

Tide2Use: Intelligente Pumpwerk- und Schleusensteuerung

Schlussbericht zum Teilvorhaben „Data Mining und Data Analytics“

Zuwendungsempfänger

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH
Hochschulring 20
28359 Bremen

Förderprogramm

IHATEC – Förderprogramm für Innovative Hafentechnologien

Förderkennzeichen

19H18004B

Laufzeit des Verbundprojektes

01.10.2018 – 31.03.2022

Verbundpartner

bremenports GmbH & Co. KG
Aimpulse Intelligent Systems GmbH
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH
SCHULZ Systemtechnik GmbH

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Thoben
Tel.: +49 421 218-50005
Fax: +49 421 218-50003
E-Mail: tho@biba.uni-bremen.de

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

Der Wasserstand im Industriehafen muss auf annähernd konstantem Niveau gehalten werden. Dazu werden die Wassernachfrage der Schleusen und sonstige Wasserverluste durch das Wasserangebot von Pumpwerken ausgeglichen. Wenn diese Zu- und Abläufe intelligent und vorausschauend genutzt werden, können energieintensive Pumpvorgänge vermieden oder zumindest teilweise verschoben werden, um durch eben eine solche optimierte Pumpensteuerung Lastspitzen zu vermeiden. Die dabei zulässigen Wasserstandsschwankungen sind ein wichtiger Parameter für die Optimierung eben jener Schleusen- und Pumpwerksteuerung.

Der Wasserverlust im Hafenbecken ist abhängig vom Volumen der Schleusenkammer, der Tragfähigkeit und Anzahl der geschleusten Schiffe (Wasserverdrängung der Fahrzeuge) und des jeweils zu überwindenden Höhenunterschieds. Dieser Höhenunterschied hängt von den Pegelständen innerhalb und außerhalb des Hafenbeckens ab. Innerhalb des Hafenbeckens sinkt der Pegelstand, der als Richtwert vom Hanseatisch Bremisches Hafenamt (HBH) vorgegeben wird, insbesondere durch Schleusungen. Außerhalb des Hafenbeckens schwankt der Pegel durch die astronomisch und meteorologisch bedingten Tiden deutlich stärker. In extremen Wetterperioden beeinflussen außerdem Wind, Niederschlag und Verdunstung den Pegelstand besonders.

Der Wasserverlust pro Schleusung hängt also maßgeblich vom Zeitpunkt der Ankunft bzw. Abfahrt der geschleusten Schiffe ab. Aus allen (erwarteten) Ankünften und Abfahrten kann abgeleitet werden, wie viele Schleusungen innerhalb der Schwankungsbreite des Pegels ohne Pumpeneinsatz möglich sind. Wird ein kritischer Pegel unterschritten, kann das notwendige Pumpvolumen anhand der noch zu erwarteten Schleusungen bestimmt werden. Das Pumpvolumen kann dabei insbesondere unter Kenntnis der Tiden und der Energiepreise bedarfsgerecht gesteuert werden.

Ist beispielsweise durch eine nahende Flut eine Öffnung der Wasserdurchlassklappen („Schütze“) an den Toren und dadurch ein entsprechender Wassereintrag ins Hafenbecken zu erwarten, kann bereits zuvor das Pumpvolumen reduziert werden. Gleiches gilt für die Verlagerung von Pumpvorgängen in Zeiten niedriger Energiepreise.

Der Steuerstand der Schleuse Oslebshausen im Bremer Industriehafen ist vom Hansestadt Bremisches Hafenamt besetzt. Die Mitarbeitenden haben ein umfangreiches Prozess- und Erfahrungswissen in der Pumpwerk- und Schleusensteuerung. Im Projekt wurde ein intelligentes Assistenzsystem entwickelt, das die Mitarbeitenden unterstützt, neben der eigentlichen Prozesssteuerung auch die effiziente Energienutzung zuverlässig und vorausschauend zu berücksichtigen. So besteht bei der Schleuse Oslebshausen ein ökonomisches Einsparpotenzial bei den Energiekosten pro Monat über Arbeits- und Leistungspreis. Zeitgleich lässt sich dadurch die Nachhaltigkeit und die ökologische Effizienz steigern.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Über den gesamten Projektzeitraum haben sich die Konsortialpartner monatlich zu den aktuellen Themen und Arbeitspaketen ausgetauscht und Aufgaben untereinander delegiert. Zudem haben sich die verschiedenen Arbeitsgruppen auf vierzehntägiger oder wöchentlicher Basis ausgetauscht. Die assoziierten Partner Hansestadt Bremisches Hafenamts und Niedersachsen Ports, Betreiber der landeseigenen Häfen in Niedersachsen, haben über den gesamten Projektverlauf die Konsortialpartner mit ihrem Fachwissen unterstützt.

Mit Beginn der Corona-Pandemie sind die bis dahin in Präsenz erfolgten Treffen virtuell durchgeführt worden.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die in der Vorhabenbeschreibung definierten Arbeitspakete sind gemeinsam mit den Konsortialpartnern bearbeitet worden. Der für das Arbeitspaket verantwortliche Projektpartner hat die inhaltliche Bearbeitung des jeweiligen Arbeitspaketes überwacht. Die terminlichen Abläufe wurden vom Projektkoordinator gesteuert.

Bei der Planung und dem Ablauf des Vorhabens kam es bedingt durch die Pandemie zu einer Verzögerung. Durch eine kostenneutrale Verlängerung von sechs Monaten konnte die Verzögerung aufgeholt und das Projekt erfolgreich beendet werden.

Die Arbeit der Schleusenbediener mündet in ein komplexes Steuerungsproblem. Dieses wird dadurch erschwert, dass die genauen Ankünfte und Abfahrten der Schiffe und Hafenfahrzeuge vorab häufig nicht genau bekannt sind. Mittels eines KI-basierten Ansatzes, der Agentensysteme und Methoden des maschinellen Lernens („Deep Learning“), wurde in Tide2Use ein System erschaffen, das in der Lage ist, die relevanten Faktoren zu berechnen, die die komplexe Situation an der Schleuse abbilden. Die Ergebnisse der KI-basierten Berechnungen werden in einem Dashboard als visuelles Assistenzsystem zusammengeführt.

Das Assistenzsystem wurde in enger Zusammenarbeit mit den Nautikern des assoziierten Partners Hansestadt Bremisches Hafenamtes gestaltet. Das Ergebnis ist ein digitales, unterstützendes Werkzeug, das auf die Bedürfnisse der Nutzer abgestimmt ist. Die so bereitgestellten Informationen sollen dem Schleusenbedienpersonal bei ihrer Entscheidungsfindung unterstützen, um zusammen mit ihrem eigenen Prozesswissen einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Schleuse Oslebshausen zu leisten. Seit Anfang 2022 wurde das Assistenzsystem im Live-Betrieb erprobt.

Unter Koordination der Hafenmanagement-Gesellschaft bremenports waren Aimpulse Intelligent Systems, das Bremer Institut für Produktion und Logistik (BIBA) und Schulz Systemtechnik an dem Projekt beteiligt. Als assoziierter Projektpartner unterstützte das Hansestadt Bremische Hafenamts das Projekt Tide2Use mit ihrem Fachwissen rund um den Schleusenbetrieb. Niedersachsen Ports hat als assoziierter Partner den KI-basierten Ansatz des Tide2Use-Assistenzsystems hinsichtlich der Übertragbarkeit des Systems auf die Entwässerung eines abgeschleusten Hafenbeckens geprüft.

4. wissenschaftlichem und technischem Stand, an den angeknüpft wurde

Das Tide2Use-Forschungsprojekt hat auf eine bereits bestehende Hafeninfrastruktur und Schleusen- und Pumpensteuerung aufgebaut. Im Hafeninformati onssystem werden die geplanten Ankünfte und Abfahrten verwaltet. Über eine funkmündliche Kommunikation erfolgt der Austausch zwischen Schiffsführern, Lotsen und dem Personal des Hanseatisch Bremische Hafenamtes. Weiterhin sind die Tiden und eigens aufgezeichnete Wetterinformationen elektronisch intern verfügbar. Die in dem Projekt entwickelten KI-Modelle und Multiagentensysteme sowie die niederschweligen Schnittstellen zum Datenaustausch sind in diesem Projekt erprobt und evaluiert worden. Zum Projektende konnte dadurch ein innovatives digitales Assistenzsystem zur intelligenten Pumpwerksteuerung und natürlichen Haf enbewässerung integriert und für das Forschungsprojekt getestet werden.

Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

Das BIBA hat keine der genannten Angaben verwendet.

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Das Hansestadt Bremisches Haf enamt ist die behördliche Schwester der bremenports und verantwortlich für all hoheitliche Aufgaben des Haf enbetriebs. Diese umfassen die Regelung des Schiffsverkehrs im Haf en und die Zuweisung von Liegeplätzen. Das HBH stellt außerdem das nautische Betriebspersonal auf der Schleuse. Dabei handelt es sich um erfahrene Nautiker. Die Aufgaben konzentrieren sich allerdings nur auf die verkehrliche Regelung, nicht aber auf den technischen Betrieb und die Verantwortung für die Infrastruktur.

Das HBH hat das IHATEC-Förderprojekt über den gesamten Projektzeitraum mit ihrem Fachwissen zur Bedienung der Schleuse Oslebshausen, Verkehrslenkung auf der Weser und im abgeschleusten Industriehaf en sowie ortsüblichen Handlungsabläufen unterstützt. Durch ihr konstruktives Einbringen ihres Prozesswissens und der konstanten Evaluierung des Assistenzsystems in den einzelnen Projektphasen ist ein Assistenzsystem entwickelt worden, das sich durch seine Bedienerfreundlichkeit und hohe Akzeptanz bei den Anwendern auszeichnet.

Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG (nports) ist als hundertprozentige Gesellschaft des Landes Niedersachsen das Unternehmen für die Verwaltung der Haf eninfrastruktur in Niedersachsen. In fünfzehn Häfen stellt sie die Infrastruktur für Schifffahrt und Logistik bereit. Als assoziierter Partner hat das Projekt begleitet. Im Rahmen des Projektes hat nports die Übertragbarkeit des Assistenzsystems auf ein ähnlich gelagertes Problem im Haf en Emden geprüft. Der Austausch erfolgte in regelmäßigen virtuellen Projekttreffen, bei denen die Konsortialpartner und assoziierten Partner die Problemstellung in den unterschiedlichen Projektphasen diskutiert und konstruktiv gemeinsam Lösungsansätze erarbeitet haben. Durch die Zusammenarbeit mit nports haben die Partner darlegen können, dass das Assistenzsystem neben der Bewässerung eines abgeschleusten Haf enbeckens auch für die Entwässerung eines abgeschleusten Haf enbeckens eingesetzt werden kann.

Austausch mit Förderprojekten zur Verwertung der Projektergebnisse

Bintelligent – Intelligente Informationstechnologien für Prozessoptimierung und -automatisierung im Binnenhafen			
Förderprogramm:	IHATEC	Laufzeit:	10/2018 – 09/2021

Ziel des Projektes war, die Kommunikation zwischen den See- und Binnenhäfen zu verbessern und durch eine IT-gestützte Koordination künftige synchromodale Transportkonzepte zu realisieren.

In dem Arbeitspaket „Datenakquise und -explikation“ erfolgte ein regelmäßiger Austausch zwischen den beiden IHATEC-Förderprojekten. Der Themenschwerpunkt lag auf dem Austausch zur Erfassung von Binnenschiffspositionen und den gültigen Datenschutzbestimmungen.

IW-Net „Innovation-driven Collaborative European Inland Waterways Transport Network			
Förderprogramm	Horizon2020 (EU)	Laufzeit:	05/2020 – 04/2023

Das Projekt verfolgt das Ziel, mit verschiedenen Technologiekonzepten die Vision eines innovations- und kollaborationsgetriebenen Transportnetzwerks in der europäischen Binnenschifffahrt zu zeichnen.

Der erste Austausch erfolgte am 02.03.2021. Inhalte waren die Kurzvorstellung des Projektes Tide2Use, Vorstellung der in Tide2Use genutzten Datenquellen und deren Anbindung sowie die Vorstellung der Wartezeitberechnung und des Dashboards.

Daraus ergaben sich seitens IW-NET aus dem Projekt Tide2Use folgende Synergien:

- Ankunftszeitprognose für die Oslebshäuser Schleuse
- Mögliche Konflikte bei der Schleusung durch Schleusungen anderer Fahrzeuge
- Prognostizierte und geplante Schleusensperrungen sowie prognostizierte Zeitpunkte zur natürlichen Bewässerung

Eine Bereitstellung dieser Informationen über eine REST-API ist möglich.

NON-STOP “New smart digital Operations Needed for a Sustainable Transition of Ports”			
Förderprogramm:	Interreg North Sea Region (EU)	Laufzeit:	07/2012 – 12/22

Im Rahmen des Forschungsprojektes NON-STOP wird ein Konzept für ein intelligentes Sediment- und Wassermanagementsystem entwickelt. Das Pilotvorhaben hat sich drei Projektzielen verschrieben:

- Reduzierung des Materialeintrags aus der Ems in den Hafen
- Verbesserung der Emdener Hinterlandentwässerung
- Langfristige Unterstützung der Unterhaltungsbaggerung

Hierfür sind insbesondere Erkenntnisse zu Mikrobiologie und Sedimentologie, der Aufbau eines geeigneten Gewässermonitorings sowie ein optimiertes Zusammenspiel infrastruktureller Elemente (z. B. Schleusen und Pumpwerk) erforderlich.

Am 28.10.2020 erfolgte der erste Austausch mit Niedersachsen Ports zu dem Projekt NON-STOP. Inhalte waren die Vorstellung des Unterhaltungsgebietes in Emden, die Erläuterung der Fluid-Mud Problemstellung sowie die Einführung in das intelligente Sediment- und Wassermanagement. Das Projekt NON-STOP verfolgt die folgenden Ziele:

- Zeitersparnis bei vordefinierten Maßnahmen in der Hafenlogistik und Unterhaltung um 10%
- Reduzierung des Energieverbrauchs im Hafen um 8 %
- Reduzierung der Verschmutzung im Hafen um 2 %

Durch den Klimawandel hat Niedersachsen Ports zunehmend die Herausforderung mit immensen Wassermengen im Hafen, da sie auch bei der Entwässerung des Hinterlands unterstützen. Dadurch beschäftigt sich das Projekt unter anderem auch mit der Ermittlung von Entwässerungspotentialen.

In weiteren Austauschterminen erfolgte die Vorstellung der in Tide2Use erstellten Use Cases und User Stories, des Dashboards, der Wartezeitberechnung, des entwickelten Schleusenmodells, der Tide2Use-Architektur und der installierten mobilen Sensorbox, um Daten über den Status der Pumpe (An/Aus) zu erhalten. Zudem wurde das in Tide2Use entwickelte Grafana-Dashboard vorgestellt.

Daraus ergaben sich folgende Synergien mit Niedersachsen Ports:

- Bereitstellung der Datenquellen (z.B. Wetterdaten)
- Monitoring von Sensor- und Modelldaten
- Entwicklung eines Dashboards, da Niedersachsen Ports eine Visualisierung für koordiniertes Sediments- und Wasserstandsmanagement benötigt
- Lösung einer mobilen Sensorbox zur Ermittlung des Pumpenstatus in Echtzeit

II. Eingehende Darstellung

1. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

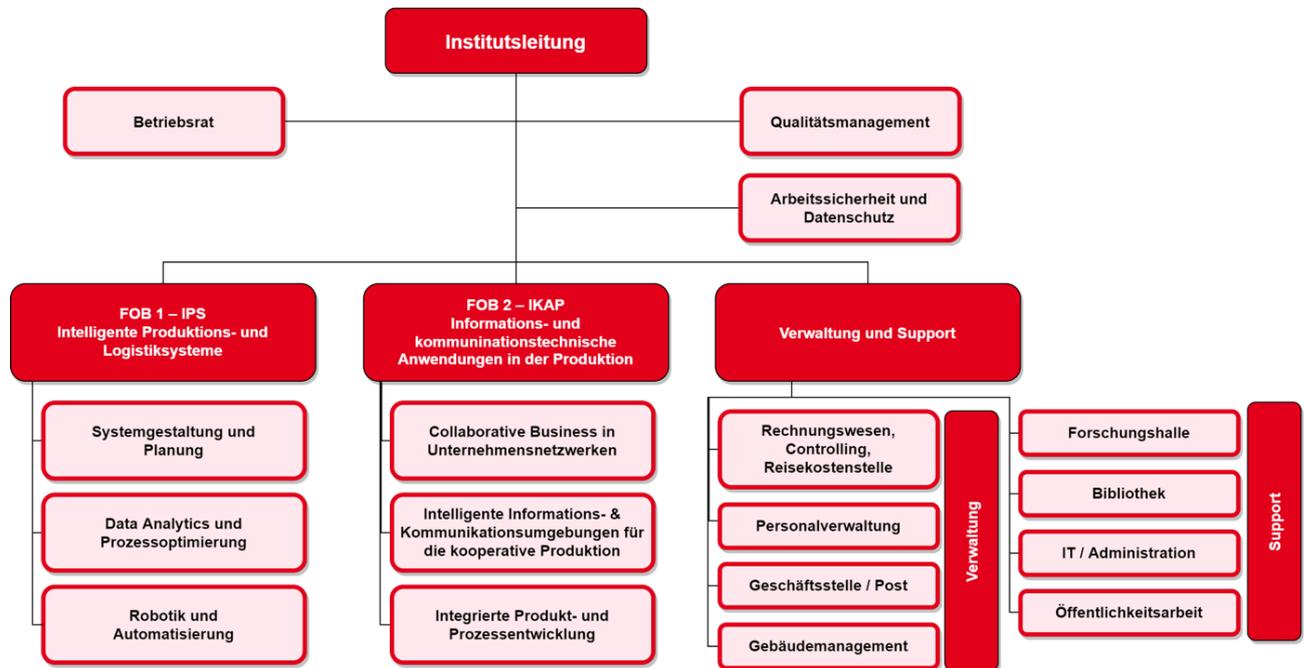


Abbildung 2: Organigramm und Institutsstruktur BIBA

Das BIBA forscht in den zwei Bereichen „Intelligente Produktions- und Logistiksysteme“ (IPS) und „Informations- und kommunikationstechnische Anwendungen in der Produktion“ (IKAP). Der Forschungsbereich IKAP konzipiert, entwickelt und realisiert Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung kooperativer, interorganisatorischer Unternehmensnetzwerke.

Die im Forschungsprojekt Tide2Use erzielten Ergebnisse sind durch das BIBA und dem untergeordneten FOB 2 – IKAP als An-Institut der Universität Bremen wissenschaftlich verwertet worden. Weiterhin sind die Projektergebnisse und Erkenntnisse unmittelbar in die universitäre Lehre integriert und in Form von studentischen Abschlussarbeiten eingeflossen.

Das BIBA hat integrale Bestandteile zur Erfassung, Aufnahme und Dokumentation im Rahmen der Datenintegration entwickelt und die Partner bei der Implementierung von niederschweligen Daten-Schnittstellen unterstützt. Dabei sind relationale Datenbankmanagementsysteme genutzt sowie eigene RESTful-APIs entwickelt worden. Über eine am Beginn des Projektes stattfindende Erfassung über die im Hafen und der Schleuse ablaufenden internen Prozesse und Kommunikation mit externen Stakeholdern, wie Schiffsführern und Reedereien, sind die Hafen- und Schleusenabläufe ausgetauscht worden. Weitere Ziele des BIBA waren die Detektion und Bereinigung von Anomalien in den akquirierten Datenbeständen, für eine hinreichend genaue Prozessmodellierung durch Verfahren der künstlichen Intelligenz. Zudem fand eine weitere Datenaufbereitung durch beispielsweise Glättung, Skalierung und Interpolation der Prozessdaten statt.

Um übergangsweise Sensordaten bezüglich der aktuellen und historischen Pumpenlaufzeit des Schöpfwerkes beschaffen zu können, wurde ein neuartiges mobiles Sensorsystem zur Detektion von Schwingungen und Beschleunigungsdaten entwickelt. Die über ein Mobilfunkgerät erfassten Daten wurden über eine Mobilfunkverbindung im Sekundentakt an die BIBA-internen Server übermittelt und für das Assistenzsystem sowie den datengetriebenen Modellen zur Verfügung gestellt.

Damit das zu entwickelnde Assistenzsystem in der Evaluationsphase entsprechend bewertet werden kann, ist ein Wartezeitmodell gemeinsam mit dem Hanseatisch Bremischen Hafenamt entwickelt worden. Die fortlaufend berechneten Wartezeiten von Schiffen an der Oslebshausener Schleuse fungieren damit als Validierungsparameter, um den Einfluss des Assistenzsystems auf die zu schleusenden Schiffe zu messen.

Mittels datengetriebener Modellierungsverfahren, wie beispielsweise durch den Einsatz rekurrente künstlicher neuronaler Netze, hat das BIBA ein Modell zur Vorhersage des Hafenpegelstands entwickelt. Diese Prognosen sind ein wichtiger Indikator für das Schleusenbedienpersonal, ob in naher Zukunft Wasser aus der Weser in den Hafen eingeleitet werden muss. Weiterhin hat das BIBA ein System zur Vorhersage von potentiellen Schiffsankünften sowie die dazugehörige Ankunftszeit entwickelt. Mit Hilfe von Verfahren des maschinellen Lernens ist das Modell in der Lage abhängig von verschiedenen Schiffs- und Umweltparametern die Wahrscheinlichkeit für eine Schleusung und die Ankunftszeit des Schiffes an der Schleuse zu ermitteln. Das System wurde anhand von linearen Regressionsmodellen evaluiert und in den Live-Betrieb des Assistenzsystems integriert.

Die heterogenen Datenquellen sind mittels Schnittstellensysteme in eine echtzeitnahe Modell- und Systemstruktur integriert worden, um regelmäßig Prognosen über Pegelstände und potentielle Ankünfte von Schiffen zu erhalten. Alle durch das BIBA entwickelten Systeme und Modelle werden durch das interne Modellberechnungssystem den Partnern und dem Assistenzsystem zur Verfügung gestellt. Insbesondere die Ergebnisse der KI-Algorithmen können über REST-APIs übermittelt werden und werden über ein Monitoringsystem fortlaufend überwacht.

Das BIBA hat die im Projekt geleisteten Arbeitsstunden in den folgenden Arbeitspaketen erbracht:

Arbeitspaket	Aufgaben	Ziele
<p>AP 0 „Projektmanagement“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Leitung der Arbeitspakete 3 und 6 - Abstimmung zwischen den Arbeitspaketen und unter den Partnern - Zeitplanung 	<p>Ziel des Arbeitspaketes Projektmanagement war die Planung, Steuerung, Kontrolle sowie Dokumentation des Projektfortschritts. Dadurch wurde die professionelle Projektdurchführung, um einen reibungslosen Ablauf der technischen Forschungsarbeiten zu gewährleisten, und die administrativen Pflichten gegenüber dem Projektträger erfüllt. Hierfür wurden durch die Projektleitung die Arbeiten der Partner, die Abstimmung zwischen den Arbeitspaketen, die Zeitplanung sowie die Kommunikation mit und zwischen den Partnern überwacht und gesteuert.</p>
<p>AP 1 „Wissenstransfer und -explikation“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung der Partner bei der Erhebung der Anforderungen im Bereich der datengetriebenen Modellierung, Datensammlung und Visualisierung - Analyse von potentiellen Methoden zur datengetriebenen Modellierung - Analyse von prozessrelevanten Datenquellen wie AIS-, Wetter-, Pegel-, Tide- und Schleusendaten - Analyse und Beurteilung der benötigten Rechenleistung und Hardwarekomponenten zur KI-Modellierung - Prozessaufnahme der Schleusen- und Hafeninformationssysteme - Unterstützung bei der Beschreibung und Aufnahme der Anwendungsszenarien 	<p>Durch die Arbeiten im AP 1 konnte das Ziel der Erstellung einer Anforderungsanalyse bzw. eines Lastenheftes sowie die Entwicklung eines Anwendungsszenarios erfüllt werden. Im Rahmen einer umfassenden Prozesserfassung sind wichtige Erfahrungen und Erkenntnisse hinsichtlich der benötigten Anforderungen an ein intelligentes Assistenzsystem gemacht worden.</p>
<p>AP 2 „Datenakquise, extraktion,</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Konzeptentwicklung für die Datenaufnahme, -vorverarbeitung und -integration in das Tide2Use-Gesamtsystem - Unterstützung der Partner bei der Konzeption und Definition von Schnittstellen 	<p>Durch die Arbeiten im AP2 konnten die verfügbaren Datenquellen identifiziert, die Datenqualität dokumentiert und bewertet werden.</p>

<p>aufbereitung, -analyse und -schnittstelle“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines in die Modellstruktur integrierten Datenvorverarbeitungskonzeptes. Hierbei stand im Fokus: <ul style="list-style-type: none"> o Zusammenfassung und Reindizierung von Datenquellen o Anomaliedetektion o Umgang und Filterung von identifizierten Ausreißern o Filterung, Glättung, Skalierung, Interpolation und Extrapolation der akquirierten Daten und Informationen - Bereitstellung der akquirierten Daten über niederschwellige Schnittstellen - Entwicklung und Konzeptionierung eines mobilen Sensorsystems zur Datenübertragung und Ableitung von Pumpenzustandsinformationen - Implementierung und Analyse eines Wartezeitberechnungsmodell 	<p>Das Ziel der Datenaufbereitung und – bereitstellung wurde dadurch erreicht.</p>
<p>AP 3 „Modellentwicklung Vorhersage Wasserstand hinter der Schleuse, Schiffsbewegungen und Predictive Maintenance“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse von Modelleingangsdaten und Feature-Selektion mittels künstlicher Intelligenz und statistischen Korrelationsmethoden - Echtzeitnahe Datenaufbereitung zur Integration der Modellstrukturen in die Prozessumgebung - Entwicklung eines Benchmarks mit Hilfe von linearen Referenzmodellen zur Evaluation der KI-Modelle - Auswahl von Methoden des maschinellen Lernens (wie z.B. Tiefe Künstliche Neuronale Netze, Support Vector Regression, etc.) - Entwicklung von Schiffsbewegungs- und -ankunftsprognosen auf Basis eines tiefen neuronalen Netzes - Berechnung von Ankunfts wahrscheinlichkeiten für Schiffe im Erfassungsbereich der norddeutschen Bucht für Einfahrten in den Oslebshausener Industriehafen - Entwicklung einer intelligenten Hafenpegelprognose auf Basis eines rekurrenten neuronalen Netzes (LSTM) - Metamodellansätze zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit der Hafenpegelprognosen auf Basis von zukünftigen Schiffsankünften - Bereitstellung der Modellergebnisse über niederschwellige REST-Schnittstellen zur Live-Vorhersage von Pegelständen und Schiffsankunftszeiten 	<p>Durch die Arbeiten im AP3 konnte das Ziel der Entwicklung von Prognosealgorithmen zur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verbesserung von Vorhersage des Wasserstandes hinter der Schleuse zur Abschätzung des notwendigen Wasserausgleiches, - Vorhersage von Schiffsbewegungen zur Abschätzung der notwendigen Schleusungen - und Vorhersage des Schleusenzustandes zur Sicherstellung des sicheren Schleusenbetriebs beim Wasserausgleich erreicht werden.

	<ul style="list-style-type: none"> - Überwachung des Trainingszustandes der datengetriebenen Modelle über geeignete Metriken - Veröffentlichung der Forschungsergebnisse in wissenschaftlichen Fachzeitschriften - Vorstellung der gewonnenen Erkenntnisse auf wissenschaftlichen Konferenzen - Unterstützung bei der Modellierung der Schleusenzustandsprognose und Ableitung des Ist-Zustandes 	
<p>AP 4 „Assistenzsystem Pumpen-/Schleusensteuerung“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung eines Gesamtmodellierungsansatzes auf Basis der Einzelmodellierungen - Integration der datengetriebenen Modelle zur Regelung der intelligenten Pumpen- und Schleusensteuerung über das Dashboard-Assistenzsystem - Unterstützung der Partner und Kommunikation mit dem HBH bei der Entwicklung des Assistenzsystems - Entwicklung eines webbasierten Dashboards zur Visualisierung und Analyse von Daten- und Modellinformationen 	<p>Durch die Arbeiten im AP4 konnte das Ziel Entwicklung eines Assistenzsystems für die Pumpen-/Schleusensteuerung erreicht werden.</p>
<p>AP 5 „Evaluation“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Entwicklung und Dokumentation von Testszenarien zur Beurteilung der Modellgenauigkeiten - Evaluation der datengetriebenen Modelle auf Basis von historischen und Live-Datenbeständen - Unterstützung und Auswertung der Datenanbindung der Modellergebnisse an die Live-Datenschnittstellen - Anpassung und Verbesserung der Modelle durch Nachtrainieren der KI-Modelle anhand von regelmäßig akquirierten Daten 	<p>Durch die Arbeiten im AP5 konnten die im Projekt erarbeiteten Lösungen evaluiert werden.</p>
<p>AP 6 „Dokumentation und Dissemination“</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mitwirkung bei wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Stakeholder-Workshops - Dokumentation der Ergebnisse und des partnerspezifischen Projektfortschrittes 	<p>Durch die Arbeiten im AP 6 konnte das Ziel der Wissensverbreitung und ein Konzept für den Betrieb der entwickelten Ansätze erreicht werden.</p>

2. der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Das Forschungsprojekt Tide2Use umfasste eine Projektsumme von insgesamt 1.372.691,15 €. Der Förderanteil durch das BMDV betrug dabei 61%. Die vom BIBA insgesamt beantragten Fördermittel konnten annähernd wie beantragt verwendet werden. Von der beantragten Fördersumme sind mit etwa 92% die Personalkosten die größte abgerufene Position.

3. der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Zu Beginn des Vorhabens waren die Risiken sowohl im technischen Bereich der Funktionalität der Steuerungsstrategien, in der Verlässlichkeit der Sensordaten sowie der Komplexität der zu verarbeitenden Daten als auch im wirtschaftlichen Bereich der Pumpen- und Schleusenanlage durch unzureichende Nutzerakzeptanz nicht vollends absehbar. So konnte das BIBA durch das Verbundprojekt wichtige Erkenntnisse insbesondere bezüglich des Risikos der Verlässlichkeit von Sensordaten und Modellevaluationen auf Basis maschineller Lernverfahren erlangen. Durch das Forschungsprojekt Tide2Use konnte eine Steigerung der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit durch eine verbesserte Energieeffizienz sowie die Reduktion von Kosten und CO₂-Emissionen erreicht werden:

Der Projektpartner bremenports hat eine umfangreiche Evaluation der Einsparungen von Energie und CO₂-Emissionen durch das Projekt Tide2Use durchgeführt. So konnte gezeigt werden, dass während der Laufzeit des Projekts eine Energieersparnis pro Schleusenvorgang von knapp 20 % erzielt werden konnte. Selbst bei Abzug einer Toleranz, um den Einfluss der Witterung und Schwankungen der Messgrößen zu berücksichtigen, bleibt eine Ersparnis von 17,5 %. Die absolute Ersparnis von 170.000 kWh pro Jahr entspricht dem durchschnittlichen Jahresverbrauch an Strom von 40 Einfamilienhäusern.

Die Ersparnis resultiert nicht nur aus dem aktiven Zuwässern über die Schleuse, das aufgrund des höheren Wasserstandes der Weser insbesondere in den Frühlings- und Sommermonaten möglich ist. Daneben ergibt sich eine Ersparnis aus dem optimierten Pumpeneinsatz, bei dem die Pumpen bei einem möglichst hohen Wasserstand der Weser genutzt werden.

Die tatsächlichen CO₂-Emissionen konnten im Betrachtungszeitraum sogar um 50 % gesenkt werden. Die Einsparung setzt sich zusammen aus den Energieeinsparungen und zusätzlich den geringeren Emissionsfaktoren des tatsächlich bezogenen Stroms.

Sicherheitskonzept für die Bereitstellung der Daten und Modellergebnisse

Zum Schutz der eigenen Hardwareinfrastrukturen und Daten sind beim BIBA die IT-Netzwerke nach außen nur über einen gesicherten Reverse Proxy und dem abhörsicheren Kommunikationsprotokoll HTTPS zugänglich. Durch diese Trennung sind die IT-Systeme vor möglichen Angriffen besser geschützt. Weiterhin sind alle für das Projekt entwickelten Softwareapplikationen in gekapselten Docker-Containern eingebettet worden. Durch restriktive Portfreigaben und virtualisierte Netzwerke sind diese Systeme geschützt.

Gemeinsam mit der IT-Abteilung von bremenports und dem Projektkonsortium ist erarbeitet worden, in welchem Rahmen die Tide2Use-Software in der IT-Umgebung von bremenports installiert werden kann. Der innovative Ansatz des Tide2Use-Projektes hat bremenports dazu bewogen, die Anwendung als cloud-basiertes System zu entwickeln, mit dem Ziel,

Erfahrungen mit diesem Systemansatz zu sammeln und diese gegebenenfalls auf andere Projekte übertragen zu können. Über die oben genannten Technologien können so Informationen, Daten und Modellergebnisse sicher ausgetauscht werden.

4. des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Das im Rahmen des Projektes Tide2Use entwickelte Assistenzsystem soll weiter bei bremenports betrieben und zur intelligenten Schleusensteuerung und Wartung genutzt werden. Die Ergebnisse sollen weiterentwickelt und zur künftigen Steuerung des Hafenspumpwerks verwendet werden. Es folgt eine weitere Prüfung der internen Nutzung der Technologie aus dem Forschungsprojekt bei bremenports.

Ein wissenschaftlicher Anschluss ist im Rahmen des Projektes IW-Net geplant. Es folgt eine Prüfung der Übertragbarkeit der Tide2Use-Technologie auf hafennahe Anwendungsbereiche z. B. Personal- und Ressourcenplanung eines Terminalbetreibers im Industriehafen. Zudem lassen sich Teile der Ergebnisse auf die Problemstellung des EU-Förderprojektes NON-STOP von Niedersachsen Ports übertragen. Basierend auf den Ergebnissen aus Tide2Use wurde eine weiterer Projektantrag bei dem Förderprogramm IHATEC II eingereicht.

Das BIBA wird als wissenschaftliche Einrichtung die Projektergebnisse nicht im wirtschaftlichen Sinn verwerten. Im Rahmen von Modellevaluationen werden die Ergebnisse weiterhin auf der institutsinternen Recheninfrastruktur berechnet und den Beteiligten zur Verfügung gestellt.

Das BIBA wird die im Projekt Tide2Use gemachten Erkenntnisse und Forschungsergebnisse in die universitäre einfließen lassen und auf wissenschaftlichen Konferenzen und Fachtagungen mit Experten diskutieren und austauschen. Im Zuge von zukünftigen Forschungsprojekten ist geplant, die in Tide2Use gemachten Erkenntnisse und Ergebnisse der Datenintegration, Anomaliedetektion und KI-Modellierung von Schiffsankunftsprognosen sowie Schnittstellentechnologien zum Austausch von Daten und Informationen zu nutzen.

5. des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Dem BIBA sind keine vergleichbaren Vorhaben an entsprechenden Anwendungsfällen bekannt.

6. der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

Während und nach der Laufzeit des Forschungsprojektes Tide2Use hat das BIBA gemeinsam mit den Projektpartnern Aimpulse und bremenports das Verbundprojekt bei Veranstaltungen öffentlichkeitswirksam dargestellt und wissenschaftliche Veröffentlichungen publiziert.

IHATEC-Statuskonferenz, Berlin 2019

Zum Austausch mit dem Projektträger und den anderen Projekten im IHATEC-Programm hat das BIBA gemeinsam mit den Verbundpartner im Tide2Use-Projekt gemeinsam an der Statuskonferenz „Innovative Hafentechnologien“ am 18. September 2019 im Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Berlin teilgenommen.

International Conference on Dynamics in Logistics 2020

Im Rahmen der „7th International Conference On Dynamics In Logistics (LDIC 2020)“ ist eine abstrakte Konzeptionierung des Schleusenprojektes Tide2Use als Veröffentlichung eingereicht worden. Die in Bremen stattfindende LDIC ist ein seit 2007 etabliertes wissenschaftliches Forum, in dem sich internationale Experten über aktuelle Entwicklungen auf dem hochkomplexen Feld der Dynamik in der Logistik austauschen (Haasis, Kreowski & Scholz-Reiter, 2008). Der Beitrag „Towards Intelligent Waterway Lock Control for Port Facility Optimisation“ beschreibt die Problematik und den energieintensiven Einsatz der Bewässerung an abgeschleusten Hafenanlagen durch Pumpenanlagen. Neben einer detaillierten Use-Case Beschreibung werden alle relevanten System- und Datenparameter angegeben und erläutert. Die Veröffentlichung zeigt im Wesentlichen die Verknüpfung von Multiagentensystemen und Vorhersagemodellen mittels maschineller Lernverfahren auf. Eine über alle Bereiche hinweg betrachtende Risikoanalyse stellt die Potentiale und Gefährdungen dar. Durch die Integration und Anwendung der verschiedenen zu entwickelnden Systeme werden die Möglichkeiten dargelegt, den Hafenbereich durch den Einsatz eines Assistenzsystems natürlich zu bewässern. Nach der Annahme durch die Gutachter im rigorosen und doppelt-blinden Begutachtungsverfahren ist der Tide2Use-Beitrag in einem Sammelband beim renommierten Wissenschaftsverlag Springer erschienen und hat so eine erhebliche Sichtbarkeit für das Tide2Use-Projekt in der Wissenschaftsgemeinde geschaffen.

Tag der Logistik 2022

Im Rahmen des von der Bundesvereinigung Logistik (BVL) deutschlandweit veranstalteten Tages der Logistik hat das BIBA am 21. April 2022 bei einer Veranstaltung im eigenen Institut der interessierten Öffentlichkeit das Projekt Tide2Use und seine Ergebnisse präsentiert.

Industrie 4.0 Management 2020 und 2022

Gemeinsam mit dem Partner Aimpulse hat das BIBA zwei Beiträge für die Zeitschrift „Industrie 4.0 Management“ zur Begutachtung und Veröffentlichung eingereicht.

- Datengetriebene Modellierung zur intelligenten Schleusen- und Pumpwerksteuerung (2020)
- Intelligentes Assistenzsystem zur energieeffizienten Pumpwerk- und Schleusensteuerung (2022)

Die Industrie 4.0 Management ist eine Fachzeitschrift für die Gegenwart und Zukunft industrieller Geschäftsprozesse. Als inhaltlich führende Fachzeitschrift für das technische Management verfolgt sie eine integrierte Betrachtung von Strategien, Organisation und Rechnereinsatz bei Auftragsdurchlauf und Produktentwicklung.

International Conference on System-Integrated Intelligence 2022

Im Rahmen der „6th International Conference on System-Integrated Intelligence (SysInt 2022)“ hat das BIBA den Beitrag „Towards Challenges and Proposals for Integrating and Using Machine Learning Methods in Production Environments“ eingereicht und in „Advances in System-Integrated Intelligence (2022)“ veröffentlicht. Der Konferenzbeitrag zeigt übergeordnete Herausforderungen auf, die bei der Integration und der Anwendung von Methoden des maschinellen Lernens in Prozessumgebungen auftreten können. Die identifizierten Herausforderungen werden im Hinblick auf verschiedene Problemkategorien bei der Prozessmodellierung betrachtet. Darüber hinaus werden potentielle innovative

Technologien und Methoden aufgezeigt. Dabei hat das Forschungsprojekt Tide2Use wichtige Erkenntnisse dazu beigetragen.

Journal LOGISTICS RESEARCH 2022

Das BIBA hat in „Dynamics in Logistics – Models and Algorithms for Optimisation, Planning, and Control“ den Beitrag “Towards Data-Driven Vessel Arrival Time Forecasting using a Deep Neural Network Cluster (2022)” eingereicht. Der Beitrag stellt einen neuartigen Ansatz zur Vorhersage von Schiffsankunftszeiten mittels eines „Deep-Artificial-Neural-Network-Cluster“ vor.

Inbetriebnahme des Tide2Use-Assistenzsystems 2022

Im Rahmen eines Pressetermins auf der Schleuse in Oslebshausen haben die Projektpartner bremenports, BIBA und Aimpulse am 13. Juni 2022 gemeinsam mit Dr. Claudia Schilling, der Senatorin für Wissenschaft und Häfen der Freien Hansestadt Bremen, das nach Projektende weiterentwickelte Tide2Use-Assistenzsystem in Betrieb genommen. Unter den anwesenden Medienvertretern war auch das regionale Fernsehprogramm von Radio Bremen, so dass eine öffentliche Sichtbarkeit für das Projekt Tide2Use geschaffen wurde.

Eröffnung des Bremer KI-Transfer-Zentrums 2022

Bei der Eröffnung des Bremer KI-Transfer-Zentrums am 7. Juli 2022 im neu erbauten Digital Hub Industry hat das BIBA gemeinsam mit den Projektpartnern Aimpulse und bremenports der interessierten Öffentlichkeit das Projekt Tide2Use und seine Ergebnisse mit einem gemeinsamen Stand präsentiert. Bei der Eröffnung war neben zahlreichen weiteren Vertretern von Politik und Wirtschaft auch Kristina Vogt, die Senatorin für Wirtschaft, Arbeit und Europa der Freien Hansestadt Bremen, beteiligt.

Abschlussarbeit – Masterarbeit 2022

Im Rahmen des Forschungsprojektes Tide2Use ist eine Masterarbeit zur Untersuchung von Einfluss- und Auswirkungsmechanismen von unsicherem Wissen bei der Modellierung von künstlichen neuronalen Netzen entstanden. Die Arbeit trägt den Titel „Einflussfaktoren und Auswirkungen von unsicherem Wissen auf maschinelle Lernverfahren basierte Pegelvorhersagemodelle“. Es ist geplant Teile dieser Arbeit in der wissenschaftlichen Community auf Konferenzen zu veröffentlichen und zu diskutieren.

Literaturverzeichnis

- Abebe, M., Shin, Y., Noh, Y., Lee, S. & Lee, I. (2020). Machine Learning Approaches for Ship Speed Prediction towards Energy Efficient. *Applied Sciences*. 10.3390/app10072325.
- Daigneau, R. (2011). *Service Design Patterns: Fundamental Design Solutions for SOAP/WSDL and RESTful Web Services*. Upper Saddle River, NJ, USA: Addison-Wesley.
- Deutscher Wetterdienst: Model Output Statistics-MIX (MOSMIX)
https://www.dwd.de/DE/leistungen/met_verfahren_mosmix/met_verfahren_mosmix.html Abgerufen am 23.03.2021.
- Günther, E., Lübbecke, M. E. & Möhring, R. H. (2010). Ship Traffic Optimization for the Kiel Canal. In *Proceedings of the Seventh Triennial Symposium on Transportation Analysis (TRISTAN 2010)*.
- Günther, E., Lübbecke, M. E. & Möhring, R. H. (2011). Challenges in Scheduling when Planning 20 Zwischenbericht IHATEC – VERTRAULICH the Ship Traffic on the Kiel Canal. In *Proceedings of the 10th Workshop on Models and Algorithms for Planning and Scheduling Problems (MAPSP 2011)*.
- Haasis, H.-D., Kreowski, H.-J. & Scholz-Reiter, B. (Hrsg.). (2008). *First International Conference on Dynamics in Logistics (LDIC 2007)*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Liebel, O. (2017). *Skalierbare Container-Infrastrukturen*. Bonn, Germany: Rheinwerk Computing. Lübbecke, E., Lübbecke, M. & Möhring, R. (2019). Ship Traffic Optimization for the Kiel Canal. *Operations Research*, 67 (3).
- Luy, M. (2018). *Scheduling von Schleusungsvorgängen: Algorithmen zur Verkehrsoptimierung am Beispiel des Nord-Ostsee-Kanals*. Hamburg, Germany: Diplomica Verlag.
- Reeve, A. (2013). *Managing Data in Motion: Data Integration Best Practice Techniques and Technologies*. Waltham, MA: Morgan Kaufmann.
- Passchyn, W., Coene, S., Briskorn, D., Hurink, J. L., Spijksma, F. C. R. & Berghe, G. V. (2016). The Lockmaster's Problem. *European Journal of Operational Research*, 251 (2), 432–441.
- Richardson, L. & Amundsen, M. (2013). *RESTful Web APIs: Services for a Changing World*. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly & Associates.
- Russell, S. & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3. Aufl.). Prentice Hall.
- Schindler, T.-F., Greulich, C., Bode, D., Schuldt, A., Decker, A. & Thoben, K.-D. (2020). Towards Intelligent Waterway Lock Control for Port Facility Optimisation. In M. Freitag, H.-D. Haasis, H. Kotzab & J. Pannek (Hrsg.), *International Conference on Dynamics in Logistics (LDIC 2020)* (S. 32–41). Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Schindler, T.-F., Bode, D., Greulich, C., Schuldt, A. & Decker, A. (2020). Datengetriebene Modellierung zur intelligenten Schleusen- und Pumpwerksteuerung: Energieeffizienzsteigerung komplexer Hafenanlagen durch den Einsatz maschineller Lernverfahren. *Industrie 4.0 Management*, 2.
- Schindler, T.-F., Bode, D. & Thoben, K.-D. (2022). Towards Challenges and Proposals for Integrating and Using Machine Learning Methods in Production Environments“ in „Advances in System-Integrated Intelligence, Springer-Verlag.
- Schindler, T.-F., Schuldt, A. (2022). Intelligentes Assistenzsystem zur energieeffizienten Pumpwerk- und Schleusensteuerung – Innovative Software-Systeme zur nachhaltigen Energieeffizienzsteigerung komplexer Hafenanlagen. *Industrie 4.0 Management*, 4.
- Schuldt, A. (2011). *Multiagent Coordination Enabling Autonomous Logistics*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel Tide2Use: Intelligente Pumpwerk- und Schleusensteuerung Schlussbericht zum Teilvorhaben „Data Mining und Data Analytics“		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Schindler, Thimo Thoben, Klaus-Dieter	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2022	
	6. Veröffentlichungsdatum	
	7. Form der Publikation Schlussbericht	
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH	9. Ber.-Nr. Durchführende Institution	
	10. Förderkennzeichen 19H18004B	
	11. Seitenzahl 17	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) 10115 Berlin	13. Literaturangaben 18	
	14. Tabellen 1	
	15. Abbildungen 1	
16. DOI (Digital Object Identifier)		
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung <p>Im Industriehafen am rechten Weserufer konzentriert sich rund die Hälfte des Seegüterumschlags der Hafengruppe Bremen-Stadt. An seinen Kajen können nahezu alle Arten von Waren geladen und gelöscht werden – von Baustoffen, Holz und Massengütern über Stahl und Stahlerzeugnisse bis hin zu Containern, Projektladung sowie Fahrzeug- und Anlagenteilen. Der Industriehafen ist ein abgeschleuster Bereich. Er wird über die mehr als 110 Jahre alte, regelmäßig umgebaute und erweiterte Industriefahenschleuse (Oslebshauer Schleuse) erreicht. 1980 wurde die Schleuse deutlich vergrößert und zwischenzeitig immer wieder überholt. Die Hafenmanagement- Gesellschaft bremenports sorgt mit der Unterhaltung der Oslebshauer Schleuse dafür, dass die ankommenden Schiffe den Industriehafen rund um die Uhr erreichen können. Abgeschleuste Hafenbereiche wie der Industriehafen brauchen einen ausreichenden Wasserstand, um sichere nautische Bedingungen zu gewährleisten. Jede Schleusung eines Schiffes ist mit einem Wasserverlust des Industriehafens verbunden. Anders als in Bremerhaven kann der Wasserverlust nicht durch einen Freilaufkanal ausgeglichen werden. Um den Wasserverlust im Industriehafen auszugleichen, ist eine kosten-, zeit- und energieaufwendige Wasserzufuhr durch Pumpen notwendig.</p> <p>Das Projekt Tide2Use (19H18004) wurde vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) im Rahmen des Programms „Innovative Hafentechnologien“ (IHATEC) gefördert. Gemeinsam haben die Verbundpartner des Projekts Tide2Use ein KI-gestütztes Assistenzsystem entwickelt, mit dessen Hilfe der Wasserstand im Hafenbecken energieeffizient ausgeglichen werden kann. Durch vorausschauend geplantes Öffnen und Schließen der Schütze können die Tiden der Weser genutzt werden, um die Wassernachfrage im Industriehafen zu bedienen.</p>		
19. Schlagwörter Maritime Hafenwirtschaft, Schleuse, Hafenbewässerung, Data Analytics, Machine Learning, Deep Learning		
20. Verlag	21. Preis	

Nicht änderbare Endfassung mit der Kennung 1751107-14

Document control sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Veröffentlichung (Publikation)		
3. title Tide2Use: Intelligent pumping station and lock control Final report on the "Data Mining and Data Analytics" sub-project			
4. author(s) (family name, first name(s)) Schindler, Thimo Thoben, Klaus-Dieter		5. end of project 31.03.2022	
		6. publication date	
		7. form of publication Document Control Sheet	
8. performing organization(s) name, address BIBA - Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH		9. originators report no.	
		10. reference no. 19H18004B	
		11. no. of pages 17	
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) 10115 Berlin		13. no. of references 18	
		14. no. of tables 1	
		15. no. of figures 1	
16. DOI (Digital Object Identifier)			
17. presented at (title, place, date)			
18. abstract The industrial port on the Weser concentrates around half of the seaborne cargo handled by the Bremen-Stadt port group. Almost all types of goods can be loaded and unloaded at its quays - from building materials, timber and bulk goods to steel and steel products, containers, project cargo and vehicle and plant parts. It is reached via the industrial port lock (Oslebshausener Schleuse), which is more than 110 years old and has been regularly rebuilt and extended. In 1980, the lock was significantly enlarged and repeatedly overhauled in the meantime. By maintaining the Oslebshausener Lock, the port management company bremenports ensures that arriving ships can reach the industrial port. Locked port areas such as the industrial port need a sufficient water level to ensure safe nautical conditions. Every time a ship is locked, the industrial port loses water. To compensate for the loss of water in the industrial port, a costly, time-consuming and energy-intensive supply of water by pumps is necessary. The Tide2Use project (19H18004) was funded by the German Federal Ministry for Digital and Transport (BMDV) as part of the "Innovative Hafentechnologien" (IHATEC) programme. Together, the joint partners of the Tide2Use project have developed an AI-supported assistance system that can be used to balance the water level in the harbour basin in an energy-efficient manner. By planning the opening and closing of the lock gates in advance, the tides of the Weser can be used to serve the demand for water in the industrial port.			
19. keywords Maritime port industry, lock, port irrigation, data analytics, machine learning, deep learning			
20. publisher			21. price

Nicht änderbare Endfassung mit der Kennung 1754610-2