

MACHBARKEITSSTUDIE ZUM "DIGITALEN KV- TERMINAL DER ZUKUNFT"

Endbericht (Sachbericht)

Endbericht: Machbarkeitsstudie zum „digitalen KV-Terminal der Zukunft“

Autoren:

Julia Stephan
Martin Schwemmer
Lina Harispuru

Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Arbeitsgruppe für Supply Chain Services SCS

Axel Bagszas
Bagszas Industrial Logistics

Projektpartner:

Bayernhafen GmbH & Co. KG, TriCon Container-Terminal Nürnberg GmbH,
CNA Center for Transportation & Logistics Neuer Adler e.V.

Projektlaufzeit: 18 Monate, August 2019 – Dezember 2020

Gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
1 Übersicht.....	5
2 Motivation und Ziel des Forschungsvorhabens	6
2.1 Die Rolle des Terminals in der Transportkette des kombinierten Verkehrs	6
2.2 Ziele und Vorgehensweise des Projekts	7
2.3 Partner im Projekt	8
3 Kernprozesse im Terminal	10
3.1 Vorgehensweise	10
3.2 Straßenseitiger Abwicklungsprozess	10
3.3 Schienenseitiger Abwicklungsprozess	12
3.4 Terminalinterne Planungsprozesse – Gleisbelegungsplanung	13
3.5 Terminalinterne Planungsprozesse – Kranweg- und Stockplanung	14
4 Identifizierte Schwachstellen und Lösungsansätze	16
4.1 Vorgehensweise	16
4.2 Schwachstellen und Lösungsansätze im straßenseitigen Abwicklungsprozess	16
4.3 Schwachstellen und Lösungsansätze im schienenseitigen Abwicklungsprozess	18
4.4 Schwachstellen und Lösungsansätze Gleisbelegungsplanung	18
4.5 Schwachstellen und Lösungsansätze Kranweg- und Stockplanung	19
5 Quick-Check der identifizierten Lösungen	22
5.1 Vorgehensweise	22
5.2 SWOT Zeitfenstermanagementsystem.....	22
5.3 SWOT OCR-Kameragate Straße	23
5.4 SWOT OCR-Kameragate Schiene	23
5.5 SWOT Unbemanntes Luftfahrzeug/Drohne mit OCR-Kamera	24
5.6 SWOT Fahrerlose Transportsysteme/Automated Guided Vehicle (AGV)	25
6 Marktscreening Lösungsansätze.....	26
6.1 Vorgehensweise	26
6.2 Marktscreening Ergebnisse	26
7 Evaluierung und Implementierung ausgewählter Lösungen	28
7.1 Vorgehensweise	28
7.2 Evaluierung Straßengate	28
7.3 Evaluierung Containerscanning mit Drohne (UAV)	31
8 Digitales KV-Terminal der Zukunft	32
8.1 Vorgehensweise	32
8.2 Ergebnisse der Expertengespräche	32
8.3 Zukunftsbild „KV-Terminal der Zukunft“	35
8.4 Fazit und Ausblick für weitere Forschungsarbeiten	37
9 Übersichtstabelle Lösungen und Anbieter.....	39
10 Literaturverzeichnis	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Zeitplan der Arbeiten.....	5
Abbildung 2 Transportkette des kombinierten Verkehrs	6
Abbildung 3 Projektskizze	8
Abbildung 4 Straßenseitiger Abwicklungsprozess.....	11
Abbildung 5 Schienenseitiger Abwicklungsprozess.....	12
Abbildung 6 Gleisbelegungsplanung	14
Abbildung 7 Kranweg-/Stockplanung	15
Abbildung 8 Installiertes Straßengate an der Ausfahrt des Terminalgeländes	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 9 Kostenvergleich Manueller Check vs. Straßengate	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 10 Operativer Vergleich Manueller Check vs. Straßengate	31
Abbildung 11 Zukunftsskizze "digitales KV-Terminal der Zukunft"	35
Abbildung 12 Terminalprozesse im "digitalen KV-Terminal der Zukunft"	36
Abbildung 13 Akteure im Umfeld eines KV-Terminals.....	38

1 Übersicht

Angaben zur Einhaltung der Kosten und Zeitplanung

Für die Durchführung des Forschungsvorhabens wurden insgesamt 18 Monate angesetzt (ca. Juli 2019 – Dezember 2020).

Die nachfolgende Grafik zeigt den Zeitplan der Arbeiten. Das Vorhaben gliedert sich in die folgenden Arbeitspakete:

- Prozessaufnahme und -modellierung
- Schwachstellen-/Potenzialanalyse und Identifikation von Lösungsansätzen
- Bewertung der Lösungsansätze
- Marktscreening bestehender Lösungsansätze
- Evaluierung und Implementierung ausgewählter Lösungen
- Zukunftsbild „KV-Terminal der Zukunft“
- Dokumentation des Projekts

Abbildung 1 Zeitplan der Arbeiten

Jahr	2019					2020													
	Kalendermonat	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP I - Prozessaufnahme																			
AP II - Schwachstellen-/Potenzialanalyse und Identifikation von Lösungsansätzen																			
AP III - Bewertung der Lösungsansätze																			
AP IV - Marktscreening der Lösungsansätze																			
AP V - Evaluierung und Implementierung ausgewählter Lösungsansätze																			
AP VI - Terminal der Zukunft																			
AP VII - Dokumentation																			

Ein Zwischenbericht mit dem Stand des Forschungsprojekts wurde im Juni 2020 an das Bayerische Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr übermittelt.

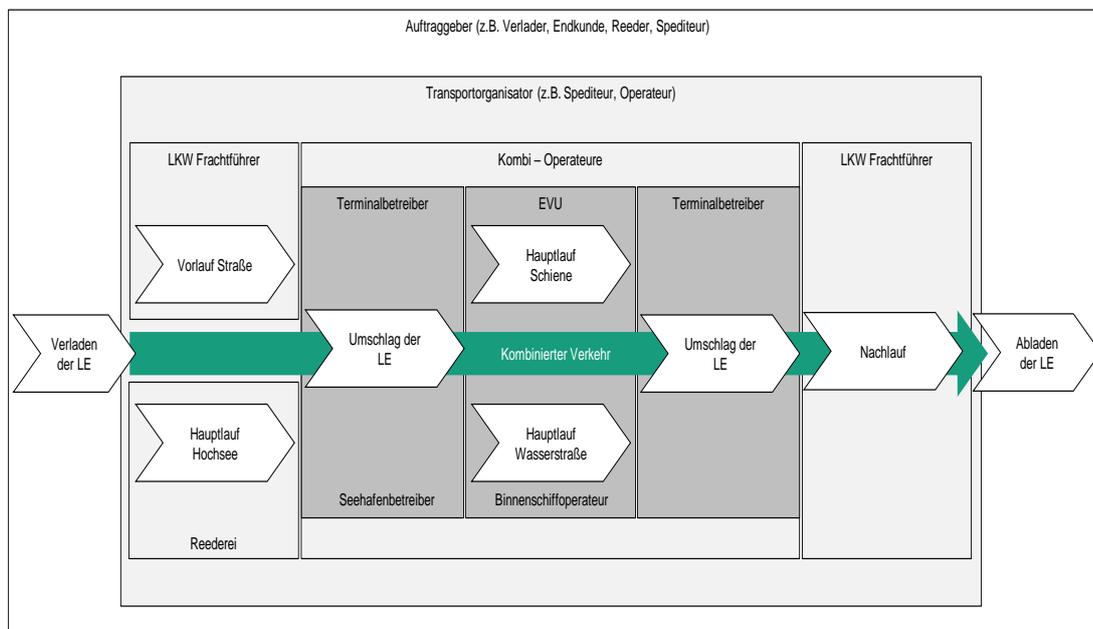
2.1

Die Rolle des Terminals in der Transportkette des kombinierten Verkehrs

Im Kombinierten Verkehr (KV) werden Waren in standardisierten Ladeeinheiten (Container, Wechselbrücke oder Sattelanhänger) auf unterschiedlichen Verkehrsträgern (Straße, Schiene, Wasserstraße) transportiert. Dies ermöglicht es, die Vorteile der verschiedenen Verkehrsträger zu nutzen. Im kombinierten Verkehr kann grundsätzlich in kontinentalen KV und in Seehafen-Hinterland-Verkehr unterschieden werden (DIN SPEC 91073:2018-04).

Die nachstehende Abbildung 1 zeigt eine beispielhafte Transportkette des kombinierten Verkehrs. Die Transportkette im kontinentalen kombinierten Verkehr kann in Vorlauf, Hauptlauf und Nachlauf unterteilt werden. Terminals stellen die Schnittstelle zwischen den unterschiedlichen Beteiligten in der Transportkette des kombinierten Verkehrs dar, indem sie die Verkehrsträger verknüpfen und einen Umschlag der Ladeeinheiten zwischen den Transportmitteln ermöglichen. Im Vorlauf werden standardisierte Ladeeinheiten mittels LKW zu einem KV-Terminal transportiert und entweder direkt auf einen anderen Verkehrsträger umgeschlagen oder zwischengelagert. Im Hauptlauf werden die Ladeeinheiten zur größten Distanzüberbrückung auf der Schiene oder Wasserstraße weitertransportiert. Im Nachlauf übernimmt in der Regel wieder ein LKW den Transport zur Zieldestination.

Abbildung 2 Transportkette des kombinierten Verkehrs



Quelle: Eigene Darstellung nach SGKV

Die Effizienz des kombinierten Verkehrs ist abhängig von dem Zusammenspiel der Akteure des kombinierten Verkehrs. Folgende Akteure können in der Transportkette des kontinentalen, kombinierten Verkehrs beteiligt sein (vgl. ERFA KV, 2019, S.10):

Motivation und Ziel des
Forschungsvorhabens

- Spediteur: Zuständig für die komplette Transportorganisation, Beauftragung weiterer Anbieter
- KV/Kombi-Operateur: Organisiert den kombinierten Verkehr im Auftrag des Spediteurs, Bündelung von Transportrelationen, Beauftragung EVU
- Terminalbetreiber: Zuständig für den Umschlag der Ladeeinheiten zwischen den Verkehrsträgern, Zusatzleistungen wie Zwischenabstellung, Zollabfertigung
- Frachtführer/Fuhrunternehmen: Zuständig für die physische Transportdurchführung im Vor- und Nachlauf per LKW
- Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU): Zuständig für die physische Transportdurchführung (Hauptlauf) auf der Schiene im Auftrag des KV-Operateurs
- Binnenschiffoperateur/Binnenreederei: Zuständig für die physische Transportdurchführung (Hauptlauf) auf der Wasserstraße

Abhängig von der Lage der Terminals und ihrer Anbindung an die Verkehrsträger, kann zwischen Terminals in den Seehäfen und Binnenterminals unterschieden werden. Weiterhin ist eine Unterscheidung zwischen bimodalen und trimodalen Terminals möglich. Während bimodale Terminals eine Anbindung an die Verkehrsträger Straße und Binnenschiff bzw. Straße und Wasserstraße aufweisen, sind trimodale Terminals an drei Verkehrsträger (Straße, Wasserstraße, Schiene) angeschlossen.

Die Beförderungsmenge im Schienengüterverkehr betrug im Jahr 2018 354,43 Mio. Tonnen (Destatis, Verkehr aktuell, Fachserie 8, Reihe 1.1). Das Güterverkehrsaufkommen im kombinierten Verkehr wird von 2010 bis 2030 laut Prognosen um knapp 80 % steigen. Dieser Anstieg ist durch die bestehenden Umschlagsanlagen nicht zu bewältigen (BMVI, 2018, Kombiniertes Verkehr – die Zukunft ist intermodal). Flächenerweiterungen von Terminals können in der Regel jedoch nicht kurzfristig umgesetzt werden oder sind aufgrund von Bebauungen der Umgebung nicht realisierbar. Eine weitere Herausforderung für KV-Terminals ist die zunehmende Schwierigkeit, geeignetes Fachpersonal zu finden. Maßnahmen zur Digitalisierung und Automatisierung der Terminalprozesse bieten eine Möglichkeit, die Effizienz des Terminalbetriebs kurz- bis mittelfristig zu steigern. Eine höhere Transparenz in den Prozessen und mehr verfügbare Prozessinformationen ermöglichen eine Optimierung der Ressourcenplanung und des Ressourceneinsatzes im Terminal.

2.2

Ziele und Vorgehensweise des Projekts

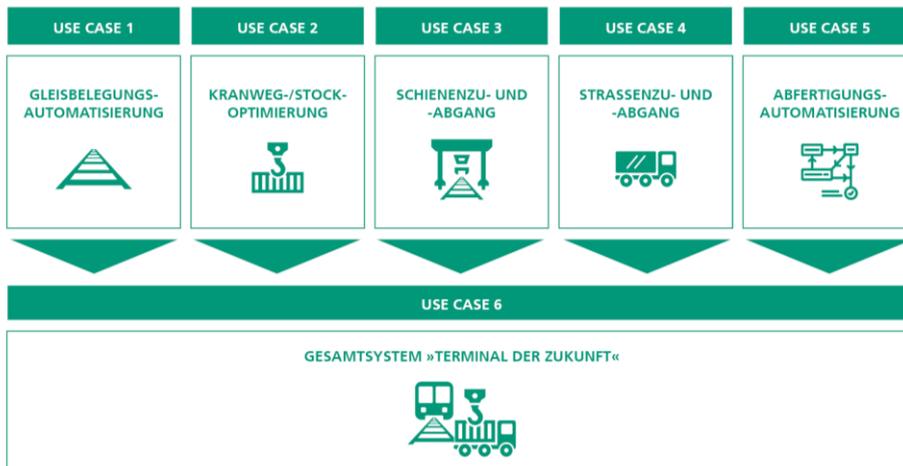
Ziel des Forschungsprojekts ist die Prüfung und Evaluierung unterschiedlicher Digitalisierungsansätze zur Optimierung der operativen Prozesse eines KV-Terminals. Durch das Aufzeigen der betriebswirtschaftlichen und technologischen Potenziale soll eine Effizienzsteigerung durch einen höheren Automatisierungsgrad, steigende Prozesstransparenz sowie eine höhere Planungssicherheit im KV-Terminal erreicht werden. Die Prozessverbesserungen sollen einen Beitrag zur Steigerung der Attraktivität des kombinierten Verkehrs leisten und damit die Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße zur Schiene unterstützen.

Das Projektvorhaben gliedert sich in sechs sog. Use Cases (also praxisorientierte Anwendungsfälle), dargestellt in Abbildung 2. Die Use Cases 1-5 betrachten unterschiedliche Ansatzpunkte zur Steigerung der Digitalisierung und Automatisierung in der Gleisbelegungsplanung inkl. ETA-Bestimmungen (ETA = Estimated Time of Arrival)

der Züge (Use Case 1), den Umschlags- und Zwischenlagerprozessen (Use Case 2), den schienenseitigen (Use Case 3) und straßenseitigen (Use Case 4) Abwicklungsprozessen, sowie den terminalinternen Planungsprozessen (Use Case 5). Der sechste Use Case integriert die betrachteten Ansatzpunkte und Lösungen in ein ganzheitliches Konzept und blickt in die Zukunft zum „digitalen KV-Terminal der Zukunft“ (Use Case 6).

Motivation und Ziel des Forschungsvorhabens

Abbildung 3 Projektskizze



Quelle: Eigene Darstellung

Konkret ergeben sich im Projekt die folgenden Arbeitspakete:

- Aufnahme und Modellierung aller relevanten Terminalprozesse
- Identifikation von Schwachstellen bzw. Optimierungspotenzialen in den Prozessen
- Recherche nach verfügbaren Lösungsansätzen und Priorisierung in Abstimmung mit den Praxispartnern
- Quick-Check/Bewertung der identifizierten Lösungen
- Ggf. Begleitung des Praxispartners (Terminalbetreiber) bei der Implementierung ausgewählter Lösungen bzw. Evaluierung bereits implementierter Lösungen
- Durchführen von Expertengesprächen mit weiteren Terminalbetreibern
- Zusammenfassen der Ergebnisse und Konzepterstellung des „digitalen KV-Terminals der Zukunft“

2.3

Partner im Projekt

Das Projekt wird vom bayernhafen Nürnberg und dem TriCon-Container Terminal in Nürnberg begleitet. Die Aufnahme der Prozesse, Analyse der Potenziale, Erhebung der Anforderungen sowie die Implementierung und Evaluierung einzelner Lösungsbausteine erfolgt im Rahmen des Projekts am Beispiel des TriCon-Containerterminals Nürnberg.

Die bayernhafen GmbH & Co. KG hat mit Aschaffenburg, Bamberg, Nürnberg, Roth, Regensburg sechs Logistikstandorte in Bayern. Mit 800 Hektar Gesamthafenfläche und

rund 400 ansässigen Unternehmen mit mehr als 13.000 Beschäftigten bildet der bayernhafen eines der leistungsstärksten Logistik-Netzwerke in Europa. Als Standort-Architekt entwickelt bayernhafen unternehmens- und standortübergreifend Strategien, investiert in Infrastruktur und erschließt in Zusammenarbeit mit den Hafensiedlern neue Wertschöpfungspotenziale.

Motivation und Ziel des
Forschungsvorhabens

Die *TriCon Container-Terminal Nürnberg GmbH* vermarktet eine trimodale Umschlagsanlage im bayernhafen Nürnberg, welches die Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasser verknüpft. Das Terminal besitzt 17 Hektar Betriebsgelände und eine Gesamtkapazität von bis zu 350.000 Ladeeinheiten pro Jahr (Container, Wechselbrücken, kranbare Sattelaufleger). Für den schienenseitigen Umschlag sind aktuell zwei Module mit jeweils zwei Portalkränen vorhanden, welche auf insgesamt zehn Umschlagsgleisen Ladeeinheiten umschlagen. Weiterhin ist für den Umschlag im Hafenbecken sowie für Umstapelungen von Ladeeinheiten ein mobiles Umschlagsgerät (Reach Stacker) vorhanden. Neben dem reinen Umschlag von Ladeeinheiten werden weitere Dienstleistungen im TriCon-Terminal Nürnberg angeboten: Bremsprobenvorrichtung, Kühl- und Heizcontainerversorgung, Agenturleistungen für Operateure, Organisation von Vor- und Nachlauf, Vollcontainerdepot und Zollamtsplatz.

Neben dem Terminal TriCon Nürnberg wurden weitere Terminalbetreiber sowie ein Eisenbahnverkehrsunternehmen in Deutschland im Rahmen von Expertengesprächen befragt und konsultiert. Die Ergebnisse aus den Interviews werden insbesondere für die Konzepterstellung des „digitalen KV-Terminals der Zukunft“ in Use Case 6 verwendet.

Zur Verbreitung der Projektergebnisse an ein Fachpublikum wird das Logistiknetzwerk *CNA Center for Transportation and Logistics Neuer Adler e.V.* in das Projektvorhaben eingebunden. Unter der Zielsetzung „Intelligenz für Verkehr und Logistik“ gestaltet die Kompetenzinitiative CNA e.V. seit 1996 die Zukunft im Bereich Verkehr und Logistik aktiv mit. Ziel des CNA e.V. ist die Stärkung und Weiterentwicklung der Wettbewerbsposition der Branche Verkehr und Logistik und die intensive Vernetzung von Wirtschaft und Wissenschaft in diesem Themenfeld. Der CNA e.V. blickt auf eine über 20-jährige Erfolgsgeschichte zurück und repräsentiert heute mit über 140 aktiven Mitgliedern und über 650 Kompetenzpartnern wesentliche Akteure aus der Branche Verkehr & Logistik innerhalb und außerhalb Bayerns. Ziel ist es, durch die Bildung von starken Netzwerken die Wettbewerbsposition unserer Mitgliedsfirmen zu stärken und auszubauen (CNA Center for Transportation and Logistics Neuer Adler e.V.). Durch die Einbindung des CNA soll gewährleistet werden, dass die Projektergebnisse über Veranstaltungen und Messen einer breiten (Fach-) Öffentlichkeit verfügbar gemacht werden.

Ein weiterer im Projekt hinzugezogener Experte ist Axel Bagszas von *Bagszas Industrial Logistics*, welcher das Projekt inhaltlich mit Expertise aus dem Bereich Logistik und Kombiniertes Verkehr unterstützt. Bagszas Industrial Logistics fokussiert die nachhaltige Optimierung logistischer Prozesse unter Nutzung digitaler 4.0 Lösungen. Die Kompetenz des Unternehmens basiert auf langjährigen Erfahrungen in den Bereichen logistischer Dienstleistungen und Industrie sowie einem zuverlässigen, belastbaren Netzwerk erfahrener Partner.

Kernprozesse im Terminal

3.1

Vorgehensweise

Um einen Überblick über die Abläufe in einem KV-Terminal zu erhalten, erfolgte eine Aufnahme und Modellierung der Terminalprozesse bei der TriCon Container-Terminal Nürnberg GmbH. Die Prozessaufnahme wurden vor Ort durchgeführt. Mittels Prozessbegehungen sowie Experteninterviews wurden die Prozesse aufgenommen und mit Hilfe von Prozessmodellen visualisiert. Weiterhin wurde für jeden Prozessschritt eine Detailbeschreibung angefertigt. Diese benennt den benötigten Input für den Prozess, die spezifischen Aktivitäten im Prozessschritt sowie den Output des Prozesses. Weiterhin werden die für die Prozessausführung benötigten personellen und sachlichen Ressourcen aufgezählt.

Die Kernprozesse im Terminal setzen sich zusammen aus dem straßenseitigen Abwicklungsprozess, dem schienenseitigen Abwicklungsprozess sowie Prozessen zur internen Ressourcenplanungen. Dazu gehören die Gleisbelegungsplanung und die Kranweg- und Stockplanung (Abstellflächenplanung). Im betrachteten Terminal spielt der Umschlag von Ladeeinheiten zwischen Binnenschiff und Terminal aufgrund der geringen Anzahl umzuschlagender Ladeeinheiten nur eine untergeordnete Rolle. Aus diesem Grund wurde auf eine spezifische Prozessbeschreibung des wasserstraßenseitigen Umschlags verzichtet.

Im Folgenden werden die spezifischen Terminal-Prozesse erläutert und mit Hilfe von Swimlane-Ablaufdiagrammen visualisiert.

3.2

Straßenseitiger Abwicklungsprozess

Im straßenseitigen Abwicklungsprozess können grundlegend zwei Prozessvarianten unterschieden werden: die Anlieferung einer Ladeeinheit (z. B. Container) und die Abholung einer Ladeeinheit.

Der Prozess startet mit der Ankunft des Frachtführers/LKW-Fahrers im Terminalgelände. Der Fahrer sucht sich eigenständig einen freien Parkplatz, parkt und verlässt sein Fahrzeug zur Anmeldung im Terminal. Bei der Anlieferung einer Ladeeinheit zum Umschlag inspiziert ein Terminalmitarbeiter, der sog. Checker, die Ladeeinheit und erfasst das Check-Protokoll. Im Check-Protokoll werden u. a. folgende Informationen erfasst:

- LKW Kennzeichen
- Nummer der Ladeeinheit (LE)
- Plombennummer und -zustand (falls vorhanden)
- Informationen bezüglich Gefahrgut (falls zutreffend)
- sichtbare Schäden der Ladeeinheiten
- Checkdatum und Zeit

Die Erfassung dieser Daten erfolgt im betrachteten TriCon Terminal mittels eines mobilen Tablets. Die Informationen werden an das Terminal Operating System (TOS) übermittelt. Die Erfassung vorhandener Schäden an der Ladeeinheit ist notwendig, damit das Terminal bei gegebenenfalls später auftretenden Haftungsfragen bestätigen kann, dass diese

Schäden nicht entstanden sind, während sich die Ladeeinheit in der Verantwortung und Haftung des Terminals befunden hat.

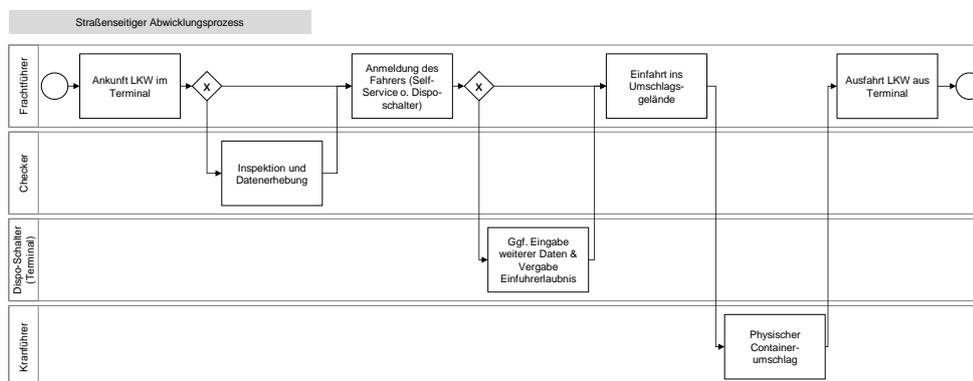
Die Anmeldung des Frachtführers im Terminal ist entweder über mehrere auf dem Terminalgelände verteilte Selbstbedienungs-Terminals oder an einem Dispositions-Schalter im Bürogebäude des Terminals möglich. Abhängig davon, ob es sich um eine Anlieferung oder Abholung einer Ladeeinheit handelt, werden bei der Anmeldung unterschiedliche Daten erfasst. Bei einer LE-Anlieferung werden LKW-Kennzeichen und Informationen zum Frachtführer aufgenommen und das im vorherigen Prozessschritt erfasste Check-Protokoll kann durch den Frachtführer abgerufen und ausgedruckt werden. Anschließend geht der Frachtführer zum Dispositions-Schalter. Die Daten aus dem Check-Protokoll werden aufgerufen und um weitere Informationen ergänzt, beispielweise Gewicht, Gefahrgut und Zollpapiere.

Handelt es sich um die Abholung einer sich im Terminal befindlichen Ladeeinheit, gibt der LKW-Fahrer zur Anmeldung, neben seinen Daten, die Identifikationsnummer der abzuholenden LE ein, um die Legitimation zur Abholung zu prüfen. Die Verfügbarkeit einer Ladeeinheit im Terminal kann über ein vom Terminal bereitgestelltes Web-Portal („Log-On“) abgerufen werden. Somit hat der Frachtführer die Möglichkeit, bereits vor Anfahrt zum Terminal zu prüfen, ob die abzuholende LE bereits im Terminal eingetroffen ist.

Das Terminalpersonal am Dispositions-Schalter prüft fortlaufend die Auslastung im Umschlagsgelände des Terminals, erteilt den angemeldeten Frachtführern die Erlaubnis zur Einfahrt ins Umschlagsgelände und weist ihnen den, über das TOS ermittelten, Halteplatz für den Umschlag zu. Bei sehr hoher Auslastung der Module kann das Dispositionspersonal einen Einfuhrstopp bzw. Blockabfertigung anweisen.

Nach Erhalt der Einfuhrerlaubnis fährt der Frachtführer in das Umschlagsgelände ein. An einer Kameraschranke zwischen Terminalparkplatz und Umschlagsgelände wird erneut die Legitimation des Frachtführers zur Einfahrt geprüft. Dort erfolgt ein Abgleich des Fahrzeugkennzeichens mit den Auftragsdaten im TOS. Der Fahrer fährt zum zugewiesenen Umschlagsparkplatz, wo entweder die abzuholende LE oder die abzuliefernde LE umgeschlagen wird. Der Prozess des physischen Containerumschlags wird im Abschnitt der terminalinternen Planungsprozesse näher erläutert. Ist die Ladeeinheit umgeschlagen, verlässt der Frachtführer das Terminalgelände.

Abbildung 4 Straßenseitiger Abwicklungsprozess



Quelle: Eigene Darstellung

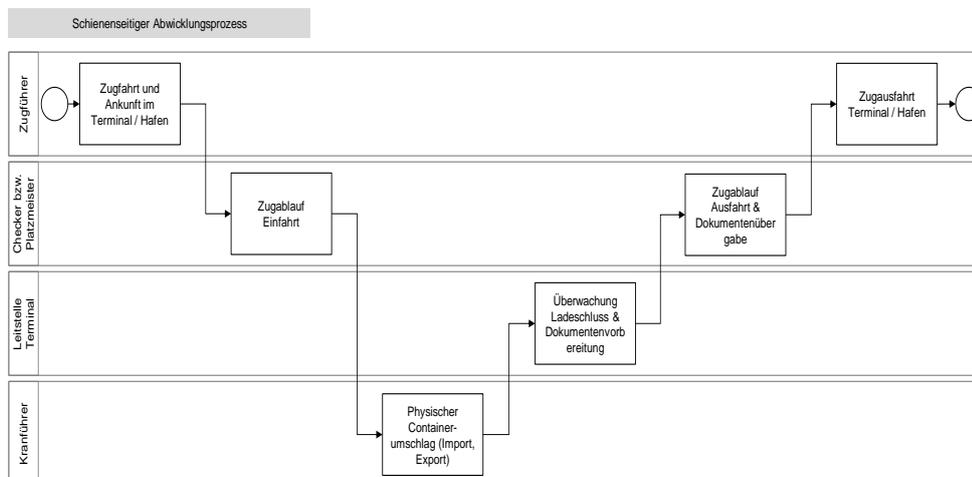
Der schienenseitige Abwicklungsprozess beginnt mit der Ankunft der Züge im Hafengelände. Dem empfangenden Terminal wird vorab durch das versendende Terminal eine Verladeliste zugesandt. Diese Liste enthält eine Auflistung aller auf dem Zug befindlichen Ladeeinheiten. Der Zugführer meldet sich bei Ankunft per Funk bei der Leitstelle des Terminals, welche ihm die Gleisinformation durchgibt. Der Zugführer stellt die Weichen an der Stellwerktafel und fährt in das Terminalgelände ein.

Im Umschlagterminal erfolgt zunächst eine physische Inspektion des Zuges und Datenerfassung durch das Terminal-Personal. Hierbei werden u. a. Informationen wie Zugnummer, LE-Einheiten und vorhandenes Gefahrgut erfasst und mit den bereits vorhandenen Informationen der Verladeliste abgeglichen. Mit diesem Schritt geht die Haftung für die Ladeeinheiten vom EVU zum Terminalbetreiber über. Ist die Inspektion abgeschlossen, erfolgt die Freigabe zum Umschlag der Ladeeinheiten von der Leitstelle des TriCon-Containerterminals Nürnberg.

Anschließend werden die Ladeeinheiten umgeschlagen. Der Kranführer nimmt die LE auf, stellt diese auf einem beliebigen Stellplatz im Terminal ab, nimmt eine Ladeeinheit zur Verladung auf und stellt diese auf dem Wagon ab (genaue Erläuterung siehe Kapitel 3.5). Die Leitstelle im Terminal überwacht den Ladestatus des Zuges und stellt die Ladeschlusszeiten sicher, indem die Anzahl der noch zu verladenden LE an den Kranführer übermittelt werden. Weiterhin werden die begleitenden Dokumente für die Zugabfahrt durch die Leitstelle vorbereitet. Diese beinhalten die Waggonreihung, die Wagenliste/Ladeliste sowie gegebenenfalls Übergabedokumente für den Zoll und eine Gefahrgutliste.

Nach vollständiger Beladung des Zuges wird dieser durch den Platzmeister inspiziert. Der Platzmeister läuft mit Klemmbrett und Checkliste den Zug ab und erfasst und überprüft LE-Nummer, Waggon-Nr. sowie ggf. vorhandene Schäden. Dieses Check-Protokoll dient der Absicherung im Schadensfall und wird an die Leitstelle übergeben und archiviert. Anschließend erfolgt die Fertigstellung zur Abfahrt (u. a. Zapfenumstellung, Bremsprobe, Weichenstellung) und die Ausfahrt des Zuges aus dem Terminal.

Abbildung 5 Schienenseitiger Abwicklungsprozess



Quelle: Eigene Darstellung

3.4

Terminalinterne Planungsprozesse – Gleisbelegungsplanung

Die Gleisbelegungsplanung hat das Ziel, eine optimale Gleisbelegung der Umschlagsgleise im Terminal basierend auf bestehenden Restriktionen wie Fahrplänen, Verspätungen und aktuellen Modulbelegungen zu planen.

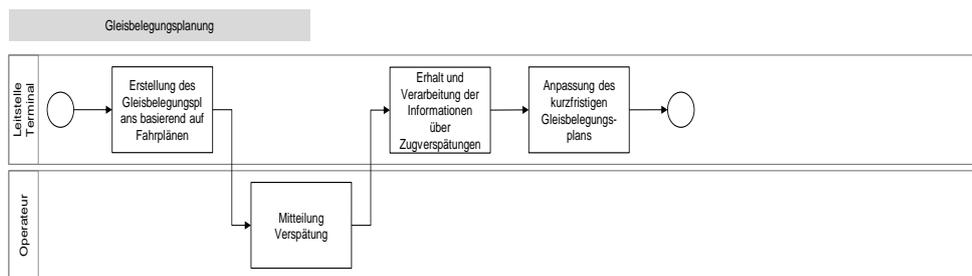
Für die Erstellung eines Gleisbelegungsplans für das Terminal werden die Fahrplananmeldungen benötigt. Diese werden dem Terminal über ein Formular per Email durch die Operateure übermittelt. Das Anmeldeformular beinhaltet unter anderem Informationen bezüglich des Startzeitpunkts des Zuges, der Relation, der Zuglänge, der Anzahl der Ladeeinheiten, der Dauer der Zwischenabstellung und Informationen bezüglich Gefahrgut. Die Anmeldungen müssen dem Terminal in einem bestimmten Zeitraum übermittelt werden. Basierend auf den Fahrplananmeldungen erstellt das Terminalpersonal der Leitstelle einmal im Jahr einen langfristigen Gleisbelegungsplan. Ziel ist es, ein Gesamtbild der Gleisbelegungen zu erstellen und gegebenenfalls bei Bedarf (z. B. kein freies Gleis, kurzer Zeitraum) Anpassungen in Absprache mit den Operateuren vorzunehmen. Der Fahrplanwechsel erfolgt einmal im Jahr (erstes Wochenende im Dezember). Dieser gilt als feste Zusage an die Operateure.

Ausgehend von diesem langfristigen Gleisbelegungsplan kann eine mittel- und kurzfristige Gleisbelegungsplanung im Terminal abgeleitet werden. Anpassungen der Gleisbelegung sind erforderlich, da es mittelfristig zu Anpassung im bestehenden Fahrplan (z. B. Einstellung einer Zugverbindung) sowie kurzfristig zu Verspätungen im Zugverkehr kommen kann. Weiterhin kann es zu Umbuchungen oder Nachbuchungen kommen, die gegebenenfalls ebenfalls eine Anpassung im Gleisbelegungsplan erfordern.

Kommt es zu Verspätungen von eingeplanten Güterzügen, erhält das Terminal diese Informationen in der Regel per Email. Im manchen Fällen erfolgt eine Vorankündigung per Telefon von dem zuständigen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU). Die Leitstelle des Terminals überprüft die Verspätungsinformation und entscheidet basierend auf den aktuellen Gegebenheiten, ob eine Anpassung des Gleisbelegungsplan erforderlich ist. Weiterhin wird auch die sog. Ladeschlussverlängerung durch die Terminal-Leitstelle berechnet. Das heißt es wird bestimmt, ob die im Fahrplan festgelegte Zeit des Ladeschlusses des Zuges aufgrund der Verspätung angepasst werden muss oder ob die festgelegte Zeit zur Ent- und Beladung des Zuges ausreichend ist.

Ist eine Anpassung der Gleisbelegung erforderlich, erfolgt die Änderung im Terminal Operating System (TOS) sowie auf einer analogen Gleisbelegungstafel, welche in der Terminalleitstelle die tagesaktuelle Gleisbelegung visualisiert. Weiterhin wird die Information über die Verspätung eines Zuges auch dafür genutzt, die Information im Online-Portal des Terminals zu aktualisieren, welche anzeigt, ob ein bestimmter Container bereits im Terminal eingetroffen ist.

Abbildung 6 Gleisbelegungsplanung



Quelle: Eigene Darstellung

3.5

Terminalinterne Planungsprozesse – Kranweg- und Stockplanung

Ziele der Kranweg- und Stockplanung sind die Reduzierung von Leerhüben bzw. -fahrten sowie eine optimierte Abstellung der Ladeeinheiten und des Umschlagsequipments.

Basis für die Kranweg- und Stockplanung sind Informationen zur Gleisbelegung (d. h. die Information, welcher Zug, mit welcher Ladeeinheit für welches Umschlagsmodul zugeteilt ist) sowie Informationen über straßenseitig abzuholende und anzuliefernde Ladeeinheiten.

Kranaufträge für den Umschlag von Ladeeinheiten werden den Kranführern der schienengebundenen Portalkräne über das TOS übermittelt. Den Kranführern wird auf einem Bildschirm der Kranauftrag angezeigt. Jeder Kran ist für ein individuelles Einzugsgebiet an Stellplätzen unterhalb des Portalkrans zuständig. Es existiert eine Überschneidungszone, die von beiden Kränen bedient wird. Ist ein Kranauftrag für einen Stellplatz innerhalb der Überschneidungszone vorhanden, entscheiden die Kranführer nach eigenem Ermessen, wer den Umschlagsauftrag durchführt.

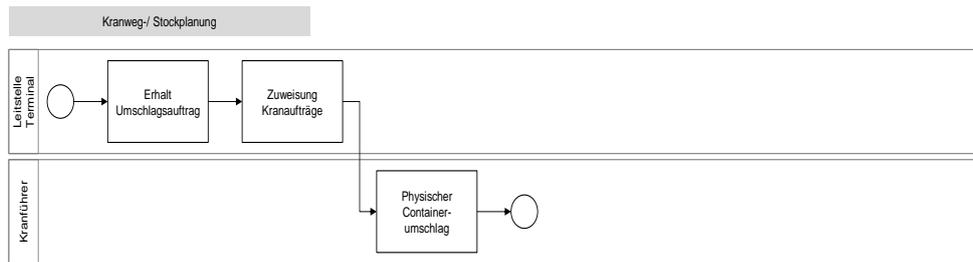
Die Kranaufträge werden nach einem „first-come-first-serve“-Prinzip der Reihe nach abgearbeitet. Für die Verladung auf den Zug existiert jedoch eine gewisse Vorsortierung für Ladeeinheiten, welche auf den Zug verladen werden müssen. Das TOS ordnet Umschlagsaufträge mit der nächsten Ladeschlusszeit oben in der Liste der Kranaufträge ein.

Bei dem Import von LE (d. h. LE werden vom Zug in das Terminal oder direkt auf einen LKW umgeschlagen) wird dem Kranführer der Lageplatz des Containers auf dem Waggon angezeigt. Der Kranführer greift die LE und platziert sie nach eigenem Ermessen dort im Terminal, wo Platz vorhanden ist bzw. im Falle von Ladeeinheiten, welche Gefahrgut enthalten, auf definierten Gefahrgutplätzen. Anschließend gibt der Kranführer die Lageparameter der LE in das TOS ein.

Bei dem Export von LE (d. h. LE werden auf den Zug geladen) wird dem Kranführer der Lageplatz des Containers im Terminal angezeigt sowie eine Verladungsreihenfolge für den Zug. Zur optimalen Auslastung der Umschlagsgeräte bzw. zur Vermeidung von Leerfahrten des Krans wird stets eine parallele Ent- und Verladung des Zuges angestrebt.

Abbildung 7 Kranweg-/Stockplanung

Kernprozesse im Terminal



Quelle: Eigene Darstellung

4.1

Vorgehensweise

Auf Basis der erstellten Prozessbeschreibungen wurde eine Prozessanalyse durchgeführt, um Optimierungspotenziale zu identifizieren. Mit Hilfe von Recherchen und Expertengesprächen wurden mögliche Lösungsansätze zur Hebung der identifizierten Potenziale ermittelt.

4.2

Schwachstellen und Lösungsansätze im straßenseitigen Abwicklungsprozess

Die größte Herausforderung, welche im straßenseitigen Abwicklungsprozess des Terminals identifiziert wurde, ist die fehlende Information, welche und wie viele Ladeeinheiten im Terminal zu welchem Zeitpunkt angeliefert oder abgeholt werden. Dieses Informationsdefizit erschwert die interne Ressourcenplanung. Die fehlende Information über anzuliefernde oder abzuholende Ladeeinheiten kann sich auf die Durchlaufzeit der Frachtführer auswirken, da unvorhergesehene, hohe Auslastungen zu Wartezeiten im Terminal führen können.

Eine Möglichkeit, dieses Informationsdefizit zu heben, ist die Einführung eines Zeitfensterbuchungssystems, auch genannt Slot Management oder Gate Appointment System. Ein solches System sieht vor, dass Frachtführer online einen Termin beim Terminal reservieren oder kaufen und innerhalb eines bestimmten Toleranzbereiches im Terminal eintreffen müssen. Um die gewünschte Verhaltensweise der Frachtführer zu erreichen, kann unterstützend ein Bonus-Malus-System eingerichtet werden (z. B. bevorzugte Abfertigung bei Anmeldung und pünktlichem Erscheinen oder Geldstrafe bei Nicht-Erscheinen innerhalb des Toleranzbereichs).

Eine weitere identifizierte Schwachstelle im straßenseitigen Abwicklungsprozess ist die manuelle Inspektion und Dateneingabe der Ladeeinheiten durch das Terminal-Personal für einkommende Ladeeinheiten. Eine Optimierung des Prozesses wurde bereits durch den Einsatz von mobilen Tablet-Computern erzielt. Diese ermöglichen eine direkte Digitalisierung und Weiterleitung der erhobenen „Check-In“-Daten. Jedoch ist dieser Prozessschritt stark abhängig von der Verfügbarkeit von Personal. Bei einem hohen Aufkommen sind Verzögerungen im „Check-In“-Prozess möglich. Diese Verzögerungen wirken sich auf die Durchlaufzeit der Frachtführer aus. Eine weitere Digitalisierung und Automatisierung des „Check-In“-Prozesses kann durch die Installation eines sog. Kameragates in der Einfahrt zum Terminalgelände erfolgen. Ankommende LKW fahren durch ein Tor mit integrierter OCR-Kamera (OCR = Optical Character Recognition), welche Informationen wie Kennzeichen und Identifikationsnummer der Ladeeinheiten abliest und zur Schadensdokumentation Bilder oder Videos der Ladeeinheiten aufnimmt. Die aufgenommenen Daten können an das TOS übermittelt werden und vom Terminalpersonal verifiziert werden.

Bei Ankunft der Frachtführer im Terminal müssen diese zur Anmeldung im Terminal ihr Fahrzeug verlassen und zu einem der Selbstbedienungsterminals oder zum Dispositionsschalter gehen. Dieser Prozessschritt kann in den Fällen, in denen keine weiteren Daten durch das Dispositionspersonal erhoben werden müssen, beschleunigt

und vereinfacht werden, indem sich die Frachtführer mittels einer mobilen Anwendung im Terminal anmelden. Die Autorisierung und Übermittlung der Einfuhrerlaubnis und des Umschlagsplatzes sowie die Navigation zu diesem können ebenfalls über die Anwendung abgewickelt werden und so den Aufenthalt für die Frachtführer vereinfachen und beschleunigen.

Identifizierte Schwachstellen und Lösungsansätze

Bei der Abholung einer Ladeeinheit und der Ausfahrt der Fahrzeuge aus dem Terminalgelände erfolgt zum aktuellen Zeitpunkt keine Überprüfung, ob die korrekte LE an den Frachtführer übergeben wurde. In seltenen Fällen kommt es zu einer Verladung des falschen Containers. Falls ein falscher Container übergeben wurde, wird dies erst zu einem deutlich späteren Zeitpunkt bemerkt und führt zu einem organisatorischen Mehraufwand für die beteiligten Parteien. Um eine Falschverladung zu vermeiden, kann ein installiertes OCR-Kameragate an der Terminalausfahrt, analog dem Kameragate in der Terminaleinfahrt, das Kennzeichen des ausfahrenden Fahrzeugs sowie die Nummer der LE erfassen und einen Abgleich mit den vorhandenen Auftragsdaten im TOS durchführen. Stimmen die Daten des erfassten Gates nicht mit denen des TOS überein, kann der Frachtführer beispielsweise mit einer Schranke an der Ausfahrt vom Terminal gehindert werden oder das Terminalpersonal erhält eine Benachrichtigung und kann den Frachtführer frühzeitig benachrichtigen.

Die nachstehende Tabelle fasst die identifizierten Schwachstellen im straßenseitigen Abwicklungsprozess zusammen:

Schwachstelle/ Potenzial	Auswirkung	Potenzielle Lösungsbausteine
Fehlende Information bezüglich Ankunftszeit der Frachtführer	– Erschwerte interne Ressourcenplanung – Auslastungsschwankungen – Erhöhung der Wartezeiten	– Zeitfensterbuchungssystem für Frachtführer (Slot Management, Gate Appointment System)
Manuelle Inspektion und Dateneingabe in Tablet (Check in-Protokoll)	– Personalbedarf – Zeitbedarf	– Kameragate an der Einfahrt zum Terminalgelände
Ausstieg und Anmeldung der Frachtführer im Terminal	– Zeitbedarf – Wartezeiten bei hoher Auslastung – Warten am Dispositionsschalter zur Erhalt der Einfuhrerlaubnis	– Anmeldung vorab in Webapplikation; – Übermittlung Einfuhrerlaubnis sowie Information bezüglich Haltebuchung via App
Fehlende Navigation zum Umschlagsplatz	– Potenziell erhöhter Zeitbedarf aufgrund Suche nach korrektem Stellplatz	– Navigation zum Umschlagsplatz (Haltebuchung) über Bildschirme oder via App
Fehlende Überprüfung, ob die korrekte Ladeeinheit verladen wurde	– Bei Verladung einer falschen Ladeeinheit wird dies erst spät entdeckt und führt zu organisatorischem Mehraufwand	– Kameragate am Ausgang des Terminals zum Abgleich der Daten des LKW und der LE mit den im TOS hinterlegten Daten

Schwachstellen und potenzielle Lösungen im straßenseitigen Abwicklungsprozess

4.3 Schwachstellen und Lösungsansätze im schienenseitigen Abwicklungsprozess

Ein Optimierungspotenzial, welches im schienenseitigen Abwicklungsprozess identifiziert wurde, ist die manuelle Inspektion des Zuges nach Einfahrt sowie vor Ausfahrt aus dem Terminalgelände. Die Inspektion erfordert zum aktuellen Zeitpunkt ein vollständiges Ablaufen des Zuges und eine manuelle, papierbasierte Erfassung relevanter Daten. Dieser Prozessschritt ist sowohl zeitaufwändig als auch fehleranfällig. Ein Kameragate bei Einfahrt des Zuges zum Terminal, analog zum Kameragate der straßenseitigen Abwicklung, ist eine mögliche Lösung, automatisiert alle relevanten Daten bei Einfahrt des Zuges mittels OCR zu erfassen sowie eine Video- oder Bilddokumentation zur Erfassung bestehender Schäden anzufertigen.

Ein solches Kameragate kann ebenfalls für die Ausfahrt des Zuges genutzt werden. Nachteil ist jedoch, dass die Überprüfung in diesem Falle zu spät erfolgt, da der fahrende Zug nicht bzw. nur mit sehr viel Aufwand gestoppt werden kann. Alternativ kann für die Inspektion vor Abfahrt ein unbemanntes Luftfahrzeug (Drohne) eingesetzt werden, welches mit einer OCR-fähigen Kamera ausgerüstet ist. Die Drohne kann den beladenen Zug abfliegen, alle relevanten Daten erfassen (Waggon-Nr., Container-Nr., etc.) und einen Abgleich mit dem im TOS hinterlegten Daten durchführen. Weiterhin kann die Drohne Fotos und Videos der Ladeeinheiten aufnehmen, welche bei einem Schadensersatzanspruch als Beweismittel herangezogen werden können.

Die nachstehende Tabelle fasst die identifizierten Schwachstellen im schienenseitigen Abwicklungsprozess zusammen:

Schwachstelle/ Potenzial	Auswirkung	Potenzielle Lösungsbausteine
Manuelle, papierbasierte Inspektion des Zuges und der LE bei Einfahrt	– Zeitbedarf – Potenzielle Fehlerquelle	– Kameragate mit OCR in der Einfahrt zum Terminalgelände
Manuelle, papierbasierte Inspektion des Zuges und der LE bei Ausfahrt	– Zeitbedarf – Potenzielle Fehlerquelle	– Drohne mit OCR zur Aufnahme der Informationen der zur Abfahrt fertigen Züge, Abgleich mit den im TOS hinterlegten Informationen und Bildaufnahme zur Schadensprüfung der Ladeeinheiten – Helmkamera mit OCR für den Wagenmeister

Schwachstellen und potenzielle
Lösungen im schienenseitigen
Abwicklungsprozess

4.4 Schwachstellen und Lösungsansätze Gleisbelegungsplanung

Eine optimale Gleisbelegungsplanung ist abhängig von einer zeitnahen und verlässlichen Information über Verspätungen der erwarteten Züge. Zum aktuellen Zeitpunkt werden

Informationen über Verspätungen in der Regel per Email angekündigt, teilweise erfolgt eine vorherige Ankündigung per Telefon. Eine Schnittstelle zu den internen Terminalsystemen (z. B. TOS) ist nicht vorhanden. Gespräche mit dem Terminal haben gezeigt, dass erhaltene Informationen über Zugverspätungen oftmals nicht aktuell sind, da die Pünktlichkeit an bestimmten Messpunkten entlang der Strecke gemessen wird und diese Informationen weitergereicht werden, unabhängig davon, ob sich die Verspätung verändert hat.

Liegen der Leitstelle im Terminal Informationen über Veränderungen der Zugankunftszeit vor (z. B. Verspätung), werden diese vom Terminal geprüft und bestimmt, ob eine Anpassung des Gleisbelegungsplans notwendig ist. Eine Anpassung ist beispielsweise nicht erforderlich, wenn der Zug eine Verspätung hat, das Gleis jedoch trotzdem verfügbar ist. Ist eine Anpassung des Gleisbelegungsplans erforderlich, erfolgt die Änderung des Gleises manuell durch die Leitstellenmitarbeiter. Das bedeutet, die Anpassung ist subjektiv und stark von dem Expertenwissen und den Erfahrungen der verantwortlichen Mitarbeiter abhängig.

Nachstehend die Zusammenfassung der identifizierten Schwachstellen der Gleisbelegungsplanung in Tabellenform:

Schwachstelle/ Potenzial	Auswirkung	Potenzielle Lösungsbausteine
<ul style="list-style-type: none"> - Manuelle Weitergabe der Informationsmeldung der Zugverspätung - Unzureichende bzw. unzuverlässige Information über die tatsächliche Verspätung 	<ul style="list-style-type: none"> - Fehlinformation kann zu Fehlplanungen führen - Personalbedarf: Dauerhafte Besetzung der Leitstelle erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Akteur-übergreifende Informationsplattform zum Austausch der Verspätungsinformationen
<ul style="list-style-type: none"> Manuelle, subjektive Anpassung des Gleisbelegungsplans im Terminal 	<ul style="list-style-type: none"> - Abhängigkeit von Personen (Expertenwissen) - Personalbedarf: Dauerhafte Besetzung der Leitstelle erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Werkzeug (Algorithmus) zur optimierten Gleisbelegungsplanung in Anbetracht bestehender Restriktionen

Schwachstellen und potenzielle Lösungen in der Gleisbelegungsplanung

4.5 Schwachstellen und Lösungsansätze Kranweg- und Stockplanung

Für eine optimierte Kranweg- und Stockplanung müssen Informationen über Umschlagsaufträge vorliegen. Insbesondere die bereits im straßenseitigen Abwicklungsprozess beschriebene Problematik der unzureichenden Informationsbasis, wann und welche Ladeeinheiten straßenseitig angeliefert oder abgeholt werden, wirkt sich auf die Planung der Zwischenabstellfläche der Ladeeinheiten aus. Umgeschlagene Ladeeinheiten werden chaotisch auf beliebige, freie Stellplätze abgestellt. Da die Abstellfläche neben den Umschlagsanlagen begrenzt ist, ist eine weitere Abstellfläche

für Container vorhanden. Abhängig davon, welche Ladeinheit für den spezifischen Umschlagsauftrag benötigt wird, ist ein sog. Umfuhren, d. h. ein interner Transport zwischen den Umschlagsmodulen und der Abstellfläche notwendig, was Personal erfordert. Potenzielle Lösung ist das Zeitfensterbuchungssystem, welches dem Terminal die Information übermittelt, welche Ladeinheiten zu welchem Zeitpunkt abgeholt werden. Weiterhin ist der Einsatz fahrerloser Transportsysteme, sog. Automated Guided Vehicles (AGV), denkbar. Diese können die Ladeinheiten zwischen den Stellflächen transportieren.

Um zu den für den Umschlagsauftrag erforderlichen Containern zu gelangen, sind oftmals sog. „Buddelhübe“ erforderlich, bei denen andere Container weggehoben werden müssen, bevor der gewünschte Container erreicht werden kann. Im betrachteten Terminal sind zum aktuellen Zeitpunkt pro bezahltem Containerhandling zwei unbezahlte Handlings erforderlich.

Eingegangene Kranaufträge werden nach der Reihe abgearbeitet („First-come-first-serve“). Die Kranführer haben einen gewissen Spielraum, die Kranaufträge abzuarbeiten. Jeder Kranführer verfügt über ein bestimmtes Einzugsgebiet, für das er zuständig ist. Es existiert jedoch auch eine Überlappungszone, die von beiden Kranführern bedient wird. Die Kranführer entscheiden bei Umschlagsaufträgen in dieser Zone selbst, wer den Kranauftrag übernimmt. Das bedeutet, ein effizienter Umschlag mit geringen Fahrwegen ist insbesondere von den Erfahrungen und der Zusammenarbeit der Kranführer abhängig. Ein Algorithmus, welcher die Zuweisung der Kranaufträge optimiert, könnte diese Abhängigkeit lösen.

Ist der physische Containerumschlag erfolgt, müssen die neuen Lageparameter des Containers vom Kranführer manuell in das TOS übertragen werden. Dies stellt einen zusätzlichen Zeitaufwand sowie eine potenzielle Fehlerquelle dar. Eine Möglichkeit, diesen Schritt zu automatisieren, ist die Ausstattung der Kräne mit Kamerasystemen, welche die Nummer der Ladeinheit sowie die Lageparameter automatisch erfassen können und an das TOS übermitteln.

Die nachstehende Tabelle fasst die identifizierten Schwachstellen in der Kranweg- und Stockplanung bzw. Zwischenabstellplanung zusammen:

Schwachstelle/ Potenzial	Auswirkung	Potenzielle Lösungsbausteine
Fehlende Information über zu erwartende Umschlagsaufträge	<ul style="list-style-type: none"> – „Buddelhübe“ (unbezahlte Handlings, erhöhter Zeitbedarf) – Umfuhren von Ladeinheiten zwischen den Umschlagsmodulen und der Lagefläche erforderlich (Zeit- und Personalbedarf) 	<ul style="list-style-type: none"> – Zeitfensterbuchungssystem zur Erfassung straßenseitig ankommender LKW zur Anlieferung bzw. Abholung der Ladeinheiten – Fahrerlose Transportsysteme (AGV) zum automatisierten Umfuhren der Ladeinheiten
Keine optimierte Zuweisung der Kranaufträge	– Effizienz abhängig vom Erfahrungswissen und der	– Optimierte Zuweisung der Kranaufträge zur

Schwachstellen und potenzielle Lösungen in der Kranweg- und Stockplanung

(Zuordnung der Aufträge nach dem „first-come-first-serve“-Prinzip)	Zusammenarbeit der Kranführer	Minimierung der Fahrtwegen	Identifizierte Schwachstellen und Lösungsansätze
Manuelle Eingabe der Lageparameter der Ladeeinheiten	– Potenzielle Fehlerquelle – Zeitbedarf	– Ausstattung der Kräne mit Kamerasystemen zur automatisierten Positionsbestimmung	-----

5.1

Vorgehensweise

Auf Grundlage der durchgeführten Gespräche mit den Terminals sowie der Literaturrecherche wurde zur Bewertung der identifizierten Lösungsansätze eine SWOT-Analyse für die ausgewählten Ansätze durchgeführt. In den dargestellten SWOT-Matrizen wird einerseits erläutert, welche aktuellen Stärken (Strengths) und Schwächen (Weaknesses) das Terminal für die Einführung und den Einsatz der jeweiligen Technologien aufweist, sowie welche Chancen (Opportunities) und Risiken (Threats) sich durch den Einsatz der Technologien für Terminals ergeben können. Diese Analysen bilden eine erste Bestandsaufnahme eines möglichen Einsatzes der ermittelten Lösungsansätze.

5.2

SWOT Zeitfenstermanagementsystem

Die in Kapitel 3 identifizierte Schwachstelle der fehlenden Information bezüglich der Ankunftszeit der Frachtführer kann durch die Einführung eines Zeitfenstermanagementsystems behoben werden. Da dieses System ankommenden LKWs frühzeitig Zeitfenster für die Abfertigung zuweist, kann die Auslastung des Terminals optimiert werden.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> – Information über die Ankunft der Züge (Fahrpläne) – durch Abgleich der Ankunftszeiten wird ein Direktumschlag zwischen LKW und Zug planbar 	<ul style="list-style-type: none"> – <i>Es wurden keine spezifischen Schwächen identifiziert</i>
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> – Möglichkeit zur Glättung der Auslastung im Terminal und damit verbunden die Vermeidung von Wartezeiten – Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Infrastrukturnutzung (Ressourcenauslastung) – Reduzierung zusätzlicher, unbezahlter Bewegungen der LE (da Information vorliegen, wann eine spezifische LE abgeholt wird, kann der Lagerort der LE optimiert werden) – Online-Anmeldung: Umgehung von Sprachbarrieren und Vermeidung von Missverständnissen 	<ul style="list-style-type: none"> – Fehlende Bereitschaft der Frachtführer, Buchungen vorzunehmen bzw. Schwierigkeit, die gebuchten Slots einzuhalten (geringere Flexibilität bei der Tourenplanung, ggf. Erhöhung der psychischen Belastung, gebuchte Slots einzuhalten) – Erhöhung der Transaktionskosten

SWOT
Zeitfenstermanagementsysteme

- Reduzierung des Kommunikationsaufwands

Quick-Check der identifizierten Lösungen

5.3 SWOT OCR-Kameragate Straße

Der manuelle Check-In Prozess, d. h. die manuelle Inspektion der ankommenden LKW sowie die Eingabe der erfassten Daten in das Check-Protokoll erfordert Zeit und Personal (siehe Kapitel 3). Ein in der Terminaleinfahrt installiertes OCR-Kameragate kann diesen Prozess automatisieren und beschleunigen.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> – Vorhandene Erfahrung im Terminal, da ein ähnliches Gate bereits in Betrieb ist (Einfahrt zum Umschlagsgelände) 	<ul style="list-style-type: none"> – Infrastruktur: Nur eine Ausfahrspur; keine Möglichkeit, LKW mit falscher LE aufzuhalten, sonst Staugefahr – Unterschiedliche Ladeeinheiten (Größen, Ausführungen): OCR-Gate muss in der Lage sein, alle relevanten Daten der LE zu scannen
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> – Mitarbeiterentlastung – Fotodokumentation von Schäden der LE – Zeitersparnis/Verringerung der Durchlaufzeit – Kombination mit weiteren Technologien möglich (z. B. Zutrittskontrollsystem, Waage) 	<ul style="list-style-type: none"> – Ggf. kann ein schlechter optischer Zustand der LE bzw. der ID-Nummern die OCR-Erfassung erschweren (in diesem Fall wird eine aufwändige manuelle Nacherfassung erforderlich) – Mögliche Staubildung

SWOT OCR-Kameragate Straße

5.4 SWOT OCR-Kameragate Schiene

Wie in Kapitel 3 erläutert, erfolgt zum aktuellen Zeitpunkt eine zeitaufwändige und potenziell fehleranfällige, manuelle Inspektion des Zuges nach Einfahrt sowie vor Ausfahrt des Zuges im Terminalgelände. Ein in der Einfahrt zum Hafen- bzw. Terminalgelände installiertes OCR-Kameragate kann die Erfassung aller relevanten Informationen automatisieren.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> – Vorhandene Erfahrung im Terminal, da ein ähnliches Gate bereits in Betrieb ist (Einfahrt zum Umschlagsgelände) 	<ul style="list-style-type: none"> – Unterschiedliche Ladeeinheiten (Größe, Ausführungen): OCR Gate muss in der Lage sein, alle relevanten Daten der LE zu scannen
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> – Mitarbeiterentlastung 	<ul style="list-style-type: none"> – Aufnahme erfolgt erst, wenn Zug bereits fährt, bei Entdeckung eines

SWOT OCR-Kameragate Schiene

- Zeitersparnis/Verringerung der Durchlaufzeit
- Fotodokumentation von Schäden der LE
- Aufnahme der exakten Position einer LE auf dem Waggon
- Digitalisierung und Archivierung der Informationen – Reduzierung von Papierverbrauch

- Fehlers/Schadens ist ein Stopp und zusätzlicher Rangieraufwand erforderlich
- Ggf. schlechter optischer Zustand der LE/ID-Nummern zur OCR-Erfassung (dies kann eine aufwändige manuelle Nacherfassung erfordern)
- Ggf. Anbringung der Informationen an unterschiedlichen Positionen, welche eine automatisierte Erfassung erschweren (kann u. U. zu einer längeren Implementierungsphase und/oder aufwändiger, manueller Nacherfassung führen)

Quick-Check der identifizierten Lösungen

5.5

SWOT Unbemanntes Luftfahrzeug/Drohne mit OCR-Kamera

Als Alternative für das oben beschriebene OCR-Kameragate Schiene kann, insb. für die Inspektion der Züge vor Ausfahrt aus dem Terminal, eine Drohne mit OCR-Kamerafunktion eingesetzt werden.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> - Geschlossene Fläche unter freiem Himmel mit wenig/kaum Menschenverkehr - Wenige Hindernisse - Vergleichsweise einfache Flugroute auf gleicher Höhe 	<ul style="list-style-type: none"> - Vorhandene Hindernisse: Oberleitung, Bremsprobenvorrichtung - Ungeschützte Fläche – Witterungsbedingungen (Wind, Regen, Unwetter)
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> - Mitarbeiterentlastung - Zeitersparnis - Direkte Digitalisierung der Informationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Technische Herausforderungen (hohe Auflösung der Kamera erforderlich zur exakten Aufnahme, Vibration, begrenzte Flugzeiten/ Akkulaufzeit, Speicherkapazität für erfasste Bilder/Videos) - Gesetzliche Anforderungen (Versicherungsfragen, Zertifizierungen, Einsatz bei Gefahrguttransporten)

SWOT Drohne mit OCR-Kamera

5.6

SWOT Fahrerlose Transportsysteme/Automated Guided Vehicle (AGV)

Quick-Check der identifizierten
Lösungen

Das Umfuhren von Ladeeinheiten zwischen der Containerabstellfläche unterhalb den Umschlagsanlagen und den weiteren Containerstellflächen im Terminal benötigt Personal und Zeit. Der Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen bzw. Automated Guided Vehicle (AGV) zum automatisierten Umfuhren von Ladeeinheiten innerhalb des Terminalgeländes kann diesen Prozess automatisieren.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> - Feste Fahrspuren und Haltebuchten im Terminalgelände - Einheitliche Ladeeinheiten im kombinierten Verkehr (Container, Trailer) - Geringe Infrastrukturelle Komplexität im Terminal: Fahrwege, Einbahnstraßen und abgegrenzte Haltebuchten sind im Terminal vorhanden 	<ul style="list-style-type: none"> - Chaotische Abstellung der Ladeeinheiten - Vielzahl der Akteure und kreuzende Verkehre - Vorhandene Fahrbahnverengungen im Terminal - Auslastungsschwankungen im Tagesablauf sind ungünstig für den Einsatz von AGV - Hoher Investitionsbedarf für die Fahrzeuge
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> - Entlastung des Terminalpersonals - Zeitersparnis/Beschleunigung des Terminalbetriebs 	<ul style="list-style-type: none"> - Rechtliche Barrieren/Unklarheiten z. B. bezüglich der Haftungsfrage bei Beschädigungen

SWOT AGV

Marktscreening Lösungsansätze

6.1

Vorgehensweise

Ausgehend von den identifizierten Lösungsbausteinen wurde eine Marktrecherche durchgeführt, um potenzielle Anbieter zu identifizieren und einen Abgleich der Anforderungen des Terminals mit den auf dem Markt verfügbaren Lösungen durchzuführen.

Die Suche erfolgte mit Hilfe geeigneter Suchbegriffe in Suchmaschinen, den Internetpräsenzen diverser logistischer Fachzeitschriften (u. a. Deutsche Verkehrszeitung, Verkehrsrundschau) sowie basierend auf Gesprächen mit den Terminalbetreibern. Die Recherche wurde in Microsoft PowerPoint dokumentiert. Für jeden identifizierten und auf dem Markt verfügbaren Lösungsansatz (i. d. R. handelt es sich dabei um technische Produkte) wurde eine eigene Folie mit den wichtigsten Informationen erstellt sowie eine vergleichende Übersicht entworfen. Basierend auf den erhobenen Anforderungen des Terminals erfolgte ein Abgleich zwischen dem Leistungsspektrum der Lösungen und den Anforderungen des Terminals. Die Ergebnisse wurden mit den Ansprechpartnern des Terminals diskutiert und eine adäquate Auswahl für eine Kontaktaufnahme mit geeigneten Anbietern im weiteren Projektverlauf getroffen.

6.2

Marktscreening Ergebnisse

Exemplarisch werden im Folgenden mögliche Anbieter je Use Case aufgelistet (Nennung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge):

Use Case 1 – Gleisbelegungsautomatisierung

- Gleisbelegung: dbh portos bahn, zedas cargo
- ETA-Prognose: synfioo, zedas cargo rail hub

Use Case 2 – Kranweg- und Stockoptimierung

- Autonomes Fahren/AGV: Gaussin AGV, Konecranes Gottwald AGV, Kalmar AGV, Volvo Vera Trucks, VDL Automatic Vehicles
- Automatisierte Positionsbestimmung: Cathay Nebula Position Detection System, Camco Position Detection System, Certus Port Automation C-Crane V3, infosoftware Locator Node AoA, Kalmar SmartTrack, Recognitex C.ID, Orbita Crane CCR, Siemens Cranes, Symeo GNSS & WSS

Use Case 3 – Schienenzu- und -abgang

- Schienengate: ASE Number Checker Videotor, camco Technologies Rail OCR, Certus Port Automation Rail OCR, dbg Portos Videogate, LMT Gatesystem Zug, TREX-Wagon Nestor Technologies, Orbita Ports Rail and Suite, Visy Train Gate

- Drohne (Hardware): Airbotcsdrone, Copting Transofermer UAV, Exabotix, Percepto's Sparrow
- OCR Technologie (Software): Anyline, Scanbot, Scandit

Use Case 4 – Straßenzu- und -abgang

- Straßengate: ASE Number Check Videotor, Camco OCR Straßengate, Certus OCR Portal, LMT Zugangskontrollsystem, Kalmar SmartLane, Orbita Gate CCR

Use Case 5 – Abfertigungsautomatisierung

- Zeitfenstermanagementsystem: Camco Truck Appointment System, Cargoclix Slot, Inform Zeitfenstermanagement, PureLox ply.planning, Transporeon Zeitfenstermanagement

Eine umfassende Übersicht aller für das Projekt identifizierten Anbieter ist in den Übersichtstabellen in Kapitel 8 dargestellt.

7.1

Vorgehensweise

Gemeinsam mit den Ansprechpartnern des Terminals wurden die besprochenen Use Cases und Technologien priorisiert und geeignete Anbieter kontaktiert. Ziel ist es, die Use Cases zu detaillieren und die technische und wirtschaftliche Machbarkeit zu bewerten und somit eine Investitionsentscheidung des Terminals zu unterstützen.

7.2

Evaluierung Straßengate

Das Terminal TriCon Nürnberg hat sich bereits vor Start des Projekts für die Einführung eines Straßengates entschieden, d. h. für die Implementierung eines OCR-Kameragates an der Zufahrt zum Terminalgelände. Aus diesem Grund wird für diese Lösung (Use Case 4: Straßenzu- und -abgang) eine Evaluierung vorgenommen, um in Erfahrung zu bringen, wie das Straßengate die Prozesse im straßenseitigen Abwicklungsprozess unterstützt. Weiterhin wurde ein Vergleich zwischen dem vorherigen Prozess (manuelle Überprüfung der Ladeeinheiten durch das Check-In-Personal) und dem neuen Prozess der automatisierten Erfassung der Check-In Daten vorgenommen.

Das Straßengate ist sowohl an der Zufahrt des Terminals aufgestellt als auch an der Ausfahrt des Terminalgeländes.

Folgende Fragestellungen sollen im Rahmen der Evaluierung beantwortet werden:

Evaluierung und Implementierung
ausgewählter Lösungen

I. Allgemeine Informationen zum Straßengate:

1. Installation – wo ist das Straßengate installiert? Eingang Gelände/ Parkplatz oder Eingang Terminal
2. Kommt das System bei jedem einfahrenden LKW zum Einsatz oder gibt es Ausnahmen? Wenn ja, wie viele und aus welchen Gründen?

II. Systemarchitektur/Informationsweiterleitung Schnittstellen

3. Wie werden Informationen weitergeleitet bzw. in welche Systeme ist das Gate integriert (Informationen zur Systemarchitektur – z. B. Insellösung, TMS, TOS, City Logistics System, Sonstiges)
4. Wie erfolgt die Bearbeitung oder Prüfung der erhobenen Informationen?

III. Datenerfassung – Qualität und Zuverlässigkeit:

5. Welche Daten/Informationen werden durch das Straßengate erfasst? (Kennzeichen Zugmaschine, Kennzeichen Auflieger, Container-Nr., Zustand des Aufliegers, Uhrzeit, Gefahrgutkennzeichen, Bild für Dokumentation, Sonstiges)
6. Können alle Daten erfasst werden, welche davor durch den „Checker“ erfasst wurden? Falls nein, welche Informationen müssen zusätzlich manuell erfasst werden und wie und durch wen werden diese erhoben?
7. Können Informationen von unterschiedlichen Ladeeinheiten (Container, Trailer, Kühlcontainer, etc.) erfasst werden?
8. Ist die Erfassung auch in der Dunkelheit oder während Regen etc. zuverlässig möglich?
9. Wie oft müssen durch das Gate erfasste Daten korrigiert werden?
10. Kommt es vor, dass der LKW-Fahrer sein Fahrzeug neu positionieren muss, um alle erforderlichen Daten mit dem Gate zu erfassen?
11. Kam es bisher zu Unfällen oder Beschädigungen am Gate?

IV. Durchlaufzeit:

12. Wie lange dauert die Erfassung der Daten mit dem Straßengate?
13. Wie viele LKW können im Check-In mit dem Straßengate pro Stunde abgefertigt werden?
14. Kommt es zu Staus/Wartezeiten an der Einfahrt bzw. Durchfahrt durch das Gate?
15. Welche (maximale oder optimale) Fahrgeschwindigkeit ist erforderlich, damit alle Daten erfasst werden können?

Vergleich früherer Prozess: Dauer der Erfassung der Daten durch den Checker? Anzahl der Abfertigungen durch den/die Checker in einer Stunde?

V. Kosten:

16. Anschaffungskosten (Kosten für z. B. Hardware, Software, Beratung, Nebenkosten, Transport, Finanzierung)?
17. Einführungskosten (Kosten für z. B. Vorbereitung, Installation, Einrichtung, Einweisung, Schulungen)?
18. Betriebskosten (Kosten für z. B. Energie, Administration, Wartung (pro Jahr))?
19. Geplante Lebensdauer (in Jahren): Wie lange soll das Straßengate im Einsatz bleiben?

Vergleich früherer Prozess: Kosten Mitarbeiter (Checker) pro Jahr?

Basierend auf den erhobenen Daten wurde zunächst ein Kostenvergleich zwischen dem manuellen Check-Prozess und dem Check-Prozess mittels Straßengate durchgeführt. Abbildung 8 visualisiert den Kostenvergleich.

Für die Option 1, den manuellen Check, sind, basierend auf den Werten des TriCon Terminals Nürnberg, vier Mitarbeiter erforderlich. Mit Personalkosten von x € pro Mitarbeiter pro Jahr, betragen die Gesamtkosten für den manuellen Check x € im Jahr. Hochgerechnet auf zehn Jahre betragen die Gesamtkosten des manuellen Checks somit x Mio. €.

Mit der Einführung des Straßengates bei der TriCon im Jahr 2020, kann der Personaleinsatz für den Check-In Prozess um 50% reduziert werden, d. h. von vier auf zwei Mitarbeiter. Die Anschaffungskosten inkl. Kosten der Errichtung und Inbetriebnahme des Straßengates belaufen sich auf einmalige 500.000€. Betriebskosten (Support) betragen 10.000€ pro Jahr. Bei einer angedachten Betriebsdauer des Straßengates von 10 Jahren belaufen sich die Gesamtkosten des Straßengates hochgerechnet somit auf knapp 0,7 Mio. €.

Die Darstellung des Kostenvergleichs in Abbildung 7 verdeutlicht, dass das Straßengate im Vergleich zum manuellen Check-Prozess bereits im dritten Jahr nach der Installation geringere Gesamtkosten aufweist.

Anzumerken ist jedoch, dass zur Vereinfachung der Gegenüberstellung für beide Berechnungen nur die genannten Kostenpositionen berücksichtigt wurden. Weitere Aufwände sind im manuellen Check beispielsweise Ausgaben für Tablets. Für das Straßengate könnten u. a. weitere Kosten für die Instandhaltung sowie für technologische Erneuerungen anfallen. Weiterhin wurde der Zeitwert des Geldes für die Berechnung nicht berücksichtigt.

Neben dem rein quantitativen Vergleich wurde weiterhin eine Betrachtung der Alternativen im operativen Einsatz vorgenommen. Es erfolgte eine Unterteilung in die Kriterien „Erfasste Daten“, „Erfassungsdauer“ und „Schnittstellen“.

Erfasste Daten: Abgesehen von der Plomben-Nummer ist das Straßengate in der Lage, die gleichen Informationen wie der Checker zu erfassen. Im aktuellen Setup ist im Terminal vorgesehen, dass die Plomben-Nummer manuell durch den LKW-Fahrer erfasst wird. Ein Vorteil des Gates ist es, dass ein Foto der Ladeeinheit zur Schadensdokumentation aufgenommen wird.

Erfassungsdauer: Der Vergleich der Erfassungsdauer zeigt, dass das Gate alle erforderlichen Informationen wesentlich schneller (< 30 Sekunden) als das Check-Personal erfassen kann (0,5 – 2 Minuten).

Schnittstellen: Die mittels Tablet erfassten Daten durch das Check-Personal werden direkt in das Terminal Operating System übertragen. Das Straßengate besitzt ebenfalls eine Schnittstelle zum TOS sowie zusätzlich eine Schnittstelle zu einem Parkplatzmanagementsystem.

Option 1: Manueller Check	Option 2: Straßengate
Erfasste Daten	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ LKW Kennzeichen ▪ Nummer der Ladeeinheit (LE) ▪ Plomben-/Siegelnummer (falls vorhanden) ▪ Gefahrgutkennzeichen (falls vorhanden) ▪ Sichtbare Schäden der Ladeeinheiten (falls vorhanden) ▪ Checkdatum und Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LKW Kennzeichen ▪ Nummer der Ladeeinheit (LE) ▪ Gefahrgutkennzeichen ▪ Foto zur Dokumentation möglicher Beschädigungen ▪ Checkdatum und Zeit ▪ NICHT: Plombennummer (wird durch LKW-Fahrer erfasst)
Erfassungsdauer	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 0,5 – 2 min (bis zu 80 LE/h) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unter 30 sek
Schnittstellen	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eingabe über Tablet – Übertragung ins Terminal Operating System (TOS) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Terminal Operating System (TOS) ▪ City Logistics System (Parkplatzmanagement)

7.3

Evaluierung Containerscanning mit Drohne (UAV)

Vor Abfahrt des beladenen Zuges aus dem Terminal erfolgt eine Inspektion des Zuges. Diese Inspektion wird aktuell manuell und papierbasiert durchgeführt (siehe Kapitel 4.3). Zur Automatisierung dieses Prozesses soll ein unbemanntes Luftfahrzeug (Drohne) eingesetzt werden, welches mit einer OCR-fähigen Kamera ausgerüstet ist. Die Drohne soll den beladenen Zug abfliegen, alle relevanten Daten erfassen und einen Abgleich mit dem im TOS hinterlegten Daten durchführen. Zusätzlich sollte die Drohne Fotos von Videos der Ladeeinheiten aufnehmen. Folgende Informationen sollen erfasst werden:

- Containernummer und Waggonnummer (Zur Prüfung, ob alle Container auftragsgemäß verladen sind)
- Aufnahme von Fotos/Videos zur Erkennung von Schäden (z. B. Riss in Plane)
- Aufnahme von Fotos/Videos zur Erkennung der Zapfenverriegelung (Erkennung von Abweichungen in der Ausrichtung)

Basierend auf dem Marktscreening (siehe Kapitel 6) wurden geeignete Anbieter in Absprache mit dem Terminal TriCon kontaktiert, um den Use Case zu detaillieren. Es erfolgte ein Austausch mit dem Unternehmen *anyline*, einem Hersteller für Optical Character Recognition (OCR) Software. Eine Fotodokumentation ist (bisher) keine Funktionsweise. Eine Fotoaufnahme ist jedoch zwingend für die Schadensdokumentation im Terminal erforderlich. Weitere, für das Scanning von Container-Nummern geeignete Anbieter konnten nicht identifiziert werden.

Weiterhin erfolgte eine Anbieterrecherche nach möglichen Hardwareanbietern (UAV). Durch einen Austausch mit einer auf Flugsysteme spezialisierten Forschungseinrichtung der TU Braunschweig, konnte ein möglicher Anbieter für Drohnen/UAV identifiziert werden. Der Einstiegspreis einer solchen Drohne liegt bei ca. 3000 € inkl. Akkus. Bei professionelleren Drohnen sollten mit Zubehör, Ersatzteilen etc. ca. 20 000 € eingeplant werden.

Drohnenflüge sind weiterhin stark wetterabhängig. Erfahrungswerte aus einem Projekt, welches die konsultierte Forschungseinrichtung im Hamburger Hafen durchgeführt hat, haben gezeigt, dass die Drohne an 70% der Tage eingesetzt werden konnte, an den restlichen Tagen war der Wind und/oder Regen zu stark.

Digitales KV-Terminal der Zukunft

8.1

Vorgehensweise

Auf Basis der bisher gewonnenen Informationen aus den Prozessanalysen, Literaturrecherchen und Gesprächen mit dem Terminal wird ein Zukunftsbild des „Terminals der Zukunft“ skizziert. Hierfür wurden zusätzlich Expertengespräche mit weiteren Terminalbetreibern durchgeführt, um ein möglichst umfassendes Bild zu erhalten.

8.2

Ergebnisse der Expertengespräche

Insgesamt wurden fünf Experten befragt. Vier der befragten Personen sind Terminalbetreiber, während ein befragtes Unternehmen zwar ein eigenes Terminal unterhält, jedoch vornehmlich als Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) tätig ist. Alle Gespräche wurden telefonisch durchgeführt, in Absprache mit den Interviewpartnern aufgezeichnet und anschließend transkribiert.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Expertengespräche und als Stütze für den Gesprächsverlauf wurde ein Leitfaden konzipiert. Dieser gliedert sich in die folgenden Bereiche:

- Einleitung: Allg. Informationen zum befragten Unternehmen und Interviewpartner
- Aktuelle Prozesse: Informationen zu bestehenden Prozessen im Terminal, verwendete Systeme und Technologien, Herausforderungen und Engpässe/Schwachstellen im Terminalbetrieb
- Digitalisierung im Terminal – Vergangenheit und Status Quo: In den vergangenen Jahren durchgeführte Digitalisierungsmaßnahmen inkl. Ziel und Treiber der Maßnahmen, einhergehende Veränderungen, Barrieren bei der Einführung
- Digitalisierung im Terminal – Zukunft und Trendausblick: Geplante Maßnahmen, größtes Potenzial und Relevanz bestimmter Technologien, Ausblick Terminal der Zukunft in 30-40 Jahren

Allgemeine Informationen

Neben dem Containerumschlag bieten die meisten der befragten Terminals weitere Dienstleistungen an, z. B. einen Last-Mile Service, d. h. Zustellung der Ware im Nachlauf, Rangierdienstleistungen und Containerreparaturen. Ein Unternehmen ist auf den reinen Umschlag von Ladeeinheiten fokussiert.

Terminalprozesse und verwendete Systeme

Der Einsatz unterstützender Systeme und Technologien ist in den befragten Unternehmen sehr unterschiedlich ausgeprägt und abhängig von der Größe des Terminals bzw. von der Anzahl der umgeschlagenen Ladeeinheiten. So hat ein befragtes Unternehmen lediglich das MS Office Paket sowie Funktechnologie im Einsatz während andere Terminals weitere Technologien wie Videogates für LKW (Straßengate) und RFID-Systeme zur Erfassung der Container-Stellplätze im System verwenden.

Aktuelle Herausforderungen im Terminal

Eine der am häufigsten genannten Herausforderungen im Terminal ist die Abhängigkeit von vor- und nachgelagerten Akteuren sowie der damit zusammenhängende schwierige Informationsaustausch mit anderen Akteuren des kombinierten Verkehrs. Diese Abhängigkeit kann sich negativ auf die internen Prozesse auswirken. Diese Erkenntnis deckt sich mit den Erfahrungen aus der Prozessanalyse des Terminals Nürnberg und den in Kapitel 3 identifizierten Schwachstellen. Angemerkt wird weiterhin, dass zwar einzelne Schnittstellen vorhanden sind, bspw. zu bestimmten KV-Operateuren, jedoch keine gemeinsame Lösung zum Informationsaustausch zwischen allen beteiligten Akteuren existiert.

Eine weitere genannte Herausforderung stellt die zur Verfügung stehende Kapazität im Terminal dar. Kurzfristige Kapazitätsengpässe entstehen insbesondere aufgrund von Auslastungsschwankungen und Stoßzeiten im Terminal, welche aus der fehlenden Synchronisation der Prozesse zwischen den vor- und nachgelagerten Dienstleistern resultieren.

Digitalisierung im Terminal – Vergangenheit und Status Quo

Digitalisierungsmaßnahmen, welche in den vergangenen Jahren in den befragten Terminals umgesetzt wurden, zielten insbesondere darauf ab, die bereits genutzten Systeme zu vereinheitlichen bzw. zu verknüpfen sowie Schnittstellen zu anderen KV-Akteuren aufzubauen. Der Anstoß für diese Maßnahmen kam i. d. R. durch das Terminal selbst, jedoch teilweise auch durch Kunden des Terminals, welche bestimmte Standards fordern. Ziel der durchgeführten Digitalisierungsmaßnahmen war vordergründig eine Aufwandsreduzierung/Kostensenkung. Weitere Ziele waren eine Abgrenzung zum Wettbewerb (insb. für Marketingmaßnahmen) sowie eine Erhöhung der Prozessqualität bzw. Senkung der Fehlerquote. Bei der Definition und Einführung der beschriebenen Digitalisierungsmaßnahmen begegneten den Terminals unterschiedliche Herausforderungen. Neben dem hohen Zeitaufwand und dem finanziellen Aufwand für die Durchführung von Projekten zur Digitalisierung der Prozesse wird auch die Verfügbarkeit bzw. Kapazität geeigneter Softwareanbieter bemängelt. In diesem Kontext wurde weiterhin angemerkt, dass die meisten Softwareanbieter nur bestimmte Prozesse (z. B. nur Straße oder Schiene) und nur wenige Anbieter die komplette Transportkette betrachten. Dies wiederum fördert Insellösungen und kann sich negativ auf die Integration der Lösungen auswirken.

Digitalisierung im Terminal – Zukunft und Trendausblick

Der Fokus der Maßnahmen, welche durch die Terminals in naher Zukunft (Zeitraumen: kommende 1-2 Jahre) planmäßig umgesetzt werden sollen, bezieht sich insbesondere auf die Automatisierung der Check-In Prozesse und der Automatisierung der Schadensdokumentation. Zusätzlich wird eine zunehmende Vernetzung mit den KV-Partnern angestrebt (Schnittstellen).

Weiterhin wurden die Ansprechpartner nach Ihrer Einschätzung zur Relevanz bestimmter Schlüsseltechnologien sowie möglicher Anwendungsfälle in Umschlagterminals befragt:

- Blockchain: Blockchain- bzw. Distributed Ledger-Technologien wurden von keinem Interviewpartner als relevant betrachtet. Der konkrete Nutzen für den Terminalbetrieb ist unklar.
- Autonomes Fahren: Die befragten Experten gehen davon aus, dass autonomes Fahren in der ferneren Zukunft relevant sein wird. Insbesondere autonom fahrende oder mit Assistenzsystemen ausgestattete, gleisgebundene Schienenfahrzeuge werden als relevant betrachtet. Autonom fahrende Fahrzeuge zum Umfuhren von Ladeeinheiten in einem abgegrenzten Terminalgebiet werden ebenfalls als möglich

und sinnvoll erachtet. Dies ist jedoch nur interessant für Terminals, in denen der Umschlag nicht mit Reach Stackern durchgeführt wird. Die Komplexität der Terminals wird als Hinderungsgrund betrachtet.

- Ubiquitäres Computing (z. B. Wearables, OCR-Devices): Einige Anwendungen sind bereits in Terminals implementiert (insb. OCR-Straßengates; OCR-Schienengates werden aufgrund der geringen Bewegungen im Vergleich zu den LKW-Bewegungen als unverhältnismäßig betrachtet). Andere Anwendungen befinden sich noch in der Beobachtungsphase.
- Mobile Applikationen: Mobile Applikationen sind in Terminals teilweise bereits im Einsatz, beispielsweise sog. „Fahrer-Apps“ zum Anmelden der LKW-Frachtführer im Terminal. Als Zielsetzung wurde genannt, nicht zwingend neue Anwendungen per App bereitzustellen, sondern für bestehende Anwendungen auch eine mobile Nutzung zu verwirklichen und eine papierlose Abwicklung der Prozesse zu ermöglichen. Weiterhin werden Plattformlösungen als relevant betrachtet, um auch kleinere Unternehmen, welche nicht über die entsprechende IT-Infrastruktur und Schnittstellen verfügen, an das eigene Unternehmen anzubinden.
- Drohnen/ Unbemannte Luftfahrzeuge: Einsatz von Drohnen ist denkbar, insb. für Überwachungsszenarios oder für wagentechnische Untersuchungen, jedoch wird der Einsatz eher in größeren Seehafenterminals gesehen und es wurden Sicherheitsbedenken geäußert. Drohnen für den Transport von Ladeeinheiten werden als nicht relevant betrachtet.
- Künstliche Intelligenz: Methoden der Künstlichen Intelligenz werden als interessant für Predictive Maintenance Anwendungen (dt. „vorausschauende Wartung“) für mobile Umschlagsgeräte (z. B. für Reach Stacker) sowie für Wetterprognosen und Streckenanalysen (ETA-Berechnungen) betrachtet.
- Virtual bzw. Augmented Reality: Der Nutzen für AR und VR wird als eher gering betrachtet. Es ist jedoch denkbar, dass die Technologien im Check-In Prozess eingesetzt werden können (z. B. im Rahmen der Schadensprüfung). Ein weiterer Anwendungsfall ist die Darstellung von Informationen in anderen Sprachen mittels AR-Brille.
- Robotik: Im Sinne von automatisiertem Umschlag ist ein Einsatz denkbar.

Für die Bewertung der Relevanz der genannten Technologien und Anwendungsfelder für KV-Terminals ist, gemäß den befragten Experten, eine Differenzierung der Größe der betrachteten Terminals erforderlich. Viele Technologien werden bereits im Terminalbetrieb erprobt, jedoch vorwiegend in großen Seehafenterminals. Für kleinere KV-Terminals stellt sich insbesondere die Frage nach einem angemessenen Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Auf die Frage nach der Zukunftsvision für das „Terminal der Zukunft“ in ca. 20-30 Jahren, reagierten die befragten Terminalbetreiber in Anbetracht der langen Innovationszyklen im Terminalgeschäft sowie der Entwicklungen der vergangenen Jahre verhalten. Die kurz- bis mittelfristige Vision der befragten Unternehmen ist es, aktuelle Prozesse mit Assistenzsystemen zu unterstützen sowie aktuell manuell durchgeführte Prozesse mit digitalen Lösungen (bspw. Check-In, Stellplatzvergabe) zu automatisieren und optimieren. Langfristig sind weitere Automatisierungslösungen denkbar, auch hier wird jedoch insbesondere eine Unterstützung der bestehenden Prozesse angedacht und keine komplette Ersetzung der Mitarbeiter des Terminals.

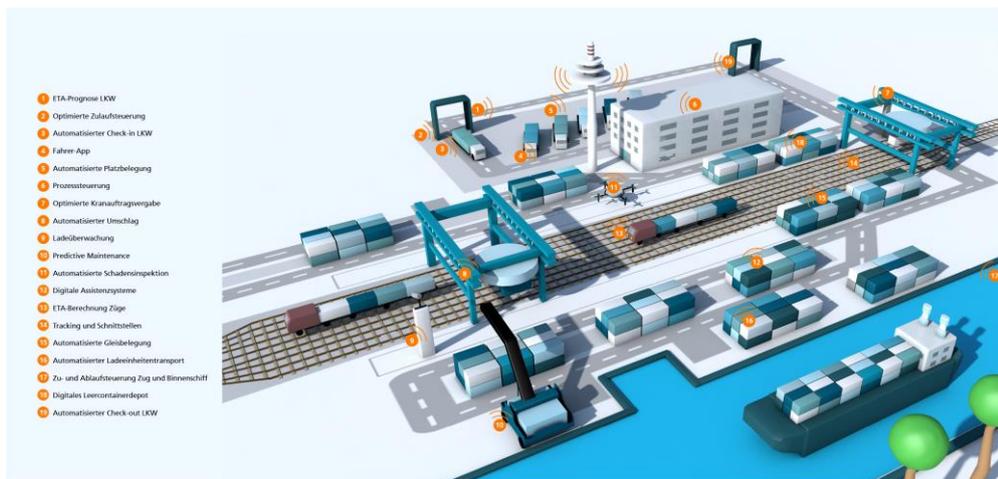
Angemerkt wurde zudem, dass es nicht ausreichend ist, ausschließlich die terminalinternen Prozesse zu optimieren. Mehrheitlich wurde genannt, dass eine Betrachtung der gesamten KV-Kette erforderlich ist. Das bedeutet, auch die dem Terminal vor- und nachgelagerten Prozesse und Dienstleistungen müssen bei Digitalisierungs- bzw. Optimierungsüberlegungen betrachtet werden.

8.3 Zukunftsbild „KV-Terminal der Zukunft“

Skizze des „digitalen KV-Terminals der Zukunft“

Die nachfolgende Grafik skizziert das „KV-Terminal der Zukunft“. Die Icons verdeutlichen mögliche Ansatzpunkte für Optimierungen im Terminalbetrieb. Es wurde bewusst eine Technologie-unabhängige Darstellung gewählt, da in den meisten Fällen unterschiedliche Technologien zur Optimierung des Prozesses eingesetzt werden können. Der Fokus der Darstellung liegt aus diesem Grund auf dem Effekt und Nutzen der Verbesserung und nicht auf der einsetzbaren Technologie.

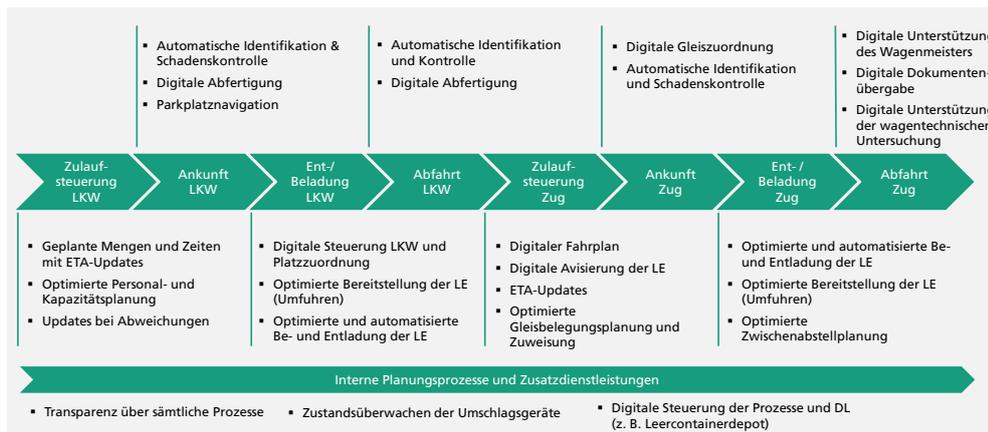
Abbildung 9 Zukunftsskizze "digitales KV-Terminal der Zukunft"



Beschreibung der Prozessabläufe im „digitalen KV-Terminal der Zukunft“

Der in Abbildung 11 dargestellte Prozessablauf gibt eine Übersicht über mögliche Veränderungen im Prozess des Terminals der Zukunft. Die einzelnen Prozessschritte werden im Folgenden näher erläutert.

Abbildung 10 Terminalprozesse im "digitalen KV-Terminal der Zukunft"



Zulaufsteuerung und Ankunft LKW

Der beispielhafte Prozess im „Terminal der Zukunft“ startet mit der Ankunft des LKW-Frachtführers im Terminal. Durch eine Zulaufsteuerung hat das Terminal einen Überblick über geplante Anliefermengen und Zeiten. Regelmäßige Statusmeldungen informieren das Terminal über die Ankunftszeit (ETA) des LKW. Weiterhin ist eine Buchung von Zeitfenstern für ankommende LKW denkbar, um die Auslastung im Terminal zu steuern und Spitzen zu vermeiden. Nach Ankunft des LKW im Terminal erfolgt ein automatischer Anmeldevorgang bzw. Check-In-Prozess: Alle relevanten Daten des LKW und der Ladeeinheit werden automatisch erfasst und verarbeitet. Die Fotodokumentation möglicher Schäden kann beispielsweise mittels eines Straßengates erfolgen. Mit Hilfe einer Echtzeit-Übersicht über die Bestandhaltung und die Platzbelegung im Terminal erfolgt eine optimierte Zuweisung des LKW zu einem geeigneten und fest definierten Umschlagplatz. Die Navigation über das Terminal kann beispielsweise mit Hilfe einer Fahrer-App oder über Navigationstafeln erfolgen.

Ent- und Beladung und Abfahrt LKW

Die zu übergebende Ladeeinheit wird optimiert bereitgestellt. Mittels autonom fahrender Fahrzeuge (AGV) kann ein Umfahren der erforderlichen Ladeeinheit von der Lagerfläche zum Umschlagsplatz erfolgen. Anschließend wird die anzuliefernde Ladeeinheit automatisiert entladen bzw. die abzuholende Ladeeinheit verladen. Der Umschlagsprozess erfolgt weitestgehend automatisiert, Kamera- und Sensorsysteme können Ladeeinheiten identifizieren und jede Bewegung der Ladeeinheiten registrieren. Somit wird zum einen sichergestellt, dass der Lagerort jedes Containers stets bekannt ist, andererseits kann gegengeprüft werden, ob die korrekte Ladeeinheit dem LKW zugewiesen wurde.

Zulaufsteuerung und Ankunft Zug

Ähnlich wie die Zulaufsteuerung der LKW, gibt es im Terminal der Zukunft auch eine Ankunftszeitberechnung (ETA) für Züge, welche auf Basis unterschiedlicher Datenquellen, wie u. a. Fahrplaninformationen, Streckensperrungen, Tracking-Systemen und Wetterdaten, die Ankunftszeit des Zuges im Terminal prognostiziert. Ankommende Züge werden im Terminal anschließend in Anbetracht bestehender Restriktionen und Verspätungen optimiert den zur Verfügung stehenden Gleisen zugeordnet.

Ent- und Beladung und Abfahrt Zug

Relevante Informationen des Zuges und der Ladeeinheiten werden automatisiert erfasst. Die Schadensdokumentation erfolgt mit Hilfe digitaler Technologien. Umschlagsaufträge werden den Kränen optimiert zugewiesen, um Fahrwege und Leerfahrten zu minimieren

und den Umschlagsprozess so kurz wie möglich zu gestalten. Digitale Assistenzsysteme können für die wagentechnische Untersuchung eingesetzt werden.

Interne Planungsprozesse und Zusatzdienstleistungen

Die digitale Unterstützung der Terminal-Prozesse ermöglicht die Erhebung sämtlicher Prozessdaten und Statusinformationen und schafft somit eine Transparenz über die Abläufe im Terminal.

Durch eine vorausschauende Wartung („predictive maintenance“) der Assets, z. B. von Reach Stacker oder Portalkränen, können Ausfallzeiten der Umschlagsgeräte minimiert und der Terminalbetrieb sichergestellt werden.

Information und Statusinformationen über z. B. Ankunftszeiten, die Verfügbarkeit von Ladeeinheiten oder Verzögerungen werden proaktiv an Partner wie Spediteure übermittelt. Weiterhin sollte eine digitale Übersicht und Möglichkeit der Buchung von angebotenen Zusatz-Dienstleistungen realisiert werden. Hierfür ist eine enge Verknüpfung und Kooperation mit weiteren KV-Dienstleistern erforderlich, beispielsweise mit Leercontainerdepots.

Operative Exzellenz und Steigerung der Kundenzufriedenheit

Die beschriebenen Maßnahmen zur Digitalisierung des Terminalbetriebs können sowohl einen positiven Effekt auf die operative Exzellenz der Terminalprozesse als auch auf die Kundenzufriedenheit haben.

Durch die gesteigerte Transparenz über zu erwartende Mengen und Ankunftszeiten bzw. Abholzeiten der Ladeeinheiten, ist eine effektive Planung der Terminalressourcen möglich. Somit kann die Personal- und Maschinenauslastung optimiert werden. Eine optimale Auslastung des Terminals reduziert Abfertigungsspitzen, Verzögerungen und Staus in der Abfertigung werden somit vermieden. Weiterhin können durch standardisierte Prozesse mit einem hohen Automatisierungsgrad Kosten gesenkt werden, die Prozessqualität erhöht werden und das Unfallpotenzial reduziert werden. Somit können Umschlagskapazitäten gesteigert und die zunehmenden Mengen im Güterverkehr effizient abgewickelt werden.

Durch die gesteigerte Transparenz in den Abläufen und der proaktiven Information an Kunden über die Verfügbarkeit von Ladeeinheiten sowie Statusinformationen bei Abweichungen und Verzögerungen kann die Flexibilität der Prozesse in den vor- und nachgelagerten Prozessen (z. B. Spedition, Ver- und Entlader, Operateur) verbessert werden. Weiterhin können aufgrund der vorhandenen Daten neue Services, wie beispielsweise Statusupdates etc. generiert werden.

8.4

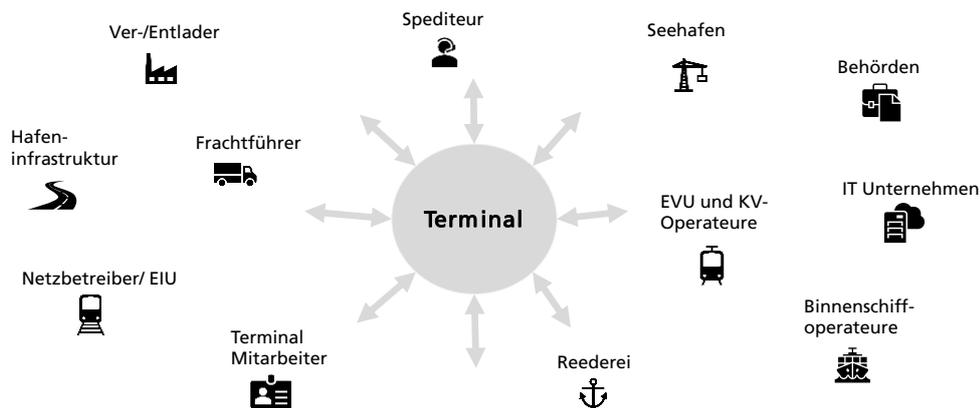
Fazit und Ausblick für weitere Forschungsarbeiten

Der Kombinierte Verkehr stellt eine Alternative mit sowohl betriebswirtschaftlichen als auch sozialen und ökologischen Vorteilen gegenüber dem reinen Straßentransport dar. Terminals stellen die zentrale Schnittstelle zwischen den Verkehrsträgern dar. Aufgrund steigender Mengen im Güterverkehr ist ein zunehmender Digitalisierungs- und Automatisierungsgrad der Umschlagterminals erforderlich, um Ladeeinheiten effizient umschlagen zu können und somit einen reibungslosen Ablauf des Transportprozesses zu ermöglichen.

Das Projekt „Machbarkeitsstudie zum digitalen KV-Terminal der Zukunft“ gibt einen Überblick über mögliche Optimierungspotenziale in den grundlegenden Terminalprozessen sowie eine Bewertung der identifizierten Lösungen. Das Zukunftsbild zeigt, wie die Prozesse im Terminal der Zukunft gestaltet sein können und welche Nutzenpotenziale sich ergeben.

Die Gespräche mit den Terminalbetreibern im Rahmen dieses Forschungsprojekts haben gezeigt, dass die Prozesse in einem KV-Terminal maßgeblich von anderen am Kombinierten Verkehr beteiligten Akteuren beeinflusst werden. Darstellung 12 zeigt beispielhafte Akteure im Umfeld eines KV-Terminals.

Abbildung 11 Akteure im Umfeld eines KV-Terminals



Die Vielzahl an Beteiligten macht die Koordination von KV-Transporten zu einer anspruchsvollen Aufgabe. Die komplexen Auftragsstrukturen im Kombinierten Verkehr erschweren zudem die Abstimmung der beteiligten Parteien und damit die Steuerung der arbeitsteiligen Prozesse. Aus diesem Grund ist es nicht ausreichend, nur die Prozesse innerhalb des Terminals zu optimieren und zu digitalisieren. Vielmehr müssen auch die vor- und nachgelagerten Prozesse in die Betrachtung mit einbezogen werden und insbesondere die Kommunikation und der Informationsaustausch der kompletten KV-Kette betrachtet werden, um einen reibungslosen Ablauf zu garantieren.

Gleisbelegungsoptimierung						
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Leistungsbestandteile	Anzeige	Mobiler Zugriff		Link zur Produktseite
dbh Portos Bahn	-	Auftragsdatenerfassung (EVU), Disposition Züge, Verladeeinrichtungen, Abrechnung	Elektr. Plantafel			https://www.dbh.de/hafenwirtschaft/portos-binnenhafenloesungen/
zedas cargo	Senftenberg (DE)	Zugvormeldung, Rangierdisposition, Abrechnung, Versand und Zugbildung	Gantt-Diagramm (Drag & Drop)	Ja		https://www.zedas.com/de/zedas-loesungen-logistikloesung-und-anlagenmanagement/zedas-logistikloesung-und-anlagenmanagement-fuer-bahn-und-verkehr/logistiksoftware-fuer-rangierverkehre/zedascargo-ueberblick-rangier

Übersichtstabelle Lösungen und
Anbieter

ETA-Prognose					
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Leistungsbestandteile	Datenquellen		Link zur Produktseite
HaCon	Hannover (DE)	ETA-Vorhersage unter Berücksichtigung der aktuellen Netzwerksituation und Ressourcenverfügbarkeit	Daten aus Schnittstellen von EVUs, sowie Geo-Tracking Daten		https://www.hacon.de/index.php?id=1&L=5%27
synfioo	Potsdam (DE)	ETA-Vorhersage	-		https://synfioo.com/de/
Zedas Cargo – Rail Hub	Senftenberg (DE)	ETA-Vorhersage mit Echtzeit-Information über Standort samt Kartenansicht sowie Zustand des Zuges	Kombination von Planungsdaten des gesamten Routenverlaufs und der Ressourcennutzung wie Trassen, Fahrzeuge und Personal mit aktuellen Zuglaufdaten		https://www.zedas.com/de/zedas-alle-meldungen/915-neu-zedas%C2%AEcargo-rail-hub

Automatisiertes Umfuhren von Ladeeinheiten (AGV)					
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Ladeeinheiten	Geschwindigkeit	Navigation	Link zur Produktseite
Gaussin AGV	Hericourt (FR)	Alle Arten an Containern	Max. 35 km/h bzw. 30 km/h	-	http://www.gaussin.com/self-driving-automated-vehicles/?lang=en
Konecranes Gottwald AGV	Helsinki (FIN)	Nur Container	Max. 6 m/s (21,6 km/h)	Management- und Navigationssoftware und Transponder im Boden	https://www.konecranes.com/de-at/krane-und-hebezeuge/containerumschlag/automatisierte-containertransportfahrzeuge/agv
Kalmar FastCharge AGV	Helsinki (FIN)	Container und Tankcontainer	Max. 7 m/s (25,2 km/h)	Transponder im Boden	https://www.kalmar.de/equipment-services/automated-guided-vehicles
Vera Volvo Trucks	Göteborg (SE)	Container, Sattelaufleger	-	-	https://www.volvotrucks.com/en-en/about-us/automation/vera.html
VDL Automatic Vehicles	Breda (NL)	Container, Tank Container	Max. 25 km/h	Odometrie mit Genauigkeitskorrekturen durch zusätzliche Sensoren	https://www.vdlautomatedvehicles.com/products

Übersichtstabelle Lösungen und
Anbieter

Automatisierte Positionsbestimmung					
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Positionsbestimmung von..	Genauigkeit	Anwendungsfall	Link zur Produktseite
Cathay Nebula Position Detection Systems	Peking (CN)	Container, Fahrgestelle (LKW unter Kran)	20cm (Container); 10cm (LKW)	Unterschiedliche Anwendungsfälle möglich, z. B. Positionierung von LKW, Container	http://www.cathaynebula.com/Solutions
Camco Position Detection System	Leuven (BE)	Container, Umschlags-equipment	Max. 20cm Abweichung	Nutzung mit jedem Umschlagsequipment möglich: STS, ARMG, RMG, Terminal truck, shuttle carrier, reach stacker, forklift, Empty C. Handler, Terminalpersonal	https://www.camco.be/products/mlt/
Certus Port Automation C-Crane V3	Rotterdam (NL)	Container, Umschlags-equipment	-	Fokus STS-Kräne	https://www.certusportautomation.com/c-3769844/sts-crane-ocr/
infosoft Locator Node AoA	Großmehring (DE)	Container	1-3m	-	https://www.infsoft.com/use-cases/cargo-tracking-at-a-container-port
Kalmar SmartTrack	Hamburg (DE)	Container	-	-	https://www.kalmar.de/automatisierung/kalmar-smartport-process-automation/smarttrack/

Übersichtstabelle Lösungen und
Anbieter

Automatisches Erfassen der Zug- bzw. LE-Informationen („Schienengate“)			
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Erfasste Daten	Link zur Produktseite
ASE Number Check Videotor	Bruchsal (DE)	Waggon-Nr., Container-Nr., Länge über Puffer, Gefahrgut-Nr. & -zeichen, Ladeeinheit mit Ordnungs-Nr., Richtung und Geschwindigkeit, Anzahl Achsen, LKW-Kennzeichen, Kennzeichen Zugmaschine, Kennzeichen Anhänger	https://www.ase-gmbh.com/leistungen/ocr-gates/numbercheck-videotor-schiene
camco Technologies Rail OCR Portal	Leuven (BE)	Container-Nr., Lok- und Fahrgestell-Nr., IMDG und Vorhandensein von Siegeln	https://www.camco.be/products/rail-ocr-portal/
certus Port Automation Rail OCR	Rotterdam (NL)	Lok-Identifizierung: Containeridentifizierung: Container-Nr., Größe, Typ, Position	https://www.certusportautomation.com/c-3769846/rail-ocr-portal/
dbh Portos Videogate	Bremen (DE)	ID-Nr. Lok, Waggons mit Reihung, Containerladung, LKW-Kennzeichen	https://www.dbh.de/hafenwirtschaft/portos-binnenhafenloesungen/
LMT Gatesystem Zug	Bremen (DE)	Container-Nr., ISO-Code, Waggonnummer, Gefahrgut, ILU-Code, Schadenprotokollierung, Abmessungen	https://www.lmt-gmbh.org/Flyer-Gatesysteme-LMT-2015.pdf
TREX-Wagon Nestor Technologies	Chasseneuil du Poitou (FR)	Waggon-Nr., Container-Nr., Bild des Zuges	https://www.nestor-tech.com/en/solutions/trex-wagon
Orbita Rail Suite	Valencia (ES)	Container-Nr., Zeit, Datum, Container-Position	https://www.orbitaports.com/solutions/rail-suite/rail-ccr/

Übersichtstabelle Lösungen und
Anbieter

Visy Train Gate	Tampere (FIN)	Containernummer-, ISO-Code-, Prüfziffer-, IMO-, ADR-, Waggonnummer-Erkennung; Bildgebung bei der Schadensinspektion	https://www.certusportautomation.com/c-3769846/rail-ocr-portal/
------------------------	---------------	---	---

Automatisches Erfassen der LKW- bzw. LE-Informationen („Straßengate“)			
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Erfasste Daten	Link zur Produktseite
ASE Number Check Videotor	Bruchsal (DE)	Zustandsdokumentation, Kennzeichen, LE-Nummern, Gefahrgutlabel, Abfallzeichen, etc.	https://www.ase-gmbh.com/leistungen/ocr-gates/numbercheck-videotor-strase
Camco OCR Straßengate	Leuven (BE)	Zustandsdokumentation, Container-Nr., ISO-Code, Fahrgestell-Nr., Kennzeichen, Gefahrgutlabel, Türöffnung, Container-Position auf dem Gestell, Containerstatus (voll, leer)	https://www.camco.be/products/ocr-camera-portal/
Certus OCR Portal	Rotterdam (NL)	-	https://www.certusportautomation.com/c-3769842/gate-ocr-portal/
LMT Zugangskontrollsystem	Bremen (DE)	Fahrzeug- und Trailerkenneichen, Containernummer, ISO-Code, Gefahrgut, ILU-Code	https://www.lmt-gmbh.org/Flyer-Gatesysteme-LMT-2015.pdf
Kalmar SmartLane	Hamburg (DE)	Fahrerinformationen, Kennzeichen, Container-IDs, Schadenskontrolle	https://www.kalmar.de/automatisierung/kalmar-smartport-process-automation/smartlane/
Orbita Gate CCR	Valencia (ES)	Kennzeichen, ISO-Code, Schadenskontrolle	https://www.orbitaports.com/solutions/gate-suite/gate-ccr/

Übersichtstabelle Lösungen und
Anbieter

Slot Management / Zeitfenstermanagement			
Produktname bzw. Anbieter	Sitz	Besonderheiten	Link zur Produktseite
Camco Truck Appointment System	Leuven (BE)	Spezifisch für Terminals; optionale App	https://www.camco.be/products/truck-appointment-system/
Cargoclix SLOT	Freiburg (DE)	Individuelle Anpassung, Abrechnung pro Buchung (0,5 €)	https://start.cargoclix.com/de/slot/
Inform Zeitfenstermanagement	Aachen (DE)	Integration von Zulaufsteuerung möglich; Fokus Verlader; intelligente Optimierung; Dashboard und KPI-Auswertung	https://www.inform-software.de/logistik/zeitfenstermanagement
PureLox plx planning	Kobern-Gondorf (DE)	Fokus auf Verlader	https://www.pure-lox.com/de/slot-management-und-yard-management/?gclid=EAlalQobChMI6Jivheio5wIVh8x3Ch1zyAKpEAAAYAAAEgLsjPD_BwE
Transporeon Zeitfenstermanagement	Ulm (DE)	Fokus auf Verlader	https://www.transporeon.com/de/produkte/management/zeitfenster-management/

BMVI – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018) – Kombiniertes Verkehr – Die Zukunft ist intermodal (Flyer), Berlin.

DIN SPEC 91073:2018-04 (2018) – DIGIT Standardisierung des Datenaustauschs für alle Akteure der intermodalen Kette zur Gewährleistung eines effizienten Informationsflusses und einer zukunftsfähigen digitalen Kommunikation, Berlin.

DESTATIS Statistisches Bundesamt (2020) – Verkehr aktuell, Fachserie 8, Reihe 1.1.

ERFA KV (2019) – Praxisleitfaden für den Kombinierten Verkehr, Dortmund.

SGKV Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr e.V. – Der KV-Markt. Abgerufen am 15.04.2020, von <https://www.sgkv.de/de/der-kombinierte-verkehr/der-kv-markt>.

Internetauftritte der Projektpartner und Experten (in alphabetischer Reihenfolge):

Bagszas Industrial Logistics – About. Abgerufen am 15.04.2020, von https://bagszas.com/de/about#bagszas_industrial_logistics.

Bayernhafen GmbH & Co. KG – Unternehmen. Abgerufen am 15.04.2020, von <https://www.bayernhafen.de/unternehmen/#unsere-philosophie>.

Center for Transportation and Logistics Neuer Adler e.V. (CNA) – Home. Abgerufen am 15.04.2020, von <https://www.c-na.de/cna/home/>.

TriCon Container-Terminal Nürnberg GmbH – Über uns. Abgerufen am 15.04.2020, von <https://www.tricon-terminal.de/ueber-uns/tricon.html>.