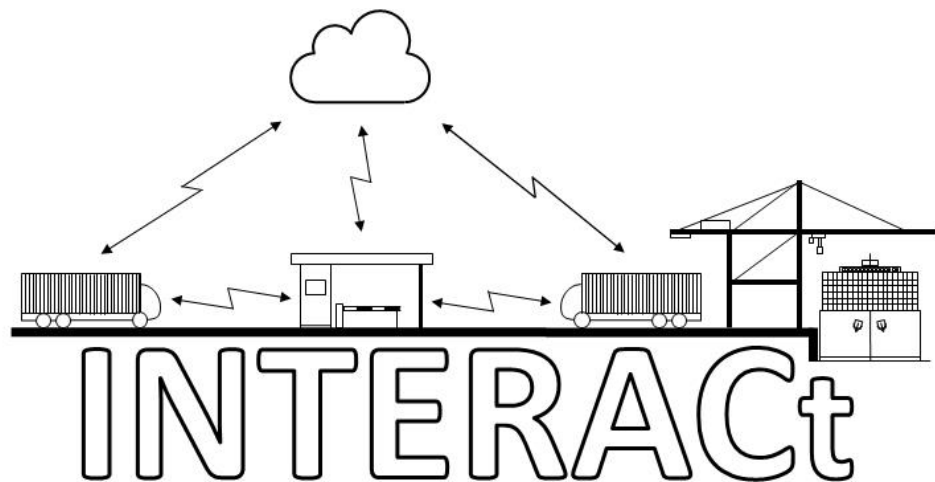


Schlussbericht



<p>Zuwendungsempfänger:</p> <p>Karlsruher Institut für Technologie Prof. Dr.-Ing. Eric Sax</p>	<p>Förderkennzeichen:</p> <p>19H18005B</p>
<p>Vorhabenbezeichnung:</p> <p>Durchführbarkeitsstudie: Integration autonomer Lkw in die Betriebsabläufe moderner Containerterminals – INTERACT; Teilvorhaben: Kommunikation und Cyber-Security</p>	
<p>Laufzeit des Vorhabens:</p> <p>01. August 2018 – 31. Januar 2020</p>	
<p>Berichtszeitraum:</p> <p>01. August 2018 – 31. Januar 2020</p>	

Inhaltsverzeichnis

1. Darstellung der Aufgabenstellung, Voraussetzung, Planung und Zusammenarbeit mit anderen Stellen	3
1.1. Aufgabenstellung des Vorhabens	3
1.2. Voraussetzung, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	3
1.3. Planung und Ablauf	4
1.4. Wissenschaftlichen und technischen Stand.....	4
1.4.1. Benutzte Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte.....	5
1.4.2. Verwendete Fachliteratur bzw. Informations- und Dokumentationsdienste.....	5
2. Erzieltes Ergebnis im Einzelnen und Verwendung der Zuwendung.....	5
2.1. Erzieltes Ergebnis im Einzelnen des KIT	5
2.1.1. AP1: Erstellung eines Anforderungskatalogs	6
2.1.2. AP2: Analyse des Ist-Zustandes.....	8
2.1.3. AP3: Durchführbarkeitsanalyse.....	13
2.1.4. AP4: Lückenanalyse/ Entwicklung einer Roadmap	15
2.2. Verwendung der Zuwendung.....	17
3. Darstellung der Notwendigkeit der geleisteten Arbeit, voraussichtliches Nutzen und Veröffentlichungen	17
3.1. Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	17
3.2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	17
3.3. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens	17
3.4. Bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderer Stelle	18
3.5. Veröffentlichungen	18
4. Anhang	18

1. Darstellung der Aufgabenstellung, Voraussetzung, Planung und Zusammenarbeit mit anderen Stellen

In diesem Kapitel wird kurz dargestellt, wie die Aufgabenstellung und die Voraussetzung für dieses Vorhaben waren. Des Weiteren werden die Planung und Ablauf, sowie der wissenschaftliche und technische Stand, an den in diesem Vorhaben angeknüpft wurde, als auch die Zusammenarbeit mit anderen Stellen beschrieben.

1.1. Aufgabenstellung des Vorhabens

In den letzten Jahren ist die Entwicklung automatisiert fahrender Lastkraftwagen (Lkw) rasch vorangeschritten. Um die aufkommenden Vorteile entlang der gesamten Transportkette nutzen zu können sollten in diesem Vorhaben die Grundlagen für den Einsatz dieser Fahrzeuge auf Terminalflächen untersucht werden. Dabei sollen die Nutzfahrzeuge neben dem Einsatz auf den Terminalarealen auch weiterhin für den Einsatz auf öffentlichen Straßen geeignet bleiben. Zu diesem Zweck soll analysiert werden welche technischen, operativen und rechtlichen Anforderungen sowohl an die Fahrzeuge als auch an die beteiligten Transportdienstleister und Terminals zu stellen sind. Dies führt letztendlich zu der Durchführung einer Machbarkeitsstudie, sowie einer anschließenden Lückenanalyse.

Die Ziele des Vorhabens sind die Erstellung eines Anforderungskatalogs, sowie die Identifizierung, Sammlung und Dokumentation möglicher Lösungsansätze der einzelnen Anforderungen. Im Anschluss wird die Prüfung der Umsetzbarkeit eines Containertransports mit den derzeitig vorhandenen oder bereits absehbaren Mitteln vorgenommen. Dazu werden die notwendigen technischen und rechtlichen Entwicklungsbedarfe identifiziert. Auf Basis dieser Identifikation wird eine Roadmap erstellt und als Entscheidungshilfe den Transportunternehmen zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise können diese bei der Einführung automatisierter Nutzfahrzeuge unterstützt werden und durch das Zusammenbringen der verschiedenen Akteure eventuelle Fehlentwicklungen oder sogenannte „Insellösungen“ vermieden werden.

1.2. Voraussetzung, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die technologischen Fortschritte im Bereich des automatisierten Fahrens und die voraussichtlichen Anpassungen des rechtlichen Rahmens führen zu der Annahme, dass automatisierte Nutzfahrzeuge auf öffentlichen Straßen innerhalb des kommenden Jahrzehnts möglich sein werden¹. Die damit aufkommenden Vorteile sollen auf der gesamten Transportkette, inklusive Start- und Endterminals, genutzt werden. Automatisierte Fahrzeuge zum Containertransport, realisiert als sogenannte Automated Guided Vehicles (AGVs), stellen seit Jahren den Stand der Technik auf Hafenterminals dar. Allerdings lassen sich die beiden Ansätze, AGVs und automatisierte Lkw, nicht trivial miteinander vereinen, da sie grundverschiedene Funktionsweisen aufweisen.

Um alle Anforderungen berücksichtigen zu können, benötigt das Vorhaben die Mitwirkung eines Containertransportunternehmens, eines Unternehmens mit Erfahrung im Bereich der

¹ <https://www.sueddeutsche.de/auto/autonomes-fahren-fahrplan-in-die-zukunft-1.1864972>

Hafenlogistik und einer wissenschaftlichen Einrichtung für die Beachtung des Stands der Forschung. Mit den drei Projektpartnern CTD, HPC und KIT kann sichergestellt werden, dass alle Sichtweisen beachtet werden.

1.3. Planung und Ablauf

Das Vorhaben setzte sich aus den folgenden Hauptarbeitspaketen zusammen

AP	Beschreibung	Projektpartner	
		Verantw.	Zuarbeit
1	Erstellung eines Anforderungskatalogs	HPC	CTD, KIT
2	Analyse des Ist-Zustandes	KIT	HPC, CTD
3	Durchführbarkeitsanalyse	HPC	CTD, KIT
4	Lückenanalyse/ Entwicklung einer Roadmap	HPC	CTD, KIT
5	Ergebnisverbreitung	HPC	CTD, KIT
6	Projektmanagement	HPC	CTD, KIT

Wobei während der gesamten Laufzeit des Vorhabens auf eine intensive Zusammenarbeit mit allen beteiligten Akteuren und auf Öffentlichkeitsarbeit geachtet wurde.

Zum Start des Vorhabens wurden allen Partnern die aktuellen Prozessabläufe genau vorgestellt und erläutert. Im Laufe einer Übertragung der aktuellen in automatisierte Prozessabläufe wurden aufkommende Anforderungen identifiziert und in einem Anforderungskatalog dokumentiert. Zwar stand der Großteil des Anforderungskatalog nach einem Drittel der Projektlaufzeit, jedoch wurde beschlossen das Dokument weiterhin zu aktualisieren. Durch regelmäßige Abstimmung der Projektpartner untereinander wurden Lücken minimiert und Dopplungen verhindert. Im Anschluss erörterte jeder Partner den Stand der Technik und Forschung auf seinem Kerngebiet und dokumentierte diesen in einem dafür angelegten WikiWeb. Hieraus entstanden Lösungsmöglichkeiten, welche den jeweiligen Anforderungen zugeordnet wurden. Auch hier fanden regelmäßige Abstimmungstelefonate statt. Die Analyse des Stands der Technik umfasste das zweite Dritte des Vorhabens. Im letzten Drittel der Projektlaufzeit werden die Lösungsmöglichkeiten hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit bewertet. Dies geschah durch Workshops und Experteninterviews. Auf diese Weise konnten Lücken identifiziert werden. Durch eine Bewertung im Bezug auf die Dauer der Umsetzung wurde eine Roadmap erstellt.

Durch insgesamt 3 Arbeitskreistreffen und mehrere Telefonate konnte eine Abstimmung der Projektpartner sichergestellt werden. Die jeweiligen Arbeitskreistreffen wurden so gewählt, dass vor Abschluss eines Meilensteines über den Inhalt der Arbeitspakete diskutiert wurde und ein Austausch entstand. Jeder der Projektpartner diente dabei einmal als Gastgeber.

1.4. Wissenschaftlichen und technischen Stand

Zum Zeitpunkt der Durchführung des Vorhabens ist der Automatisierungsgrad von Hafenterminals mit AGVs bereits weit fortgeschritten. Das Ab- und Beladen der Containerschiffe von Wasser- und Landseite funktioniert bereits vollkommen automatisiert. Allerdings weisen diese Fahrzeuge keinerlei Sensoren zur Umfeldwahrnehmung und somit, bei menschlicher

Interaktion, große sicherheitskritische Risiken auf. Für einen Einsatz innerhalb der durch menschliche Interaktion geprägten Containerabholung durch die unterschiedlichen Fuhrunternehmen sind diese Fahrzeuge demnach nicht ohne Weiteres geeignet.

Auf der anderen Seite steht die schnell voranschreitende Forschung im Bereich der automatisierten Nutzfahrzeuge. Bereits im Jahre 2014 stellte Daimler Trucks den ersten automatisiert fahrenden Lkw² vor. Die Sensorfusion und Vereinigung von mehreren Assistenzsystemen führten zum „Highway Pilot“ und somit zu einer Erhöhung von Sicherheit und Verringerung des Kraftstoffverbrauchs.

Der wissenschaftliche und technische Stand zum Zeitpunkt des Vorhabens zeigen demnach, durch die sich bereits im Einsatz befindlichen AGVs und den sich in der Forschung immer weiter entwickelten automatisierten Lkw, hohes Potential. Im Bereich der Kommunikationsschnittstellen konnte sich die Bundesregierung ebenfalls bereits auf ein Protokoll einigen. Dabei setzt sie „beim automatisierten und vernetzten Fahren auf die Kommunikation mittels IEEE 802.11p (ETSI-ITS G5)“³. Ebenso findet das Vorhaben in einer Umgebung mit hoher Wertlegung auf Datensicherheit und -verschlüsselung statt. Des Weiteren müssen auch Sicherheitsaspekte betrachtet und auf eventuelle Lücken hingewiesen werden.

1.4.1. Benutzte Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte

Es wurden keine Konstruktionen, Verfahren oder Schutzrechte gekauft oder genutzt.

1.4.2. Verwendete Fachliteratur bzw. Informations- und Dokumentationsdienste

Die verwendeten Informationsdienste waren in der Hauptsache:

- IEEE Xplore: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
- Springer Link: <https://link.springer.com/>
- Google Scholar: <https://scholar.google.de/>

Für die Dokumentation wurde ein von dem Projektpartner HPC aufgesetztes WikiWeb genutzt.

2. Erzieltes Ergebnis im Einzelnen und Verwendung der Zuwendung

In diesem Kapitel wird auf das erzielte Ergebnis und die Verwendung der Zuwendung des KIT-Institut für Technik der Informationsverarbeitung (ITIV) eingegangen.

2.1. Erzieltes Ergebnis im Einzelnen des KIT

Schwerpunkte des ITIVs lag während des Vorhabens auf der Identifikation und Aufstellung von Anforderungen, sowie der Analyse des Ist-Zustandes und damit dem Stand der Technik, der Wissenschaft und der Forschung im Bereich des automatisierten Fahrens auf abgesperrten Bereichen.

² <https://www.daimler.com/innovation/autonomes-fahren/mercedes-benz-future-truck.html>

³ SCHMITT, V. Aktuelle Entwicklung in der Verkehrssteuerung der Stadt Kassel– Digitales Testfeld. In: (FGSV)(DEU)-German Road and Transportation Research Association. 2019.

2.1.1. AP1: Erstellung eines Anforderungskatalogs

Das Arbeitspaket 1 ist in insgesamt fünf Unterarbeitspakete unterteilt. Dabei lag der Fokus des Karlsruher Institut für Technologie auf den Arbeitspaketen 1.2: „Kommunikationsbedarfe und -schnittstellen“ und 1.3: „Sicherheit (Cyber Security)“. In den weiteren drei Unterarbeitspaketen stand das KIT unterstützend zur Verfügung.

Für eine umfangreiche Untersuchung und lückenlose Aufzählung der Anforderungen an die Kommunikationsschnittstellen und deren Securitybedarf mussten zunächst jegliche Kommunikationsbedarfe identifiziert werden. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Betriebsabläufe in Prozessablaufdiagramme dargestellt. Um die Kommunikationsbedarfe darzustellen wurde sich dabei für eine Darstellung als Swimlane Diagramme entschieden. Die verschiedenen Akteure, setzen sich aus dem Terminal, dem Fuhrunternehmen und dem automatisierten Fahrzeug dar. Abbildung 1 stellt die drei Akteure dar und verdeutlicht dabei zusätzlich, dass die Kommunikation zwischen Terminal und dem Lkw auf einem Minimum gehalten werden sollte. Dies folgt aus dem Aufkommen verschiedener Lkw von unterschiedlichen Herstellern. Die Aufgabe dem Fahrzeug Befehle und Verhaltensmuster mitzuteilen liegt bei dem Fuhrunternehmen (Anf. 2.1.1).

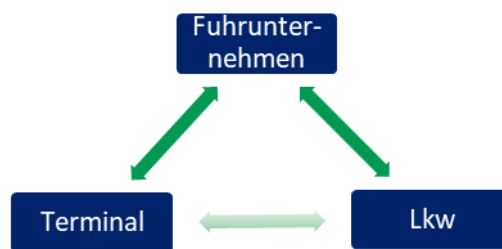


Abbildung 1: Kommunikationspfade zwischen den Akteuren

Für eine vollständige Identifizierung aller Kommunikationsschnittstellen und –bedarfe wurden zunächst die aktuellen Prozessabläufe beobachtet, dokumentiert und evaluiert. Im Anschluss zur Modellierung der generischen Prozessabläufe, wurden die Sollabläufe mit automatisierten Lkw definiert. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Aufteilung der Fahrer-Prozessschritte auf die anderen, weiterhin nun auch im automatisierten Ablauf beteiligten, Akteure. Ein repräsentativer Prozessablauf ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Grafik zeigt die Auftragserteilung, die Containerabholung und die Containerlieferung eines modernen Terminals.

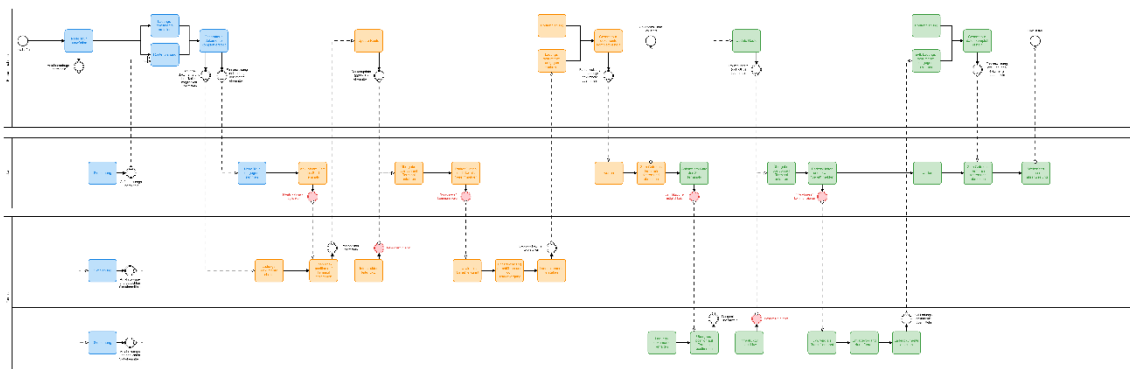


Abbildung 2: Sollprozessablauf einer Lkw-Abfertigung bei Containerlieferung und -abholung (Modernes Terminal) (siehe auch Anhang 1 bis Anhang 3)

Die beteiligten Akteure bestehen aus dem Fuhrunternehmen, dem automatisierten Lkw und dem Start-, sowie dem Zielterminal. Die Handlungen eines Akteurs sind dabei innerhalb sogenannter Swimlanes dargestellt. Im nächsten Schritt wurde jede benötigte Kommunikationsschnittstelle identifiziert. Dazu wurden durch Expertise, Interviews und Workshops alle benötigten Informationen und deren zeitliche Bedarfe gesammelt und zugeordnet. Dabei wurde darauf geachtet die direkte Kommunikation zwischen Terminal und Fahrzeug auf einem Minimum zu halten. Vollkommen vermeidbar sind diese jedoch nicht. Zu den notwendigen Schnittstellen zählen unter anderem die Identifikation des Lkw durch das Terminal (für eine Einfahrtserlaubnis) oder die Kommunikation der Bereitschaft zum Be-/Entladen des Containers. Alle direkten Kommunikationsschnittstellen zwischen Terminal und Lkw wurden hervorgehoben und die Unverzichtbarkeit separat betrachtet.

Im Anschluss zur Bestimmung und Dokumentation jeglicher Schnittstellen konnten alle zugehörigen Anforderungen erörtert werden. Dazu wurde das benötigte Umfeld zur Erfüllung aller Schnittstelle im Ganzen und auch einzeln untersucht. Infolge dieser Analyse konnten schließlich Anforderungen formuliert werden. Dabei wurden letztendlich 26 der Anforderungen dem Bereich „Kommunikation“ zugeordnet werden.

Für eine strukturierte Darstellung wurde der Anforderungsbereich „Kommunikation“ weiter unterteilt. Eine Aufteilung in die drei Bereiche

1. Fahrzeugführung
2. Fahrzeugzustandsüberwachung
3. Ladungsdokumente

erschien sinnvoll und fand bei allen Partnern Zustimmung. Dabei beschäftigt sich der erste Bereich mit der Kommunikation, die notwendig ist, um den autonomen Truck über das Terminal zu führen. Der zweite Bereich behandelt Anforderungen an die Kommunikation von Informationen über den Zustand des autonomen Trucks (Betreiber, Terminal, Behörden, etc.). Der dritte Bereich listet die nötigen Anforderungen an die Kommunikation von Informationen über den geladenen/ abzuholenden Container und in Folge dessen auch den zugehörigen Inhalt auf. Ein beispielhafter Auszug der ermittelten Anforderungen ist in Tabelle 1 zu finden. Die Tabelle zeigt dabei die angesprochene Struktur des Anforderungskataloges während der Laufzeit des Arbeitspaket 1 auf.

Im Anschluss wurden die zuvor identifizierten Kommunikationsschnittstellen hinsichtlich ihrer Anfälligkeit bezüglich der Sicherheit (Cyber Security) untersucht. Besonderer Fokus wurde dabei auf einen sichereren, nicht abhörbaren Informationsaustausch gelegt. Auf Basis von bekannten und verwendeten Securityprotokollen, Securityverfahren und Standards für Car2X wurden Anforderungen formuliert und im Anforderungskatalog dokumentiert. Hinsichtlich der Beibehaltung der Übersichtlichkeit wurde Wert auf das Zusammenfassen von Anforderungen gelegt. Auf diese Weise konnten die Erkenntnisse zum Schluss in 12 Anforderungen im Bereich der Cyber Security verfestigt werden.

Analog zum Kommunikationsabschnitt wurde ebenfalls diese Kategorie in Unterkategorien aufgeteilt. Dabei konnten die Kategorien „Cyber Security“ in die Unterkategorien

1. Kommunikation
2. Terminalzugang

3. Ladungsdokumente

aufgeteilt werden. Der erste Bereich behandelt dabei hauptsächlich die sicherheitskritischen Anforderungen zum Schutz der Kommunikation mit dem automatisierten Fahrzeug vor Abhören, Manipulation und weiteren Angriffsmöglichkeiten. Die zweite Unterkategorie dient dem Schutz des Terminals vor dem unbefugten Befahren durch die Fahrzeuge. Der Bereich um die Ladungsdokumente behandelt die Überprüfung des Containerinhalts.

Zwei beispielhafte Anforderung der Kategorie Security sind in Tabelle 1 zu finden. Die ausgewählten Beispiele zeigen auf, dass neben der Sicherung gegen das Mithören von Informationen auch auf die Verhinderung von Manipulation von Informationen geachtet werden muss.

Tabelle 1: Ausschnitt des Anforderungskatalogs

Kategorie	Unterkat.	Anf.ID	Anforderung
Kommunikation	Fahrzeugführung	2.1.1	Die Steuerung des autonomen Lkws (Zielorte zuweisen, Ankunft mitgeteilt bekommen) muss auch auf dem Terminal durch den Betreiber des Lkws (Führunternehmen) geschehen.
		2.1.4	Die Positionierung des autonomen Lkws muss auch an unzugänglichen Stellen im Terminal gegeben sein.
Security	Kommunikation	3.1.5	Die Informationen zur Übergabepositionen dürfen nicht manipuliert werden.
		3.1.6	Der Inhalt der Übergabepositionen darf nicht mithört werden.

2.1.2. AP2: Analyse des Ist-Zustandes

Wie auch das vorangegangene Arbeitspaket 1, teilt sich auch AP 2 in fünf Unterbereiche auf, welche in diesem Fall auf genau die vorangegangenen Hauptkategorien des Anforderungskatalogs abgestimmt sind. Der Schwerpunkt des KIT lag hierbei in der wissenschaftlichen Herangehensweise an eine Analyse des Stands der Technik, Forschung und Wissenschaft. Für die Gewährleistung der wissenschaftlichen Herangehensweise wurde zunächst, unabhängig der einzelnen Anforderungen, der Stand der Wissenschaft und Technik für die Automatisierung auf abgesperrten Bereichen untersucht. Dabei wurde sowohl die Umsetzung analysiert, als auch die nötige Kommunikation und deren sicherheitsrelevante Absicherung.

Zur Dokumentation wurde seitens der Partner ein WikiWeb aufgesetzt, sodass jeder registrierter Nutzer Zugriff auf jegliche zusammengetragenen Informationen hat. Die gesammelten Informationen wurden letztlich den einzelnen Anforderungen als Lösungsmöglichkeiten zugeordnet. Jede Lösungsmöglichkeit wurde über die Anforderungs- und nun Lösungsmöglichkeiten-ID gekennzeichnet (*Lösungsmöglichkeit 2.1.1a zu Anf.-ID 2.1.1*). Dabei wurden teilweise auch mehrere Lösungsmöglichkeiten zur Erfüllung einer Anforderung identifiziert (Tabelle 2).

Bei einer übergeordneten Herangehensweise an den Stand der Wissenschaft und Technik an die Randbedingungen „Automatisierung von Fahrzeugen in abgesperrten Bereichen“ wurden

Thematiken wie die „Kommunikation mit dem Umfeld“, „Car2X“ oder „Fahrerassistenzsysteme“ im Generellen untersucht und dokumentiert. Dabei wurde sich neben den für eine Kommunikation zur Verfügung stehenden Übertragungsmedien, wie über Datenträger, kabelgebunden oder verschiedene drahtlose Varianten, auch mit den aktuellen Standards zur Informationsübertragung beschäftigt. Im Anschluss wurden die gesammelten Informationen den einzelnen Anforderungen zugeordnet. Beispielsweise wurden die Übertragungsmedien mit dem Zweck der identifizierten Kommunikationsbedarfen verglichen. So besteht die Möglichkeit eine hochgenaue Karte (Lös.-ID 2.1.3b) zur Erfüllung der sicheren Führung des Fahrzeugs auf dem Terminal (Anf.ID 2.1.3) durch eine mediengebundene Variante dem Lkw zu übermitteln. Routendaten, wie der Fahrtweg bis zum Terminal, müssen dagegen drahtlos kommuniziert werden.

Hingegen wurde die Problematik um das in Tabelle 2 dargestellte Beispiel der Lösungsmöglichkeiten 2.1.4a-e explizit zur Anforderung 2.1.4 untersucht.

Tabelle 2: Ausschnitt der Lösungsmöglichkeiten zu den Anforderungen des Anforderungskatalogs

Kategorie	Unterkat.	Lös.-ID	Lösungsmöglichkeit
Kommunikation	Fahrzeugführung	2.1.4a	Positionsbestimmung über herkömmliches GPS
		2.1.4b	Positionsbestimmung durch zusätzliche Referenzstation auf dem Terminal und differential GPS
		2.1.4c	Errichtung ausreichend vieler Sender, welche den GPS Empfang unterstützen, für eine lückenlose Abdeckung
		2.1.4d	Positionsbestimmung mittels infrastrukturseitiger Umfeld-Sensorik
		2.1.4e	Positionsbestimmung mittels am Lkw angebrachte LIDAR-Sensoren und Abgleich mit einer digitalen Karte
Security	Kommunikation	3.1.5a	Durch eine digitale Signatur wird der Absender einer Nachricht oder Dokument identifiziert. Dadurch werden Änderungen im Dokument oder der Nachricht erkannt.
		3.1.6a	Durch eine Verschlüsselung ist es nicht möglich den Inhalt einer Nachricht oder eines Dokuments zu lesen. Zum Entschlüsseln ist ein gültiger Schlüssel notwendig.

Die in Tabelle 2 aufgeführten Lösungsmöglichkeiten 2.1.4a-e sollen stellvertretend im Folgenden näher erläutert werden.

Um die Repräsentativität der Erarbeitung dieser Lösungsmöglichkeit (Lös.-ID 2.1.4a-e) sicherzustellen, wird in Tabellenform der entsprechende Eintrag des angelegten WikiWeb wiedergegeben:

Tabelle 3: WikiWeb-Eintrag zur Thematik "Lokalisierung"

Lokalisation
<p>Rasterlokalisierung</p> <p>Für die Lokalisierung von Fahrzeugen über die Rasterlokalisierung muss die Infrastruktur angepasst werden. Die Positionsbestimmung verläuft über in den Boden gelassene Magnete oder Transponder. Neben diesen Technologien existiert auch die Möglichkeit über ein optisches Raster, beispielsweise realisiert über Farbkontraste eines Schachbrettmusters. Dabei wird zwischen Dezentralen und Zentraler Logik unterschieden. Während bei einer</p>

dezentral angebrachten Logik das Fahrzeug selbst die Informationen über die Position berechnet, wird bei einer zentralen Logik die Position jedes Fahrzeuges von dieser berechnet. Bei überfahren einer der Rasterpunkte muss jeweils der Lagefehler berechnet werden. Im Falle einer auf dem Fahrzeug angebrachten Logik geschieht eben dies über unterschiedliche aufgenommene Informationen (Lenkwinkel, Geschwindigkeit, etc.), deren Fusion, sowie eine Vorhersage durch geeignete Methoden (z.B. Kalman-Filter). Im Falle einer zentralen Logik stehen diese Informationen oft nicht zur Verfügung, weswegen mehr Fokus auf die Odometrie des Fahrzeuges gelegt werden sollte.

Vorteile:

- seit vielen Jahren bekanntes und bewährtes Verfahren
- Erstellung/Änderungen der Leitspur im laufenden Betrieb möglich
- Änderungen der Leitspur mit überschaubarem Aufwand möglich
- für Outdoor-Anwendungen geeignet

Nachteile:

- abhängig von Bodenbeschaffenheit, nicht überall einsetzbar
- eingeschränkte Flexibilität bzgl. Fahrkursänderungen
- Anpassung kompletter Infrastruktur notwendig
- Einheitliche Aufrüstung aller Fahrzeuge notwendig

Laserlokalisierung

Für die Umsetzung der Positionsbestimmung über eine Laserlokalisierung muss auf jedem Fahrzeug ein 2D- (oder auch 3D-) Laserscanner montiert werden. Laserscanner, welche bis zu 360° abdecken, werden als LIDAR (Light detection and ranging) Sensor bezeichnet. Diese am Fahrzeug angebrachten Sensoren erfassen Umgebungsmerkmale und geben die reflektierten Signalinformationen an das System weiter. Für eine höhere Genauigkeit existiert die optionale Möglichkeit zusätzliche Referenzmerkmale zu positionieren, jedoch entfällt dieser zusätzliche Aufwand oft, da die erhaltene Datenqualität sehr hoch und die Positionierung somit auch ohne künstliche Referenzpunkte gut funktioniert. Die verarbeiteten Informationen werden zur genauen Lokalisierung mit einer digitalen Karte abglichen und führen somit zu einer genauen Positionsbestimmung.

Vorteile:

- Verfahren mit ausreichender Genauigkeit und Messrate für fahrerlose Fahrzeuge innerhalb bekannter Gebiete
- Kein Aufwand bezüglich einer Infrastrukturanpassung (falls ohne optionale Referenzpunkte)
- Hohe Flexibilität durch Update der digitalen Karte

Nachteile:

- Sehr hohe Kosten für Hardware (LIDAR) und Montage
- Begrenzungen in der Bodenbeschaffenheit (möglichst eben)
- Optisches Verfahren, daher nicht immer einsetzbar

GNSS

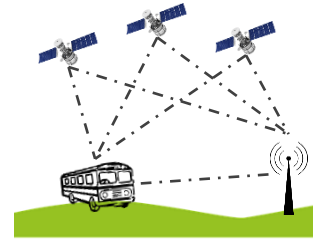
GNSS (Global Navigation Satellite System) dient als Hyponym für die Verwendung bestehender, aber auch zukünftiger, globaler Satellitensysteme:

- GLONASS (Globales Satellitennavigationssystem) der Russischen Föderation

- NAVSTAR GPS aus USA
- Galileo der Europäischen Union
- Beidou der Volksrepublik China

An einer GNSS Lokalisierung sind vier Elemente beteiligt:

1. Satelliten im Weltraum
2. Bodenstationen als Kontrollsegmente
3. Geostationäre Satelliten mit Korrektursignalen
4. GPS Empfänger (Nutzer)



Funktionsweise GNSS

Für eine Positionsbestimmung senden die Satelliten laufend codierte Radiosignale, welche neben ihrer eigenen Position auch die genaue Uhrzeit enthalten. Der Empfänger berechnet anhand dieser Informationen die Entfernung zu allen Satelliten und kann aus dem „Schnitt der Radien“ seine genaue Position bestimmen. In der Theorie wären drei Signale (Breiten-, Längengrad, Höhe) ausreichend. Durch die Zeit als vierter Freiheitsgrad werden jedoch vier Satelliten für eine Lokalisation benötigt. Diese Standardempfänger liefern Standortgenauigkeiten von ca. 5 - 15 m, was für viele gängige Anwendungen, z.B. die Navigation ausreichend ist. Für viele Anforderungen im beruflichen Umfeld werden jedoch zuverlässige Daten im Meter-, Submeter- oder sogar cm-Bereich benötigt. Für eine genauere Bestimmung der Position kann das Prinzip von „differential GPS“, welches Informationen einer Bodenstation hinzunimmt, herangezogen werden.

dGPS

Differential Global Positioning System bezeichnet das Verfahren, welches durch die Ausstrahlung von Korrekturdaten die Genauigkeit von GNSS- bzw. GPS-Systemen erhöhen können. Bei diesem Verfahren werden genau eingemessene Bodenstationen als Referenzpunkte genutzt, welche über die Entfernung zum Empfänger dessen Position genau bestimmen können.

Das Grundprinzip von dGPS ist die beiden Empfänger (Bodenstation und Nutzer) nahe beieinander zu betreiben. Auf diese Weise unterliegen beide Empfänger den selben Fehlerquellen. Die Bodenstation berechnet, durch die genaue Information über ihren Standort, Korrekturdaten und stellt diese dem Empfänger/Nutzer zur Verfügung. Auf diese Weise kann die Genauigkeit der Positionsbestimmung auf bis zu 0.5-1 Meter erhöht werden.

Weiterentwicklungen: SubWAVE

Die Firma SYNTONY bietet an überdachten oder unterirdischen Orten weiterhin eine Funktionstüchtigkeit der GPS-Ortung. Dafür werden die benötigten Geräte in einem nahegelegenen Technikraum verstaut, die Signale über Koaxialkabel weitergeleitet und schließlich über „Antennen“ verstreut. Durch die Software werden die Signale so angepasst, dass keine Änderungen am Empfänger vorgenommen werden müssen und dennoch eine Positionsbestimmung möglich ist. (Siehe auch SubWAVE+, BusWAVE, RoadWAVE)

Zur Erarbeitung der sicherheitsrelevanten Aspekte der Kommunikationsschnittstellen wurde mit weit verbreiteten Verfahren der Zuverlässigkeitsanalyse, welche als Verfahren der Cyber Security bekannt ist, vorgenommen. Beispielsweise wird mit dem Verfahren des Angriffsbaums auf Basis der booleschen Algebra die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Angriffes bestimmen.

Repräsentativ zur Vorgehensweise und zur Arbeitsweise wird der Angriffsbaum zum Angriffsziel „Lkw soll falschen Container abholen“ vorgestellt (Abbildung 3). Die erste Ebene gibt die gängigsten Lösungen wieder. Darunter fallen neben der Fehlleitung des Fahrers oder der falschen Zielführung des Lkw auch die Manipulation der Übergabeposition beim Check-in. In

letzterem Fall besteht ein Angriff im Bereich der Cyber Security, daher soll dieser näher betrachtet werden. Die darunter liegenden Ebenen fächern die breite Möglichkeitsvarianten zu einer solchen Manipulation auf. Beispielsweise können die Informationen sowohl auf Terminalseite, als auch auf Fahrzeugseite verändert werden. Für den Fall der Fahrzeugseite deutet dies auf eine Manipulation der Übertragung hin. Dies kann entweder durch Abfangen und Veränderung der Daten geschehen oder durch das unberechtigte Senden der Daten, auch als Tampering bekannt.

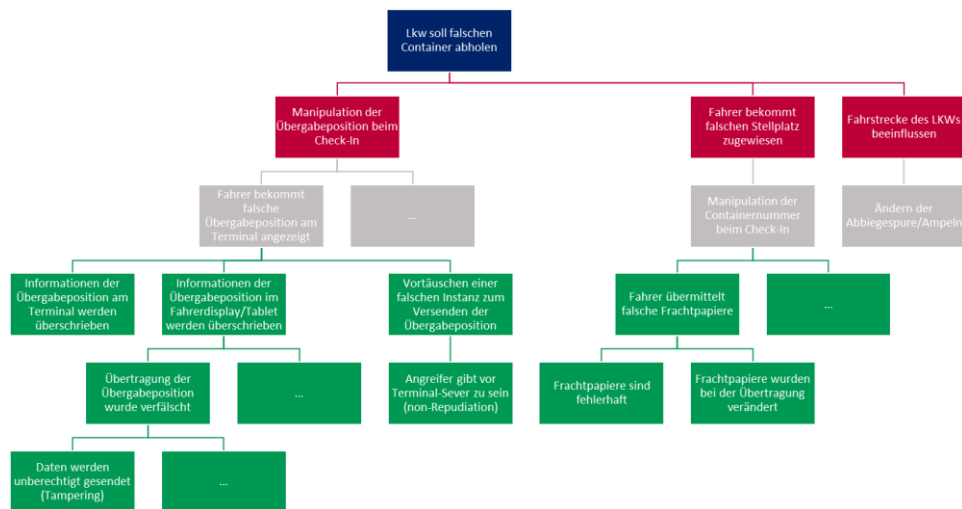


Abbildung 3: Angriffsbaum zur Bestimmung der Angriffsvarianten zum Angriffsziel "falschen Container abholen"

Wie auch für den Bereich der Kommunikation soll im Folgenden ein kleiner Ausschnitt der in dem erwähnten WikiWeb zur Verfügung gestellten Einträge repräsentativ gezeigt werden:

Tabelle 4: Ausschnitt aus dem WikiWeb-Eintrag zur Thematik "Cyber-Security"

Cyber Security
<p>Unterscheidung Safety/Security</p> <p>Der Unterschied zwischen funktionaler Sicherheit (Safety) und Datensicherheit (Security) besteht darin, dass es sich bei funktionaler Sicherheit um den Umgang mit Fehlfunktionen handelt, die durch unvorhergesehene Fehler verursacht werden {ISO_26262_2011}. Datensicherheitsbedrohungen werden von einem Angreifer verursacht, der das System absichtlich verändern, beteiligten Personen Schaden zufügen oder Informationen sammeln will {Rosenstatter_2018}.</p> <p>Während die funktionale Sicherheit nur Fehler des Systems berücksichtigt, müssen für die Betrachtungen der Datensicherheit auch mutwillige Manipulationen berücksichtigt werden. Diese Manipulationen reichen von unbeabsichtigten menschlichen Fehlern, über Manipulationen zur Erlangung neuer Funktionen bis hin zum systematischen Angreifen einer dritten Person.</p> <p>Bezogen auf ein Fahrzeug ist das Erlangen von Wissen besonders für den Datenschutz wichtig. Durch einen Angreifer dürfen keine persönlichen Daten freigegeben werden. Hierzu zählt neben Fahrzeugposition (GPS) auch Telematikdaten (Geschwindigkeit oder Fahrprofil). Die Manipulation von Daten, das Erlangen von unbefugten Berechtigungen oder das Stören eines Dienstes, kann im Fahrzeug die Funktionalität von Fahr- oder Komfortfunktionen beeinflussen.</p>

Ein weiterer Unterschied der Datensicherheit ist, dass die Datensicherheit im Gegensatz zur funktionalen Sicherheit zu den nicht funktionalen Anforderungen eines Systems gehört {Balzert_2011}.

In der IT-Sicherheit wird zudem zwischen Datensicherheit und Datenschutz unterschieden, da zum einen Daten vor Manipulationen geschützt sein müssen und zum anderen Rückschlüsse auf Personen durch Daten nicht möglich sein dürfen.

Beim Datenschutz handelt es sich um den Schutz von personenbezogenen oder personenbeziehenden Daten. {Datenschutz_2018}

Beim Datenschutz haben die zu schützenden Daten direkten Bezug auf eine natürliche Person (Namen, Adressen, etc.) und dienen meist der Analyse von Verhalten der entsprechenden Person.

Während der Datenschutz nur auf personenbezogene Daten fokussiert ist, kennt die Datensicherheit keine Trennung zwischen personenbezogenen und nicht personenbezogenen Daten {Lenhard_2017}.

Bei der Datensicherheit sind zusätzlich relevante Daten für das ausführende System betroffen (Variablen, Betriebssystem, Applikations-Code, kryptografische Schlüssel, etc.).

Beim Datenschutz steht der unbefugte Zugriff auf die Daten im Vordergrund, ohne eine ausreichende Datensicherheit ist dies jedoch nicht umsetzbar.

2.1.3. AP3: Durchführbarkeitsanalyse

Nach der Definition von Anwendungsszenarien durch den Projektpartner lag das Ziel im Entwurf und der Ausarbeitung einer Bewertungsmethodik. Diese soll dazu dienen die Auflistung der Anwendungsszenarien hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit zu bewerten um somit eine Grundlage für die nachfolgende Lückenanalyse zu bilden.

Zu diesem Zwecke nahm jeder Projektpartner zunächst eine Bewertung seiner aufgestellten Anforderung nach der Moscow-Rule fest. Auf diese Weise wurde jede Zeile des Kataloges mit einem „must“, „could“ oder „should“ erweitert. Im Zuge dieser Bewertung wurde der gesamte Anforderungskatalog auf Dopplungen oder sich gegenseitig ausschließende Anforderungen überprüft. Dabei lag der Schwerpunkt des KIT in der Überprüfung von mehrfach auftretenden Anforderungen.

Zeitgleich wurde auf Basis von den unterschiedlichen Terminalkategorien eine Sammlung von Szenarien erarbeitet (Abbildung 4). Die einzelnen Anforderungen wurden den zutreffenden Szenarien bzw. Terminalkategorien zugeteilt. So kommt es vor, dass die Anforderungen eines manuellen Not-Aus selbstverständlich auf jedem Terminal erfüllt sein muss, die Lokalisierung während des Aufenthalts beim Zollamt allerdings vernachlässigt werden kann.

	Container wird vom Chassis gehoben/aufgesetzt	Chassis wird abgestellt/abgeholt	Fahrer wartet auf Abfertigung des Containers	Container muss vom Fahrer geöffnet/geschlossen werden	Fahrer muss ins Büro laufen	Dokumentation in Papier-Form	Dokumentation auf elektronischem Wege	Container-voranmeldung	OCR-gate	Stellplatz-zuweisung
Einfaches Containerterminal	X				X	X				X
Modernes Containerterminal	X						X	X	X	X
Einfaches Leerdepot	X				X	X				
Modernes Leerdepot	X						X	X	X	X
Einfacher Packbetrieb		X			X	X				
Moderner Packbetrieb		X					X	X	X	X
Einfacher Chassisplatz		X			X	X				
Moderner Chassisplatz		X					X	X		X
Zollamt			X	X	X	X		X		X
Unstrukturierte Anlage			X	X	X	X				

Abbildung 4: Zuordnung von Terminalkategorien und Szenarien

Den Grundbaustein einer Bewertungsmetrik für eine Durchführbarkeitsanalyse bildet auch der Schwerpunkt bzw. die Häufigkeit und damit die Gewichtung der einzelnen Einsatzszenarien. Für den Erhalt einer realistischen und verlässlichen Aussage über die benötigte Häufigkeit wurden, nach der Definition von Terminalkategorien und der Identifikation relevanter Terminals, auch die Fahrtrelationen untersucht. Dabei entstanden verschiedene Einsatzszenarien aus Paaren von Terminalkategorien. Bei der anschließenden Analyse stellte sich heraus, dass über ein Viertel aller Fahrten zu einem „Modernen Terminal“ stattfinden (Abbildung 5). Daher sollten Anforderungen, welche diese Terminalkategorie betreffen stärker gewichtet werden. Hingegen bilden Fahrten von einem „einfachen Packbetrieb“ zu einem weiteren „einfachen Packbetrieb“ lediglich 0,5% und sollten, im Hinblick auf eine Lückenanalyse und Roadmap, dementsprechend leichter gewichtet werden.

Zusätzlich zur Gewichtung auf Basis der Häufigkeit von Szenarien, mussten die in AP2 identifizierten Lösungsmöglichkeiten bewertet werden. Im ersten Schritt wurde sich auf ein Ampelsystem geeinigt. Im Anschluss wurde die Notwendigkeit von Abstufungen zwischen der untersten Stufe „rot“/„Technisch unmöglich“ und der obersten Stufe „grün“/„Stand der Technik“ beschlossen. Daraufhin wurden die in Tabelle 5 aufgelisteten neun Stufen erarbeitet:

Tabelle 5: Abstufungen des Erfüllungsgrad, inklusive Ampeleinfärbung

1. Technisch unmöglich	Lösung ist technisch auf absehbare Zeit nicht umsetzbar	
2. Rechtlich nicht zulässig	Lösung ist rechtlich auf absehbare Zeit nicht zulässig	
3. Nicht praktikabel	Lösung ist nicht praktikabel umsetzbar	
4. Technisch Denkbar	Umsetzung scheint technisch möglich	
5. Grundlagenforschung	An dieser Lösung wird geforscht	
6. Rechtlich ungeklärt	Lösung ist verfügbar, aber derzeit noch nicht zulässig	
7. In Entwicklung	Lösung befindet sich in bereits in Entwicklung	
8. Am Markt verfügbar	Lösung ist kommerziell verfügbar, aber noch kein Standard	
9. Stand der Technik	Lösung bereits weit verbreitet im Einsatz	

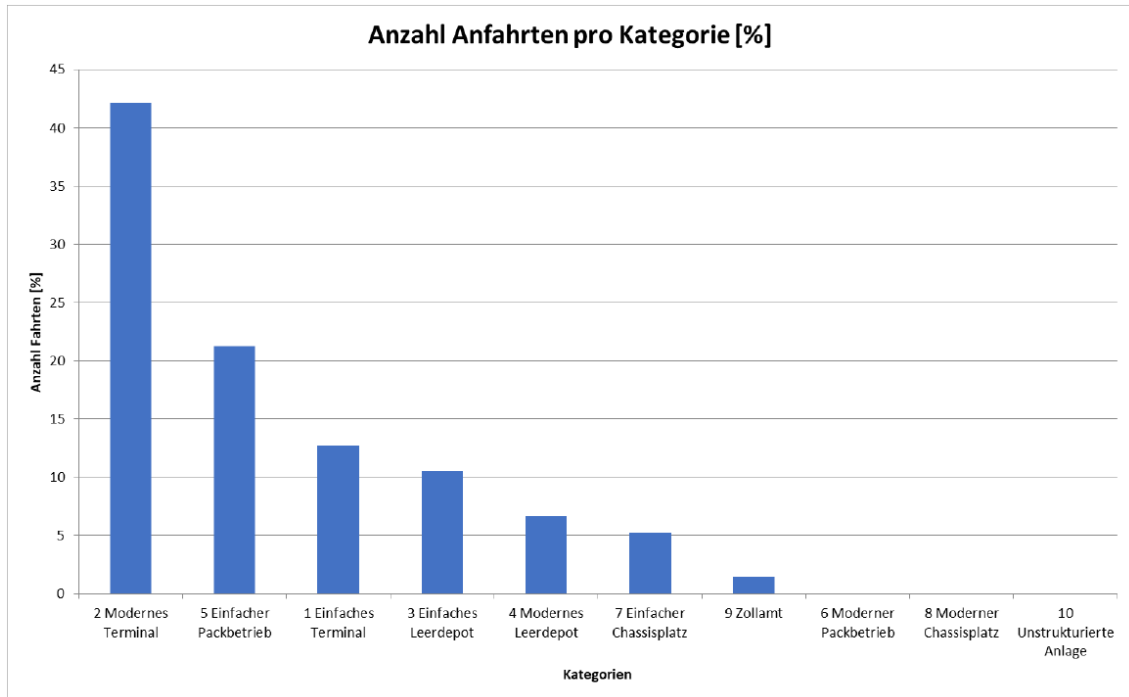


Abbildung 5: Anzahl der Fahrten pro Kategorie

Durch Gewichtung der jeweiligen Stufen konnte jeder Erfüllungsgrad ebenfalls in der Bewertungsmetrik einbezogen werden. Somit konnte am Ende eine Bewertungsmethode einschließlich der erarbeitenden Gewichtungen und der genannten Kriterien aufgestellt und schließlich anhand einer Exceltabelle implementiert werden.

2.1.4. AP4: Lückenanalyse/ Entwicklung einer Roadmap

Die Lückenanalyse erfolgte auf der Grundlage der durch die Bewertungsmethode beurteilten Lösungsmöglichkeiten. Eine Herausforderung in diesem Zusammenhang bildete allerdings die Uneindeutigkeit des Begriffs „Lücke“. Keine der angedachten und vorgestellten Szenarien ist nach derzeitigem Stand der Technik vollständig durchführbar. Die Anzahl und Schwere der Lücken variiert mit den einzelnen Anwendungsszenarien. Vor dem Hintergrund des Terminaltyps, der Gewichtung der Anforderung und der Stufe des Erfüllungsgrads konnte die Variabilität einer Lückenanalyse verdeutlicht werden. Daher fiel abschließend der Entschluss verschiedene Lückenanalysen durchzuführen und diese in Abhängigkeit der Abgrenzungsstärke des Begriffes darzulegen.

Zur Erstellung einer einzelnen Lückenanalyse kann aus unterschiedlichen Parametern gewählt werden. Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt des Arbeitsblattes zur Berechnung einer Lückenanalysenvariante. In dem gezeigten Beispiel handelt es sich um eine Fahrt von einem „einfachen Leerdepot“ zu einem „Modernen Containerterminal“. Der höchste Erfüllungsgrad, sodass es eine Lücke darstellt, wurde auf „Stand der Technik“ gesetzt. Dies hat zur Folge, dass lediglich die zwei höchsten Stufen (8. und 9. aus Tabelle 5) nicht als solche identifiziert werden. Durch den letzten Parameter werden zusätzlich lediglich die mit „should“ gekennzeichneten Anforderungen in der Lückenanalyse nicht aufgelistet. In anderen Worten ausgedrückt: In dem

genannten Szenario wird alles als eine Lücke gezählt, was die Erfüllungsgradstufen 1 bis 7 aufweist und durch die Moscow-Rule mit „must“ oder „could“ gewichtet wurde. Abschließend kann für dieses Beispiel zusammengefasst werden, dass 32 derzeitige unerfüllte Anforderungen für dieses Szenario identifiziert wurden.

Kategorie Terminal 1	3 Einfaches Leerdepot	Anzahl der Entwicklungslücken
Kategorie Terminal 2	2 Modernes Containerterminal	32
höchster Erfüllungsgrad Lücke	Stand der Technik	
niedrigste Gewichtung Lücke	Should	

Abbildung 6: Auszug aus Anforderungskatalog: Auswahl zur Lückenidentifikation

In der Darstellung innerhalb der Exceltabelle können nach Auswahl der Parameter zusätzlich alle identifizierten Lücken näher betrachtet werden. Diese sind, inklusive Anforderung, zugehörigen Szenarien, Gewichtung und weiteren Informationen, zusätzlich innerhalb des Arbeitsblattes aufgelistet. Abbildung 7 gibt einen Überblick über die Anzahl der identifizierten Entwicklungslücken in Abhängigkeit des gewählten Szenarios („Kategorie Terminal 1“ und „Kategorie Terminal 2“ aus Abbildung 6) und der Abstufungen des Erfüllungsgrads. Dabei wurden beispielhaft die Lücken um die Abstufung „In Entwicklung“ eingefärbt, da sich nach Diskussionen innerhalb des Konsortiums und Experteninterviews darauf verständigt wurde, dass diese Stufe die höchste Repräsentationsfähigkeit für einen absehbaren Zeitraum bietet. Dabei wurden zwischen 15 und 24 Lücken identifiziert. Das am häufigsten auftretende Szenario weist 23 Lücken auf.

Grenzerfüllungsgrad (jede Anforderung, die nicht mindestens diesen Erfüllungsgrad hat wird als Entwicklungslücke definiert)	Kategorie Terminal 1		Kategorie Terminal 2		Kategorie Terminal 3		Kategorie Terminal 4		Kategorie Terminal 5		Kategorie Terminal 6		Kategorie Terminal 7		Kategorie Terminal 8		Kategorie Terminal 9		Kategorie Terminal 10	
	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz	Modernes Containerterminal Einfacher Packbetrieb	Modernes Containerterminal Einfacher Chassisplatz
Stand der Technik / Could	57	48	53	57	55	58	52	55	54	55	52	51	57	57	55	57	54	55	55	53
Stand der Technik	55	46	51	55	53	56	50	53	52	53	50	49	55	55	53	55	52	53	55	53
Am Markt verfügbar	36	32	35	38	35	37	33	37	36	37	34	34	38	38	36	37	36	35	36	35
In Entwicklung	23	15	22	24	22	23	16	24	23	24	21	18	25	24	23	24	23	21	23	21
Rechtlich ungeklärt	18	12	19	19	18	18	13	20	19	20	18	14	20	19	19	19	19	16	19	16
Grundlagenforschung	16	11	17	17	17	16	12	18	17	18	16	13	18	17	17	18	17	14	17	14
Technisch denkbar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Abbildung 7: Anzahl der Entwicklungslücken in Abhängigkeit der Szenarien und des Erfüllungsgrad

Zum Schluss wurde die identifizierten Lücken noch unterschiedlichen Themenfelder zugeordnet. Dabei fiel auf, dass kein offensichtlicher Zusammenhang zwischen Anzahl der Anforderungen und Anzahl der Lücken zu bestehen scheint. Daher wurden die Entwicklungslücken im Anschluss vorher definierten „Verantwortlichkeiten“ zugeordnet. Dabei wurde deutlich, dass sich neben den Technologie- und IT-Zulieferern auch die Behörden noch mit einer hohen Anzahl an Lücken beschäftigen müssen. An die Forschungseinrichtungen und somit die Wissenschaft richten sich weniger Lücken, aber auch hier besteht Forschungsbedarf. Hier könnte sich eine Zusammenarbeit mit den unterschiedlichen Gremien ergeben, um im Anschluss den Behörden umsetzbare, kostengünstige Vorschläge zur Umsetzung zu unterbreiten. Dies weist auf die Unverzichtbarkeit hin, dass die beteiligten Akteure über die Unternehmensgrenzen hinweg zusammenarbeiten müssen.

2.2. Verwendung der Zuwendung

Als Universitätsinstitut besteht die Verwertung der Ergebnisse für das KIT in erster Linie in den bereits publizierten sowie noch ausstehenden Veröffentlichungen als auch in studentischen Arbeiten, welche im Rahmen dieses Projektes verwirklicht wurden.

3. Darstellung der Notwendigkeit der geleisteten Arbeit, voraussichtliches Nutzen und Veröffentlichungen

3.1. Darstellung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigsten Positionen setzen sich aus den Personalausgaben und den Dienstreisekosten zusammen.

Die Personalkosten entsprechen den beantragten und bewilligten Mitteln, da die Arbeiten wie ursprünglich geplant bearbeitet wurden. Dabei setzen sie sich aus den Personalkosten für wissenschaftliche Mitarbeiter und studentische Hilfskräfte zusammen.

Die Dienstreisekosten setzen sich aus insgesamt vier Projekttreffen und den Kosten einer Fachkonferenz zusammen. Die Fachkonferenz „5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems“ (VEHITS) fand im Zeitraum des 03.-05. Mai 2019 in Iraklion (Griechenland) stand. Die zugehörige Veröffentlichung ist Kapitel 3.5 zu entnehmen.

3.2. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Automatisierung von Nutzfahrzeugen bringt hohe wirtschaftliche Vorteile mit sich. Um auch im Bereich der Hafentechnologien entlang der gesamten Transportkette Nutzen aus dieser Automatisierung zu ziehen müssen die beteiligten Akteure darauf vorbereitet werden. Dabei ist es wichtig sich auf eine gemeinsame Roadmap zu stützen. Das hier beschriebene Vorhaben hatte genau diese Roadmap zum Ziel und konnte die unterschiedlichen Akteure auf Lücken mit verschiedenen Schweregrad hinweisen. Durch die geleistete Arbeit kann verhindert werden, dass sich Fuhrunternehmen, Nutzfahrzeughersteller und Hafenbetreiber bei der Entwicklung zu weit auseinander bewegen.

3.3. Darstellung des voraussichtlichen Nutzens

Für das KIT-ITIV als Universitätsinstitut steht die wissenschaftliche Verwertung der Projektergebnisse in Form von Publikationen, Doktorarbeiten sowie Master- und Bachelorarbeiten im Vordergrund. Als wissenschaftliches Institut hat das ITIV keine direkten wirtschaftlichen Interessen.

Da das Vorhaben den wissenschaftlichen Mitarbeitern am KIT-ITIV als Unterstützung zu ihrem Promotionsvorhaben gedient hat, konnte eine Veröffentlichung auf einer Fachkonferenz und die Vorstellung auf Fachmessen sichergestellt werden (siehe Kapitel 3.5). Durch begonnene Diskussionen auf Fachmessen konnte die Visibilität der beteiligten Akteure und Projektpartner erhöht und gestärkt werden.

Außerdem bildeten die Fragestellungen, Arbeitsschritte und Ergebnisse durch die Betreuung einer Abschlussthesis eine Basis zur Ausbildung von Studierenden.

Des Weiteren wurden die Erkenntnisse in das bestehende Testfeld für autonomes Fahren und die Profilregion Mobilitätssystem Karlsruhe eingebracht. Daraufhin konnten interessante Kontakte geknüpft und schließlich interessierte Teilnehmer zur Abschlusskonferenz in Hamburg eingeladen werden. Durch das dort geweckte Interesse sind die Grundlagen zu weiteren Diskussionen geschaffen worden.

3.4. Bekannt gewordene Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderer Stelle

Zeitgleich zum Vorhaben der Durchführbarkeitsstudie „INTERACT“ fand ein Projekt zwischen dem Hamburger Hafer und dem Nutzfahrzeughersteller MAN statt. Im Laufe dieses Projektes konnte ein automatisiert fahrender Lkw auf dem Gelände des Hamburger Hafens gefahren lassen werden⁴. Die dort gewonnenen Erkenntnisse wurden unserem Konsortium zur Verfügung gestellt und unser Vorhaben gab wichtige Erkenntnisse an das Projekt „Hamburg TruckPilot“ weiter.

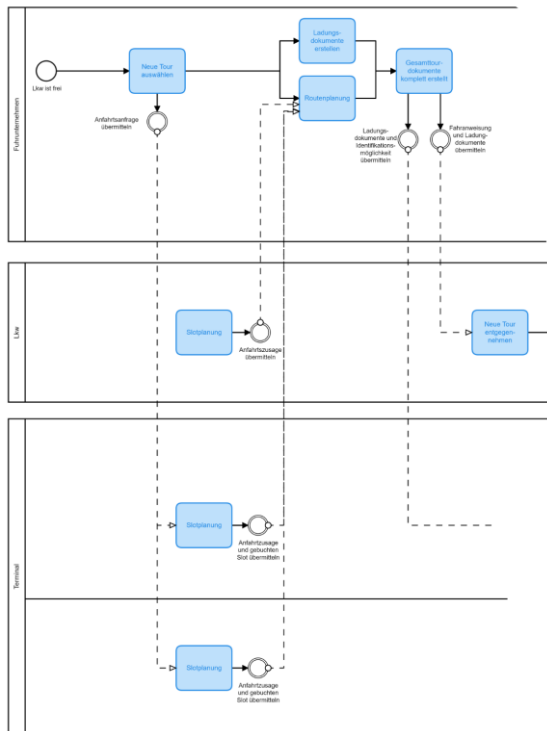
3.5. Veröffentlichungen

1. BRENNER, Nathalie, et al. Autonomous Driving of Commercial Vehicles within Cordoned Off Terminals [in press]. In: *International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS)*. 2019. S. 521

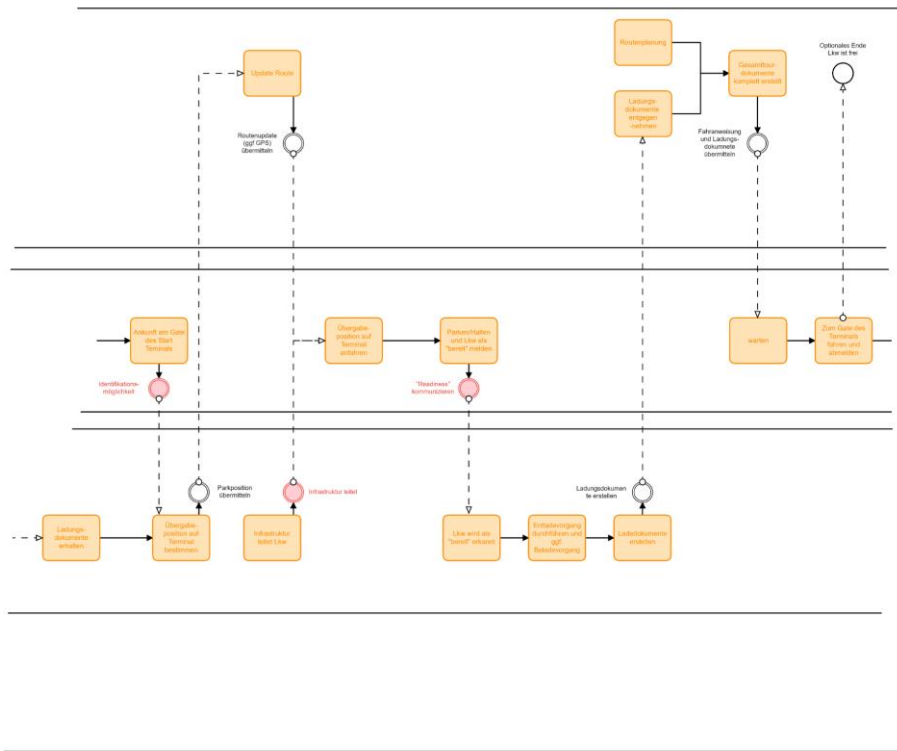
4. Anhang

Anhang 1: Swimlane Teil 1 Auftragserstellung	19
Anhang 2: Swimlane Teil 2 Entladevorgang.....	20
Anhang 3: Swimlane Teil 3 Beladevorgang	20

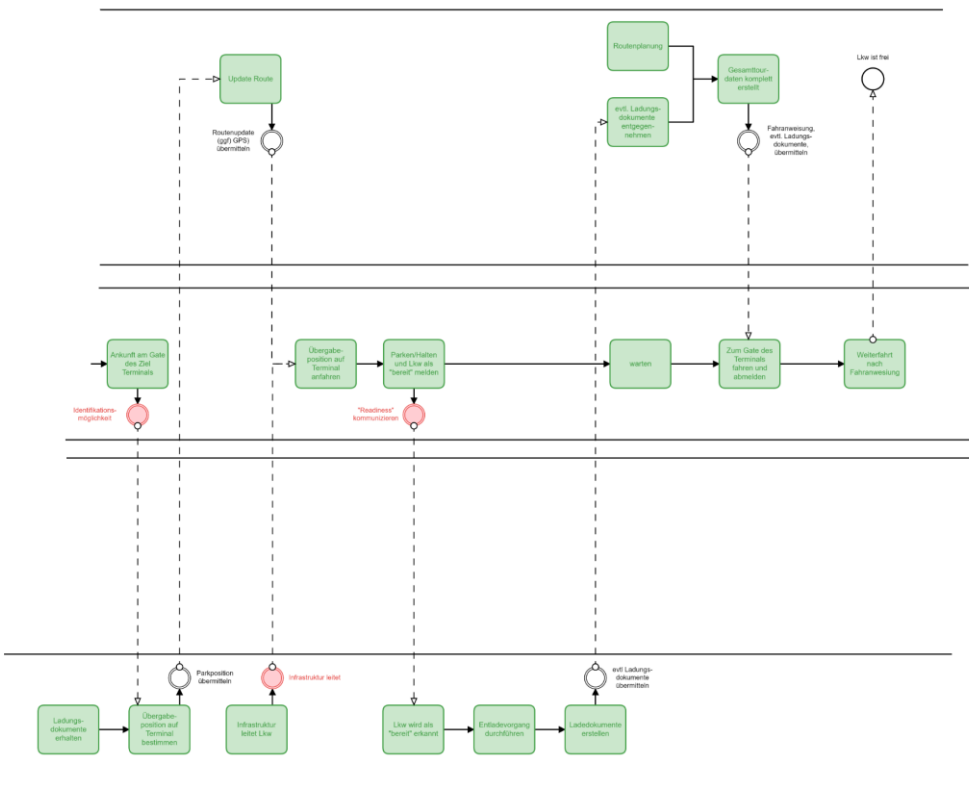
⁴ <https://hhla.de/magazin/selbst-ist-der-truck>
<https://www.mantruckandbus.com/de/innovation/dieser-truck-faehrt-ohne-fahrer.html>



Anhang 1: Swimlane Teil 1 Auftragserstellung



Anhang 2: Swimlane Teil 2 Entladevorgang



Anhang 3: Swimlane Teil 3 Beladevorgang