales
und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

mFUND
Das Startkapital für die Mobilität 4.0

Pilotbetrieb und Evaluierung

Übersicht

Durchgeführte Pilotierungen

- 03.11.2022 Brunsbüttel
- 14.12.2022 Brunsbüttel
- 15.02.2023 Brunsbüttel („remote“)
- 03.04.2023 Brunsbüttel („remote“)
- 26./27.04.2023 Brunsbüttel
- 03.06.2023 Brunsbüttel (samstags)
- 27.06.2023 Kiel
- 18.07.2023 parallel in Kiel und Brunsbüttel
- 13.09.2023 Kiel
- 13.10.2023 Brunsbüttel
- 10.11.2023 Brunsbüttel

Ergebnisse

- KI-basierte Planung muss schnell akzeptable/gute Pläne liefern
→ dazu wurde die Suchstrategie/Optimierung mehrfach überarbeitet und verbessert:
 - Nutzung einzelner Teilergebnisse
 - Nutzung globaler zeitlicher Zusammenhänge
 - „Nogood-Recording“ zur Vermeidung von Sackgassen
 - Vermeidung von „per-se“ schlechten Plänen (z.B. bei langen Vorab-Wartezeiten)

- Schleusenbelegung
 - einerseits: KI-basierte Planung für längeren Zeitraum mit Schwerpunkt Optimierung
 - andererseits: durch Schleusenmeister zur Sicherstellung des laufenden Betriebs

Pilotbetrieb und Evaluierung

Ergebnisse/Erkenntnisse

- Kammerbelegung
 - Vermeidung von „Schläuchen“ oder „Tunneln“
 - Berücksichtigung von präferierten Anlegeseiten
- Optimierungen mit zu viel „Spielraum“ erlauben zu viele Freiheiten
 - Verwendung der tatsächlich frühestmöglichen Schleusungszeiten statt der Ankunftszeiten der Schiffe als Startzeiten der Schleusungen
- Keine Möglichkeit die Güte der Optimierung zu evaluieren
 - Ist-Schleusungsdaten sind leider digital nicht verfügbar

Erkenntnisse

- Schleusenbelegungsplanung in Brunsbüttel anspruchsvoller; mögliche Gründe:
 - größere Schwankungen / Differenzen der Pegel
 - „serialisiertes“ Ein-/Ausfahren auf der Elbseite
- Verbesserte Suche
 - andere Kammerbelegungen bei gleicher Ein-/Ausfahrreihenfolge haben keinen Einfluss auf die Zielfunktion der Optimierung
→ eine akzeptable Kammerbelegung ausreichend
 - egal wie Schiffe einer Schleusung in eine Kammer ein-/ausfahren oder diese belegen; sie brauchen dafür eine Mindestdauer
→ keine zu späten Schleusungen
 - Schiffe, die nicht in eine bestimmte Kammer passen, passen auch zu keinem anderen Zeitpunkt in die diese Kammer (Nogood-Recording)

- KI-basierte Planung ist nur so gut, wie ihre Datengrundlage
 - Manuelle Erfassung und Aktualisierung der Daten aufwändig / fehleranfällig
 - Vollständigkeit und Korrektheit der Daten generelles Problem bei KI-Anwendungen
- Andere Prioritäten der Schleusenbelegung im laufenden Betrieb und bei mittelfristiger Optimierung → ggf. unterschiedliche Ergebnisse

Pilotbetrieb und Evaluierung

Ausblick

Kurzfristige/mittelfristige Erweiterungen

Noch stärkere digitale Integration von Daten

- möglichst automatisierte Erfassung und Aktualisierung von
 - Schleusendaten
 - Schiffsdaten
 - Prognosen

Mittelfristige Erweiterungen

Berücksichtigung des Sportbootaufkommens

- digitale Erfassung des Aufkommens
- ggf. Erstellung von zeitabhängigen Prognosen
insb. bei besonderen Ereignissen (z.B. „Kieler Woche“)
- adäquat erweitertes Problemmodell

Pilotbetrieb und Evaluierung

Ausblick

Langfristiges Ziel

Ganzheitliche, integrierte Planung der NOK-Nutzung

- Synchronisation der
 - Einfahrten,
 - Durchfahrten
 - und Ausfahrten

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Dr. Armin Wolf

Fraunhofer FOKUS, Berlin



+49 175 1854 160



armin.wolf@fokus.fraunhofer.de



<https://www.dbh.de/forschungsprojekte/schleusenok40/>

<https://www.fokus.fraunhofer.de/de/viscom/project/schleusenok40>



SchleusenNOK4.0

**Akzeptanzbewertung und Bewertung
aus verkehrsökonomischer Sicht**

Stefanos Kotzagiorgis

TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Erfolgserwartungsanalyse NOK

Wartezeitprognose bis 2040

	Entwicklung (ohne Sportboote)				Durchschnittliche Anzahl Schiffsbewegungen			
	2019	2030	2040		2019	2030	2040	WR in % p.a
Schiffsbewegungen	28.801	30.337	31.634	pro Tag	77	82	86	0,5%
Schiffsvolumen LxB	47.450.040	51.847.958	55.332.868	pro Tag inkl. Sportboote	101	106	111	0,5%
Warteminuten	352.640	393.680	424.560					
WR Schiffsbewegungen		105%	110%					
WR LxB		109%	117%					
WR Warteminuten		112%	120%					

- Schiffsbewegungen über den NOK nehmen bis 2040 nur leicht um rd. 0,4% p.a. bzw. um 10% zu. Das Schiffsvolumen steigt dahingegen aufgrund veränderter Flottenentwicklungen deutlich positiver, - bis 2030 um 9%, 2040 um 17%.
- die höhere Anzahl an Schiffsbewegungen sowie die erwartete Schiffsgrößenentwicklung führen unter den vorgegebenen Bedingungen zu einer Steigerung der Wartezeiten bis 2040 um annähernd 20%
- Basis dieser Schätzung sind die Wartezeiten aus der Vergangenheit, sowie ähnlich gelagerte Schleusenausfallzeiten. Auch ist eine positive zukünftige wirtschaftliche Entwicklung angenommen worden.
- die Aktivierung aller 5 Schleusen nach 2040 könnte zu einer Verbesserung der Situation, in Brunsbüttel, führen.

Erfolgserwartungsanalyse NOK

Hemmnisanalyse für das SMS

- jährlichen Gesamtkosten relativ gering und gut finanzierbar
- Keine baulichen und technische Anforderungen
- Personalanforderungen: keine wesentlichen Fachkenntnisse notwendig, aller Voraussicht nach auch keine neue Stelle erforderlich
- Insgesamt bleiben die technischen, administrativen und personellen Kosten für das digitale Schleusenmanagementsystem gering

Bewertung aus verkehrlicher Sicht / Akzeptanzbewertung

- Schleusenmanagementsystem ist ein **Einstieg in eine zukünftige Automatisierung**
 - aktuell: Unterstützung der Schleusenmeister bei Schleusenplanung: höhere Sicherheit, meistern von komplexen und Spitzensituationen
 - kurzfristig: Lerneffekte – hinterfragen der eigenen Entscheidungsprozesse, Erhöhung der Produktivität bei den Schleusenmeistern
 - mittelfristig: Unterstützung in Situationen mit Fachkräftemangel, erleichtert Suche nach geeigneten Bewerbern (Nautiker???)
 - langfristig: „künstliche“ Intelligenz - Vollautomatisierung
- Schleusenmeister erhalten auch ohne Sichtkontakt viele **Informationen über das Schiff und die zu erwartende Situation**; Voranmeldung des Schiffes erforderlich
- **Schleusenankunftszeiten** können **berechnet** werden; **Vorbereitung des Schleusenvorgangs** wird erleichtert
- Abwicklung des **Schleusenvorgangs** wird in dem System **transparent** und **bildlich darstellbar**; erleichtert die Vorstellung der zu erwartenden Abläufe
- **Rangreihung** möglich

Bewertung aus verkehrlicher Sicht / Akzeptanzbewertung

- prinzipieller **Entfall aller handschriftlichen Erfassungen** (erforderliche Dateneingabelisten können vorausgefüllt werden), die Qualität der Dokumentation steigt
- insgesamt positiv zu bewerten ist, dass die **technischen, administrativen und personellen Anforderungen** für das digitale Schleusenmanagementsystem **gering** ausfallen
- **Reduzierung von Stauwartezeiten**
 - aktuell: 350.000 WZ-Minuten p.a.
 - 2040: 420.000 WZ-Minuten p.a.
 - allein bei einer Vermeidung von 30% dieser Schiffswartezeiten rd. 600 - 650 T € p.a. (Ting und Schönfeld (2001) sowie Campbell et. al, 2009)
- zusätzliche Optimierung des Schleusenvorganges vorstellbar
 - bessere Planbarkeit des Schleusenvorgangs – Annäherung an Schleuse bei **vorausschauender Fahrweise** kann bis zu 30% niedrigeren Treibstoffkosten führen (Ting und Schönfeld, 1999);
 - mehrere 100 € pro Fahrt: bei einem Verbrauch von rd. 6 t / Tag entspricht dies rd. 150 €/h (vorsichtige Schätzung)
 - wenn bei 31.000 Schiffsbewegungen jeder nur 30 € pro Anfahrt einsparen könnte, resultieren ebenfalls rd. 900 T €
 - die damit verbundene CO₂-Einsparung noch unberücksichtigt
- langfristig: **Einstieg in ein Slot-Management** möglich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt



Stefanos Kotzagiorgis

TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH



+49 (0)761 21 77 23 41



stefanos.kotzagiorgis@trimode-ts.de

SchleusenNOK4.0

**Zusammenfassung, Diskussion und
Ausblick**

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

