Abschlussbericht

Baltic Future Port, Lübecks Hafen wird digital

Förderkennzeichen: 165GU056H

Verbundprojekt: BalticFuturePort

Zeitraum: 30.12.2020 – 30.06.2024

Inhalt

Vorwort 2

Einleitung 3

Projektzusammenfassung und öffentlicher Auftrag 4

Beschreibung der einzelnen Teilprojekte betreut durch die Hansestadt Lübeck 7

Weitere Ergebnisse 14

Welchen Einfluss hat die Einführung von 5G auf die vorliegende Digital Strategie? 15

Ergeben sich neue Geschäftsmodelle, die in die Digitalisierungsstrategie übernommen werden sollten? 23

Welchen konkreten wirtschaftlichen Nutzen bietet 5G im Rahmen der einzelnen Teilprojekte und im Kontext zur Digital Strategie? 24

Welchen gesellschaftlichen Einfluss hat das konkrete Vorhaben und welche Auswirkungen sind bei der Implementierung in weiteren Bereichen zu erwarten 26

Wie kann 5G bei dem zukünftig erforderlichen ressourcenschonenden Umgang in der maritimen Wirtschaft beitragen? 28

Kurzfassung Schlussbericht 30

Erfolgskontrollbericht 31

Abbildungsverzeichnis 34

Vorwort

Im Rahmen der Projektdurchführung wurden drei Zwischenberichte erstellt in denen der Projektfortschritt der Teilprojekte der Hansestadt Lübeck und der Lübeck Port Authority dokumentiert wurde. Es folgt nun der Abschlussbericht auf Basis des Projektantrags und den Fragestellungen des Konzeptes „Erarbeitung einer Konzeption zur Einführung von 5G in der Modellregion Hafen Lübeck und Vorbereitung zur eigenfinanzierten oder privatwirtschaftlichen Umsetzung unter Einbindung der Marktbeteiligten“ welches die Grundlage des Projektes „Baltic Future Port“ bildet.

Die Hansestadt Lübeck steht für Transparenz und Öffentlichkeitsarbeit. Der Auftrag an die Konsortialführung war es das Projekt der Öffentlichkeit vorzustellen sowie Ängste vor 5G zu nehmen und Vorurteile abzubauen. Darüber hinaus hatte das Teilprojekt „Smart Ports“ das Ziel herauszufinden inwieweit die 5G Technologie einen positiven Einfluss auf die Digitale Strategie der Hansestadt Lübeck https://www.luebeck.de/files/stadtentwicklung/smart_city/Digitale%20Strategie/1DigitaleStrategiederHansestadtLuebeck_1Fortsc.pdf haben kann.

Die Fragestellungen im Einzelnen waren folgende:

- Welchen Einfluss hat die Einführung von 5G auf die vorliegende Digital Strategie?
- Ergeben sich neue Geschäftsmodelle, die in die Digital Strategie übernommen werden sollten?
- Welchen gesellschaftlichen Einfluss hat das konkrete Vorhaben und welche Auswirkungen sind bei der Implementierung in weiteren Bereichen zu erwarten?
- Welchen konkreten wirtschaftlichen Nutzen bietet 5G im Rahmen der einzelnen Teilprojekte und im Kontext zur Digital Strategie?
- Wie kann 5G bei dem zukünftig erforderlichen ressourcenschonenden Umgang in der maritimen Wirtschaft beitragen?

Im folgenden Bericht wird auf die einzelnen Fragen eingegangen und über die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Projekt „Baltic Future Port“ berichtet. Die Projektwebseite

umfasst weitere Informationen und ist unter folgendem Link verfügbar:
www.luebeck.de/balticfutureport

Einleitung

Der Port of Lübeck ist der am weitesten südwestliche gelegene Hafenumschlagplatz an der deutschen Ostsee. Damit stellt er ein zum Hamburger Hafen nah gelegenes Tor zum Baltikum und Skandinavien über die Ostsee dar. Der Port of Lübeck teilt sich geografisch in drei Haupthafenstandorte auf:

- Stadthäfen
- Mittelhäfen Dänischburg / Siems
- Skandinavienkai / Ostpreußenkai

Die vielfältigen Terminals mit unterschiedlichen Hafenfazilitäten werden von insgesamt 8 Hafenbetreibern betrieben. Gemeinsam sind diese mit der Dachmarke Port of Lübeck organisiert.

Der Skandinavienkai in Lübeck Travemünde wird von der Lübecker Hafen-Gesellschaft mbH (LHG) betrieben und ist gleichzeitig der umschlagstärkste Hafenterminal des Port of Lübeck. 75-80 % der Ladung werden am Skandinavienkai umgeschlagen. Bezüglich der Hafenfläche bietet dieses Terminal nach außen wenig Entwicklungsmöglichkeiten, da direkt angrenzend Naturschutzgebiete, Gewerbeflächen oder Wohnsiedlungen liegen.

Gemäß des Hafenentwicklungsplanes des Hansestadt Lübeck HEP2030 (VO/2023/11950) wird die am Skandinavienkai abzuwickelnde Ladung perspektivisch wachsen. Da auch die Transportbehälter (Schiffe) jetzt und künftig größer werden und damit mehr Ladung transportieren können, kommt es hier zu Belastungsspitzen der Infrastruktur. Gemeinsam mit 10 weiteren Institutionen aus Forschung und Wirtschaft hat die Stadt Lübeck im Programm 5x5G einen Förderantrag zur Durchführung des Projektes Baltic Future Port eingereicht. In diesem Projekt sollten die Möglichkeiten des Mobilfunkstandards 5G im industriellen Maßstab untersucht werden. Als Untersuchungsraum wurde der oben genannte Skandinavienkai des Port of Lübeck ausgewählt.

Vor diesem Hintergrund und den Restriktionen hinsichtlich der externen Flächenentwicklung am Skandinavienkai stellt sich ebenfalls im HEP2030 die Aufgabe, die vorhandenen Hafenflächen noch effizienter zu nutzen, als es heute schon geschieht. Mögliche Ansätze hierbei die Digitalisierung bieten.

Abbildung 1: Übersicht Skandinavienkai

Projektzusammenfassung und öffentlicher Auftrag

Ziel des 5x5G Projektes „Baltic Future Port“ war es, die Leistungsmerkmale der neuen Mobilfunkgeneration 5G für gewerbliche Anwendungen nicht nur pilothaft darzustellen, sondern über das Vorhaben hinaus in einem dauerhaften Regelbetrieb zu nutzen. Darüber hinaus soll das Projekt einen positiven Einfluss auf die Betriebsabläufe des Lübecker Hafens nehmen.

Im Echtbetrieb wurde und wird von der LHG und TT-Line in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule analysiert, inwieweit 5G durch die tägliche produktive Nutzung einen positiven Einfluss auf die Betriebsabläufe des Lübecker Hafens hat. Das geschieht durch praktische Tests wie dem Einsatz eines Unmanned Grounded Vehicle (UGV) im

Teilprojekt „Traileryard“. Hier wird versucht durch den Einsatz eines autonomen Fahrzeugs welches durch Objekterkennung in der Lage ist die Trailer und Container auf dem Skandinavienkai zu identifizieren und einer GPS Position zuzuordnen. Weitere Informationen über das Teilprojekt „Traileryard“ folgen später in diesem Bericht. Ein weiteres Teilprojekt befasst sich mit der Frage, ob 5G im Innenraum eines Schiffes empfangbar ist und somit Daten- und Videoübertragung aus dem inneren eines Schiffes schlusspmöglich macht. Bisherige Technologien wie LTE oder WLAN waren dazu nicht in der Lage. Die Ergebnisse werden in dem Abschlussbericht der Technischen Hochschule dargestellt und erläutert. Im Folgenden wird auf die in den Teilprojekten „Smart Ports“, „Traileryard“, „Trailergate“ und „Zugscannung Intermodel Terminal“ erzielten Erkenntnisse und Ergebnisse eingegangen.

Die Planung des Projektes „Baltic Future Port“ begann im Jahr 2020 mit der Erstellung der Projektskizze durch die Hansestadt Lübeck, der Lübeck Port Authority und dem Unternehmen TITUS Research GmbH aus Wildau. Zunächst wurde analysiert wo ein 5G Campusnetz im Lübecker Hafen am effektivsten einzusetzen wäre und welche Anwendungsfälle den dort ansässigen Firmen helfen könnte ihre Produktivität zu steigern. Für das am besten geeignete Gelände für den Aufbau und den Betrieb eines 5G Campusnetzes wurde der Skandinavienkai ausgewählt. Die dort ansässigen Firmen wurden kontaktiert und es wurden mehrere Projektpartner gefunden welche sich mit einem Teilprojekt am „Baltic Future Port“ beteiligen wollten.

Die Projektpartner waren neben der Hansestadt Lübeck, der Lübeck Port Authority und der TITUS Research GmbH, die Travekom Lübeck, die Lübecker Hafen Gesellschaft mbH, Baltic Rail Gate, TT-Line, die Universität zu Lübeck und die Technischen Hochschule Lübeck.

Nach Fertigstellung und Einreichung des Konzeptes erfolgte ein positiver Bescheid des Fördermittelgebers und es wurde mit der Umsetzung begonnen. Zu diesem Zeitpunkt hatte keiner der Akteure Erfahrungen mit der 5G Technologie und die Travekom welche mit dem Aufbau des 5G Campusnetzes betreut wurde, begann damit sich dieses Wissen anzueignen. Dies geschah zum einen durch die Vergabe für den Aufbau und die Betreuung

eines 5G Campus Netzes an eine externe Firma und zum anderen wurde ein Mitarbeiter geschult.

Die Hansestadt Lübeck übernahm die Konsortialführung durch den Projektleiter Kay Conrad. Es wurden über die gesamte Projektlaufzeit regelmäßige Status-Meetings mit den einzelnen Projektteilnehmen „virtuell“ abgehalten. Die Ergebnisse wurden in dem Projket Tool „Open Projects“ dokumentiert. Einmal pro Jahr fand darüberhinaus ein Meeting in Lübeck statt zu dem alle Projektteilnehme eingeladen wurden und Vorort dem technischen Bearbeiter Herrn Dohse vom VDI/VDE den Projektfortschritt aufzeigten.

Am 19.12.2023 hat auf Veranlassung der LPA ein Workshop „5G-Campusnetz“ am Skandinavienkai mit externer Unterstützung der LHIND (Lufthansa Industrie Solution) stattgefunden, um letztendlich sechs Monate vor Ende des Förderprojekts ein fachliches und technisches Zwischenfazit zu erstellen und ein Arbeitsprogramm für die Restlaufzeit des Projektes zu besprechen und festzulegen. Schwerpunkt des Workshops war es, herauszufinden ob das 5G Campusnetz nach Projektende einen wirtschaftlichen nutzen für den Hafen haben kann.

Eine Kernaussage der LHIND war es, dass es bei einem 5G-Campusnetz grundsätzlich nicht darum geht möglichst viele IoT-Anwendungen innerhalb eines 5G Netzes aufzubauen, sondern Konnektivität herzustellen.

Hierbei stellt sich immer die Frage nach den erforderlichen Sendeleistungen, die für die entsprechenden Anwendungen benötigt wird. Eine wesentliche Erkenntnis der Projektteilnehmer war, dass es einen hohen Mehrwert hat, sich den Standort einer jeden 5G Antenne/Sender genauestens zu betrachten und die Antenne/Sendeleistung entsprechend des definierten Zieles auszusuchen und zu konfigurieren.

In den Abschlussberichten der LHG und der Technischen Hochschule wird auf das Thema 5G Empfang im Schiff und Konnektivität durch 5G detailliert eingegangen.

Im Laufe des Projektes nahm die Konsortialführung an verschiedenen 5G Veranstaltungen, größtenteils ausgerichtet vom Fördermittelgeber teil. Auf der jährlichen 5x5G

Versammlung im Jahre 2022 in Kaiserlautern wurde in einem 5 Minütigem Vortrag über die Zusammenarbeit zwischen den einzelnen 5G Projekten refereiert.

Darüberhinaus wurde durch den Austausch mit anderen 5G Förderprojekten durch die Konsortialpartner ein umfassendes Wissen über den Einsatz und die Möglichkeiten von 5G aufgebaut. Recherchen im Interet auf den Seiten des Bundesminiteriums für Verkehr und Digitale Infrastruktur sowie der Kontakt mit der Initiative „Deutschland spricht 5G“ und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz ind Arbeitsmedizin (baua) halfen dieses Wissen weiter zu vertiefen. Die baua half auch dabei die Gewerkschaft der Lübecker Hafengesellschaft umfassend über 5G aufzuklären und Ängste und Vorurteile über vermeidliche Risiken am Arbeitsplatz abzubauen.

Dem Auftrag der Bekanntmachung der Projektes und der 5G Technolgie wurde durch das produzieren eines Image Films mit der in Hamburg ansässigen Werbefirma „Frischer Film“ nachgekommen. Der Film ist sowohl auf der Projektseite www.luebeck.de/balticfutureport als auch auf dem Youtube Kanal der Hansestadt Lübeck verfügbar.

Eine Anwohnerveranstaltung wurde vor dem Aufbau des 5G Campusnetzes organiseirt und durchgeführt. Dabei wurden alle Anwohner die in unmittelbarer Nähe des Testgeländes wohnten angeschrieben. Diejenigen die der Einladung nachkamen wurde durch einen umfassenden Vortrag durch die initiative „Deutschland spricht über 5G“ und dem Bundesanstalt für Arbeitsschutz ind Arbeitsmedizin die 5G Technologie erklärt. Fragen wurden beantwortet und auf Ängste eingegganen. Am Ende der Veranstaltung haben sich alle Beteiligten sicher geefühlt und es gab keine Protste gegen den Aufbau und den Betrieb des 5G Campusnetzes.

Beschreibung der einzelnen Teilprojekte betreut durch die Hansestadt Lübeck

Wie im Vorwort beschrieben wurden von den Projektteilnehmern Konzepte für die Nutzung von 5G auf dem Skandinavienkai erstellt. Im Folgenden soll nun auf die einzelnen Konzept bzw. die daraus entstandenen Teilprojekte und deren voraussichtlichen Nutzen,

insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen eingegangen werden.

Teilprojekt Traileryard (LPA):

Ziel des Teilprojektes „Traileryard“ war die Optimierung des Lösch- und Ladeprozesses am Skandinavienkai insbesondere im Segment des unbegleiteten Verkehrs. Ein unbegleiteter Verkehr ist der Transport eines Trailers über See ohne die Zugmaschiene. Die Verladung erfolgt durch sogeannte Tugmaster, welche für das Verladen die Zugmaschiene ersetzen. Die Herausforderung besteht hierbei darin, dass neben der LHG als Hafenbetreiber auch Speditionen, als externe Logistikteilnehmer am Umschlagprozess beteiligt sind. Im Rahmen von Workshops zu Beginn des Projektes wurden zunächst die Prozesse bei der Abfertigung unbegleiteter Verkehre genauer mit TITUS Research untersucht. Hier soll zunächst eine kurze Darstellung der Besonderheiten erfolgen:
Liefert eine Spedition eine Ladeeinheit zum Skandinavienkai an, so wird am Hauptgate eine so genannte Blockreihe zur Abstellung des angelieferten Trailers zugewiesen. Die Blockreihen haben jeweils eine Länge von rund 200 bis 300 Metern und bieten damit zahlreiche mögliche Stellplätze an. Genauere Angaben zur Abstellung des Trailers erfolgen nicht. Im günstigsten Fall wird dem Umschlagsbetrieb über das mobile Terminal-Operating-System (TOS) signalisiert, dass der zu verladende Trailer in der Blockreihe XY stehen soll. Ein Umschlagmitarbeiter fährt dann mit einem Tugmaster (Terminalumschlagmaschine) zu der anvisierten Blockreihe und muss die gesamte Reihe absuchen. Die Fahrt erfolgt jedoch aufgrund der Komplexizität der abzugleichenden Zeichen nur in Schritttempo. Im ungünstigen Fall wird der Trailer durch die Spedition jedoch nicht in der zugewiesenen Blockreihe sondern in einer benachbarten oder noch weiter entfernten Blockreihe abgestellt, was zu einer deutlichen Verlängerung der Suchzeit führt. Durch eine genaue Kenntnis darüber, wo sich welcher Trailer stellplatzgenau befindet, wird eine deutliche Verkürzung der Suchzeit unterstellt.
Diese These galt es zunächst basierend auf einer detaillierten Prozessanalyse der Firma TITUS Research und einer anschließenden Simulation der Prozesse zu untermauern. Die

Ergbnisse finden sich in den Zwischenberichten der Firma TITUS Research wieder, die dem Fördermittelgeber vorleigen.
Im Ergebnis der Prozessanalyse und der Simulation kann ein Potenzial zur Verkürzung der Suchzeit von rund 30 Prozent unterstellt werden, sofern die Standorte der zu verladenden Trailer genau bekannt sind. Da bisher noch keine eindeutige Lösung für eine visuelle Kennzeichnung der Stellplätze gefunden wurde, sollte in diesem Teilprojekt durch eine digitale Stellplatzinventur ein der Einzelstellplatzvergabe sehr ähnliches Ziel verfolgt werden, in dem ein unbemanntes Fahrzeug die Identifizierung und Lokalisierung der auf dem Skandinavienkai abgestellten Trailer vornimmt. Dadurch soll das Lagebild der belegten Stellplätze geschärft und die Geneuigkeit der Stellplatzangaben der Trailer erhöht sowie gesichert werden. Die Informationen sollen den Umschlagsmitarbeitern des Hafens zur Verfügung gestellt werden, um die Zeiten zum Suchen der zu verladenden Trailer und damit die Ladezeit der Schiffe zu optimieren. Letztendlich wird durch die Verkürzung der Umschlagzeit ebenfalls die vorhandene Hafenfläche optimialer genutzt, was sich langfristig positiv reduzierend auf den Bedarf externer Erweiterungsflächen auswirken sollte.
Die technischen Herausforderung dieses Teilprojektes im Kontext des Förderprogrammes waren die Echtzeitdatenübertragung, die autonome Orientierung des Fahrzeuges im Testbereich auf dem Skandinavienkai sowie die Erkennung von Trailern anhand der auf ihnen befindlichen Ladecodes (wie z.B. ILU-Code und sonstiger Kennzeichen). Die Trailererkennung und die Lokalisierung haben zuletzt sehr gut und zuverlässig mit einer Erkennungsrate von rund 98-99 Prozent funktioniert. Lediglich die autonome Fahrt und die automatische selbstständige Einbindung des Fahrzeugs in das 5G-Campusnetz und damit die Kommunikation der Daten sollten nun zuletzt optimiert und getestet werden. Die Lübecker Hafen-Gesellschaft hat hierfür bereits eine Schnittstelle definiert und mit TITUS zusammen getestet. Die Darstellung der Standortinformationen im TOS und den mobilen Endgeräten wären nun die nächsten Schritte gewesen. Die Arbeiten waren insgesamt bereits weit vorangeschritten.
Im November 2023 meldete der Projektparner TITUS Research Insolvenz an, welche das Projekt zunächst ausbremste und im März 2024 entgültig stoppte.

Die gesammelten Erfahrungen im Bereich Objekterkennung und autonomen Fahren waren vielfältig. Die hohe Erkennungsrate bei der Objekt- und Zeichenerkennung sorgt für einen zuversichtlichen Blick in die Zukunft. Ersten überschlägigen Simulationen zu Folge, kann eine deutliche Zeitersparnis bei Kenntnis des genauen Stellplatzes der zu verladenden Trailer erreicht werden. Auch die Mitarbeiter des Hafenbetriebs sind grundsätzlich davon überzeugt, dass der Ansatz der automatisierten Stellplatzinventur, wie mit dem UGV vorgesehen, deutliche Vorteile bei der Verladung bringen könnten.

Am 05. April 2024 haben Mitarbeiter der LPA das gesamte Equipment rund um das durch die LPA beschaffte UGV von Wildau aus den Räumlichkeiten der TITUS GmbH zurück nach Lübeck geholt. Im jetzigen Stadium kann jedoch ohne die Mitarbeit von TITUS sowohl das UGV als auch die Objekterkennung nicht von der LPA genutzt werden. Zurzeit wird versucht mit Hilfe des Insolvenzverwalters das neuronale Netz für die Objekterkennung und den Leitstand in den Besitz der Hansestadt Lübeck zu überführen.

Aus Sicht der LPA hätten ohne die Insolvenz des Projektpartners TITUS Research die angepassten Projektziele zu 100% erreicht werden können.

Eine Fortführung des Projektes mit gleichem Ziel und mit neuen Projektpartnern befindet sich gerade in der Klärung. Sofern das neuronale Netz und der Leitstand zurückgewonnen werden können, kann nach Ansicht der LPA das Projekt in kürzester Zeit fortgeführt und zeitnah abgeschlossen werden.

Für die Zukunft ist festzuhalten, dass Teilprojekte in vergleichbaren Forschungsprojekten bei denen mindestens zwei verschiedene Partner wesentliche Teile gleichzeitig bearbeiten, bilaterale Vertragswerke benötigt werden, um wie geschehen im Falle einer Insolvenz klarzustellen, wer welche Rechte hat. Ein solches Vertragswerk würde die Abwicklung solcher Zwischenfälle deutlich vereinfachen.

Teilprojekt Trailergate (LPA)

Vor der Gateline des Südgates am Skandinavienkai befindet sich eine private, jedoch für den öffentlichen Verkehr zugängliche Fläche, auf der LKWs kostenfrei in Abhängigkeit Ihrer

Schiffsabfahrt parken können. Diese Fläche wird insbesondere dafür genutzt, wenn Fahrer:innen zu früh vor der Schiffsabfahrt ankommen, und die Terminalfläche des Skandinavienkais noch nicht befahren dürfen. Darüber hinaus finden dort Anmelde und Buchungsprozesse statt, in dem die Ladeeinheit kurzfristig dort abgestellt wird und die Buchung manuell im Hafenhaus der LHG bei bestimmten Reedereien vorgenommen werden muss. Welche Prozesse jedoch im Detail dort ablaufen, ist derzeit unbekannt.

Da es sich um eine private Fläche handelt, auf der öffentlicher Verkehr stattfindet, ist jedoch insbesondere bei mehreren gleichzeitigen Schiffsabfahrten beobachtet worden, dass diese Fläche nicht leistungsfähig genug ist. Dabei kommt es zu Zeiten der Spitzenbelastungen zu größeren Rückstauereignissen, die bis in die nächstgelegenen Ortschaften mit allen negativen Randerscheinungen reicht. Um dieses Problem stufenweise zu beheben und ein Zufahrtsmanagement zu installieren, hat die LPA das Konzept des so genannten Pregates entwickelt. Dieses soll ermöglichen, viel zu früh in die Pufferzone einfahrende Ladeeinheiten auf eine andere Fläche im Zufahrtsbereich des Skandinavienkais umzuleiten. Für die Umsetzung gilt es jedoch noch ein Folgeprojekten zu entwickeln. Hierfür sind diverse Informationen erforderlich, um die späteren Zugangsberechtigungen für die hafennahe Pufferzone im Bereich des Südgates zu erteilen. Diese Informationen soll vor allem jetzt das Roadgate bzw. Trailergate im Kontext des Projektes Baltic Future Port liefern.
Mit Hilfe des Trailergates sollen einfahrende Ladeeinheiten, die über die Straße angedient werden, gescannt und vermessen werden. Ziel ist die langfristige Optimierung der Abfertigung von Straßenfahrzeugen im Zulauf des Skandinavienkais mit Hilfe des zukünftigen Pregates. Dabei soll festgestellt werden können, welche Ladeeinheit von welchem Spediteur mit oder ohne vorhandener Buchung bei den Reedern am Skandinavienkai antrifft. Mit Hilfe der Informationen wird nicht nur schnell allen Beteiligten klar, welche Ladeeinheiten sich bereits direkt vor dem Umschlagsterminal und damit vor dem Gate-In Prozess befinden. Auch die zeitliche Relation zwischen Ankunft an der

Südgatezone zur gebuchten Schiffsabfahrt wird gemessen, sodass für das spätere Pregate einmal die Definition eines akzeptierten Ankunftszeitpunktes ermöglicht wird.
Diese Information über die Anwesenheit im direkten Hafenvorlauf ist insbesondere für zeitkritische Einheiten wichtig, um zu ermöglichen, dass verspätete LKW noch rechtzeitig das abfahrende Schiff erreichen. Darüber hinaus werden die Ankunftszeiten der Einheiten erfasst und ins TOS übertragen. Nach einer Standdauer der Einheiten von mehr als 3 Tagen werden für die Lagerung Gebühren erhoben.
Als baulicher Bestandteil dieses Teilprojektes wird eine Straßenaufweitung erforderlich, um die Einsehbarkeit und die Verkehrslenkung zu verbessern. Das Roadgate selbst besteht aus einem Stahlgittermast inklusive der Scantechnik und sonstiger erforderlicher Hardware. Durch Corona den über mehrer Monate herschenden Chipmangel und Probleme bei der Abstimmung zwischen der LPH und der LHG wurde das Trailergate bis zum jetztigen Zeitpunk noch nicht aufgebaut. Eine weitestgehende Fertigstellung des Roadgates wird bis Ende Juni 2024 angestrebt. Darüber hinaus werden jedoch noch Restarbeiten erforderlich werden.

Mit Fertigstellung des Roadgates wird bei einem Anteil von über 80 Prozent des Straßenzulaufes an der Gesamtmenge am Skandinavienkai umgeschlagener Ladeinheiten, ein besonderer Vorteil bei der Optimierung der Ladungsabfertigung gesehen. Hier kommen die Vorteile von getrennten Verkehren vor allem auch zahlreichen Passagieren zu Gute, die insbesondere in den Sommermonaten am Skandinavienkai abgefertigt werden. Das Roadgate wird die für das spätere Pregate erforderlichen Daten sammeln, und so zur Weiterentwicklung des leistungsfähigen Skandinavienkai beitragen.

Teilprojekt Zugscannung Intermodal-Terminal

Rund 16-17 Prozent aller unbgleiteten Ladeeinheiten, die am Skandinavienkai umgeschlagen werden, erreichen das Terminal mit dem Güterbahnverkehr am Terminal (ca. 120.000 Einheiten/Jahr). Die Datengrundlage für die Prozesse innerhalb des Terminals Skandinavienkai ist über die Terminal-eigene Logistiksoftware (TOS) der LHG gegeben. Weitere inbound-Daten, insbesondere die Ergebnisse der Zug- und Waggonprüfung sowie die Waggonreihung wurden bis vor Projektbeginn größtenteils manuell mittels mobiler

Endgeräte erfasst. Auch im outbound-Bereich nach der Zugbildung müssen die zusammengestellten Züge z.B. hinsichtlich Wagenreihung und Zustand der Ladung endkontrolliert werden. Auch hier werden mobile Endgeräte zur manuellen Erfassung eingesetzt.

Im Zuge der Prozessoptimierung und Qualitätssteigerung der Geschäftsprozesse wurde ein elektronisches System (Traingate), implementiert und installiert, welches automatisch ein- bzw. ausfahrende Züge von allen Seiten fotografiert und sowohl die Nummern, der auf den Waggons stehenden Einheiten, als auch die Waggonnummern erkennt. Zudem können vorhandene Gefahrgutlabel und viele weitere standardisierte Kennzeichen auf den Ladeeinheiten identifiziert werden. Die erfassten Daten werden via Schnittstelle an unterschiedliche IT-Systeme übermittelt. Logistische und hafenbahntechnische Daten der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und der Transporteure, sowie die Daten des Train-Gate geben den Anwendern die notwendigen Informationen um den Bahnverkehr und das Laden und Löschen der Einheiten auf den Waggon effektiv und priorisiert auszuführen.

Beim Einlaufen der Waggons in das Intermodal-Terminal wird am Railgate die Zugzusammenstellung und damit die Belegung mit Containern/Trailern automatisch mit Kamerasystemen erfasst. Nach der Zugbildung wird die Waggon- und Ladungserkennung (allseitig, Schadenerkennung) ebenfalls mit Kamerasystemen erfasst. Die Daten werden in Echtzeit über 5G in das TOS und an das Stellwerk am Skandianvienkai übertragen.

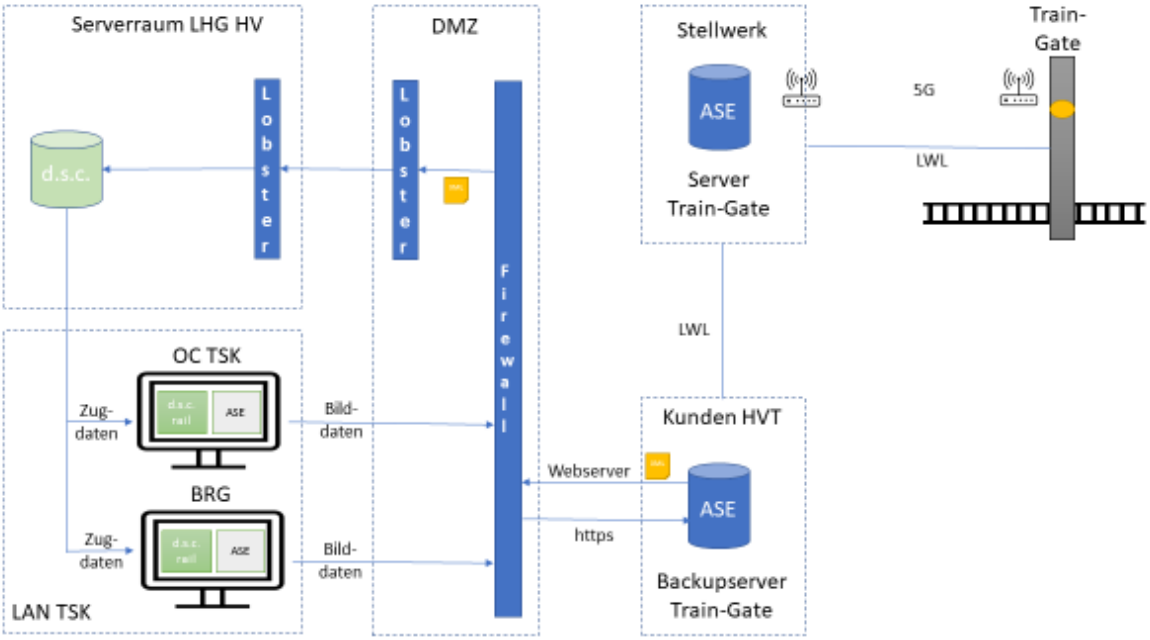

Abbildung 2: Schaubild des Systemaufbauplans der Zugscannung

Die Ergebnisse der Zugscannung sind vielversprechend und die von der Firma ASE installierte Anlage soll mittelfristig in den Regelbetrieb überführt werden. Eine Schnittstelle zum TOS der LHG ist in Arbeit. Die Baltic Railgate verspricht sich durch die Daten eine schnellere Abwicklung der Züge da Informationen die bis dato beim Eintreffen der Züge manuell erfasst werden mussten nun bereits beim Passieren des Traingates automatisch erfasst werden. Mittelfristig kann so das knapp besetze Personal effektiver eingesetzt werden.

Weitere Ergebnisse

Die Universität zu Lübeck und die Technische Hochschule Lübeck haben während der gesamten Projektlaufzeit das 5G Campusnetz am Skandinavienkai wissenschaftlich begleitet. Es wurden sowohl Messungen über die Feldstärke und Verfügbarkeit des Netzes aus der Luft durch den Einsatz modernster Drohnen als auch am Boden durch das Anbringen von Messtechnik an den Tugmastern durchgeführt.

Dazu wurde von der TH Lübeck im Zuge der „28. VDE/ITG Fachtagung Mobilkommunikation - 5G Lösungen und 6G Ausblick“ die Publikation:

https://www.vde-verlag.de/buecher/456094/itg-fb-311-mobilkommunikation-technologien-und-anwendungen.html veröffentlicht.

Die Universität zu Lübeck hat in englischer Sprache die Publikation „Informative path planning using physics-informed Gaussian processes for aerial mapping of 5G networks“ zur Veröffentlichung eingereicht.

Eine detaillierte Zusammenfassung der Publikationen und weitere Ergebnisse und Ausführungen werden von beiden Projektpartnern in ihren jeweiligen Abschlussberichten dokumentiert.

Welchen Einfluss hat die Einführung von 5G auf die vorliegende Digital Strategie?

In der Digitalen Strategie der Hansestadt Lübeck werden 12 Themenfelder behandelt. Die Themenfelder sind in sich vernetzt und bilden keine strickte Abgernzung. Den Fokus für den Einsatz von 5G mit Blick auf die Digitale Strategie liegt im Themenfeld „Digitale Infrastruktur. Hier werden viele Möglichkeiten über den Einsatz unterschiedlicher Infrastrukturnetze thematisiert wie Glasfaserausbau oder Funktnetze. Die Digitale Infrastruktur wird als Daseinsvorsorge verstanden.

Um ein besseres Verständnis von der 5G Technologie und deren Einsatzmöglichkeiten zu bekommen sollen im Foldenden die Möglichkeiten ein 5G Netz professionell zu nutzen und zu betreiben betrachtet werden.

5G Campusnetz vs. 5G Public Slice

Ein 5G Campus Netz ist ein privates 5G-Netzwerk, das für eine bestimmte Organisation oder einen bestimmten Standort (z.B. ein Unternehmen, eine Fabrik eine Universität oder wie im „Baltic Future Port“ einem Hafengelände) eingerichtet wird. Die Nutzung ist „privat“ und lokal begrenzt. Der Aufbau wird von der jeweiligen Firma oder einem externen Unternehmen durchgeführt. Nicht selten wird dabei die eigene Infrastruktur (Masten,

Lampen etc.) genutzt. Das Campus Netz kann für den einzelnen Anwendungsfall konfiguriert werden.

Vorteile eines Campus Netzes sind die hohe Sicherheit und Kontrolle, maßgeschneiderte Netzwerkkonfigurationen, geringe Latenz und hohe Zuverlässigkeit durch dedizierte Ressourcen.

Ein Public Slice eines Mobilfunkunternehmens ist ein virtueller, dedizierter Teil eines öffentlichen 5G-Netzes, der für spezifische Anwendungen oder Benutzergruppen reserviert ist. Dadurch ist der ist der Aufbau einer eigenen Infrastruktur nicht nötig. Das Unternehmen vereinbart mit dem Betreiber die benötigten Geschwindigkeiten (Download, Upload,) die zu verfügung gestellt werden sollen und bezahlt entsprechend für die Nutzung eine Gebühr.

Vorteile eines Public Slice sind die Flexibilität und Skalierbarkeit, da verschiedene Slices unterschiedliche Qualitätsmerkmale bieten können. Netzwerkressourcen werden effizienter genutzt.

Die nachfolgende Tabelle fasst die wesentlichen Vorteile und Unterschiede zwischen einem 5G Campus Netz und einem 5G Public Slice zusammen und zeigt, warum ein 5G Campus Netz einem 5G Public Slice in bestimmten Szenarien wie beispielsweise dem Projekt „Baltic Future Port“ vorzuziehen sein kann

	5G Campus Netz	**5G Public Slice**
Sicherheit	Höhere Sicherheit durch private Nutzung und dedizierte Infrastruktur	Geteilte öffentliche Infrastruktur mit potenziell geringerer Sicherheit
Kontrolle	Volle Kontrolle über Netzwerkkonfiguration und management	Begrenzte Kontrolle, abhängig vom öffentlichen Netzbetreiber
Leistung	Optimiert für spezifische lokale Anforderungen, sehr	Leistung kann variieren, abhängig von anderen Nutzern im öffentlichen Netzwerk.

	niedrige Latenz und hohe Zuverlässigkeit	
Anpassungsfähigkeit	Netzwerkkonfiguration kann maßgeschneidert auf die Bedürfnisse des Unternehmens werden.	Weniger flexibel, da auf vordefinierte Slices des öffentlichen Netzwerks angewiesen.
Skalierbarkeit	Lokale Skalierung entsprechend den spezifischen Anforderungen des Campus möglich	Skalierung innerhalb des öffentlichen Netzes, abhängig von Netzbetreiber
Interferenzen	Geringere Interferenzen, da das Netz privat und lokal begrenzt ist	Höhere Wahrscheinlichkeit von Interferenzen durch andere Nutzer im öffentlichen Netz
Zuverlässigkeit	Sehr hohe Zuverlässigkeit durch dedizierte Ressourcen	Zuverlässigkeit kann schwanken, abhängig von der Last im öffentlichen Netzwerk.
Datenhoheit	Volle Datenhoheit, da alle Daten innerhalb des privaten Netzwerks bleiben	Eingeschränkte Datenhoheit, da Daten über das öffentliche Netz übertragen werden
Kosten	Höhere anfängliche Investitionskosten für Infrastruktur und Betrieb	Geringere Anfangskosten, da bestehende öffentliche Infrastruktur genutzt wird
Einsatzgebiete	Ideal für Industrie 4.0, Häfen, smarte Fabriken, Logistikzentren, Universitäten etc.	Geeignet für allgemeine Anwendungen und spezialisierte Dienste über das öffentliche Netz

Abschließend ist anzumerken das sich im Projekt „Baltic Future Port“ aus den oben gezeigten Unterschieden und dem Umstand das ein Hafen, eine kritische Infstruktur darstellt, für ein 5G Campus Netz entschieden wurde.

5G als Daseinvorsorge

Wie bereits oben erwähnt betrachtet die Hansestadt Lübeck den Zugang zur Digitalen Infrastruktur als Daseinvorsorge. Jeder Einwohner Lübecks soll in der Lage sein an digitalen Angeboten Teilzunehmen oder einfach nur das Internet zu nutzen. Einen Großteil dieser Digitalen Infastruktur liefert der Glasfaserausbau, die Kabelanbieter oder die vorhandenen Leitungen der Telekom. Gebiete die nicht oder noch nicht mit dieser Infrastruktur versorgt sind, in welchen aber ein 5G Empfang herscht, können durch die nahezu identischen Geschwindigkeiten wie die erwähnten Technoligie, versorgt werden. Im Detail wird darauf noch im weiteren Verlauf dieses Berichtes eingegangen.

5G in der Verwaltung verspricht keinen oder wenn nur einen geringen Nutzen. Da die Voretile von 5G im Gegenzug zu LTE in der höheren Geschwindigkeit und der geringen Latenz liegen, finden sie größtenteils nur in der Industie anwendung. Vorstellbar wäre es Sensoren welche große Datenmenge erfassen über 5G an vorhandene Netze anzubinden oder Signalanlagen welche nicht durch Galsfaser erreicht werden können mit dem Vekehrsleitrechner zu verbinden.

Projekte in der Stadt Lübeck in denen 5G einen Nutzen hätte gibt es neben dem „Baltic Future Port zur Zeit keine“. Jedoch gibt es ein in der Zukunft angesideltes Projet im Bereich des autonmen Fahrens wo 5G eine Rollen spielen könnte. Im Nachfolgendem Abschnitt wird auf dieses Projekt und weitere Anwendungsmöglichkeiten von 5G in der Industrie eingegangen.

Einsatz von 5G Technologie am Beispiel eines autonomen Transportservice

Ein aktuelles Projekt der Hansestadt Lübeck befasst sich mit dem Thema „Autonomer Transportservice. Hier soll untersucht werden ob es möglich ist eine Optimierung der Parkplatzauslastung in Lübeck durch das anbieten eines autonomen Schuttelservices auf dem Gelände des Universitätsklinikum Lübecks zu erreichen, scheint ein vielversprechender Kandidat für den Einsatz von 5G. Ein 5G Campusnetz zur Steuerung

und Koordination autonomer Fahrzeuge könnte dem Projekt helfen die enormen Datenmengen zu transportieren und eine Echtzeitüberwachung zu ermöglichen. Ein konkretes Beispiel für die optimierung des Straßenverkehrs wäre die Unterstützung des Fahrzeug-zu-Alles (V2X) Standarts. V2X bezeichnet eine Kommunikationsmethode, bei der Fahrzeuge mit verschiedenen Komponenten ihrer Umgebung in Echtzeit Daten austauschen. Diese Kommunikation kann zwischen Fahrzeugen, der Verkehrsinfrastruktur, Fußgängern und anderen Elementen stattfinden. Durch 5G können Fahrzeuge direkt miteinander kommunizieren. Die Technologie ermöglicht es Autos, Informationen über ihre Geschwindigkeit, Position und Richtung auszutauschen. Dadurch können sie sich gegenseitig vor potenziellen Gefahren wie plötzlichem Bremsen oder Unfällen warnen und so die Sicherheit im Straßenverkehr erhöhen. Ebenso ist das Kommunizieren der Fahrzeuge mit der Verkehrsinfrastruktur möglich. Informationen von Ampeln, Verkehrsschildern und Straßenüberwachungssystemen können von den Fahrzeugen erfasst und dem Fahrer übermittelt werden. Diese Kommunikation hilft dabei, den Verkehrsfluss zu optimieren, indem Fahrzeuge Informationen über Ampelphasen oder Baustellen erhalten und entsprechend reagieren können.

Die Fahrzeuge kommunizieren mit zentralen Netzwerken und den Anschluss an digitale Infrastruktur wie z.B. der Smart City Platform über 5G. Dies ermöglicht den Zugang zu umfassenden Verkehrsdaten, Navigation in Echtzeit, Wetterinformationen und anderen relevanten Daten, die über ein zentrales Netzwerk bereitgestellt werden. Ebenso können die Fahrzeuge mit den Fußgängern und Fahradfahreren interagieren. Beispielsweise kann diese Kommunikation über mobile Apps oder tragbare Geräte realisiert werden, die Fußgänger und Fahradfahrer tragen. Fahrzeuge können so Fußgänger und Fahradfahrer an Kreuzungen oder in Gefahrenbereichen erkennen und den Fahrer entsprechend warnen.

In einer Smart City können die Fahrzeuge darüberhinaus mit verschiedenen Geräten und Sensoren, die in der Umgebung installiert sind kommunizieren bzw. Informationen erhalten. Dies kann beispielsweise Sensoren zur Überwachung der Straßenbedingungen oder Parkplätze umfassen. Ziel ist es eine erhöhte Verkehrssicherheit und einen verbesserten Verkehrsfluss zu erreichen. Verkehrsteilnehmer können potenzielle Unfälle

vermeiden und schneller auf gefährliche Situationen reagieren. Fahrzeuge können effizienter navigieren, indem sie aktuelle Informationen über den Verkehr und die Straßensituation nutzen, was zu einer Reduzierung von Staus und Verzögerungen führt. Reduzierung von Krafstoffverbrauch und dadurch geringere Emmisonen kann durch effizientere Fahrten und optimierte Routenplanung gelingen. Insgesamt bietet V2X das Potenzial, den Verkehr sicherer, effizienter und umweltfreundlicher zu gestalten, indem es eine nahtlose Kommunikation zwischen verschiedenen Verkehrselementen ermöglicht. Ob diese Technologie mit einem 5G Campus Netzt betrieben werden kann, müßte zunächst evaluiert werden.

Einsatz von 5G Technologie am Beispiel Industrie 4.0.

Um den wirtschaftlichen Teil der Digital Strategie genauer zu betrachten konzentiert sich der nächste Abschnitt auf die Arbeit 4.0 bzw. Industrie 4.0.

Der Einsatz von 5G in der Industrie 4.0 kann einen enormen Fortschritt, in der Art und Weise, wie Produktionsprozesse gesteuert und optimiert werden schaffen.

Einleitend muss jedoch erwähnt werden das sich die Vorteile von 5G auf die drahtlose Kommunikation und den Einsatz von mobilen Entgeräten sowie der drahtlosen Kommunikation zwischen Drohnen, Robotern und Maschienen beschränkt. Es gibt durchaus Prozesse und Produktionsabläufe wo herkömmliche Funktechnologien völlig ausreichend sind um den Bedarf zu decken und eine Verbesserung durch 5G nicht gegeben ist.

Industrie 4.0, auch bekannt als die vierte industrielle Revolution, zeichnet sich durch die Integration moderner Informations- und Kommunikationstechnologien in die Fertigung aus. Diese Technologien ermöglichen die Schaffung von intelligenten Fabriken, in denen Maschinen und Systeme miteinander kommunizieren und kooperieren, um den gesamten Produktionsprozess zu optimieren.

In der Industrie 4.0 sind vernetzte Maschinen und Systeme ein zentraler Bestandteil. 5G ermöglicht die nahtlose drahtlose Kommunikation zwischen diesen Maschinen, was zu

einer verbesserten Koordination und Effizienz führt. Durch die Echtzeitüberwachung können Produktionsprozesse kontinuierlich optimiert und Engpässe schnell identifiziert und beseitigt werden. Sensoren, die in Maschinen eingebaut sind, sammeln kontinuierlich Daten über Betriebszustände. Diese Daten können in Echtzeit analysiert werden, um präventive Wartungsmaßnahmen zu ergreifen und Ausfallzeiten zu minimieren. Ein sogennanter „digitaler Zwilling" wie er auch im Projekt Baltic Future vorkommt ermöglicht den Betrieben in Echtzeit den Betriebablauf zu überwachen und spezielle Szenarien virtuell mit realen Parametern zu testen ohne die Maschienen zu überlasten oder zu beschädigen und dadurch Produktionprozesse zu optimieren und Engergie zu sparen.

Die Automatisierung spielt hier eine Schlüsselrolle und 5G ist der Enabler für fortschrittliche Automatisierungslösungen. Autonome Fahrzeuge und Maschienen können durch 5G-Netze miteinander und mit zentralen Steuerungssystemen kommunizieren, was die Koordination komplexer Aufgaben ermöglicht. Dies ist besonders in der Montage von Vorteil, wo Präzision und Geschwindigkeit entscheidend sind.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil von 5G ist die erhöhte Flexibilität und Skalierbarkeit. Durch die drahtlose Kommunikation können Produktionslinien und einfach an veränderte Anforderungen angepasst werden und sogar deren Standorte innherhab der Organisation verändert werden, ohne dass umfangreiche Hardwareanpassungen erforderlich sind. Dies ist besonders wichtig in einer Zeit, in der sich Märkte und Kundenbedürfnisse schnell ändern. 5G ermöglicht es Unternehmen, ihre Produktion flexibel zu skalieren und neue Produkte schneller auf den Markt zu bringen.

Auch in der Logistik und Lagerhaltung spielt 5G eine wichtige Rolle. Mit 5G vernetzte autonome Fahrzeuge und Drohnen können als „Schwarm" Lagerhäuser effizienter verwalten und Pakate oder andere Packstücke sortieren und für den weitertransport autonom vorbereiten. Durch die hohe Geschwindigkeit und die geringe Latenz können die Maschienen unterinander kommunizieren und in nahezu Echtzeit agieren, was die Effizienz und Genauigkeit in der Lagerhaltung erhöht.

Predictive Maintenance ist ein weiterer wichtiger Anwendungsbereich von 5G in der Industrie 4.0. Durch die kontinuierliche Überwachung von Maschinenzuständen können Wartungsbedarfe frühzeitig erkannt und geplant werden, bevor es zu Ausfällen kommt. 5G Sensoren sammeln Daten über Vibrationen, Temperatur und andere Betriebsparameter und senden diese in Echtzeit an zentrale Analysesysteme. KI-Algorithmen analysieren die Daten und identifizieren Anomalien, die auf bevorstehende Probleme hinweisen. Dies ermöglicht eine präventive Wartung, reduziert Ausfallzeiten und verlängert die Lebensdauer der Maschinen.

5G unterstützt auch den Einsatz von Augmented Reality (AR) und Virtuell Reality (VR) in industriellen Anwendungen. AR kann verwendet werden, um Wartungs- und Reparaturanweisungen in Echtzeit auf die Sicht des Technikers zu projizieren, wodurch Reparaturzeiten verkürzt und Fehler minimiert werden. VR kann für die Schulung von Mitarbeitern und die Simulation von Produktionsprozessen genutzt werden, um neue Arbeitsabläufe zu testen und zu optimieren, bevor sie in der realen Welt implementiert werden.

Trotz der vielen Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten stehen Unternehmen bei der Implementierung von 5G in der Industrie 4.0 auch vor Herausforderungen. Die hohen Kosten für die Infrastruktur und die Notwendigkeit, bestehende Systeme zu integrieren, können Hindernisse darstellen. Zudem müssen Unternehmen sicherstellen, dass ihre Netzwerke vor Cyberangriffen geschützt sind, da die zunehmende Vernetzung auch das Risiko von Sicherheitsvorfällen erhöht.

Die Zukunftsperspektiven für 5G in der Industrie 4.0 sind jedoch äußerst vielversprechend. Mit der fortschreitenden Entwicklung von 5G-Technologien und der zunehmenden Verfügbarkeit von 5G-Netzen werden die Kosten voraussichtlich sinken und die Implementierung einfacher und zugänglicher werden. Unternehmen, die frühzeitig in 5G investieren, können einen Wettbewerbsvorteil erlangen und ihre Produktionsprozesse auf ein neues Effizienzniveau heben.

Der Einsatz von 5G in der Industrie 4.0 bietet eine Vielzahl von Vorteilen und eröffnet neue Möglichkeiten für die Automatisierung, Optimierung und Digitalisierung von Produktionsprozessen. Durch die hohe Geschwindigkeit, geringe Latenz und hohe Zuverlässigkeit von 5G können Unternehmen ihre Effizienz steigern, Kosten senken und flexibler auf Marktanforderungen reagieren. Während es noch Herausforderungen zu bewältigen gibt, ist das Potenzial von 5G in der Industrie 4.0 enorm und wird die Zukunft der industriellen Produktion maßgeblich prägen.

Ergeben sich neue Geschäftsmodelle, die in die Digitalisierungsstrategie übernommen werden sollten?

Für die LPA Lübeck ergeben sich in verschiedenen Bereichen Geschäftsmodelle durch das Projekt Baltic Future Port. Ein wesentlicher Aspekt ist das Teilen und der Verkauf von Daten. Die LPA hat durch die Teilprojekte Railgate und Roadgate eine interesannte Einnahmequelle erschlossen. Fotos die von den einfahrenden Zügen gemacht werden und durch eine Künstliche Inteligenz ausgewertet werden, sollen an die Zugbetreiber bzw. Speditionen verkauf werden. Durch das wiederholte Einfahren der Züge und passieren des Railgates kann der Zustand der Waggons, Trailer, Container etc. dokumentiert, beobachtet und ausgewertet werden. So kann die KI beispielsweise erkennen ob sich ein Riss in einem Container vergrößert und so eine Reperatur in kürze notwendig macht.

Das Sammeln von Nichtpersonenbezogenen Daten und deren Verkauf wird in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit zunehmen und eine weitere Einnahmequelle für Städte und Kommunen darstellen. Das Datennutzungsgesetz (DNG) https://www.gesetze-im-internet.de/dng vom 16.07.2021wird derzeit angepasst. Ob die von der LPA gesammelten Daten unter die „hochwertigen Datensätze fallen und dementspreched nicht verkauft werden dürfen befindet sich aktuell noch in der Klärung. Nichtsdestotrotz soll ein weiteres „geschäfts“ Modell der LPA beleutet werden.

Smart Harbour Plattform (APP)

Ein weitere Anwendungfall als Modul innerhalb der Smart City Infrastruktur ist die geplante „Smart Harbour Plattform“ welche alle hafenspezifschen Daten sammelt die sowohl frei verfügbar als auch zum verkauf angeboten werden könnten. Der Businesscase hier ist sowhl den Zulauf und Ablauf zum Hafen effizienter zu gestalten als auch die Standzeiten der LKWs in Hafennähe zu verkürzen und das abstellen von Fahrzeugen in Anwohnernähe zu reduzieren.

Die entwicklung einer App welche LKW Fahrern und Speditionen zur Verfügung gestellt werden würde wäre eine Möglichkeit den Zu und Ablauf zu den Hafenterminals zu digitaliesieren. Dadurch könnte das aktuelle Geschehen auf dem Hafengelände in Echtzeit erfasst und an die Speditionen und Fahrer weitergegeben werden. Somit kann präzise angeben werden wann Sie mit Ihren LKWs frühestens am Hafengelände eintreffen sollen um den Abfertigungsprozess zu optimierne und die Warte bzw. Standzeiten zu minimiren. Mit solchen genauen Daten erhöhnt sich auch die Effiziens im Bereich der von Folgefahrten der Speditionen. Zudem würde das niedrige Verkehrsaufkommen und die verrrigente Anzahl von LKWs welche gleichzeitig in Hafennähe oder in Wohngebieten stehen einen positiven Effekt für die Anwohner haben.

Welchen konkreten wirtschaftlichen Nutzen bietet 5G im Rahmen der einzelnen Teilprojekte und im Kontext zur Digital Strategie?

Während der Projektzeit standen zwei Themen immer wieder im Fokus der Hafenbetriebe, Kommunikation und Konnektivität. Um einen geregelten Be- und Entladeprozess zu gewährleisten ist eine Störungsfreie und schnelle Kommunikation zwischen den einzelnen Umschlagsbeteiligten unverzichtbar. Jeder der an der Be- und Entladung der Züge und Schiffe beteiligt ist, muss auf die gleichen Informationen in Echtzeit zugreifen können und diese, wenn erforderlich, und die entsprechenden Rechte zur Verfügung stehen, auch bearbeiten können (bidirektional). 5G kann eine Verbesserung im Gegensatz zu den aktuell im Einsatz befindlichen Funktechnologien bieten (WLAN/LTE). Durch die hohe Bandbreite und niedrige Latenz von 5G können verschiedene Geräte und Sensoren im Hafen

miteinander vernetzt werden. Das Terminal Operating System (TOS) dient hier als „Datensee“ für alle Informationen. Dadurch entsteht eine nahtlose Kommunikation zwischen verschiedenen Systemen und verbessert die Datenerfassung, Datenverarbeitung und Datenanalyse.

Im Teilprojekt „Digitaler Zwilling Baltic Rail Gate“ wird durch die Überwachung des Live Betriebes durch Kameras und Sensorik im Zusammenspiel mit dem Terminal Operation System (TOS) durch das Bündeln und gezielte Bereitstellen von relevanten Informationen eine Prozess Verbesserung bei der Be-und Entladung von Zügen erreicht und die anfallende Arbeit kann ressourcenschonender erfüllt werden. Weiter Informationen werden in dem Abschlussbericht der Baltic Rail Gate bereitgestellt.

Mit 5G können Hafenbetreiber ihre Prozesse optimieren und effizienter gestalten. Dies umfasst beispielsweise das Teilprojekt „Digitaler Zwilling“ in dem die Steuerung von Logistik- und Lagerungsprozessen optimiert wird. Der Schichtleiter der Forstproduktehalle bekommt relevante Informationen über Packstücke sowie die aktuellen und geplanten Verladungen und kann so effektiver planen und eventuelle Verzögerungen im laufenden Betrieb erkennen und entsprechende Maßnahmen zu Problemlösungen von seinem Arbeitsplatz einleiten, welcher sich nicht in, sondern vor der Halle befindet. Näher beleuchtet wird das Projekt in dem Abschlussbericht der LHG.

Die Verwaltung von Fracht- und Lieferketten sowie die Überwachung von Anlagen und Ausrüstungen in Echtzeit ist ein weiterer Schritt der in naher Zukunft umgesetzt werden soll.

5G bildet eine wichtige Grundlage für die Einführung autonomer Technologien, wie z.B. autonome Fahrzeuge, Kräne oder Drohnen. Diese können dazu beitragen, die Effizienz weiter zu steigern, die Sicherheit zu verbessern und die Betriebskosten zu senken. Autonome Maschinen und Fahrzeuge werden in Zukunft in vielen Bereichen der Wirtschaft eine wichtige Rolle einnehmen. Die 5G Technologie bietet ein zuverlässiges Funknetzwerk welches durch hohe Ausfallsicherheit und geringe Latenz bei hohen

Übertragungsgeschwindigkeiten eine solide Basis für viele autonome Prozesse bilden kann. Zudem kann sie viele verschiedene Sensoren und Maschinen miteinander vernetzen.

Im Teilprojekt „Traileryard“ wird wie in diesem Bericht bereits ausführlich beschreiben mit Hilfe eines autonomen Fahrzeuges (UGV) eine Bestandsaufnahme der Stellplätze auf der Hafenfläche vorgenommen. Hierdurch kann durch wegfallende Suchzeiten von Trailern bei der Verladung eine Effizienzsteigerung von bis zu 30% erreicht werden.

Ein digitalisiertes und technologisch fortschrittliches Firmenmanagement, das durch 5G unterstützt wird, macht unter anderem den Hafen für Unternehmen attraktiver. Dies kann dazu beitragen, neue Investoren anzuziehen, den Handel zu fördern und die Wettbewerbsfähigkeit der Region zu stärken.

Die Nutzung von 5G kann als Motor für Innovationen dienen und neue Geschäftsmöglichkeiten schaffen. Durch die Integration von IoT-Geräten, KI-Systemen und anderen fortschrittlichen Technologien können neue Dienstleistungen und Geschäftsmodelle entstehen, die das Wirtschaftswachstum im Lübecker Raum ankurbeln.

Insgesamt trägt die Implementierung von 5G im Hafenumfeld dazu bei, die Effizienz, Konnektivität, Sicherheit und Attraktivität des Hafens zu verbessern, was wiederum positive Auswirkungen auf die lokale Wirtschaft und die Digital Strategie der Stadt Lübeck hat.

Welchen gesellschaftlichen Einfluss hat das konkrete Vorhaben und welche Auswirkungen sind bei der Implementierung in weiteren Bereichen zu erwarten

Die Bürger: innen der Hansestadt Lübeck stehen dem wirtschaftlichen Nutzen von 5G größtenteils neutral gegenüber. Eine angebotene Informationsveranstaltung für die Bewohner die in unmittelbarer Nähe zum Skandinavienkai und somit zum Versuchsgelände für das 5G Campus-Netzt leben, wurde von weniger als 20 Leuten besucht. Kontaktiert wurden im Vorfeld ca. 400 Haushalte.

Ein weiteres Angebot der Stadt im Rahmen der Digitaltage, bei dem eine Fahrt durch den Hafen und damit verbundene Informationsveranstaltung für das Projekt „Baltic Future Port“ und das 5G Campus Netzt, wurde wegen einer zu geringer Zahl von Anmeldungen

abgesagt. Eine Erkenntnis, wie bei vielen Digitalisierungsprojekten ist, dass die Bürger: innen erst dann Interesse bekunden, wenn ein direkter Vor oder-Nachteil für die einzelne Person entsteht.

Ein Vorteil von 5G im Vergleich zu Beispielweise LTE ist das, das Risiko der Überlastung eines Netzes durch eine hohe Anzahl an gleichzeitig eingewählten Endgeräten in einer Funkzelle deutlich reduziert wird. Die Aussage „Ich habe kein Netz“ gehören mit 5G der Vergangenheit an.

Die Verfügbarkeit von 5G-Diensten und -Technologien kann dazu beitragen, digitale Kluften zu überbrücken und die Teilhabe aller Bürger: innen an der digitalen Gesellschaft zu fördern. Dies ist besonders wichtig in ländlichen oder abgelegenen Gebieten, wo traditionelle Breitbandverbindungen möglicherweise nicht verfügbar sind. 5G kann einen herkömmlichen Internetanschluss im Haushalt ersetzen. Voraussetzung hierfür sind attraktive Preismodelle der Anbieter.
Durch das voranschreiten der Digitalisierung und den damit verbundenen Neuerungen wie beispielweise 5G werden neue Arbeitsplätze geschaffen und bestehende Arbeitsplätze müssen entsprechend „transformiert“ werden. Damit die Transformation gelingt, erfordert es eine Umschulung und Weiterbildung der Arbeitskräfte, um mit den neuen Anforderungen Schritt zu halten.
Die Effizienzsteigerung durch 5G kann auch positive Auswirkungen auf die Umwelt haben, indem sie Ressourcen spart und die CO2-Emissionen verringert. Zum Beispiel können intelligente Energie- und Verkehrssysteme die nicht an das Glasfasernetz angeschlossen werden können über 5G mit dem Verkehrsleitrechner kommunizieren. Solche Systeme können dazu beitragen, den Energieverbrauch zu optimieren und den Verkehr zu reduzieren sowie den öffentlichen Nahverkehr durch Optimierung der Fahrpläne attraktiver zu machen.
Der wirtschaftliche Nutzen von 5G und die damit verbundenen gesellschaftlichen Auswirkungen tragen dazu bei, Innovationen anzustoßen und die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Lübeck zu stärken. In Deutschlang sind durch die verschiedenen Fördermaßnahmen im Bereich 5G viele spannende und zukunftsweisende Projekte und

Reallabore entstanden. Sie zeigen sowohl in Bereichen wie der Rettung und Medizin aber auch wie im Baltic Future Port, im Hafen, dass der Einsatz von 5G eine Prozessverbesserung und somit eine Effizienzsteigerung ermöglichen kann. Bei der Implementierung von 5G in weiteren Bereichen der Wirtschaft sind ähnliche Auswirkungen zu erwarten. Branchen wie Transport, Fertigung, Landwirtschaft und Einzelhandel können von den Vorteilen von 5G in Bezug auf Effizienz, Konnektivität und Innovation profitieren und damit die Gesellschaft insgesamt positiv beeinflussen.

Wie kann 5G bei dem zukünftig erforderlichen ressourcenschonenden Umgang in der maritimen Wirtschaft beitragen?

Schiffe werden mehr und mehr mit Sensoren ausgestattet um deren Wartungsintervalle zu optimieren und bei der Einsparung von Treibstoff zu unterstützen. Viele Schiffe sind also bereits „digitalisiert". Ein nächster Schritt wäre der „Smarte Hafen". Eine Kommunikation zwischen den Schiffen und den Sensoren bzw. den Be-und Entladern im Hafen. Die Prozesse an Bord der Schiffe und im Hafen könnten aufeinander abgestimmt werden. 5G kann die Schnittstelle für die Kommunikation bilden und die Daten zwischen den Schiffen und dem Hafen können über ein 5G Campus Netz sicher und schnell übertragen werden. Somit können Prozesse verbessert werden und dadurch effizienter und energiesparender gearbeitet werden.

5G-basierte Systeme können auch den Energieverbrauch in Häfen überwachen und optimieren, indem sie beispielsweise den Strombedarf der Beleuchtung und der Ladungseinrichtungen dynamisch anpassen. Darüber hinaus können intelligente Hafenlogistiksysteme den Verkehr im Hafenbereich steuern. Wie es im Teilprojekt „Trailergate" bereits angedacht ist.

Ein weiteres Beispiel aus dem Baltic Future Port ist das „Traileryard", bei dem die Suchzeiten der Tugmaster reduziert werden, da durch das UGV ein genauer GPS basierte Stellplatz der Ladeeinheiten ermittelt wird und somit die eine zielgenaue Anfahrt bei der Verladung ermöglicht wird.

Ein weiter Schritt wäre es die gesamte Logistikkette inklusive dem Transport über die Straße und Schiene mit den Ankünften und Abfahrten der Schiffe zu synchronisieren. LKW-Fahrer könnten ihre Geschwindigkeit auf die aktuelle Situation anpassen und so Kraftstoff sparen. Der Zulauf zum Hafen könnte kontrolliert werden und somit würden lange Schlangen und Staus vor den Einfahrten reduziert oder ganz vermieden werden. Auch hier könnte 5G die Basis für die Kommunikation bilden und die Daten zwischen dem am Hafen betriebenen 5G Campus Netz und den von den Telekommunikationsanbietern betriebenen 5G Netzen ermöglichen.

Darüber hinaus wäre es möglich die Verfolgung bzw. das Tracken von Reederei-Einheiten wie Trailern, Containern etc. mittels IoT (Internet of Things) -Geräten, die über LTE oder 5G vernetzt sind zu realisieren. Diese Geräte können den Standort, die Temperatur und andere relevante Parameter in Echtzeit überwachen und bei Überschreitungen von Grenzwerten sowohl die Fahrer der LKWs, der Crew der Schiffe als auch den Empfänger der Waren informieren. So können z.B. verderbliche Waren optimal gelagert und transportiert werden,

Eine aktuelle Idee, die, die LPA im Rahmen eines Infrastrukturprojektes verwirklichen will, ist der Einsatz einer Echtzeit-Einparksensorik für Schiffsanlegemanöver mittels 5G. Hier ist u.a. die Echtzeitanforderung welche 5G bietet, zwingend erforderlich, weil die Kapitäne beim Anlaufen in die Anleger sofort die Abstandsmessungen zu den einzelnen festen Einbauten des Anlegers visualisiert zur Verfügung gestellt bekommen müssen. Wenn dies gelingt kann durch die effizientere „Einparktechnik“ z.B. Schäden an den Kaianlagen durch das Anlegen der Schiffe reduziert werden und somit ein Beitrag durch höhere Reparatur Intervalle an den Kaianlagen zur Ressourcenschonung im Hafen geleistet werden. Eine Projektierung der LPA erfolgt derzeit.

Abschließend kann man sagen das die Einführung von 5G in der maritimen Wirtschaft zahlreiche Möglichkeiten bietet, den ressourcenschonenden Umgang und die Nachhaltigkeit zu verbessern. Von der Optimierung der Schifffahrt über smarte Häfen und Umweltüberwachung bis hin zur Digitalisierung der Lieferketten und dem Einsatz nachhaltiger Energiequellen. 5G kann als Katalysator für eine umfassende Transformation im Bereich der Logistikdigitalisierung dienen. Während die Implementierung von 5G mit

Herausforderungen verbunden ist, insbesondere hinsichtlich der Infrastrukturkosten und der Datensicherheit, überwiegen die potenziellen Vorteile. Durch eine strategische Planung und Zusammenarbeit zwischen öffentlichen und privaten Akteuren kann die maritime Wirtschaft erheblich von den Möglichkeiten profitieren, die 5G bietet, und einen wichtigen Beitrag zum Umweltschutz und zur Ressourcenschonung bieten.

Kurzfassung Schlussbericht

Das Projekt Baltic Future Port hat wie viele Forschung und Entwicklungsprojekte mehrere Phasen durchlebt, geprägt von Erfolgen und Misserfolgen. Die Corona Pandemie hat mehrere Teilprojekte verlangsamt und ausgebremst. Alle Projektbeteiligte haben immer vollen Einsatz gezeigt und die Bereitschaft die anvisierten Ziele zu erreichen. Das 5G Campusnetz wurde wie geplant aufgebaut, getestet und betrieben. Weitere Informationen zum Aufbau und Betrieb des 5G Campusnetzes finden sie in dem Abschlussbericht der Travekom Lübeck. Ein Projektpartner musste die Insolvenz anmelden bevor das Teilprojekt abgeschlossen werden konnte. Die bis dahin erzielten Ergebnisse waren jedoch vielversprechend und die Teilprojekte „Traileryard“ und „Leitstand mobile Systeme“ soll in abgewandelter Form nach Abschluss des Projektes Baltic Future Port fortgeführt werden.

Abschließend bleibt zu erwähnen das 5G eine vielversprechende Funktechnologie ist die im Bereich des Hafens zu Einsparungen und Verbessrungen führen kann. Entscheidend ist es den richtigen Anwendungsfall zu identifizeiren und die optimale Technologie einzusetzen. 5G kann durch seine vielen Vorteile gegnüber den vorangegangenen Funktechnologien die richtige Wahl sein jedoch sollte man für jede geplante Anwendung auch andere Möglichkieten wie WLAN, LoRaWAN oder LTE in betracht ziehen. Entscheidend ist die Konnektivität zwischen einzelnen Technologien und Anwendungen zu erkenen und zu nutzen.

Erfolgskontrollbericht

Fragestellung	Antort auf die Fragestellung	Refferenz zu der Fragestellung
Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen des Förderprogramms, den wissenschaftlichen oder technischen Erfolg des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen	Die Förderpolitischen Ziele in Bezug auf die Infrastruktur wurde durch den Aufbau eines privates Campusnetz eingehalten. Es wurde ein 5G Campusnetz durch die Travekom Lübeck aufgebaut welche, durch eine öffentliche Ausschreibung den Auftrag für die Infrastruktur an die Firma Mecsware vergeben hat. Es wurde mit allen beteiligten Projektpartner erforscht inwiefern sich 5G im Hafen einsetzen lässt um Verbesserungen zu erzielen und die Betriebsabläufe zu optimeren. Ein weiterbetrieb des 5G Campusnetzes und der weiteren Erforschung und optimierung durch die Universiät zu Lübeck und der Technischen Hochschule Lübeck wird zur Zeit diskutiert. Eine Vorhersage über die Ergbisse der Gespräche läst sich nicht machen.	Siehe Erfolgskontrollbereicht Bericht der Travekom
Die Einhaltung des Finanzierungs- und Zeitplans (ggf. Erläuterung von Abweichungen	Der Finanzierungsplan wurde eingehalten. Das Projekt wurde aufgrund der Corona Pandemie um 6 Monate Kostenneutral verlängert.	Siehe Zwischenbericht 2023/2024
Die Verwertbarkeit der Ergebnisse (Lizenzen u. a.) und die Verwertungsmöglichkeiten	Das von der Travekom aufgebaut 5G Campus Netz ist durch entsprechende Lizenzen für die nahe Zukunft gesichert. Abschließend muss noch geklärt	Siehe Erfolgskontrollbereicht Bericht der Travekom

	werden ob für die Hafenbetreiber eine sinvolle wirtschaftliche Nutzung gegeben ist.	
Die Fortschreibung des Verwertungsplans. Diese soll, soweit im Einzelfall zutreffend, Angaben zu folgenden Punkten enthalten (Geschäftsgeheimnisse des ZE brauchen nicht offenbart zu werden)	Wie bereichts erwähnt befindet sich die Fortführung noch in der Klärung. Inwiefern einzelne Teilprojekte vortgeführt werden muss noch evaluiert werden.	Siehe Abschnitt: Beschreibung über dem voraussichtlichen Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen
Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom ZE oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, sowie deren Standortbezogene Verwertung (Lizenzen u. a.) und erkennbare weitere Verwertungsmöglichkeiten	Es gibt keine Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen	Keine weiteren Angaben
Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) – z. B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber onkurrenzlösungen,		

Nutzen für verschiedeneAnwendungergruppen/-industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben soweit die Art des Vorhabens dies zulässt), Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) –u. a. wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z. B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u. a. einzubeziehen.	Die in dem Teilprojekt Zugscannung gesammelten Daten sollen kommerziell genutz werden. Es wird zunächst eine Kooperation zwischen der Lübecker Port Authoroty (als Besitzer der Daten) der Lübecker Hafengesellschaft und der Baltic Rail Gate (als Nutzer der Daten) angestrebt. Ebenso könnten die Betreiber der Züge und der Waggons ein potenzieller Kunde für Versicherungsrelevante Daten werden.	Siehe Absatz: Smart Harbour Hub dieses Berichtes
Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse	Wie bereits erwähnt hat die Insolvenz von TITUS Research das Teilprojekt Traileryard welches extrem vielversprechende Ergebnisse geliefert hat, zurückgeworfen. Eine Nutzung der Technik und der Ergabnisse scheint nicht ausgeschlossen aber zum jetzigen Zeitpunkt nicht realisierbar. Ein Anschlussprojket wird zur Zeit von der LPA evaluiert.	Siehe Absatz:Teilprojekt Traileryard (LPA) dieses Berichtes

Die Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben	In jedem Teilproprojekt wurde ein Ergbnis erzielt.	Keine weiteren Angaben

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht Skandinavienkai 4

Abbildung 2: Schaubild des Systemaufbauplans der Zugscannung 14

i.A. Dr. Stefan Ivens

_____

Datum Unterschrift