

FAT-Schriftenreihe 312

Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen
automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr



Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Inninger
Maximilian Schellert, M.Sc.
Holger Schulz, M. System Eng.

Das Forschungsprojekt wurde mit Mitteln der Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) gefördert.

Vorwort

Von Prof. Dr. Uwe Clausen, Institutsleiter Fraunhofer IML

Von Wolfgang Inninger, Projektleitung

Der Trend der Automatisierung von Fahrzeugen ist insbesondere in der Logistikbranche eine viel diskutierte Entwicklung. In welchem Umfeld das fahrerlose Fahren zuerst möglich und sinnvoll ist, scheint noch nicht wirklich klar zu sein. Klar ist, dass die Automatisierung auch im Bereich von Nutzfahrzeugen kommen wird und dort wesentliche Veränderungen mit sich bringen wird.

Im reinen innerbetrieblichen Verkehr, also auf Werksgeländen bzw. auf logistisch genutzten Geländen, ist die Anwendung von hochautomatisierten Fahrzeugen technisch bereits realisiert. Fahrerlose Transportsysteme werden in diesem Umfeld schon seit längerem eingesetzt, oft aber in speziell geschütztem Umfeld bzw. ohne der Herausforderung auf andere Verkehrsteilnehmer reagieren zu müssen. Seit kürzerem gibt es aber auch bezüglich dieser Situationen schon erste Lkw ähnliche fahrerlose Fahrzeuge die diese Herausforderungen meistern.

Zur Abgrenzung von diesen rein für den innerbetrieblichen Verkehr genutzten Fahrzeugen, soll im Rahmen dieser Studie jedoch auf Nutzfahrzeuge eingegangen werden, die auch auf öffentlichen Straßen fahren dürfen. In erwarteter Zukunft können diese sich dann auch fahrerlos im öffentlichen Straßenraum bewegen als auch im Rahmen der Supply Chain im Werksgelände automatisiert und fahrerlos agieren. Ein zeitlich früherer Anwendungsfall ergibt sich, wenn diese Lkw im öffentlichen Verkehr auch noch manuell gesteuert sind, sich aber im internen Verkehr dann auch fahrerlos bewegen können. In beiden Fällen ist eine enge Interaktion der Fahrzeuge mit dem Werksgelände notwendig, um statische Informationen z. B. besondere Verkehrs-führung und Geoinformationen aber auch dynamische Informationen, die aus den Supply Chain Prozessen entstehen, z. B. aktuelle Ladestellen, miteinander auszutauschen.

Falls es beispielweise durch eine Anpassung von Rahmenbedingungen möglich wäre, die Zeit die die Lkw auf Werksgeländen verbringen als Pausenzeiten oder Ruhezeiten für die Lkw-Fahrer zu nutzen, würde sich die effektive Fahrzeit des Lkw-Fahrers optimieren lassen. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund des weiter steigenden Fahrermangels ein interessantes Szenario. Weitere wirtschaftliche Potentiale könnten sich durch die Möglichkeit ergeben, dass der Fahrer direkt nach Ankunft an einem Werksgelände ein anderes (bereits beladenes) Fahrzeug übernimmt und sich sofort auf die Rückfahrt begibt. Aber auch hier gibt es, mit wenigen Ausnahmen, einige organisatorische Herausforderungen die zu lösen sind, bevor so ein Szenario umgesetzt werden könnte.

Für welches dieser angedeuteten Szenarien man die Aufgabenstellung auch als erstes realisierbar sieht, bleibt hier offen. Die Aufgabe der Studie ist, die Herausforderungen aber auch die Potentiale für den Einsatz von hochautomatisierten Nutzfahrzeugen für den Anwendungsfall fahrerloses Fahren auf Werksgeländen zu betrachten.

Management Summary

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde für die Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik (FAT) eine Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr, durchgeführt. Automatisiertes bzw. autonomes Fahren ermöglicht es, bisherige Strukturen und Prozesse neu zu überdenken. Hersteller arbeiten zurzeit mit Hochdruck an Assistenz- und Steuersystemen um autonome Fahrzeuge in den kommenden Jahren zur Serienreife zu führen. Mittelfristig wird davon ausgegangen, dass Assistenzsysteme die Fahrzeuge auf Autobahnen steuern, langfristig die Fahrer bei vielerlei Fahrsituationen entlasten. Für die Verkehrs- und Unternehmenslogistik ergeben sich durch diese technische Entwicklung neue Chancen.

Aus rein technischer Sicht wird das fahrerlose Fahren in diesem Umfeld nicht als die wesentliche Herausforderung angesehen. Aus organisatorischer Sicht sind jedoch einige Dinge zu klären. Teilweise kann auch die Umstellung von Prozessen erforderlich sein, um diese Möglichkeiten wirtschaftlich nutzen zu können.

Eine zentrale Frage der Aufgabenstellung war es, zu prüfen wo und wie ökonomisch positive Effekte durch hochautomatisierte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Szenarios „fahrerlos im innerbetrieblichen Werksverkehr“ entstehen. Das Szenario ist durch die Situation beschrieben, dass Nutzfahrzeuge (Lkw) die über öffentliche Straßen zu einem innerbetrieblichen Gelände kommen und dann im werksinternen Verkehr auch fahrerlos betrieben werden können. Hierfür wurden im Rahmen dieser Studie die damit verbundenen Prozesse und Tätigkeiten untersucht und auf Bezug zu diesem Szenario hinterfragt. Unterschiede, Potentiale, aber auch Risiken, die bei einem Einsatz in der Praxis damit verbunden sind werden im Hauptteil der Studie näher betrachtet.

Für den Fall, dass die teils branchenspezifischen Prozesse und Arbeitsabläufe soweit angepasst, bzw. ebenfalls automatisiert werden können, dass der Fahrer dafür nicht mehr benötigt wird, ergeben sich aus unserer Sicht die meisten Argumente für einen wirtschaftlichen Nutzen. Dazu kommen Vorteile für die Sicherheit auf dem Gelände, welche insbesondere in der Chemiebranche als hilfreich angesehen werden. Aber auch für die Herausforderung des Fahrermangels könnten alternative Optionen entstehen, den Fahrer möglichst effektiv einzusetzen und nach Möglichkeit nur noch für die Hauptaufgabe des Fahrens im öffentlichen Straßenraum zu nutzen.

Um eine effektive und ganzheitliche Automatisierung bei Nutzfahrzeugen umzusetzen, bedarf es der Implementierung fahrerloser Fahrzeugführung auch im innerbetrieblichen Verkehr, da Werksgebiete, ob groß oder klein, in der Regel mit dem innerbetrieblichen Verkehr verbunden sind und damit einen wichtigen Teil der Lkw-Supply-Chain darstellen.

Die Studienergebnisse zeigen, dass unabhängig davon, ob der Lkw während der Fahrt auf öffentlichen Straßen von einem Fahrer oder automatisch von einem System gesteuert wird, ein großes Potential in der engen Interaktion zwischen zukünftigen Lkw und der Produktion bzw. den Prozessen auf den Werksgeländen gegeben sein muss, um den wachsenden Anforderungen einer dynamischen Supply Chain mit hohem Servicegrad gerecht zu werden. Um den künftigen Lkw-Generationen ein leistungsfähiges und zuverlässiges Pendant zur Seite zu stellen, sollten möglichst standardisierte Steuerungssysteme mit diesen Fahrzeugen umgehen können.

In dieser Studie wurden vor diesem Hintergrund zunächst die Prozesse und Eigenschaften moderner Werksgelände, aber auch die speziellen Eigenschaften, die gewachsene Infrastrukturen mitbringen, analysiert. Die Analyse hat gezeigt, dass die Logistikbranche sehr vielfältig und durch besondere prozessuale Schwerpunkte geprägt ist. Daher wurde im Rahmen dieser Studie in sechs Branchen (Logistikdienstleister, Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs, Handel, Seehäfen, Produzierendes Gewerbe, Chemieparks) unterschieden. Aufbauend auf einem Referenzlayout und einem Referenzprozessablauf, der allgemein wiederkehrende Abläufe eines Werksgeländes darstellt, wurden für die sechs Branchen jeweils eigene Prozessabläufe und Layouts abgeleitet, die die jeweiligen Besonderheiten der Branche wiedergeben.

Der Entwicklungsstand der fahrzeugseitigen Automatisierung wurde im Rahmen dieser Studie ebenfalls ermittelt, um eine zeitliche Einordnung der Marktverfügbarkeit neuer Technologien und technische Herausforderungen für die Lkw-Automatisierung auf Werksgeländen zu identifizieren. Ergänzt wurde die Analyse durch die Automatisierungsszenarien, die den Umfang der fahrzeugseitigen Automatisierung auf dem Werksgelände beschreiben und im weiteren Verlauf der Studie als Diskussionsgrundlage dienen.

Die damit erhobenen Grundlagen dienen der Befragung und Integration der Anwender und Werksgeländebetreiber, die als Akteure einen wesentlichen Einfluss auf die technische Umsetzung und die Implementierung haben. Hierfür wurden in ausgewählten Unternehmen insgesamt 22 Vor-Ort Interviews durchgeführt. Unter Zuhilfenahme eines standardisierten Fragebogens wurden die innerbetrieblichen Prozesse des Werksgeländes, die Herausforderungen bei den organisatorischen Abläufen, als auch Fahrzeug- und Ladeeinheitenstrukturen sowie spezifische Eigenschaften untersucht. Aber auch die Einstellung der Betreiber zur Fahrzeugautomatisierung auf dem Gelände wurde abgefragt. Diesbezüglich konnte rasch ein großes Interesse der Unternehmen, unabhängig von der Betriebsgröße, festgestellt werden. Nahezu alle befragten Unternehmen können für den eigenen Betrieb Potentiale identifizieren, die insbesondere die Prozesse zuverlässiger und sicherer, aber auch effizienter machen. Auch sind viele Geländebetreiber bereit, eigene Prozesse

anzupassen und in (technische) Infrastruktur oder Fahrzeuge zu investieren, falls sich die Wirtschaftlichkeit innerhalb eines überschaubaren Zeitraumes darstellen lässt. Als übereinstimmende Herausforderung wurde von den Werksgeländefreitern die rechtliche Situation bewertet, die zwar auf Werksgeländen überschaubarer ist, sich aber dennoch nicht trivial gestaltet.

Basierend auf den detaillierten Gesprächen mit den Unternehmern wurde eine Auswertung hinsichtlich Anforderungen und Potentialen der fahrzeugseitigen Automatisierung nach Branchen vorgenommen, um Werksgeländetypen zu identifizieren, deren Eigenschaften die Automatisierung erleichtern und jene, bei denen zusätzliche Herausforderungen berücksichtigt werden müssen. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere Werksgelände von Systemlogistikern, Umschlagterminals des Kombinierten Verkehrs und die des Handels über passende Eigenschaften verfügen, da hier i. d. R. vorgegebene Verkehrswege und einheitliche Ladeeinheiten vorhanden sind und die prozessuale Komplexität vergleichsweise gering ist. Die bereits gute Organisation der Hoflogistik, gepaart mit den erwarteten Prozessverbesserungen durch Automatisierung, unterstützen in diesen Fällen die guten Voraussetzungen für den Einsatz automatisierter Lkw. In anderen Branchen stellen z. B. heterogene Ladeeinheitenstrukturen, dynamisches bzw. teils chaotisches Hofmanagement, oder auch infrastrukturelle Besonderheiten eine starke Herausforderung für die Automatisierung dar. Gleichwohl wurde auch in diesen Fällen ein großes Interesse an der künftigen Nutzung dieser Technologien festgestellt.

Für die weitere Entwicklung der Fahrzeugtechnologien sollte insbesondere eine enge Interaktionsfähigkeit (Datenschnittstellen) zu Werksgeländen und die Automatisierung von Nebenprozessen (z. B. Tür- bzw. Öffnung von Ladeeinheiten, Twist-Locks, Beladen, Aufnehmen und Absetzen von Trailern bzw. Ladeeinheiten, Ladungssicherung, usw.) berücksichtigt werden, um die Potentiale von automatisierten Lkw auf dem Werksgelände zu steigern.

Die innerhalb der vorliegenden Studie erarbeiteten Ergebnisse gewähren einen zukünftigen Einblick auf die komplexen Herausforderungen, die es in Richtung Automatisierung von Nutzfahrzeugen auf dem Werksgelände zu bewältigen gibt, sowie auf die außerordentlichen Potentiale, die diese Entwicklungen mit sich bringen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Management Summary	III
Inhaltsverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XIII
1. Einführung	1
1.1. Ausgangssituation und Projektziel.....	1
1.2. Vorgehensweise und Aufbau der Studie.....	2
2. Abläufe, Prozesse und Strukturen im innerbetrieblichen Verkehr	4
2.1. Prozessabläufe auf Werksgeländen	4
2.2. Layout eines Werksgeländes	8
2.3. Kategorisierung unterschiedlicher Werksgeländetypen	9
2.3.1. Systemlogistiker und Speditionen.....	9
2.3.2. Umschlagterminals Kombiniertes Verkehr	13
2.3.3. Handel	18
2.3.4. Seehäfen.....	23
2.3.5. Produzierendes Gewerbe.....	27
2.3.6. Chemiegroßunternehmen und Chemiaparkbetreiber.....	30
2.4. Beschreibung der Anwendungsszenarien	34
2.4.1. Mischbetrieb.....	34
2.4.2. Gesonderte Fahrspur	35
2.4.3. Gesonderte Nutzungszeiten.....	36
2.4.4. Getrennter Betrieb.....	37
2.4.5. Vollautomatisiertes Gelände.....	38
2.4.6. Keine automatisierten Fahrzeuge auf dem Werksgelände	39

3. Status Quo des vernetzten und automatisierten Fahrens	40
3.1. Perspektiven, Chancen und Herausforderungen	41
3.2. Stand der Technik	43
3.3. Gesetzgebung	47
3.4. Auswirkungen auf Logistikeinsatzfelder	51
3.5. Forschungs- und Entwicklungsstand der Fahrzeughersteller und Technologieunternehmen	54
3.5.1. Herstellerziele Pkw	54
3.5.2. Herstellerziele Lkw	59
3.6. SWOT Analyse zum hochautomatisierten Fahren	62
3.6.1. Vernetztes und automatisiertes Fahren im öffentlichen Straßengüterverkehr	63
3.6.2. Vernetztes und automatisiertes Fahren auf Werksgeländen	65
4. Praxisvalidierung durch Prozess- und Datenaufnahmen vor Ort	67
4.1. Vorbereitung und Durchführung der Interviews	67
4.2. Auswahl der Unternehmen und Durchführung der Interviews	67
4.3. Datenauswertung	69
4.4. Qualitative Ergebnisse der Interviews	69
4.4.1. Spezifische Bewertung nach Branchen	71
4.4.2. Anforderungen und Potentiale der Automatisierung von Werksgeländen	77
4.4.3. Selbsteinschätzungen der Interviewpartner hinsichtlich Szenarienübertragbarkeit und Aufwand-Nutzen-Verhältnis	78
4.5. Ergebnisse der quantitativen Analyse	83
4.5.1. Chancen durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände	83
4.5.2. Risiken durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände	83
4.5.3. Bereitschaft der Nutzung autonomer / ferngesteuerter Fahrzeuge	84
4.5.4. Bereitschaft zu Investitionen in Infrastruktur und Fahrzeugausstattung	85
4.5.5. Automatisierte Lkw auf Werksgeländen	86
4.5.6. Prozessvergleich Werksgelände	87

5. Abschließende Bewertung und Fazit	90
5.4. Kernaussagen der Interviews	90
5.5. Fazit und Handlungsempfehlungen für die Automobilindustrie	91
Literaturverzeichnis und weitere Internetquellen	XIV
Anhang	XXV
Anhang 1: Projektbeschreibung Unternehmensakquise	XXVI
Anhang 2: Leitfaden Experteninterview (Besprechung)	XXVII
Anhang 3: Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)	XXXVIII
Anhang 4: Das Fraunhofer IML	XLVIII
Anhang 5: Projektteam & Kontakt.....	L

Abkürzungsverzeichnis

AGV	Automated Guided Vehicle(s)
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
e. V.	eingetragener Verein
FAT	Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik
FTF	Fahrerlose Transportfahrzeuge
FTS	Fahrerlose Transportsysteme
HAF	Hochautomatisiertes Fahren
IuK	Information und Kommunikation
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KV	Kombinierter Verkehr
Lkw	Lastkraftwagen
MA	Mitarbeiter
MRR	Mittelbereichsradar
OCR	Optical Character Recognition
PC	Personal Computer
Pkw	Personenkraftwagen
RFID	Radio-Frequency Identification
RO / RO	Roll-On / Roll-Off
SRR	Nahbereichsradar
SWOT	Analyse: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
VAF	Vernetztes und automatisiertes Fahren
WLAN	Wireless Local Area Network

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht der Studienziele und –inhalte	1
Abbildung 2: Referenzprozessablauf auf einem Werksgelände	7
Abbildung 3: Allgemeines Referenzlayout eines Werksgeländes	8
Abbildung 4: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Systemlogistikern & Speditionen	11
Abbildung 5: Layout Werksgelände von Systemlogistikern und Speditionen.....	13
Abbildung 6: Beispielhafte Transportkette im Kombinierten Verkehr	14
Abbildung 7: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Umschlagterminals.....	15
Abbildung 8: Layout Werksgelände eines Terminals im Kombinierten Verkehr	17
Abbildung 9: Transportkette in der Handelsbranche	19
Abbildung 10: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände in der Handelsbranche.....	20
Abbildung 11: Layout Werksgelände eines Handelsunternehmens.....	22
Abbildung 12: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände eines Seehafens.....	24
Abbildung 13: Layout Werksgelände eines Seehafens	26
Abbildung 14: Umsatz größter Industriezweige des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland in Mrd. €.....	27
Abbildung 15: Typischer Prozessablauf auf einem Werksgelände eines produzierenden Unternehmens.....	28
Abbildung 16: Layout Werksgelände eines produzierenden Gewerbes.....	30
Abbildung 17: Darstellung eines typischen Prozessablaufs auf einem Werksgelände eines Chemieparks	32
Abbildung 18: Layout Werksgelände eines Chemieparks.....	33
Abbildung 19: Mischbetrieb auf dem Werksgelände	35
Abbildung 20: Gesonderte Fahrspur für automatisierte Lkw	36
Abbildung 21: Gesonderte Nutzungszeiten für hochautomatisierte Fahrzeuge	37
Abbildung 22: Physische Trennung von manuellem und automatisiertem Betrieb	38

Abbildung 23: Vollautomatisiertes Werksgelände.....	39
Abbildung 24: Vollständig manuell betriebenes Werksgelände	39
Abbildung 25: Komponenten bei den verschiedenen Automatisierungsgraden (Auszug)	44
Abbildung 26: Entwicklungspfade der verschiedenen Automatisierungsstufen.....	45
Abbildung 27: Erwartete Technologieentwicklungen in den verschiedenen Automatisierungsstufen	46
Abbildung 28: Haftungsrecht beim hochautomatisierten Fahren	48
Abbildung 29: Übersicht europäischer Richtlinien und deren nationaler Umsetzung.....	49
Abbildung 30: Einsatzfelder voll- und hochautomatisierter Fahrzeuge in der Logistik.....	51
Abbildung 31: Darstellung Herstellerziele und erwartete Markteinführungen.....	58
Abbildung 32: Daimler Future Truck 2025	59
Abbildung 33: Mercedes-Benz Vision Van.....	60
Abbildung 34: E-Truck von Tesla.....	61
Abbildung 35: Parameter der qualitativen Bewertung	72
Abbildung 36: Zusammenfassende Bewertung: Systemlogistiker und Spedition	73
Abbildung 37: Zusammenfassende Bewertung: Umschlagterminal	74
Abbildung 38: Zusammenfassende Bewertung: Handel.....	74
Abbildung 39: Zusammenfassende Bewertung: Seehäfen (Containerterminal)	75
Abbildung 40: Zusammenfassende Bewertung: produzierendes Gewerbe.....	76
Abbildung 41: Zusammenfassende Bewertung: Chemiegroßunternehmen und Chemiepark	77
Abbildung 42: Automatisierung von Werksgeländen: Zusammengefasste Ergebnisse nach Branchen	78
Abbildung 43: Einschätzung (Interviewpartner) Szenarienübertragbarkeit auf eigenes Werksgelände.....	79
Abbildung 44: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis - Gesamt	80
Abbildung 45: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis - Systemlogistiker/Spedition	81

Abbildung 46: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis – Handel.....	81
Abbildung 47: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis – Umschlagterminal des KV.....	82
Abbildung 48: Erachtete Chancen durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände	83
Abbildung 49: Erachtete Risiken durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände	84
Abbildung 50: Bereitschaft autonome / ferngesteuerte Fahrzeuge zu nutzen	84
Abbildung 51: Investitionsbereitschaft in Infrastruktur und Fahrzeugausstattung.....	85
Abbildung 52: Anforderungen für die Implementierung automatisierter Lkw auf Werksgelände.....	87
Abbildung 53: Prozessvergleich: Werksgelände der verschiedenen Branchen	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Marktvolumen im Online-Handel und dessen Anteil am gesamten Einzelhandel.....	18
Tabelle 2: Stufen der Automatisierung - Straßenverkehr	42
Tabelle 3: SWOT-Matrix – VAF im Güterverkehr	64
Tabelle 4: SWOT-Matrix – VAF auf Werksgeländen	66
Tabelle 5: Aufteilung interviewter Unternehmen	69

1. Einführung

1.1. Ausgangssituation und Projektziel

Im Rahmen dieser Studie wurde für die Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik (FAT) eine Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr, durchgeführt. Automatisiertes bzw. autonomes Fahren ermöglicht es, bisherige Strukturen und Prozesse neu zu überdenken. Hersteller arbeiten zurzeit mit Hochdruck an Assistenz- und Steuersystemen um autonome Fahrzeuge in den kommenden Jahren zur Serienreife zu führen. Mittelfristig wird davon ausgegangen, dass Assistenzsysteme die Fahrzeuge auf Autobahnen steuern, langfristig die Fahrer bei vielerlei Fahr-situationen entlasten. Für die Verkehrs- und Unternehmenslogistik ergeben sich durch diese technische Entwicklung viele neue Chancen.

Das Ziel der Studie ist es, die Herausforderungen und Potentiale des hochautomatisierten bzw. vollautomatisierten Fahrens für den innerbetrieblichen Verkehr hinsichtlich der Aspekte Wirtschaftlichkeit, erforderlicher Technologien, rechtlicher Rahmenbedingungen sowie Prozessintegration zu untersuchen. Hierzu werden beispielsweise die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Betrieb auf öffentlichen Straßen und in geschlossenen Betriebsgeländen anhand verschiedenen Anwendungsszenarien (Use-Cases) analysiert. Die untenstehende Abbildung stellt exemplarisch die Fragestellungen und Inhalte der Studie dar.

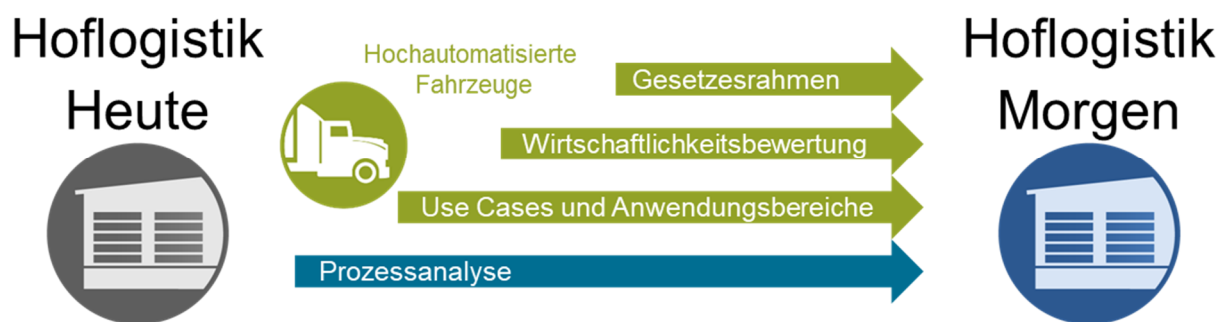


Abbildung 1: Übersicht der Studienziele und -inhalte

1.2. Vorgehensweise und Aufbau der Studie

Der vorliegende Bericht setzt sich, analog dem durchgeführten Projekt, aus den folgenden Untersuchungs- und Bearbeitungsschwerpunkten zusammen:

1. Darstellung der Grundlagen: Abläufe, Prozesse und Strukturen im innerbetrieblichen Verkehr
2. Automatisiertes Fahren: Perspektiven, Chancen und Herausforderungen bzgl. Technologien, Sensorik und rechtlichen sowie weiteren Rahmenbedingungen
3. Praxisvalidierung: Vorbereitung und Durchführung von Prozess- und Datenaufnahmen vor Ort
4. Datenauswertung und Interpretation: Bestimmung der logistischen Anforderungen und Bewertung der wirtschaftlichen und ideellen Aspekte
5. Zusammenfassung der Ergebnisse: Erstellung des Endberichts und einer öffentlichen Version

Insgesamt beziehen sich die Arbeitsschritte 1 bis 5 auf den Anwendungsfall »Innerbetrieblicher Verkehr« mit einem für den öffentlichen Straßenverkehr zugelassenen Lkw (Nutzfahrzeuge über 7,5 Tonnen). Der Themenschwerpunkt beinhaltet insbesondere die Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr auf geschlossenen Betriebsgeländen oder in Logistikzentren. Hierbei wurden beispielsweise bestehende Tätigkeitsabläufe analysiert, Gemeinsamkeiten in den Abläufen herausgearbeitet und Übereinstimmungen bzw. Unterschiede zu einem automatisierten Verkehr auf öffentlichen Straßen ermittelt. Während der einzelnen Fragestellungen wurde jeweils Bezug auf verschiedene Fahrzeugkombinationen, Betriebszustände und spezifische Anwendungsszenarien genommen.

Das **Kapitel 1** beinhaltet die Zielsetzung sowie die Vorgehensweise innerhalb der Studie.

In **Kapitel 2** werden die notwendigen Grundlagen bezüglich der Abläufe, Prozesse und Strukturen im innerbetrieblichen Verkehr erläutert, die für das Verständnis und die Durchführung der Studie zwingend erforderlich sind. Hierzu wurden vorab zu untersuchende Prozesse, generelle Strukturen und Tätigkeitsabläufe in Kombination mit unterschiedlichen Akteuren und Fahrzeugkombinationen im Detail identifiziert. Zudem erfolgt hierbei bereits eine erste Betrachtung prinzipieller Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen (Lkw) im innerbetrieblichen Verkehr.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit diversen Facetten rund um das automatisierte Fahren. Das Hauptziel dieses Bearbeitungsschwerpunktes ist ein Überblick über den aktuellen Stand der Technik der Hersteller und die Entwicklung der gesetzlichen Rahmenbedingungen sowie ein Ausblick auf die zukünftige Entwicklung des voll- bzw. hochautomatisierten Fahrens. Hierbei werden jeweils die Parallelen zwischen Pkw und Lkw im öffentlichen Straßenverkehr, sowie im innerbetrieblichen Verkehr, abgebildet. Geltende Gesetzgebungen werden erfasst und ebenfalls auf Besonderheiten und Unterscheidungen der Gesetze im innerbetrieblichen Verkehr gegenüber dem öffentlichen Straßenverkehr betrachtet. Diesen Arbeitsschritten folgt eine eingehende Analyse von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken im Hinblick auf das automatisierte Fahren von Nutzfahrzeugen im Güterverkehr und auf Werksgeländen. Diese Identifizierung der Chancen und Herausforderungen ermöglicht es, Entwicklungsperspektiven für den innerbetrieblichen Verkehr abzuleiten.

Um die bisherigen Erkenntnisse auf die Praxis hin zu überprüfen, erfolgt in **Kapitel 4** die Beschreibung der Praxisvalidierung in Form von Prozess- und Datenaufnahmen vor Ort bei unterschiedlichen Unternehmen diverser Branchen. Das vorrangige Ziel ist die Feststellung der Eignung erarbeiteter Projektergebnisse im realen Betriebsablauf sowie die Identifizierung der Unterschiede in unterschiedlichen Anwendungsszenarien, u. a. im Hinblick auf den innerbetrieblichen Werkverkehr und den öffentlichen Verkehr.

Innerhalb **Kapitel 5** werden die aus den Interviews gewonnenen Daten ausgewertet, dargestellt und auf die konkreten Fragestellungen der vorliegenden Studie interpretiert. Hierbei sollen insbesondere die logistischen Anforderungen für das hochautomatisierte Fahren bestimmt sowie wirtschaftliche und ideelle Aspekte bewertet werden. Hierfür wurden innerhalb dieses Arbeitsschrittes u. a. Wirtschaftlichkeitsanalysen, vergleichende Prozessanalysen sowie Einordnungen der rechtlichen Situationen durchgeführt. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

In **Kapitel 6** werden die Kernaussagen der Interviews beschrieben, sowie das Fazit und Handlungsempfehlungen für Unternehmen der Automobilindustrie abgeleitet.

2. Abläufe, Prozesse und Strukturen im innerbetrieblichen Verkehr

Ziel dieses Untersuchungs- und Bearbeitungsschwerpunkts ist es, das grundlegende Verständnis zum innerbetrieblichen Verkehr zu erläutern sowie deren spezifischen Arbeitsabläufe zu vermitteln. Dies umfasst die Darstellung der typischen Prozesse, die Beschreibung denkbarer Anwendungsszenarien für automatisierte Nutzfahrzeuge sowie die Beschreibung der hierbei betroffenen Akteure. Durch den Einbezug bestehender Theorieansätze, Fach- und Sekundärliteratur und Best Practice-Umsetzungen werden innerhalb dieses Kapitels wesentliche und zugrundeliegende Abläufe der innerbetrieblichen Logistik aufgezeigt.

Im Rahmen der IST-Analyse dieser Studie wurde dafür ein mehrstufiger Ansatz gewählt, der es ermöglicht, die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Abläufe, Prozesse und Strukturen im innerbetrieblichen Verkehr aufzuzeigen und nach Branchen zu unterscheiden. Nach der Differenzierung verschiedener Branchen wurden zunächst je ein Referenzprozessablauf (Kapitel 2.1) und ein Referenzlayout (Kapitel 2.2) auf Basis von Literaturrecherche und Best-Practices herausgearbeitet, die im Wesentlichen die branchenübergreifenden Gemeinsamkeiten beinhalten. Darauf aufbauend und durch die Validierung während der Prozess- und Datenaufnahmen vor Ort (vgl. Kapitel 4) wurden die Eigenschaften der Branchen ermittelt, die in Kapitel 2.3 beschrieben werden. Die Ausdifferenzierung der Branchen dient hierbei dem grundlegenden Verständnis der innerbetrieblichen Verkehre und stellt die Basis für die anschließende Anforderungs- und Potentialbewertung dar.

2.1. Prozessabläufe auf Werksgeländen

Jedes Betriebsgelände, auch innerhalb derselben Branche, verfügt über unterschiedliche Richtlinien, Sicherheitsvorschriften, Gebäude, Akteure, Fahrzeugarten und -kombinationen sowie über spezifische Prozesse. Daher kann kein allgemeingültiger Prozessablauf über alle Branchen und Unternehmen hinweg aus der (Fach-)Literatur herangezogen werden. Um trotz dessen eine generelle Grundstruktur aufzuzeigen, die als Basis für die Prozessaufnahme bei Unternehmen unterschiedlicher Branchen angewendet werden kann, wurden Hauptprozesse identifiziert die in einer bestimmten Art und Weise auf allen Werksgeländen durchlaufen werden:

- die Werkseinfahrt von der öffentlichen Straße,
- die Ein- & Ausfahrtskontrolle (für die Einfahrt auf das Werksgelände),
- die Anmeldung des Fahrzeuges und ggf. der Ware,
- ggf. das Zwischenparken auf der Vorstauffläche,
- der Aufruf des Fahrzeuges,
- die Fahrt zur Ladestelle, ggf. mit Wartezeit,

- die Tor- bzw. Rampenanfahrt, ggf. mit Rangieren,
- die Ent- und/oder Beladung bzw. das Aufnehmen und/oder Absetzen von Ladeeinheiten,
- die Güter- & Vollständigkeitsprüfung,
- die Transportsicherung,
- die Dokumentation der Tätigkeiten,
- die Abmeldung des Fahrzeuges und
- die Werksausfahrt.

Die Werkseinfahrt kann auf unterschiedliche Art und Weise erfolgen. Der Fahrer des Nutzfahrzeugs begibt sich hierbei über die öffentliche Straße auf das Gelände des Unternehmens. Nachdem die Einfahrt des Fahrzeugs genehmigt ist, begibt sich der Fahrer auf eine Vorstaufläche, um das Fahrzeug und die Ware anzumelden. Die Anmeldung erfolgt meist mit Personalien oder Dokumenten bei einem Mitarbeiter an der Pforte. Einige Unternehmen verfügen bereits über Sicherheitsmanagementsysteme zur Zutrittskontrolle. Ein Beispiel hierfür sind Selbstbedienungsterminals zur selbständigen Einfahrt und Anmeldung, um Personal zu entlasten oder Sprachbarrieren zu überwinden, die oftmals Orientierungs- und Verständigungsschwierigkeiten und die damit einhergehenden Such- und Konfliktverkehre zur Folge haben. Weitere Möglichkeiten zur Einfahrt und Anmeldung sind automatische Schrankenlösungen. Die Schranke öffnet und schließt bei richtiger Identifizierung der Person oder des Kennzeichens automatisch (beispielsweise mithilfe eines Identifikators, mit dem sich der Fahrer anmelden kann und durch den gesamten Prozessablauf geführt wird. Das angebotene Technologiespektrum reicht von RFID-Technologien und Barcodescannern bis hin zur Anmeldung durch biometrische Identifikationsverfahren, wie z. B. den Hand- oder Fingerabdruck. Im Gegensatz hierzu existieren jedoch auch viele Werksgelände, bei denen die Zufahrtskontrolle manuell durchgeführt wird und somit keine technologische Unterstützung erfolgt.

Nach erteilter Zufahrtskontrolle auf das Gelände, und der Ausgabe einer Rampennummer bei der Anmeldung, kann der Fahrer sich entweder sofort zur Ladestelle begeben (sofern diese frei ist) oder zum Zwischenparken auf eine separate Vorstaufläche vorfahren, bis die Zielladestelle angefahren werden kann. Für den Aufruf der Fahrzeuge vom Warteplatz zu der Rampe werden heute ebenfalls vielfältige unterschiedliche Technologien verwendet. Der Aufruf kann z. B. über die Information eines Mitarbeiters, über ein Ampelsystem, über ein Infoboard, über eine Nachricht an das Mobiltelefon oder über einen erhaltenen elektronischen Identifikator (IuK-Gerät) erfolgen. Sobald der Fahrer auf einem dieser Wege eine Nachricht erhält, kann dieser sich mit dem Fahrzeug zu der Ladestelle bzw. auf die zugewiesene Rampe begeben.

Zur Unterstützung auf dem Werksgelände werden oft Informations-, Park- und Verkehrsleitsysteme eingesetzt, die dem Fahrer helfen sollen sein Ziel auf dem Werksgelände zu finden, Staus zu vermeiden oder die Möglichkeit bieten, die Wartezeiten als Ruhezeiten zu nutzen. Teilweise werden Zulaufsteuerungs-, Zeitfenstersteuerungs- oder Rampenmanagementsysteme eingesetzt. Vor der direkten Anfahrt der Rampe ist es nicht unüblich, dass spezifische Prozesse mit infrastrukturellen Ausrüstungen zwischengeschaltet sind, wie z. B. eine Gefahrgutkontrolle oder das Wiegen des Fahrzeugs bzw. der Ladung. Wiegeplätze sind heutzutage oft mit werkslogistischer Ausstattung wie Sensoren, Kamerasystemen oder seitlichen Begrenzungsmaßnahmen für die korrekte Positionskontrolle ausgestattet.

Beim Anfahren der zugewiesenen Ladestelle erfolgt die Entladung, die Beladung, das Absetzen der Ladeinheit und / oder das Aufnehmen einer weiteren Ladeinheit. Nach der Entladung bzw. nach dem Absetzen der Ladeinheit kann eine nachfolgende Beladung bzw. Aufnahme der Ladeinheit erfolgen. Dem Ladeprozess folgen die Gütervollständigkeitsprüfung und die Transportsicherung. Diese kann durch entsprechendes Personal oder selbständig vom Fahrer, durchgeführt werden. Soweit dies durch werksinternes Personal erfolgt, werden die Vorgänge meist manuell mit Zeitstempel oder mittels Eintrag im Lagerverwaltungssystem dokumentiert. Bei der selbständigen Ent- und Beladung erfolgt die Dokumentation des Prozessablaufs an Selbstbedienungsterminals, die zudem für die Ausgabe von Lieferscheinen und Frachtpapieren verantwortlich sind. Für die Dokumentation und Abmeldung kann ggf. ein Umparken auf einer dafür vorgesehenen Parkfläche erforderlich sein.

Sobald alle Prozessschritte durchlaufen sind, erfolgt als letzter Schritt die Ausfahrt aus dem Werksgelände durch die Abmeldung beim Pförtner oder durch die manuelle oder automatisierte Identifikation am Ausfahrtsterminal mit nachfolgender Öffnung der Werksausgangsschranke.

Zusammenfassend wird in der folgenden Abbildung 2 ein beispielhafter Referenzprozessablauf dargestellt, der diese Aspekte graphisch darstellt und innerhalb der Studie als Basis für die Prozessaufnahmen dient.

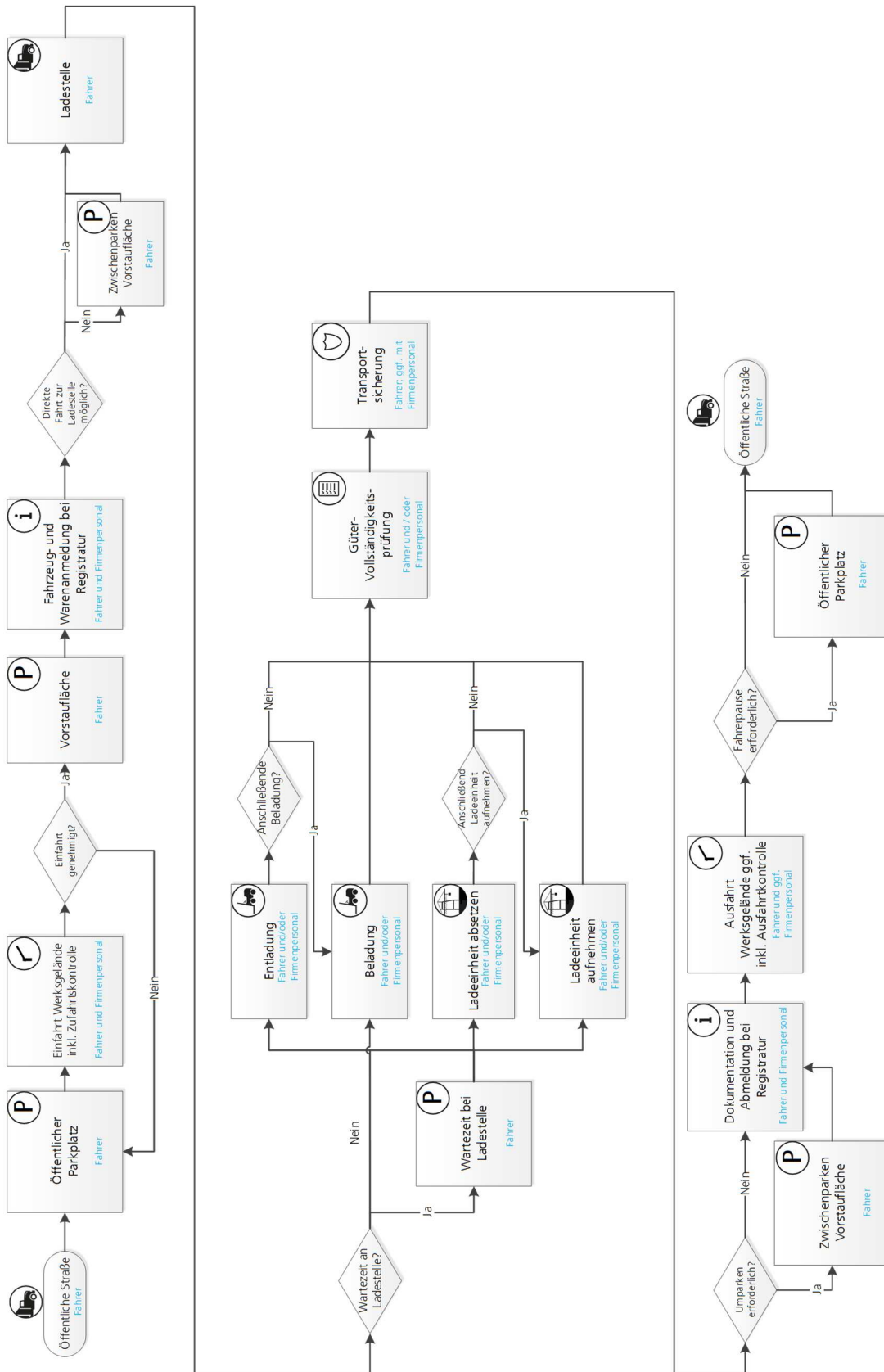


Abbildung 2: Referenzprozessablauf auf einem Werksgelände

2.2. Layout eines Werksgeländes

Viele Werksgelände, die wiederkehrend von Lkw an- und befahren werden, weisen Parallelen und Ähnlichkeiten bei der Infrastruktur und bei der Gestaltung der Gebäude und Fahrwege auf. In der folgenden Abbildung 3 ist das allgemeine Referenzlayout eines Werksgeländes dargestellt, das diese Strukturen beispielhaft wiedergibt. Die Einfahrt erfolgt in der Regel über die öffentliche Straße und mündet über die Zufahrten direkt beim Pfortner bzw. dem Zwischenparken auf Vorstau-/ Parkplatzflächen, welche sich auf den Werksgeländen befinden. Ein eigener Fuhrpark, eine Werkstatt oder ein Fahrzeugservice sind oftmals in unmittelbarer Nähe vorhanden. Neben "Produktionsflächen" sind vor allem weitere Administrative Einheiten wie z. B. Verwaltungsgebäude, Kantinen, Aufenthalts- und Sanitärräume auf dem Gelände verfügbar. Logistische Flächen auf Werksgeländen werden meist als überdachte Läger, Freiluftläger und / oder Warenläger (wie z. B. Hochregalläger) bereitgestellt.

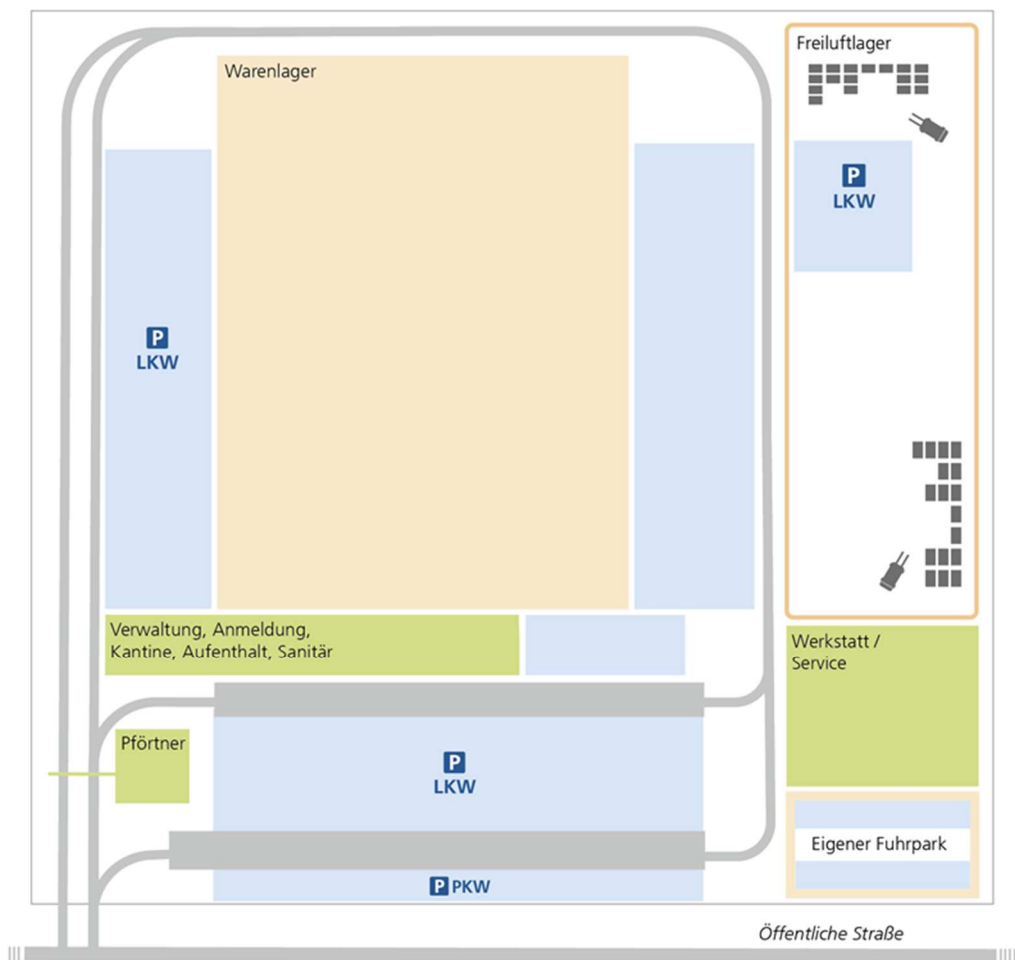


Abbildung 3: Allgemeines Referenzlayout eines Werksgeländes

2.3. Kategorisierung unterschiedlicher Werksgeländetypen

Die Gestaltung und Ausprägung sowie der Umfang der Funktionsbereiche unterscheiden sich teils stark innerhalb verschiedener Branchen. Daher wird im Rahmen der Untersuchung in mehrere Branchen und dazugehörige Werksgeländetypen unterschieden. Diese werden anhand festgelegter Parameter kategorisiert und beschrieben, um eine Vergleichbarkeit für die Bewertung einzelner Potentiale und Herausforderungen zu ermöglichen. Zunächst wird jede Branche inkl. relevanter Begriffsdefinitionen, Akteuren, Fahrzeugen sowie den jeweiligen Entwicklungen veranschaulicht. Dem folgen jeweils die Visualisierung eines typischen Prozessablaufs auf dem Werksgelände und die Herausarbeitung von Charakteristika sowie von besonderen Branchenspezifika. Zudem werden innerhalb dieser Steckbriefe branchenspezifische Layouts der unterschiedlichen Werksgelände aufgezeigt. Bei den sechs hierbei analysierten Branchen handelt es sich um:

- Systemlogistiker und Speditionen,
- Umschlagterminals des Kombinierten Verkehrs,
- Handelsbranche,
- Containerterminals in Seehäfen,
- produzierendes Gewerbe und
- Chemiegroßunternehmen und Chemiaparkbetreiber.

2.3.1. Systemlogistiker und Speditionen

Systemlogistiker und Speditionen sind Logistikdienstleister (LDL), welche für den Transport von Gütern zuständig sind. Die Aufträge erhält das Unternehmen vom Versender, auf dessen Rechnung die Versendung läuft. Ein Spediteur kann sich zur Auslieferung der Waren an speziellen Speditionsfahrzeugen bedienen oder einen Frachtführer engagieren. Ein Frachtführer ist ein Kaufmann, welcher die Beförderung von Gütern auf dem Land, im Seeverkehr oder im Luftverkehr übernimmt und vertraglich verpflichtet ist, das Gut zum Bestimmungsort zu transportieren.¹ In so einem Fall spielt der Spediteur nur eine organisatorische Rolle beim Transport der Ware. Laut einer Statistik des *Deutschen Speditions- und Logistikverbandes e.V.* unterhält nur noch jede zweite Spedition (49%) einen eigenen Fuhrpark, während der Anteil eigener Fahrzeuge im Jahr 1970 noch bei 70% lag.² Typische Fahrzeuge innerhalb eines Speditionsfuhrparks sind Lkw unterschiedlicher Dimensionen (bzgl. Gewicht, Größe), Stapler und ggf. Sonderfahrzeuge.

¹ Vgl. Arnold et al. 2008, S. 735.

² Vgl. DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. 2015b.

In Deutschland existieren ca. 15.000 Speditionen³ mit rund 532.000 Beschäftigten⁴ (2014), die logistische Dienstleistungen anbieten. Die Branche ist mittelständisch geprägt, wie sich in der Mitarbeiteranzahl je Betrieb äußert. Bei 73% der Logistik- und Speditionsbetriebe liegt die Mitarbeiterzahl bei weniger als 100 Personen.⁵

Das Leistungsspektrum von Spediteuren umfasst heutzutage vielfache unterschiedliche Ausrichtungen, so können in diesem Zusammenhang folgende Branchenkategorien unterschieden werden:

- Stückgutverkehre,
- Spediteursammelgutverkehre,
- Paket- und Expressdienste,
- Bahnbefrachtung,
- Internationale Speditionen,
- Luftfracht-, Seehafen- und Binnenschiffahrtsspeditionen,
- Gefahrgutabfertigungen und Gefahrstofflagerungen,
- Fahrzeugdistribution,
- Umzüge,
- Distributions- und Massengutlagerei,
- Absatz-, Beschaffungs- und Entsorgungslogistik, sowie
- Messe- und Veranstaltungslogistik.⁶

Um den Straßengüterverkehr zu entlasten wird mithilfe von multimodalen Transportketten gearbeitet. Der Intermodale Verkehr verfolgt das Ziel, den überwiegenden Teil der Strecke mit der Eisenbahn oder mit Hilfe von Schiffen zurückzulegen. Der Vor- und Nachlauf wird dann durch Transportmittel auf der Straße vollzogen.⁷

Aufgrund der großen Heterogenität der Branche werden im Rahmen dieser Studie Systemlogistiker und Speditionen (KMU) unterschieden. Unter Systemlogistikern werden Umsatz- und Mitarbeiterstarke Unternehmen verstanden, die ein eigenes Logistiknetzwerk mit einer Vielzahl eigener Standorte (Werksgelände) betreiben. Solche Unternehmen finden sich beispielsweise im Produktbereich Stückgut, Kurier-Express-Paket-Dienst (KEP) und der Kontraktlogistik. Dem gegenüber stehen, wie vorab beschrieben, kleine und mittelständisch geprägte Speditionen, die einen geringeren Mitarbeiterstamm aufweisen und i. d. R. einen eigenen Standort betreiben. Diese operieren

³ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2016, S. 23.

⁴ Vgl. DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. 2015a, S. 26.

⁵ Vgl. DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. 2015a, S. 22.

⁶ Vgl. DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. 2015a, S. 9.

⁷ Vgl. Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr e.V. (SGKV) 2017.

bspw. regional oder mit einem speziellen Dienstleistungsportfolio, z. B. mit dem Fokus auf Schwertransporte.

Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Systemlogistikern und Speditionen

In der folgenden Abbildung 4 ist der Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Systemlogistikern und Speditionen dargestellt. Verglichen mit dem Referenzprozessablauf in Abbildung 2 aus Kapitel 2.1 ist zu unterscheiden, dass hier kein eigener sowie auch kein öffentlicher Parkplatz vorhanden ist. Die Einfahrtskontrolle und Zufahrtskontrolle sowie Registratur erfolgen gemeinsam. Außerdem ist ein Zwischenparken nicht vorgesehen. Weitere Unterschiede sind im Ladungsprozess zu verzeichnen. Nach Entladung der Ware ist i. d. R. keine Rückladung vorgesehen. Außerdem sind parallele Prozesse, insbesondere Versetzfahrten, vorhanden.

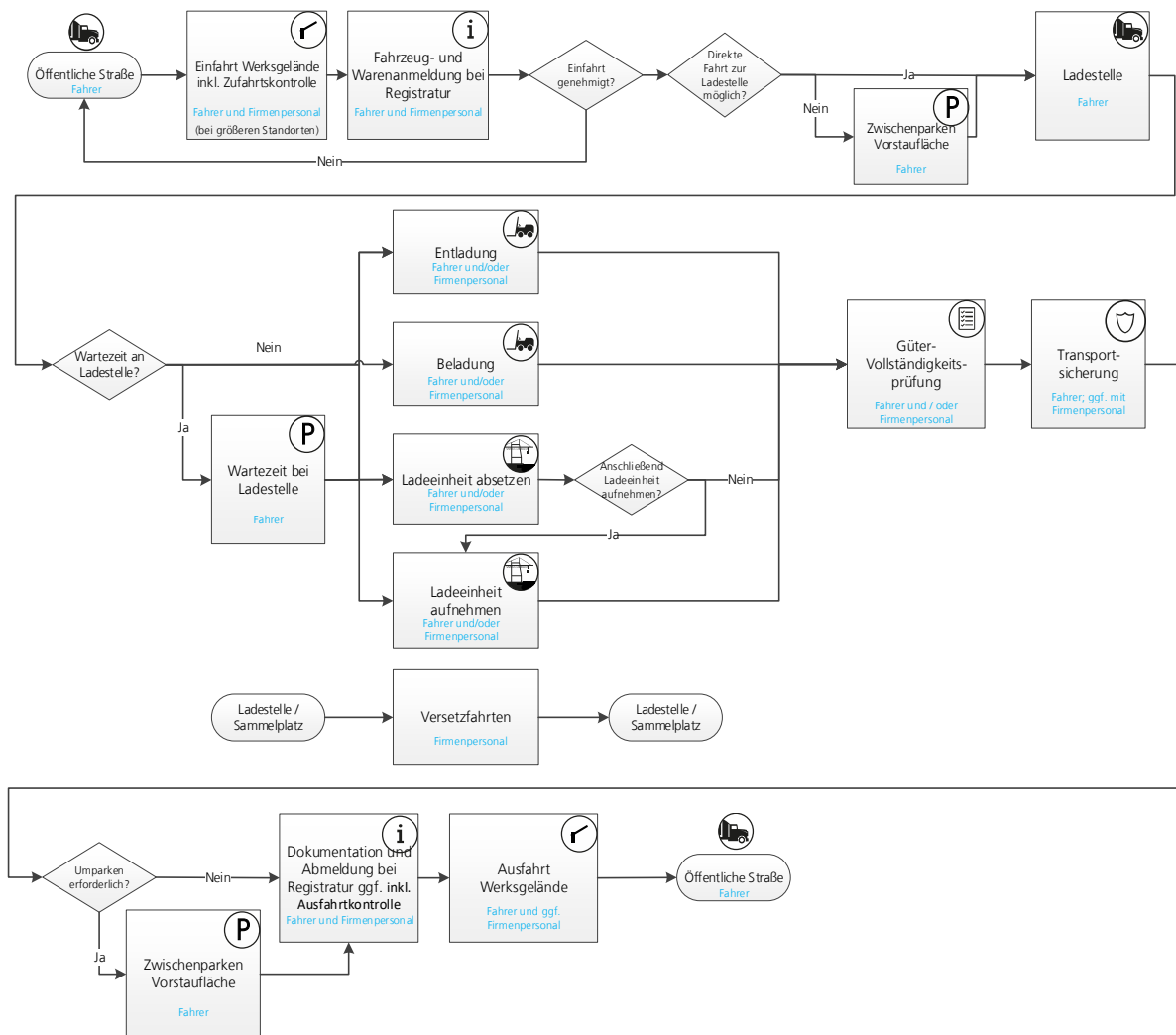


Abbildung 4: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Systemlogistikern & Speditionen

Layout Werksgelände

Die Flächen von Systemlogistikern und Speditionen bestehen i. d. R. aus (Lager-)hallen und Verkehrsflächen. Die Hallen sind mit zahlreichen Gates versehen, um einen schnellen Sendungsdurchfluss zu ermöglichen. Zusätzlich sind Verkehrsflächen zum Parken, häufig für eigene Fahrzeuge, vorhanden.

Die Geländegröße ist von den Sendungs- und Wareneigenschaften, der Umschlagsleistung, aber auch von der Größe des eigenen Fuhrparks abhängig. Bei der Planung des Werksgeländes eines Systemlogistikers oder einer Spedition wird meist auf eine gute Verkehrsanbindung Wert gelegt, sie ist aber abhängig von der Topografie. Eine gute Verkehrsanbindung, wie z. B. ein schneller und komfortabler Weg zur Autobahn trägt zum Komfort sowie zu erheblichen Zeitersparnissen im Betrieb bei.

Ein solches Werksgelände verfügt über eine oder mehrere Einfahrten, die in manchen Fällen mit einer Pforte ausgestattet sind. Oft wird die Anmeldung aber durch das Aufsuchen eines Büros zur Anmeldung für ankommende Lkw-Fahrer erledigt. Auf einem Gelände sind üblicherweise ein oder mehrere Läger platziert, in denen die Ware der Kunden bei Bedarf zwischengelagert werden kann. Zum Be- oder Entladen sind auf dem Gelände nummerierte Ladestellen ausgewiesen. Um die Instandhaltung der Lkw gewährleisten zu können, verfügen viele Unternehmen über eine kleine Werkstatt, in der Wartungsarbeiten des Fuhrparks durchgeführt werden können. Für Verwaltung und Disponenten, die für die Fuhrpark-, Fahrer- und Tourenplanung verantwortlich sind, sind Bürogebäude oftmals auf dem Werksgelände angesiedelt.

Der Verkehr auf dem Werksgelände wird oft durch den Hinweis geregelt, dass hier die Straßenverkehrsordnung (StVO) gilt. Die Navigation auf dem Gelände erfolgt meist manuell über Hinweisschilder und Abschnitte der Geländefläche. Bei mittleren und kleineren Geländen gibt es meist keine Markierungen am Boden, die vorgesehene Fahrwege erkennbar machen würden.

In der folgenden Abbildung 5 ist das Referenzlayout des Werksgeländes eines Systemlogistikers bzw. einer Spedition dargestellt. Eines der Abweichungen gegenüber dem Referenzlayout aus Kapitel 2.2 ist das Vorhandensein einer eigenen Tankstelle und Waschstraße. Des Weiteren sind kleinere Vorstaufflächen vorhanden. Bei „großen“ Werksgeländen sind Pfortner und Schranke vorzufinden, „kleine“ Werksgelände arbeiten häufig ohne Schranke. Der Löschmitteltank ist oberirdisch angesetzt. Bestehende Strukturen sind durch Lkw-Fahrer mitnutzbar (z. B. Toiletten, Kantine). Zudem gibt es manchmal frei zugängliche Parkflächen um z. B. ein vorübergehendes Abstellen des Lkw am Wochenende zu ermöglichen.

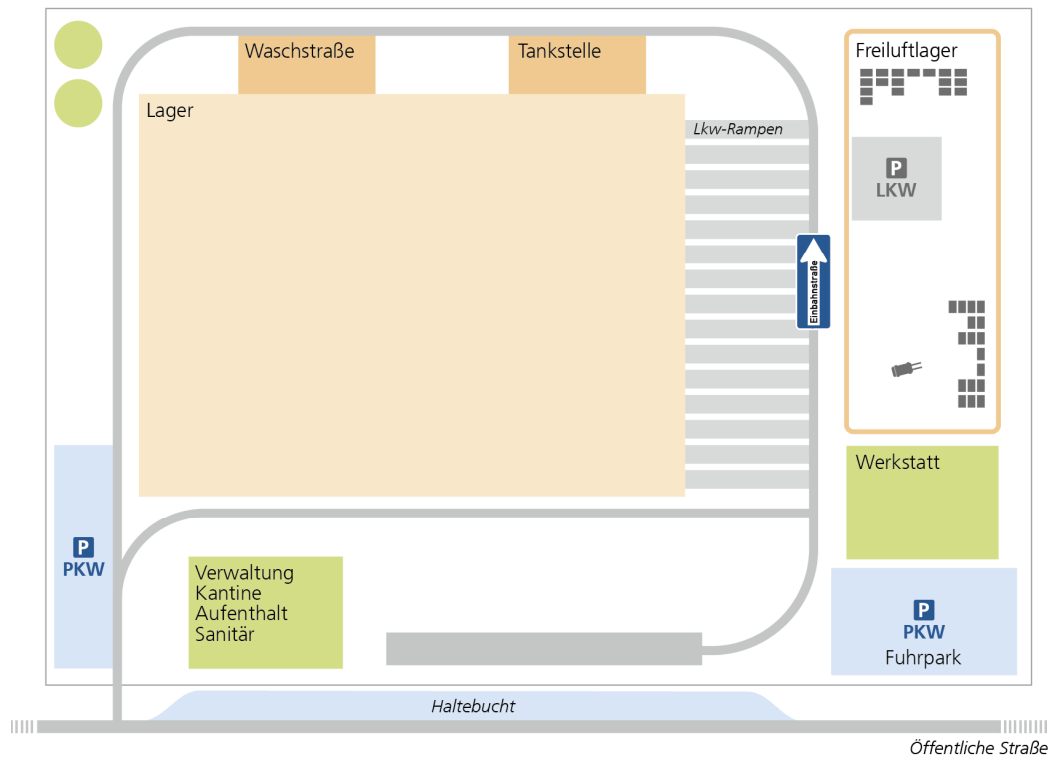


Abbildung 5: Layout Werksgelände von Systemlogistikern und Speditionen

2.3.2. Umschlagterminals Kombiniertes Verkehr

Der multimodale Verkehr stellt die grundlegende Form der verkehrsträgerübergreifenden Verkehre dar. Er bezeichnet den Versand von Gütern über zwei oder mehrere unterschiedliche Verkehrsträger vom Versender zum Empfänger wobei die Güter direkt umgeschlagen werden. Bei intermodalen Verkehren wird die Ladeeinheit oder das Straßenfahrzeug umgeschlagen, während die Güter selbst in den Ladeeinheiten bleiben. Der Kombinierte Verkehr (KV) stellt die dritte Form der verkehrsträgerübergreifenden Verkehre dar.⁸ Dieser wird vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung wie folgt definiert: „Kombinierter Verkehr [...] ist der Transport von Gütern in einer Ladeeinheit [...], die mit Geräten umgeschlagen wird, ohne das Transportgut selbst umzuschlagen, wenn der Transport auf einem Teil der Strecke mit der Eisenbahn, dem Binnen-, Küsten-, oder Seeschiff und auf dem anderen Teil mit dem Kraftfahrzeug durchgeführt wird.“⁹ Der Hauptlauf des KV wird mit der Eisenbahn, dem Binnen-, Küsten- oder Seeschiff bewältigt (s. Abbildung 6). Der Vor- und Nachlauf auf der Straße wird so kurz wie möglich gehalten. Auf diese Weise nutzt der KV die Vorteile verschiedener Verkehrsträger. Eisenbahn und Binnen- bzw. Seeschiff eignen sich für den Transport großer Mengen über weite Entfernungen, während

⁸ Vgl. Eiband 2014, S. 14.

⁹ Vgl. Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2011.

Straßen eine flexible und effiziente Verladung und Auslieferung auf kurzen und mittleren Entfernungen und in der Fläche ermöglichen. Die verkehrspolitischen Vorteile des KV liegen in der geringeren Straßenbelastung und der im Vergleich zum direkten Straßengüterverkehr besseren Energiebilanz sowie geringerer Umweltbelastung.

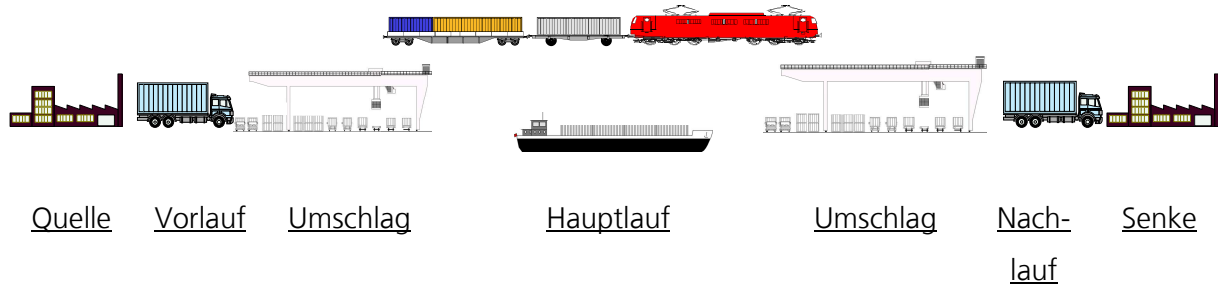


Abbildung 6: Beispielhafte Transportkette im Kombinierten Verkehr¹⁰

An einer Transportkette des KV ist gegenüber einem Straßentransport eine Vielzahl von Akteuren beteiligt. Dazu zählen Reedereien, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Eisenbahninfrastrukturunternehmen, Terminalbetreiber, Operateure, Speditionen, Fuhrunternehmen, Verlader und Servicebetriebe dazu.

Für die Realisierung des Kombinierten Verkehrs sind i. d. R. zwei Umschläge notwendig. Ein Umschlagterminal bildet die Schnittstelle zwischen den unterschiedlichen Verkehrsträgern. Hinsichtlich definierter Qualitätsaspekte existieren zahlreiche Terminals die sich in Leistungsangebot, Nutzfläche und der angeschlossenen Verkehrsträger unterscheiden. Die Umschlagleistung der Terminals variiert in etwa zwischen wenigen Tausend bis mehreren Hunderttausend Ladeeinheiten pro Jahr. Neben der Kernaufgabe des Güterumschlags bieten die meisten Terminals Lagerhaltung und zusätzliche Dienstleistungen an.

In der Vergangenheit ist die Beförderungsmenge des Kombinierten Verkehrs angestiegen.¹¹ Für die Zukunft wird mit einem anhaltenden Wachstum gerechnet. Der Umschlag von Ladeeinheiten (Containern, Wechselbehältern und Sattelaufliegern) findet größtenteils mit Hilfe von Umschlaganlagen wie Portalkränen oder Reachstackern statt. In Deutschland existieren rund 160 KV-Terminals.¹²

Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Umschlagterminals

In der folgenden Abbildung 7 ist der Prozessablauf auf dem Werksgelände eines Umschlagterminals dargestellt. Verglichen mit dem Referenzprozessablauf in Abbildung 2 aus Kapitel 2.1

¹⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Arnold et al. 2008, S. 745. Bildgrundlage Fraunhofer IML.

¹¹ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2018b, S. 7, 27.

¹² Vgl. Hebes 2017.

ist ersichtlich, dass in diesem Fall ein eigener Parkplatz ohne Zugangskontrolle vorhanden ist. Die Zufahrtskontrolle findet separat statt. Die Anmeldung und Registratur erfolgt manuell oder wird technologisch unterstützt. Des Weiteren ist ein Zwischenparken des Fahrzeugs häufig nicht vorgesehen. Auch im Ladungsprozess sind weitere Unterschiede zu verzeichnen. Das Ladeeinheitenhandling bei Containern und Wechselbrücken liegt beim Firmenpersonal, bei Sattelaufliegern jedoch beim Fahrer. Nach Entladung der Ware ist i. d. R. keine Rückladung vorgesehen. Zudem sind parallele Prozesse vorhanden, insbesondere Versetzfahrten.

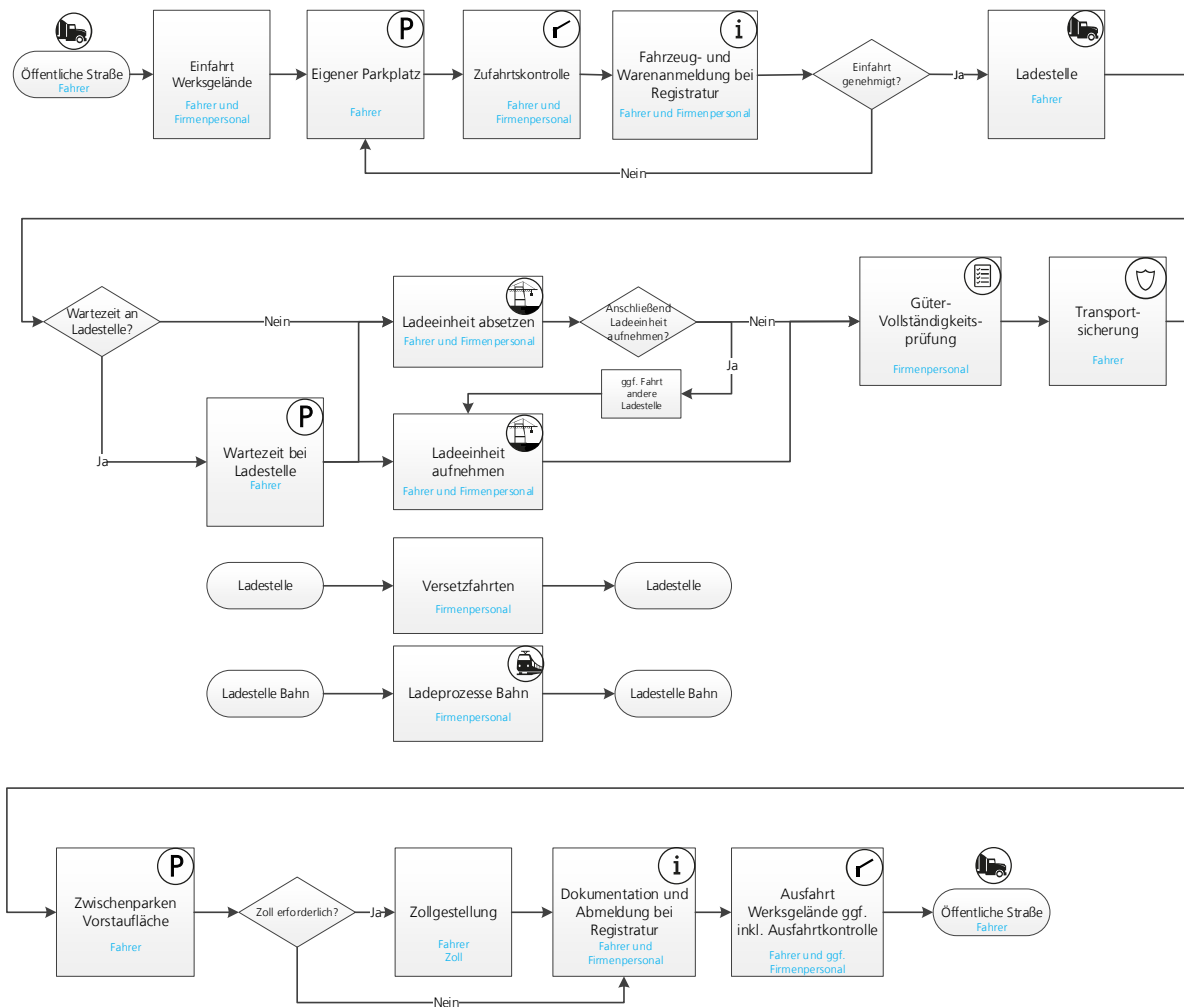


Abbildung 7: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Umschlagterminals

Layout Werksgelände

Ein Umschlagterminal bildet eine wichtige Schnittstelle zwischen den Verkehrsträgern Straße, Schiene und Wasser.¹³ Das Werksgelände sollte über eine große Lager-, Abstell- und Sortierfläche verfügen, um Platzmangel zu verhindern.¹⁴

In der folgenden Abbildung 8 ist das Referenzlayout des Werksgeländes eines Umschlagterminals dargestellt. Eine der Abweichungen gegenüber dem Referenzlayout aus Kapitel 2.2 ist die Lkw- und Bahnverladung (Umschlag von Ladeeinheiten). Teilweise sind nicht regulierte Abstellungen sowie kreuzende Verkehre mit Betriebsfahrzeugen (Reachstacker, Container-stapler, Reparaturdienste) zugegen. Das Werksgelände wird von vielen externen Lkw befahren, des Weiteren ist eine Vielzahl an verteilten Ladestellen vorhanden. Auch werden Flächen, je nach Auslastung teilweise flexibel (wahlweise Park-/ Verkehrsfläche oder Freilager) genutzt. Der Verkehrsfluss ist meist durch Markierungen am Boden und Verkehrszeichen (z. B. bei Einbahnstraßenumfahrungen) geregelt. Neben Vorstaufflächen ist für werkseigene Fahrzeuge ein Extraparkplatz vorgesehen. Zur Schadenkontrolle der Ladungseinheiten finden OCR Kontrollen¹⁵ ein- und ausfahrender Fahrzeuge (Lkw und Bahn) statt. Betriebseigene Fußgänger sind häufig im Kranbereich unterwegs. Darüber hinaus charakterisieren sich die Gelände durch unebene Gegebenheiten und Fahrbahnschäden, wodurch u. a. auch die Häufigkeit von Rangierschäden erhöht wird.¹⁶

¹³ Vgl. Sievert Handel Transporte GmbH 2018.

¹⁴ Vgl. Clausen et al. 1998, S. 132.

¹⁵ Beschreibt maschinelle optische Identifizierung und Erkennung von Containern und Ladeeinheiten.

¹⁶ Prozess und Datenaufnahme vor Ort.

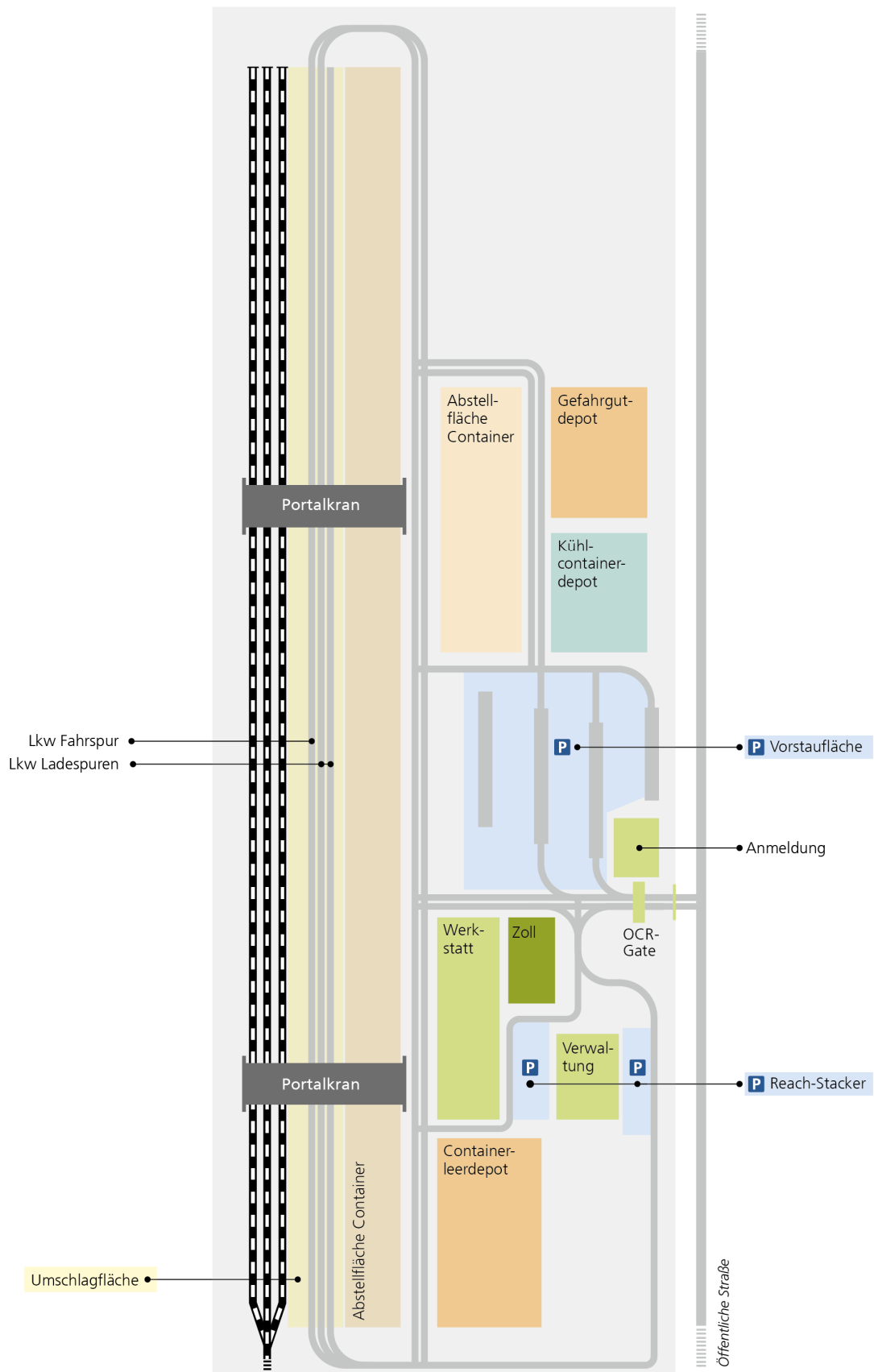


Abbildung 8: Layout Werksgelände eines Terminals im Kombinierten Verkehr

2.3.3. Handel

Im Handel werden Waren und Dienstleistungen, größtenteils ohne weitere Verarbeitung der Produkte vertrieben. Die Branche wird in der Fachliteratur in Einzelhandels-, und Großhandelsunternehmen unterschieden.¹⁷ Einzelhändler verkaufen ihre Waren und Dienstleistungen im Gegensatz zum Großhandel unmittelbar an Endverbraucher bzw. an private Haushalte.¹⁸ Beispiele für den Einzelhandel sind der Lebensmitteleinzelhandel (z. B. Edeka, REWE), Textileinzelhandel (z. B. H&M, C&A), Drogeriemärkte (z. B. dm, Rossmann), Baumärkte (z. B. Obi, Bauhaus), Einzelhandel mit Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik (z. B. Metro, Euronics) und der Möbeleinzelhandel (z. B. IKEA, XXXLutz).¹⁹ Dem Einzelhandel steht der Großhandel gegenüber, welcher gewerbliche Abnehmer, Großverbraucher oder beispielsweise den Einzelhandel bedient.²⁰

Der Handel steht derzeit insbesondere durch den technischen Fortschritt, den die Digitalisierung mit sich bringt, vor einem großen Umschwung.²¹ Der Online-Handel hat in den letzten Jahren rasant zugenommen und nimmt von Jahr zu Jahr einen immer größeren Anteil des gesamten Handelsumsatzes ein. Einkäufe werden heutzutage immer häufiger elektronisch über das Internet abgewickelt, die Waren werden hierbei über Versanddienstleister verschickt.²² Das IfH (Institut für Handelsforschung, Köln) geht zukünftig von einem stark ansteigenden Anteil des Onlinehandels aus. In Tabelle 1 ist das Marktvolumen des Online-Handels (in Mrd. €) und dessen Anteil am gesamten Einzelhandel (in %) in den Jahren 2010, 2015 und 2020 dargestellt.²³

	2010	2015	2020
Marktvolumen Online-Handel (in Mrd. €)	23,8	46,3	73,3
Anteil am gesamten Einzelhandel (in %)	5,6	9,9	14,8
Marktvolumen gesamter Einzelhandel (in Mrd. €)	425,0	467,7	495,3

Tabelle 1: Marktvolumen im Online-Handel und dessen Anteil am gesamten Einzelhandel²³

¹⁷ Vgl. finanzen.net GmbH 2017.

¹⁸ Vgl. Wirtschaftslexikon24 2017.

¹⁹ Vgl. KPMG 2017.

²⁰ Vgl. karteikarte 2017.

²¹ Vgl. Heinemann 2016, 31f.

²² Vgl. Metzger et al. 2017.

²³ Vgl. Rothenstein 2018, S. 3.

Die Handelsbranche besteht aus rund 345.500 Einzelhandelsunternehmen (2016)²⁴ mit rund 3,04 Mio. Beschäftigten (2016)²⁵ sowie rund 152.500 Großhandelsunternehmen (2016)²⁶ mit rund 1,9 Mio. Beschäftigten (2015).²⁷

Die Transportkette der Branche Handel ist vereinfacht mit den Akteuren Zulieferer / Produzenten, Zentrallager und Filialen in Abbildung 9 dargestellt. Zulieferer / Produzenten liefern die Waren an Zentrallager der Handelsunternehmen i. d. R. durch Lkw-Ganzladungen (engl.: Full Truck Loads). An dieser Stelle werden die eingegangenen Waren zunächst auf Vollständigkeit und Qualität geprüft und dann in einzelnen Segmenten gelagert. Im Zentrallager findet die Kommissionierung und Warenzusammenstellung für die Filialen statt. Der Mitarbeiter entnimmt einzelne Warenartikel, kommissioniert diese paletten- oder kistenweise und bereitet sie so für den Weitertransport vor. Im Lebensmittelhandel werden für den Transport in die Filialen häufig Gitterrollwagen oder Paletten eingesetzt, auf denen verschiedene Produkte kommissioniert werden. Der Transport zu den Filialen wird i. d. R. mit eigenen Fahrzeugen der Handelsunternehmen oder im Kundenauftrag durch Speditionen durchgeführt. Diese starten und beenden die Touren am Zentrallager, sodass ausreichend Parkflächen für diese Fahrzeuge auf dem Gelände bereitgestellt werden müssen.

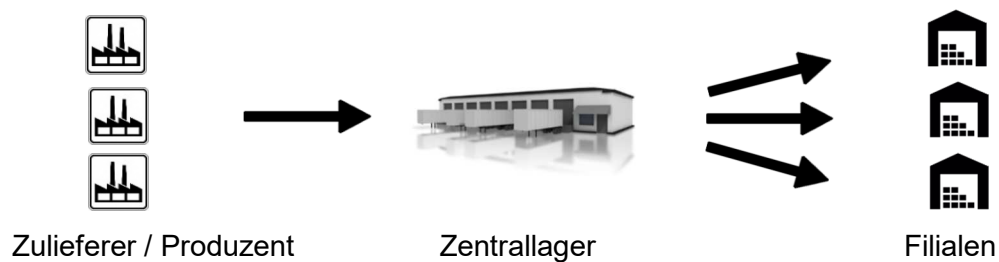


Abbildung 9: Transportkette in der Handelsbranche

Anzumerken ist, dass die Anforderungen an die Logistik durch die Entwicklung des Online-Handels deutlich gestiegen sind und sich in vielen Faktoren verändert haben. Gegenwärtig werden vor allem kleine Sendungsgrößen, geringe Warenwerte, kurze Lieferlaufzeiten, enge Zeitfenster und unterbrechungsfreie Kühlketten (insbesondere für Lebensmittel) für die Endkundenbelieferung immer wichtiger. Schwankungen des gesamten Aufkommens, Anforderungen an veränderte Verpackungen sowie ein hoher Anteil von Retouren gehen aus den Entwicklungen des Online-Handels einher.²⁸ Beim Online-Handel wird die Distribution zwischen Zentrallager und Endkunden

²⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2016, S. 21.

²⁵ Vgl. Bundesagentur für Arbeit und HDE 2017.

²⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2016, S. 28.

²⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017a.

²⁸ Vgl. Lange 2007, S. 11.

jedoch häufig mittels Kurier-Express-und Paket-Diensten (s. Systemlogistiker und Speditionen) durchgeführt.

Prozessablauf auf dem Werksgelände im Handel

In der folgenden Abbildung 10 ist der Prozessablauf auf dem Werksgelände der Handelsbranche dargestellt. Verglichen mit dem Referenzprozesslayout in Abbildung 2 aus Kapitel 2.1 ist zu unterscheiden, dass hier oft ein eigener vorgelagerter privater Parkplatz vorhanden ist. Nach der Anmeldung bei der Registratur erfolgt die Durchfahrt zur freien Ladestelle. Die Ladeeinheiten (Wechselbrücken oder Anhänger) werden durch den Fahrer abgesetzt. Es sind verschiedene Warenströme vorhanden. Der Wareneingang, i. d. R. in Form von Komplettladungsverkehren, erfolgt durch Zulieferer (Produzenten), eine Rückladung findet im Regelfall nicht statt. Beim Wareneingang werden dann meist „eigene“ Lkw für die Filialbelieferung genutzt. Bei Internethändlern erfolgt der Wareneingang mit KEP-Dienstleistern.

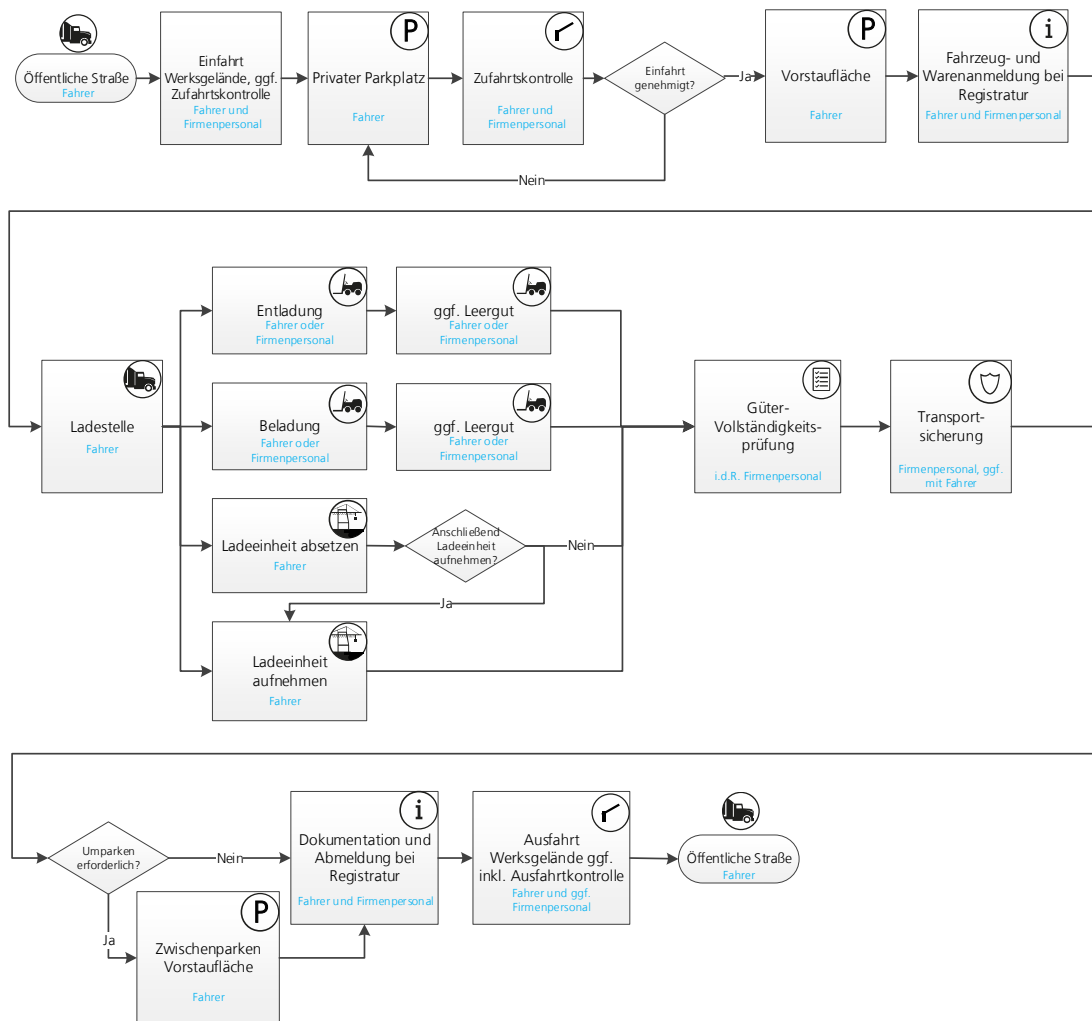


Abbildung 10: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände in der Handelsbranche

Layout Werksgelände

In Zentrallägern des stationären sowie des Online-Handels entsteht die Wertschöpfung in den Gebäuden bzw. Warenlagern, in dem die Waren filialgerecht oder kundenspezifisch sortiert und kommissioniert werden.

In der folgenden Abbildung 11 ist das Referenzlayout des Werksgeländes eines Handelsunternehmens dargestellt. Eine der Abweichungen gegenüber dem Referenzlayout aus Kapitel 2.2 ist die Unterteilung der Läger. Das Warenlager des Handels unterteilt sich häufig in verschiedene Bereiche, die sich an den Anforderungen der Güter orientieren. Diese sind beispielsweise durch die Lagertemperatur (für Tiefkühl-, oder temperaturgeführte Ware) oder die Sortimentszuordnung (Food, Non-Food) bestimmt. Das Zentrallager dient als Schnittstelle in dem logistischen Netzwerk. Wareneingang (Warenanlieferung) und Warenausgang (Filialbelieferung) sind räumlich getrennt. Aufgrund der hohen Anzahl an Artikeln sind in der Branche große Hochregallager üblich, welche über 40m hoch sein können und teilweise automatisiert sind.²⁹ Des Weiteren sind auf dem Gelände oft große Pkw-Parkflächen für Mitarbeiter (auch außerhalb des Betriebsgeländes) sowie private Parkflächen für Lkw vorhanden. Auf den Verkehrsflächen ist meist eine Straßenführung in Form von Bodenmarkierungen, durch Beschilderungen oder durch eine Umfahrung des Lagers in einer Richtung (Einbahnstraßenregelungen), vorgegeben. Insgesamt ist gegenüber dem Referenzlayout eine größere Lagerfläche zu verzeichnen, wogegen die Verkehrsflächen demgegenüber eher auf ein Minimum beschränkt sind.

²⁹ Vgl. SSI Schäfer 2017.

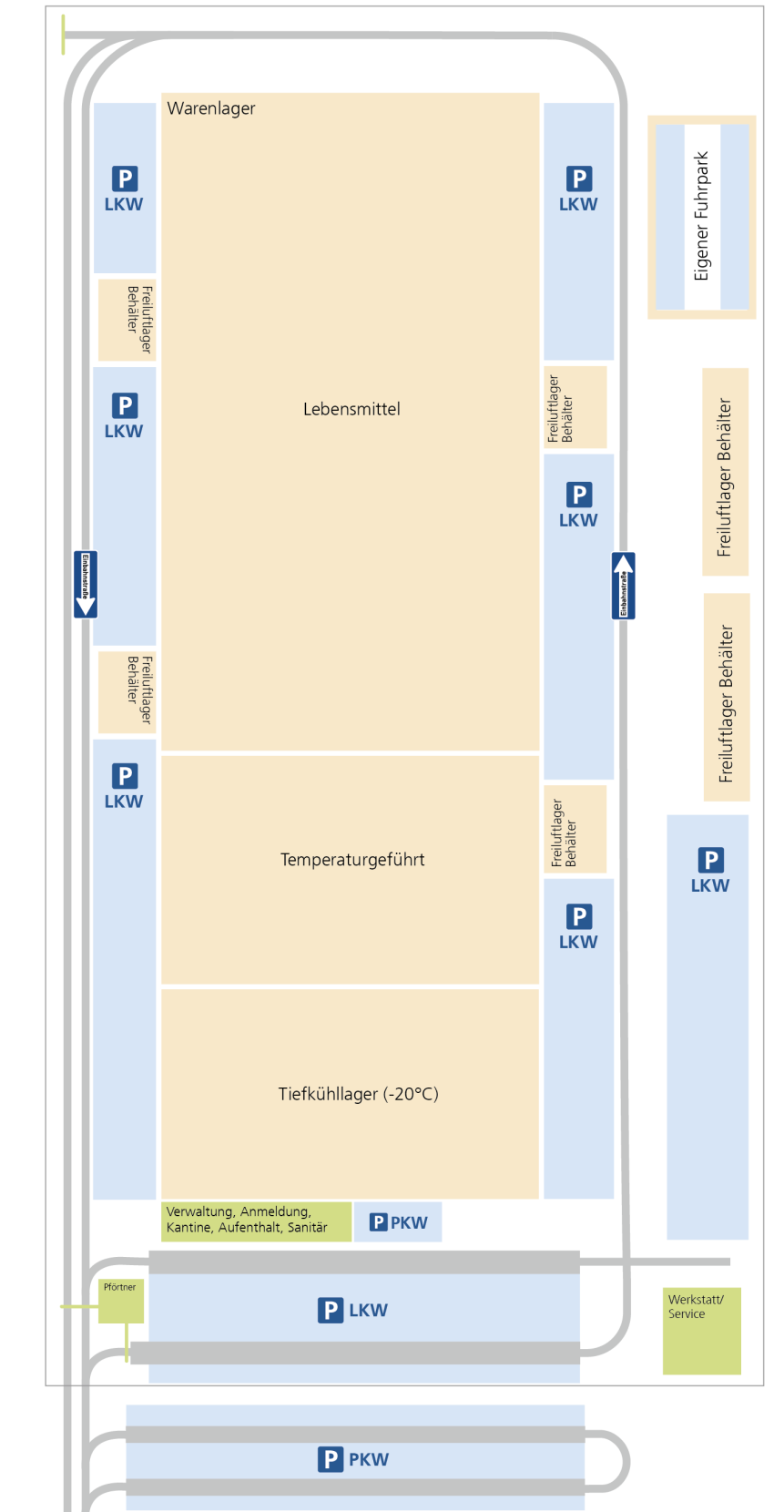


Abbildung 11: Layout Werksgelände eines Handelsunternehmens

2.3.4. Seehäfen

Seehäfen werden von Schiffen angesteuert und befinden sich direkt an einer Küste am Meer, an Kanälen oder an Flüssen. Es findet der Umschlag von Gütern statt und je nach Lage des Seehafens ist es möglich, an die Binnenschifffahrt oder an andere Verkehrsmittel anzuschließen.³⁰ Je nach Art der umgeschlagenen Güter oder Beförderung wird zwischen Seehafenterminals für flüssige oder schüttbare Massengüter, Container, Stückgüter und Roll on / Roll off (RoRo)³¹ unterschieden.³² Je Terminal sind unterschiedlich hohe Lkw Aufkommen zu verzeichnen. Der Projektfokus liegt auf Containerterminals.

Zu den Akteuren innerhalb der Branche gehören unter anderem die verladende Wirtschaft als Auftraggeber oder Nachfrager von Logistik- und Transportdienstleistungen, darunter hauptsächlich Industrie- und Handelsunternehmen. Des Weiteren fallen auch Logistikdienstleister, die logistische Dienstleistungen wie bspw. Transport, Umschlag, Lagerung oder Mehrwertleistungen anbieten, und Terminalbetreiber hierunter, die Transportgüter zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern umschlagen – Seehafen- und Binnenterminals. Beteiligt sind auch die Infrastrukturbetreiber für Hafengelände und Verkehrswege, darunter Hafengesellschaften die auf den Erhalt und den Ausbau der Infrastruktur ausgerichtet sind und den Terminalbetrieb privaten Gesellschaften überlassen, und Hafenbetreibern, die auch Suprastrukturen betreiben, sowie Kommunen für Straßen, Schienennetzbetreiber (sowohl im Rahmen der DB Netz AG, als auch Privatbahnen) und Land bzw. Bund für den Betrieb öffentlicher Wasserstraßen.

Die zehn größten Seehäfen in Deutschland nach dem gesamten Güterumschlag im Jahr 2015 und 2016 befinden sich in Hamburg, Bremerhaven, Wilhelmshaven, Rostock, Lübeck, Bremen, Brunsbüttel, Brake, Bützfieth und Puttgarden / Fehmarn.

Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Seehäfen (Containerterminals)

In der folgenden Abbildung 12 ist der Prozessablauf auf dem Werksgelände eines Seehafens dargestellt. Verglichen mit dem Referenzprozessablauf in Abbildung 2 aus Kapitel 2.1 ist zu unterscheiden, dass hier im Vorfeld meist kein Parkplatz vorhanden ist. Außerdem erfolgt die Zufahrtskontrolle zur Warenanmeldung separat, oft über eine automatische Identifikation oder durch ein SB Terminal. Eine direkte Anfahrt zur Ladestelle ist in manchen Fällen möglich. Beim Ladeprozess ist kein Ent- oder Beladen vorhanden, sondern nur das Absetzen bzw. Aufnehmen einer Ladeeinheit. Für das Absetzen und Aufnehmen können ggf. Fahrten zu anderen Ladestellen notwendig sein. Des Weiteren ist ggf. eine Zollgestellung erforderlich. Die Dokumentation und

³⁰ Vgl. Meer im Fokus 2018.

³¹ RoRo (Roll on/Roll off) beschreibt das selbstständige Befahren von Fahrzeugen (Pkw/Lkw/Züge) auf Schiffe.

³² Vgl. Brinkmann 2005.

Ausfuhrtskontrolle erfolgt im Check-Out Gate. Des Weiteren sind auf dem Werksgelände parallele Prozesse vorhanden, wie z. B. Löschvorgänge der Seeschiffe, Ladeprozesse der Bahn sowie Versetzfahrten.

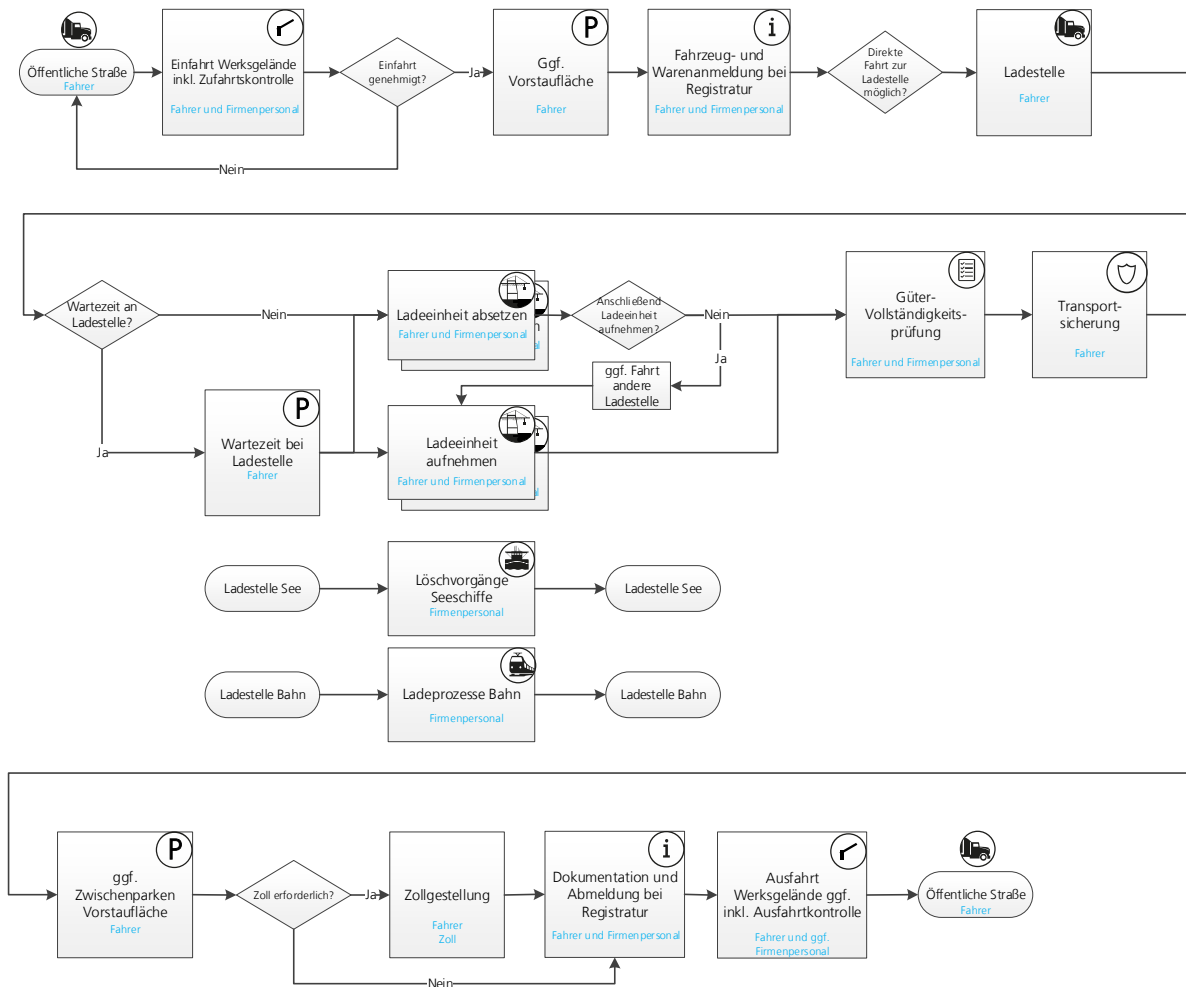


Abbildung 12: Typischer Prozessablauf auf dem Werksgelände eines Seehafens

Layout Werksgelände (Containerterminals)

Seehäfen stellen die Schnittstelle zwischen internationaler Seeschifffahrt und dem Hinterland (Binnenland) dar und werden häufig durch eine Hafenbehörde verwaltet. Sie sind organisatorisch, aber nicht immer geographisch zusammenhängende Flächen, die der vornehmlichen Be- und Entladung von Seeschiffen dienen. Einzelne Flächen unterteilen sich in Terminals, die i. d. R. auf den Umschlag bestimmter Gütergruppen (z. B. Container) ausgelegt sind und über entsprechendes Equipment für Transport und Lagerung der Güter verfügen.

In der folgenden Abbildung 13 ist das Layout des Werksgeländes eines Seehafens dargestellt. Eine der Abweichungen gegenüber dem Referenzlayout aus Kapitel 2.2 ist das Vorhandensein von funktional, betrieblich und rechtlich unabhängigen Terminals in einem zusammenhängenden

Areal. Tätigkeitsfelder auf dem Werksgelände fokussieren meistens den Warenumsschlag, teilweise aber auch wertschöpfende Tätigkeiten. Außerdem sind viele trimodale Terminals vorhanden (Umschlag von Ladeeinheiten). Lkw- und Bahnverladungen sind üblich, verteilte Ladestellen sind hierfür vorhanden. Des Weiteren werden i. d. R. keine eigenen Lkw genutzt.

Heutzutage setzen bereits einige Seehäfen im internen Verkehr hochautomatisierte Fahrzeuge in den Terminals ein, wie bspw. die Containerterminals im Hafen von Rotterdam. Erstmals im Jahr 1993 umgesetzt, führten Diesel-Hydraulik-AGVs (Automated Guided Vehicles) den Transportprozess von Containern zwischen Schiff und Containerdepot aus. Seit 2013 werden die AGVs in Rotterdam mit Batterien betrieben. Der Lade- und Löschvorgang der Schiffe wird auf dem RWG-Terminal des Hafens von Rotterdam teilweise vollautomatisch durchgeführt. Ein Kran befördert zunächst manuell einen Container vom Schiff auf ein AGV, der dieses dann vom Kai zum Depot transportiert. Die Mitarbeiter überwachen die Prozesse vom ihrem Büro aus.³³ Diese Technologie wurde in anderen Seehäfen umgesetzt, wie beispielsweise im Containerterminal Altenwerder. Die Automatisierung hat konventionelle Verfahren jedoch nicht komplett ablösen können. Bei Neukonstruktionen und Umbauten von Containerterminals werden häufig etablierte Lösungen mit personengeführten Straddle Carriern, Reachstakern und Versetzfahrzeugen realisiert. Dies ist auf geringere Realisierungskosten und größere Flexibilität sowie Anpassungsfähigkeit zurückzuführen.

³³ Vgl. eMove360 2016.

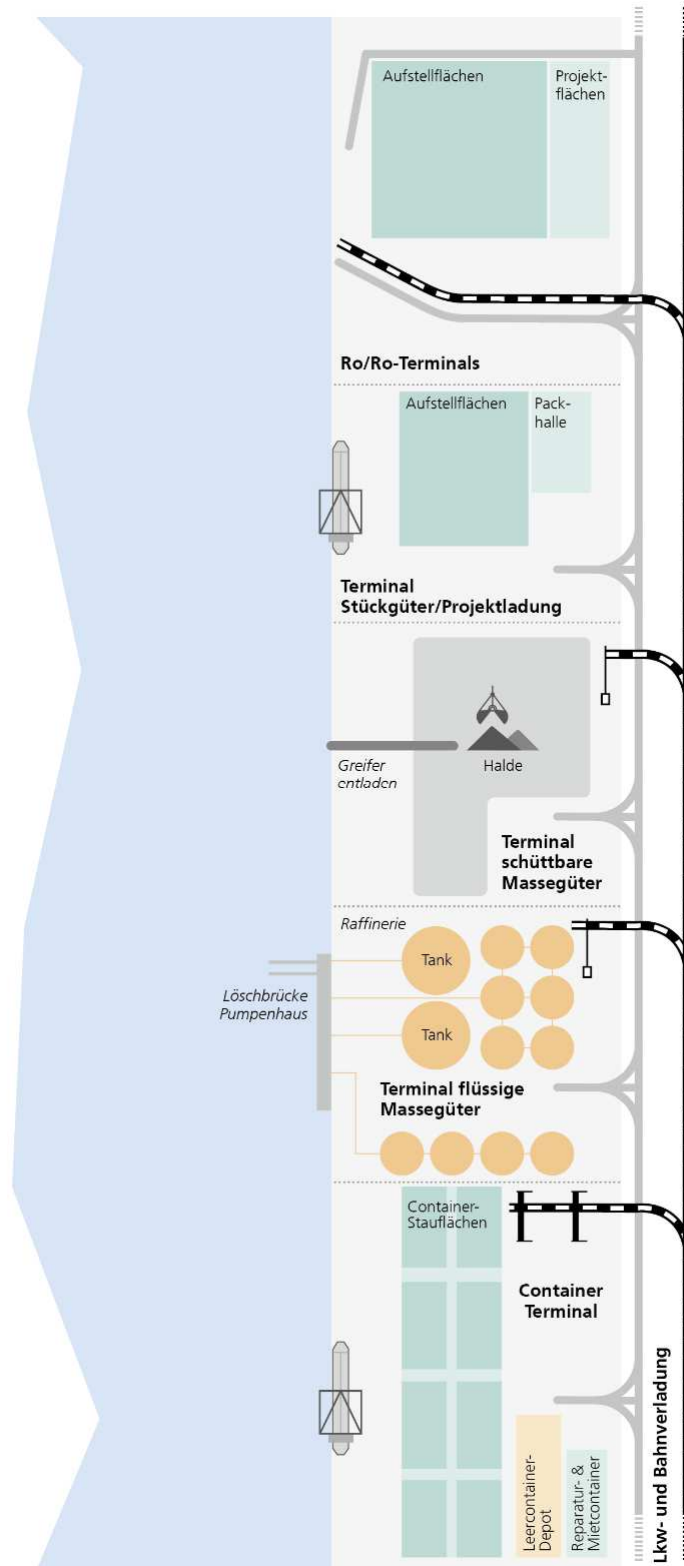


Abbildung 13: Layout Werksgelände eines Seehafens

2.3.5. Produzierendes Gewerbe

Das produzierende Gewerbe umfasst die Wirtschaftsbereiche Bergbau, verarbeitendes Gewerbe, Energie- und Wasserversorgung, Baugewerbe sowie die Betriebe des produzierenden Handwerks. Die Begrifflichkeiten Industrie bzw. industrieller Sektor werden in diesem Zusammenhang ebenfalls genutzt. Innerhalb des produzierenden Gewerbes dominiert vor allem das verarbeitende Gewerbe hinsichtlich Kennzahlen wie Umsatz und / oder Beschäftigte. In Deutschland existieren Ende September 2017 rund 46.400 Betriebe³⁴ mit rund 8,1 Mio. Beschäftigten³⁵. Zum verarbeitenden Gewerbe gehört z. B. die Kraftfahrzeugindustrie, Ernährungsindustrie, Metall verarbeitende Industrie sowie der Maschinenbau.³⁶

Der jährlich steigende Umsatz der letzten Jahre über die vier größten Industriezweige des verarbeitenden Gewerbes hinweg, verdeutlicht die Relevanz der gesamten Branche in Deutschland (s. Abbildung 14).

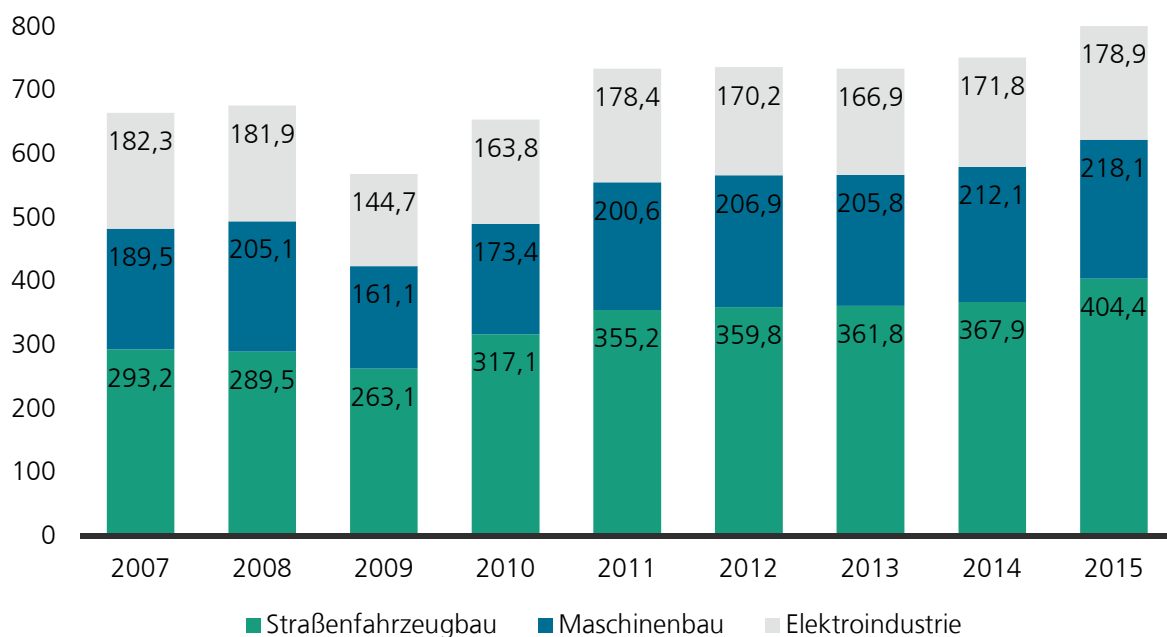


Abbildung 14: Umsatz größter Industriezweige des verarbeitenden Gewerbes in Deutschland in Mrd. €³⁷

³⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2017b.

³⁵ Vgl. Statistisches Bundesamt (Destatis) 2018a.

³⁶ Vgl. Pollert et al. 2016.

³⁷ Vgl. Statistisches Bundesamt et al. 2018.

Prozessablauf auf dem Werksgelände beim produzierenden Gewerbe

In der folgenden Abbildung 15 ist der typische Prozessablauf auf dem Werksgelände für das produzierende Gewerbe dargestellt. Verglichen mit dem Referenzprozessablauf in Abbildung 2 aus Kapitel 2.1 ist zu unterscheiden, dass sich hier die ersten Haltemöglichkeiten vor der Pforte oft auf öffentlich zugänglichen Parkmöglichkeiten befinden. Nach Fahrzeug- und Warenanmeldung findet ggf. eine Waren- und Qualitätskontrolle statt. Beim Ladeprozess ist eine mehrmalige Be- und Entladung möglich, für welche oftmals mehrere Ladestellen existieren. Das Absetzen und Aufnehmen von Ladeeinheiten erfolgt i. d. R. durch den Fahrer. Generell ist keine Rückladung (paarige Verkehre durch z. B. anschließende Beladung) vorgesehen. Des Weiteren sind auf dem Werksgelände parallele Prozesse, wie Versetzfahrten, KEP-Liefer- und Baustellenverkehr, als auch viel Staplerverkehr vorhanden.

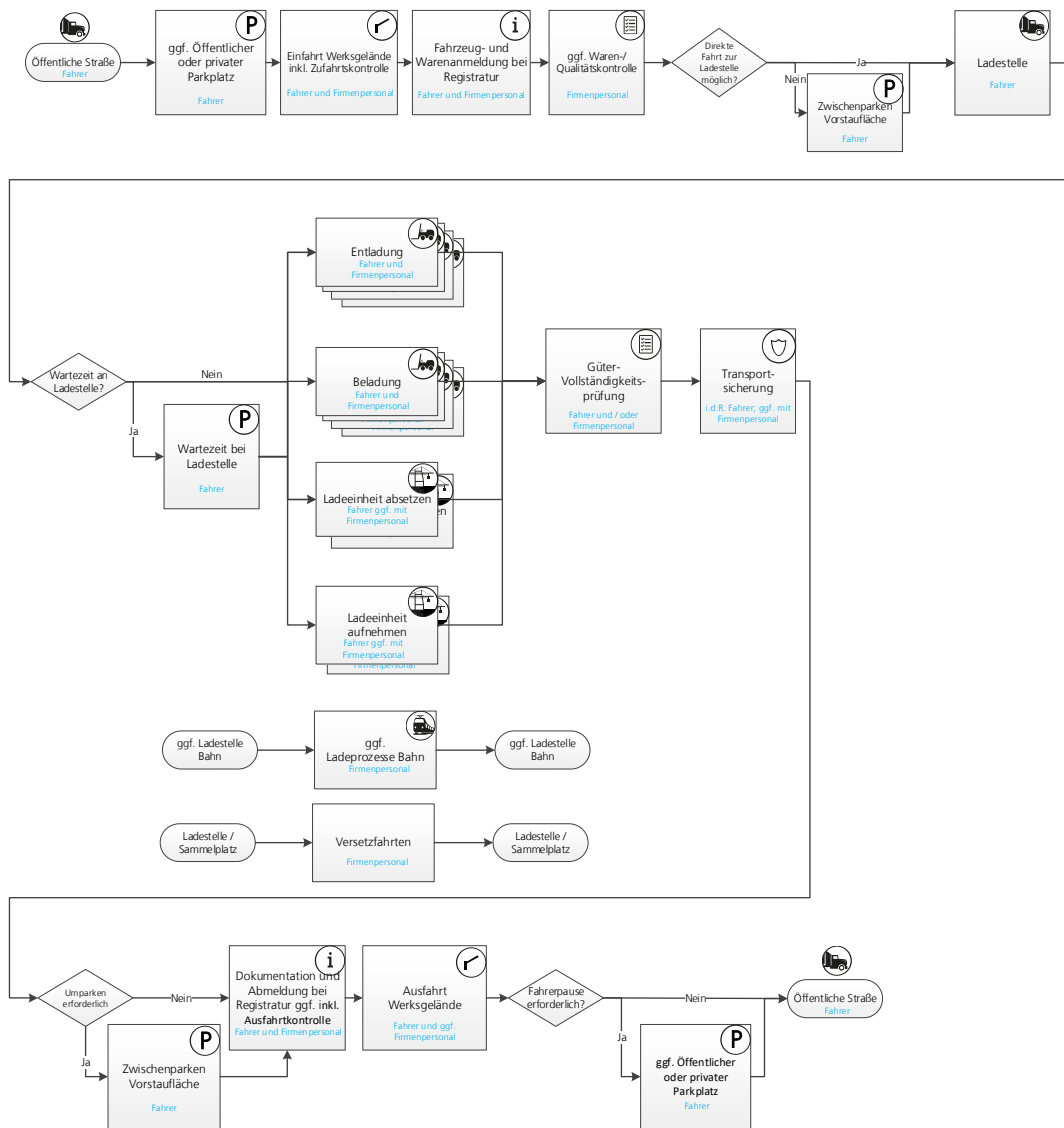


Abbildung 15: Typischer Prozessablauf auf einem Werksgelände eines produzierenden Unternehmens

Layout Werksgelände

Eine der Abweichungen gegenüber dem Referenzlayout aus Kapitel 2.2 ist, dass das Werksgelände häufig ein historisch gewachsenes Gelände ist, welches teils durch öffentliche Straßen getrennt wird. Der Eingang ist über öffentliche Straßen zugänglich, welche oftmals öffentliche Haltemöglichkeiten für den Lieferverkehr im Vorfeld zum Werksgelände ermöglichen. Auf dem Werksgelände herrscht eine vergleichsweise weniger strikte Verkehrsführung (z. B. Vorfahrt von werkeigenen Fahrzeugen). Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die StVO Gültigkeit hat. Im Regelfall sind meist mehrere Ein- und Ausfahrten vorhanden, wobei das Lkw-Aufkommen eher geringer ausfällt – vielmehr verkehren eine große Anzahl verschiedener Akteure auf dem Gelände (bspw. Interner Materialfluss, Fußgänger, Radfahrer, Pkw, Entsorgung, Werkstattfahrzeuge). Die Unternehmen besitzen im Normalfall keine eigenen Lkw, sodass auf dem Gelände viele Zulieferer per Lkw, Kunden oder Spediteure verkehren und bzgl. Größe und Gewicht stark variieren. Häufig erfolgt die Warenannahme zentral über den Wareneingang. Es ist eine Vielzahl an Ladestellen über das Gelände verteilt, die den Produktionsprozess an mehreren Stellen mit den dort notwendigen Rohstoffen / Gütern versorgen. Das produzierende Gewerbe verfügt häufig über eine Affinität zu automatisierter interner Fördertechnik, beispielsweise zu fahrerlosen Transportsystemen, mit denen ein großer Teil des internen Materialstroms durchgeführt wird, u. a. auch da i. d. R. mehrere Produktionshallen vorhanden sind. In einigen Branchen, z. B. im Maschinen- und Fahrzeugbau, ist der Warenausgang homogener als der Wareneingang. Der Fokus liegt in der Produktion, die Logistik ist hier eher ein „dienender“ Wirtschaftszweig. Auf dem Gelände sind häufig ebenso Gebäude und Einrichtungen für die Verwaltung, Materialwirtschaft / Entsorgung, verteilte Läger, sowie Mitarbeiterparkplätze vorhanden. In der folgenden Abbildung 16 ist das Referenzlayout des Werksgeländes eines produzierenden Gewerbes dargestellt.

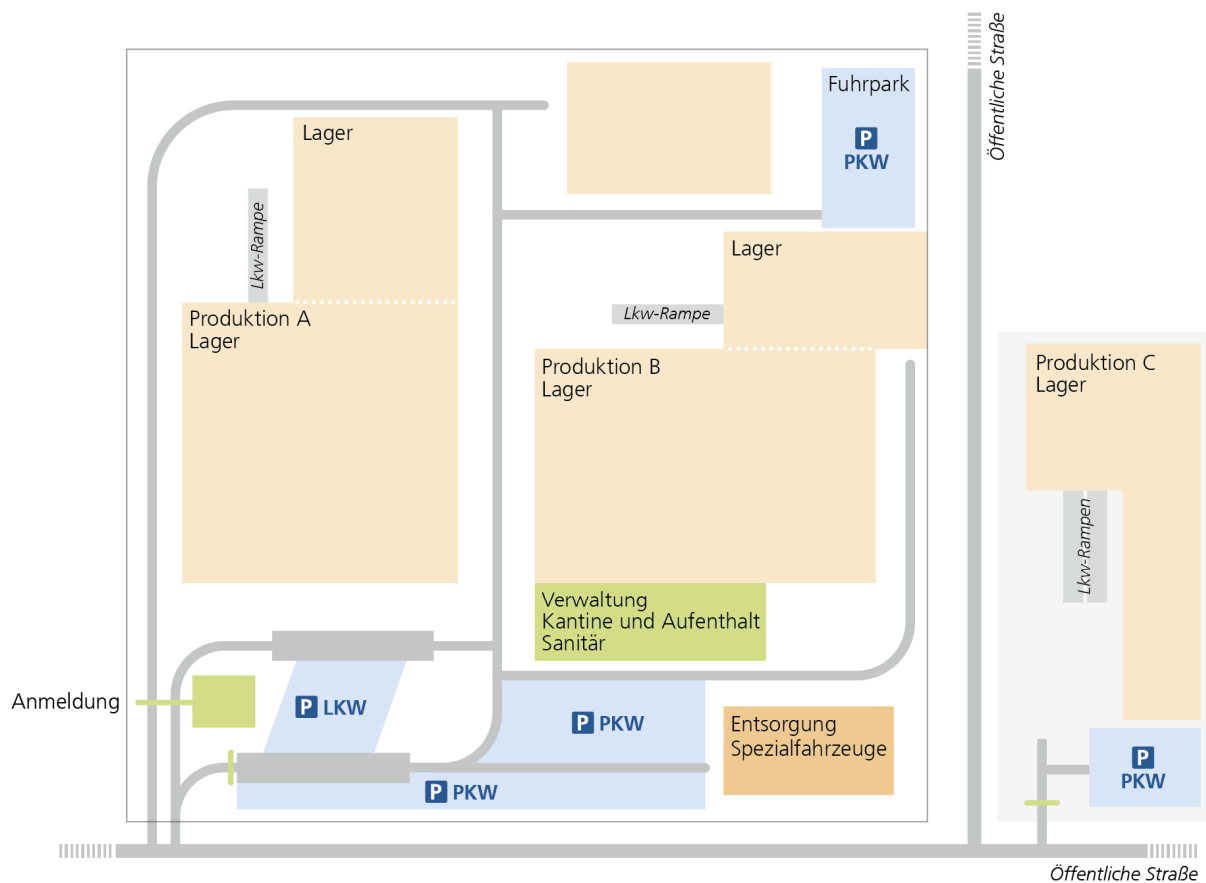


Abbildung 16: Layout Werksgelände eines produzierenden Gewerbes

2.3.6. Chemiegroßunternehmen und Chemieparkbetreiber

Chemieparks sind abgegrenzte Industriegelände, auf denen mehrere unabhängige Betriebe einer oder mehrerer Branchen tätig sind und materielle Güter in Fabriken und Anlagen produzieren und / oder weiterverarbeiten. Die Logistik entspricht in dieser Branche ebenfalls einem eher dienenden Wirtschaftszweig. Die Standortunternehmen sind untereinander durch gemeinsame Wertschöpfungsketten verbunden und teilen sich die standortbezogene Infrastruktur und Dienstleistungen, die durch eine öffentliche oder private Betreibergesellschaft erbracht werden.³⁸ Bei einem Chemiepark befinden sich die Industriebetriebe auf einem gemeinsamen Areal, dessen vorhandene Infrastruktur ausgeprägt über bspw. Straßen, Ver- und Entsorgungseinrichtungen, ggf. Gleisanschlüssen, Feuerwehrdepots, Poststellen, Kantinen, Wachdienste, Kindergärten verfügt.³⁹ Hierbei herrscht meist ein hoher Grad an Standardisierung, Mechanisierung und Automatisierung.

³⁸ Vgl. Olaf Bonke 2018.

³⁹ Vgl. Neumair und Haas, Prof. Dr. Hans-Dieter 2018.

Die Betriebe in Chemieparcs können sowohl verschiedenen als auch einem einzelnen Unternehmen angehören. Im Rahmen dieser Studie wird daher zwischen Chemiegroßunternehmen (mehrere Betriebe eines Unternehmens) und Chemieparcs (mehrere Betriebe verschiedener Unternehmen) unterschieden.

Die Fachvereinigung *Chemieparcs im Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)* verfügt über 37 Mitglieder. Chemieunternehmen haben sich zudem in fünf regionalen Chemie-Verbänden zusammengeschlossen, den so genannten Chemieregionen: *CheChemNet, ChemCoast, ChemCologne, ChemSite und das ChemDelta Bavaria.*⁴⁰

Prozessablauf auf dem Werksgelände bei Chemiegroßunternehmen und Chemieparkbetreibern

In der folgenden Abbildung 17 ist der Prozessablauf auf dem Werksgelände eines Chemieparcs dargestellt. Verglichen mit dem Referenzprozessablauf in Abbildung 2 aus Kapitel 2.1 ist zu unterscheiden, dass hier oft ein vorgelagerter Parkplatz vorhanden ist, auf dem teilweise bereits Fahrzeugkontrollen stattfinden. Alle ein- und ausfahrenden Fahrzeuge werden detailliert kontrolliert und Fahrzeugdaten, in Kombination mit der Warenanmeldung und Registratur, aufgenommen. Aufgrund der Handhabung von Gefahrstoffen sind die Sicherheit und die Unfallverhütung in der Branche von großer Bedeutung. Neben der Zufahrtskontrolle durchläuft jeder Fahrer eine Sicherheitsunterweisung und das Gefahrgut, bzw. die Kennzeichnung und Beachtung der diesbezüglichen Vorschriften werden geprüft. Bei Bedarf findet eine Tank- und Behälterreinigung, umfangreiche Waren- und Qualitätskontrollen (Probenentnahmen) und / oder Wiegeprozesse vor und nach der Beladung (Teilladungen) statt. Oftmals werden mehrere Ladestellen angefahren, zwischenzeitliches Wiegen kann hierbei erforderlich sein. Hierfür sind entsprechende Lkw-Fahrten auf dem Gelände notwendig. Transportiert wird häufig mithilfe von Tankfahrzeugen oder -containern. Ladeeinheiten können aber Wechselbrücken, Sattelaufleger oder Gliederzüge sein. Das Befahren von Gleisanlagen ist nicht unüblich, sodass diesbezügliche Vorfahrtsregelungen zwingend beachtet werden müssen. Des Weiteren finden viele parallele Prozesse statt (z. B. Eisenbahnbetrieb, Gabelstaplerverkehr, Versetzfahrten und Personenverkehr). Vor der Werksausfahrt wird eine umfangreiche Prüfung der Sicherheit des Fahrzeugs und Gefahrguts und diesbezüglicher Dokumente und Vorschriften durchgeführt.

⁴⁰ Vgl. Höchst 2013.

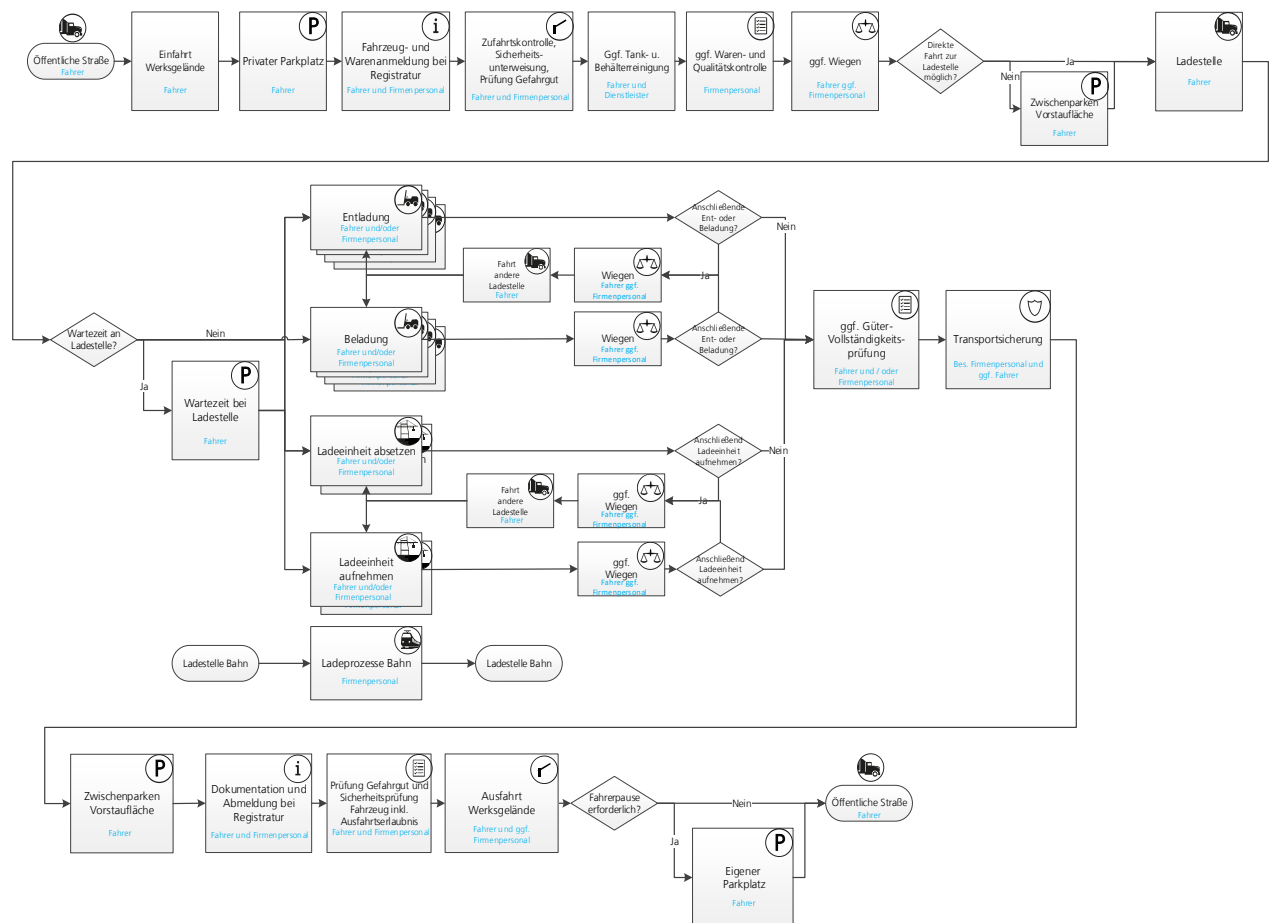


Abbildung 17: Darstellung eines typischen Prozessablaufs auf einem Werksgelände eines Chemieparks

Layout Werksgelände

Eine der Abweichungen gegenüber dem Referenzlayout aus Kapitel 2.2 ist die Gesamtfläche des Geländes. Ein Chemiapark ist in den meisten Fällen viele Quadratkilometer groß. Auf dem gesamten Gelände gelten eigene Verkehrsregeln und -vorschriften mit Verweis auf die StVO. Um eine umweltbewusste und reine Produktion der Industrien gewährleisten zu können, müssen sich Entsorgungseinrichtungen auf dem Gelände befinden. Ein Gleisanschluss dient häufig zur Abwicklung von großen homogenen Liefermengen und zur internationalen Anbindung an die Kunden, allerdings auch dafür, den Gefahrguttransport von der öffentlichen Straße auf die Schiene zu verlegen.⁴¹ Häufig sind die Chemieparks mit einem dichten Netz von Eisenbahngleisen und einer hohen Zahl an Ladestellen je Betrieb durchzogen. Fahrwege für die Lkw sind oft nicht markiert und ändern sich stets aufgrund häufiger Baustellen. Straßen werden i. d. R. nur rudimentär mit Sicherungseinrichtungen ausgestattet, Vorfahrt hat der Eisenbahnverkehr. Chemieparks besitzen eine eigene Feuerwehr, die bei Austritt von Gefahrgut oder Brandentwicklung sofort handeln kann. Typisch ist auch ein ausgeprägter Fußgänger- und Radverkehr auf dem Gelände, hierfür

⁴¹ Vgl. Neumair und Haas, Prof. Dr. Hans-Dieter 2018.

sind Fuß- bzw. Radwege teilweise markiert, bzw. wenn möglich vom motorisierten Verkehr getrennt. In der folgenden Abbildung 18 ist das Referenzlayout des Werksgeländes eines Chemie-parks dargestellt.

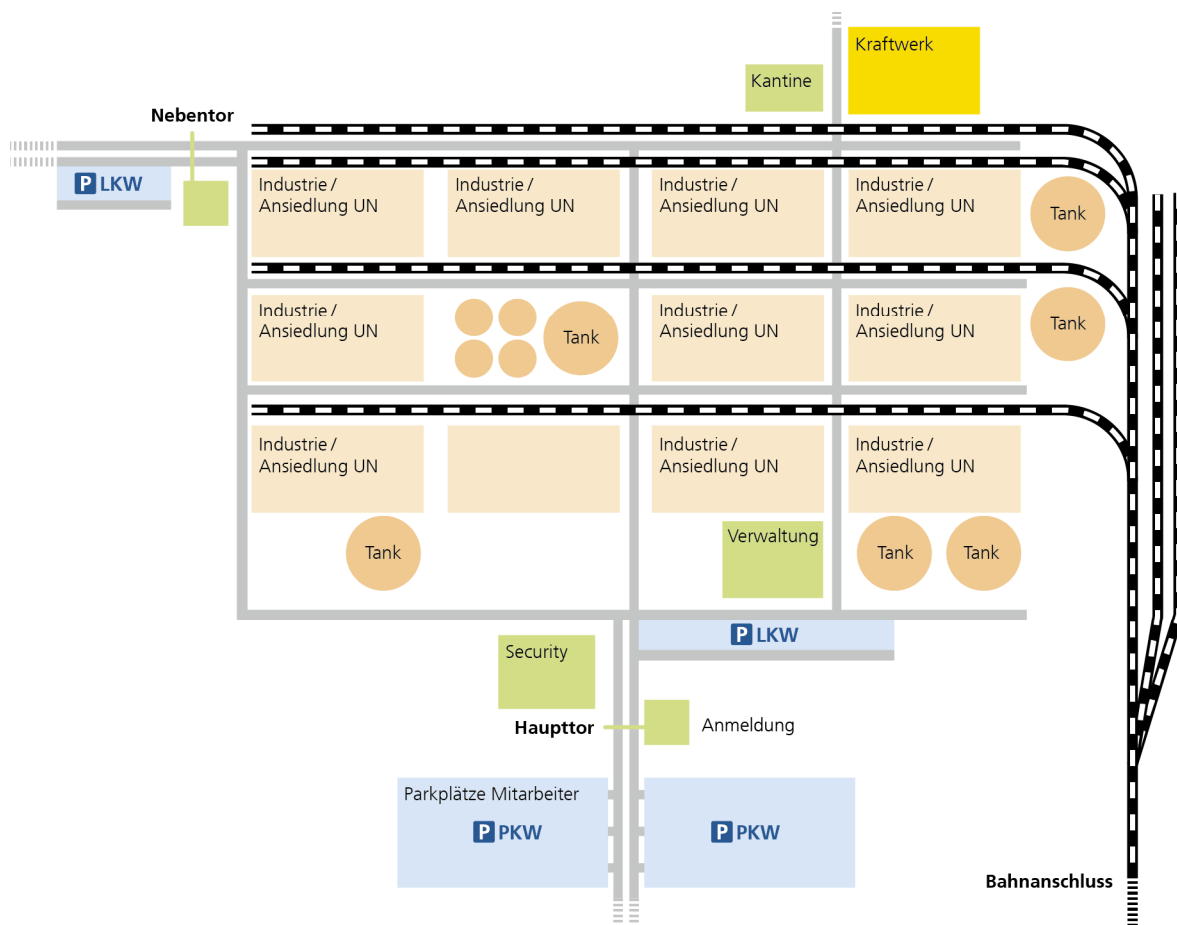


Abbildung 18: Layout Werksgelände eines Chemie-parks

2.4. Beschreibung der Anwendungsszenarien

Für die Anwendung automatisierter externer Lkw sind verschiedene Anwendungsszenarien denkbar, die sich in Umfang, Organisation und Fahrweggestaltung voneinander unterscheiden. Im Rahmen der Studie wurden hierfür die folgenden sechs Szenarien erarbeitet, die nachfolgend beschrieben werden:

1. Mischbetrieb
2. Gesonderte Fahrspuren
3. Gesonderte Nutzungszeiten
4. Getrennter Betrieb
5. Vollautomatisiertes Gelände
6. Keine automatisierten Fahrzeuge auf dem Werksgelände

Die ausgewählten Szenarien dienen als Diskussionsgrundlage für die Prozess- und Datenaufnahmen vor Ort und die hierbei geführten Gespräche mit den Vertretern der jeweiligen Unternehmen.

2.4.1. Mischbetrieb

Der Mischbetrieb gilt als eine besondere Form im innerbetrieblichen Verkehr, bei der keine Trennung der Fahrspuren und Flächen von automatisierten bzw. autonomen und konventionellen Fahrzeugen erfolgt. Die Routen auf dem Werksgelände werden somit unabhängig von Ort und Zeit von fahrerlosen Transportsystemen, als auch durch Fahrzeuge die manuell gesteuert werden, genutzt. In Abbildung 19 wird der Mischbetrieb exemplarisch dargestellt. Alle Flächen bzw. Fahrspuren, die sich zwischen Büro-, Produktions-, Lagereinrichtungen sowie Ladezonen befinden, werden so ausgelegt, dass sie von allen Fahrzeugen genutzt werden können (gelbe Fläche in Abbildung 19).

Ein gemeinsamer Betrieb von konventionell geführten sowie automatisierten oder gar fahrerlosen Fahrzeugen ist jedoch im Vergleich zu anderen Szenarien mit den höheren Risiken, bzw. mit diesbezüglich höheren technischen Anforderungen verbunden, insbesondere in Bezug auf die Sicherheitsaspekte. Aufgrund dessen bedarf diese Mischform einer genauen Überprüfung aller möglichen Anwendungsfälle, um die Sicherheit jederzeit zu gewährleisten. Dabei werden insbesondere die Anforderungen an die Sensoren und die Technik in den hochautomatisierten Fahrzeugen definiert. Detaillierte Einweisungen der Mitarbeiter, die richtige Kommunikation der Verhaltensweisen auf dem Gelände, Überprüfungen der Funktionsweise sowie regelmäßig durchzuführende Wartungen von ggf. damit verbundenen infrastrukturseitigen technischen Anlagen oder Systemen stellen bei diesem Szenario Grundvoraussetzungen dar, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Insbesondere angrenzende Prozesse sowie Verhaltens- und Verfahrensregeln auf

dem Gelände müssen konkret definiert sein. Die Visualisierung der Verhaltensregeln sowie die Gestaltung aller Prozesse sind auf dem gesamten Gelände so umzusetzen, dass auch externe Personen (Lieferanten bzw. unternehmensfremde Speditionsfahrer) mit dem automatisierten Betrieb von Lkw im Mischbetrieb umgehen können, bzw. die Technik dies berücksichtigt. Visualisierungen können beispielsweise durch den Einsatz von Hinweisschildern, Infoboards, genauen Bodenmarkierungen, Schranken- oder Ampelsystemen erfolgen.

Vorteilhaft aus Sicht von Werksgeländebetreibern, ist dieses Szenario besonders aufgrund der Flächeneinsparung, die aus der gemeinsamen Nutzung manueller und automatisierter Fahrzeuge resultiert. Häufig wird diese Variante wegen der vor- und nachgelagerten Prozesse und verbundener logistischer Herausforderungen als die einzig praktikable Lösung angesehen.

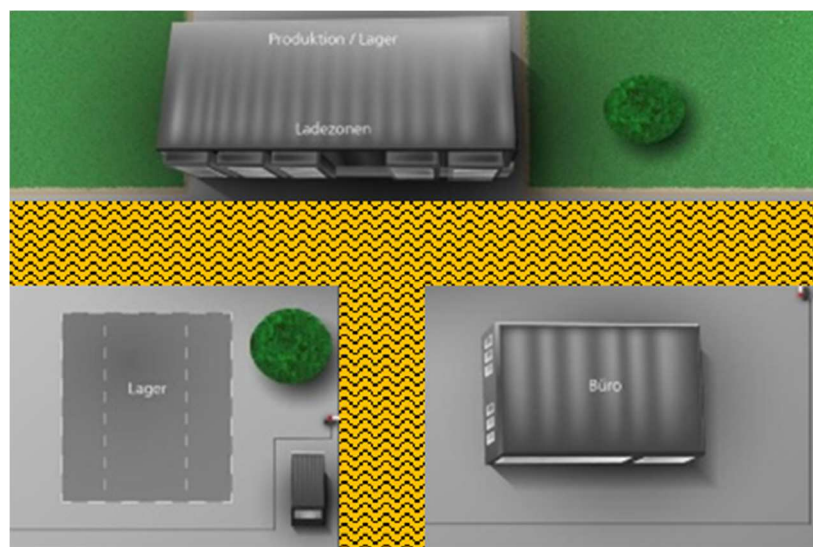


Abbildung 19: Mischbetrieb auf dem Werksgelände

2.4.2. Gesonderte Fahrspur

Bei dem folgenden Szenario fahren ebenfalls sowohl manuelle, als auch automatisierte bzw. autonome Fahrzeuge über das Gelände. Im Vergleich zum Mischbetrieb werden die Fahrspuren jedoch gesondert voneinander realisiert und genutzt (s. Abbildung 20) und verhindern somit eine mögliche Begegnung konventioneller und automatisierter Fahrzeuge.

Für die Realisierung separater Bereiche sind geeignete Absperrungen erforderlich, die die unterschiedlichen Verkehre baulich und gut visualisiert voneinander trennen. Hierdurch sollen ein Zusammentreffen der Fahrzeuge, sowie auch ein Abfahren von der zugewiesenen Spur der jeweiligen Fahrzeuge verhindert werden. Der Bereich für das automatisierte Fahren muss ebenso für die Personen (Fußgänger / Radfahrer) auf dem Werksgelände ersichtlich sein. Inwieweit der Zutritt für Personen zum Automatisierungsbereich gewährt werden kann, hängt von der Zuverlässigkeit der

Fahrzeug- und Sicherheitssysteme ab. Dieses Szenario wird oft als unrealistisch in der Umsetzung gesehen, da eine Verkehrsführung ohne kreuzende Verkehre nicht wirtschaftlich darstellbar ist. Eine Realisierbarkeit wäre evtl. gegeben, wenn die Technik es zulässt, dass an bestimmten Stellen ein kreuzender Verkehr sicher möglich wäre. Aber auch das Verkehrsaufkommen an den Kreuzungspunkten müsste dabei ohne Stau abzuwickeln sein.

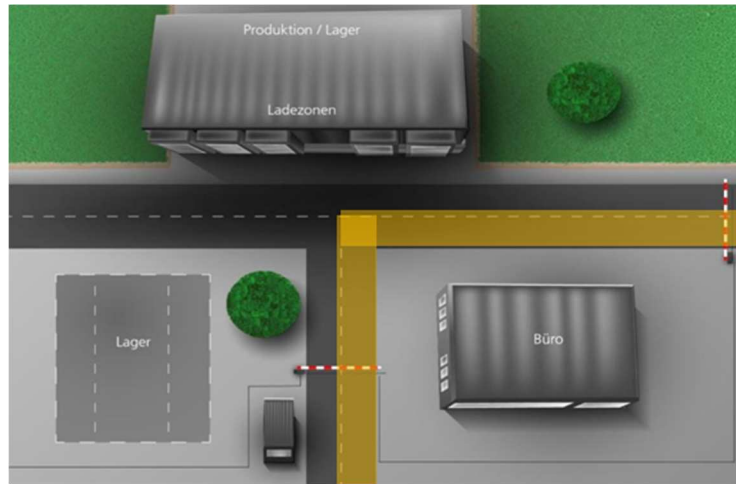


Abbildung 20: Gesonderte Fahrspur für automatisierte Lkw

2.4.3. Gesonderte Nutzungszeiten

Bei dem Szenario „Gesonderte Nutzungszeiten“ (s. Abbildung 21) wird eine gleichzeitige Infrastrukturnutzung von manuellen und automatisierten bzw. autonomen Fahrzeugen auf dem gesamten Werksgelände realisiert, allerdings wird durch die Einführung gesonderter Nutzungszeiten eine zeitgleiche, gemeinsame Nutzung unterschiedlich betriebener Fahrzeugtypen verhindert.

Die Fahrspuren können nur zu festgelegten Nutzungszeiten von hochautomatisierten Lkw befahren werden, während in dieser Zeit auf den Betrieb manueller Fahrzeuge verzichtet wird. Zwar werden bei diesem Szenario die Sicherheitsrisiken minimiert, allerdings kann die Realisierung eines solchen Werksgeländes unter Umständen zu einem Effizienzverlust oder zu längeren Wartezeiten seitens der internen oder externen Lkw-Fahrer führen. Die Verwirklichung dieses Szenarios bedarf somit einer außerordentlichen und einwandfreien Organisation und Planung aller Prozesse auf dem gesamten Werksgelände. Damit verbundene logistische Prozesse müssten bei Bedarf angepasst werden.

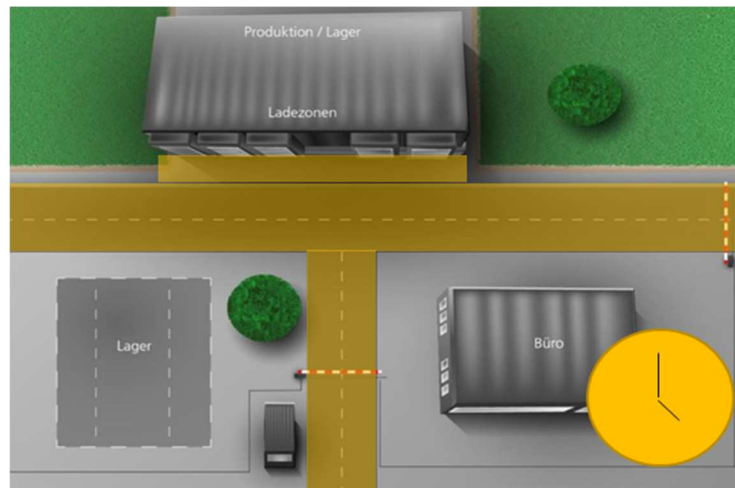


Abbildung 21: Gesonderte Nutzungszeiten für hochautomatisierte Fahrzeuge

2.4.4. Getrennter Betrieb

Ähnlich wie in Szenario 3 – „Gesonderte Fahrspur“ – wird die Nutzung der Flächen auf dem Werksgelände durch manuelle und automatisierte Fahrzeuge voneinander getrennt. Während die Abgrenzung im vorherigen Szenario jedoch durch einzelne Fahrspuren auf nebeneinander liegenden Straßen erfolgt, wird der getrennte Betrieb in diesem Fall durch die physische Trennung von kompletten Bereichen realisiert (s. Abbildung 22). Das Szenario sieht ebenso mindestens eine zweite Zufahrt vor, sodass für den automatisierten Betrieb eine exklusive Nutzung realisierbar ist. In der Abbildung wird durch die gelbe Markierung beispielhaft dargestellt, welcher Bereich von hochautomatisierten Fahrzeugen befahren werden darf. Die Nutzung dieses Bereiches wird für konventionell gesteuerte Fahrzeuge ausgeschlossen. Im Gegenzug dazu wird die restliche Fläche ausschließlich von konventionell betriebenen Fahrzeugen befahren.

Für die Umsetzung eines solchen Werksgeländes sind eine klare Abgrenzung sowie die Sicherung der einzelnen Bereiche notwendig. Wie bei den gesonderten Fahrspuren, ist dies z. B. durch bauliche Zugangshindernisse möglich. Die Trennung der einzelnen Bereiche verhindert Konfrontationen zwischen manuell gesteuerten und automatisierten bzw. autonomen Fahrzeugen. Allerdings ist das Betreten des abgegrenzten Bereiches, welches von hochautomatisierten Fahrzeugen befahren wird, wenn überhaupt, dann nur durch geschultes Personal gestattet und steht somit nicht für andere(s) zur Verfügung.

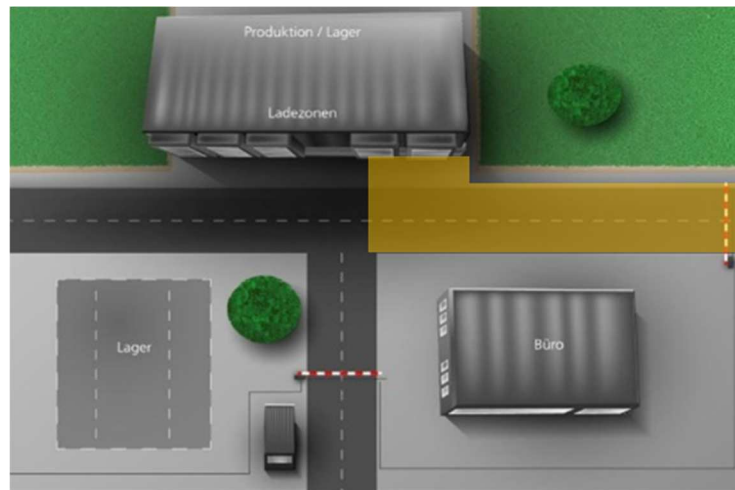


Abbildung 22: Physische Trennung von manuellem und automatisiertem Betrieb

2.4.5. Vollautomatisiertes Gelände

Das ausschließlich für automatisierte Fahrzeuge ausgelegte Werksgelände (s. Abbildung 23) stellt eine vollkommene Umkehr bisheriger Werksgelände dar. Das gesamte Gelände ist hierbei inner- sowie außerbetrieblich auf vollautomatisierte Fahrzeuge ausgerichtet. Der Einsatz konventioneller Fahrzeuge beschränkt sich hierbei auf einzelne Ausnahmen wie z. B. Fahrzeuge, die für Wartungsarbeiten oder für externe Mitarbeiter benötigt werden. Extern automatisierte Fahrzeuge können an das innerbetriebliche System angedockt und problemlos gesteuert werden. Geschultes Personal trägt die Verantwortung über die Vorgänge auf dem Gelände. Die Zulassung zur Befahrung des Werksgeländes erfolgt über die Zuordnung zu Automatisierungsstufen oder anhand eines Zertifikates.

Durch vollautomatisierte Systeme und Lkw auf dem Werksgelände ist vor allem eine Effizienzsteigerung denkbar, da diese präzise und nach Anweisungen handeln und menschliche Fehler (wie z. B. ein Verfahren auf dem Gelände oder Unfälle, bspw. ausgelöst durch Müdigkeit) hierdurch verhindert werden. Darüber hinaus können vollautomatisierte Systeme flexibel auf Planänderungen reagieren sowie interne Mitarbeiter zu einem großen Teil entlasten. Bisher manuell gesteuerte externe Fahrzeuge müssten in dieser Variante ihre Ladungsträger außerhalb des automatisierten Geländes abstellen bzw. übergeben. Eine volle Automatisierung ohne Anpassung bzw. ohne zusätzliche Ausstattung der Infrastruktur ist von den meisten Befragten für dieses Szenario technisch noch nicht vorstellbar. Daher wird die Vollautomatisierung des Werksgeländes insbesondere aufgrund der erwarteten hohen Investitionen durch die meisten Unternehmen derzeit abgelehnt.

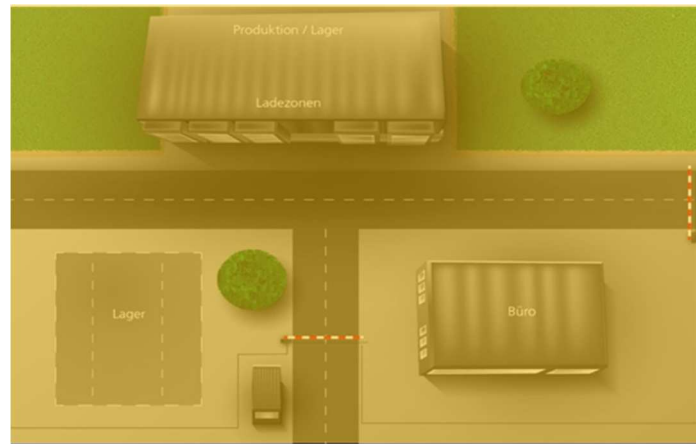


Abbildung 23: Vollautomatisiertes Werksgelände

2.4.6. Keine automatisierten Fahrzeuge auf dem Werksgelände

Dieses Szenario beschreibt den vollständig manuellen Betrieb von Fahrzeugen auf dem gesamten Werksgelände ohne jegliche Einbindung automatisierter Fahrzeuge. Nur konventionelle Fahrzeuge verfügen über die Befugnis, das Gelände zu befahren. Aufgrund dessen sind in Abbildung 24 keine Markierungen für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge erkenntlich.

Für das Szenario, dass externe Fahrzeuge bereits hochautomatisiert oder autonom bis zum Werkseingang fahren können bzw. dürfen, müssten diese dann vor der Einfahrt ins Gelände entweder von Fahrpersonal übernommen werden oder die Ladungseinheit (Wechselbrücke, Sattelaufleger, o. ä.) dort abgestellt werden. Der Weitertransport dieser Ladung auf ein solches Werksgelände erfolgt dann beispielsweise mit der Einbindung von unternehmensinternen Mitarbeitern oder mithilfe eines speziell dafür beauftragten Unternehmens. Üblich ist in diesem Fall vor allem die Einrichtung eines Werkstors oder eines Übergabeplatzes innerhalb des Werksgeländes, welches nur für die Einfahrt und Abladung bedient wird.



Abbildung 24: Vollständig manuell betriebenes Werksgelände

3. Status Quo des vernetzten und automatisierten Fahrens

In diesem Kapitel wird zunächst ein grober Überblick bezüglich dem aktuellen Stand der Technik in der Fahrzeugentwicklung der Hersteller gegeben. Hierfür wurden die gegenwärtigen und erwarteten technologischen Entwicklungen im Bereich automatisiertes Fahren, die aktuell vor allem den Einsatz im öffentlichen Straßenverkehr adressieren, qualitativ erfasst. Zudem erfolgt an dieser Stelle ein kurzer Ausblick auf etablierte Technologien von fahrerlosen Transportsystemen innerhalb der Produktion, welche künftig im innerbetrieblichen Verkehr prinzipiell einsetzbar wären. Ergänzt wird dieses Kapitel mit dem Input aus dem Arbeitskreis der Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik. Zukunftsstudien, Marktprognosen und aktuelle Forschungsvorhaben werden hierbei ebenfalls zu Grunde gelegt. Hieraus ergibt sich ein Big Picture, das den Status und die Planungen zum hochautomatisierten und zum autonomen Fahren im Nutzfahrzeugbereich widerspiegelt.

Da die Entwicklung derzeit maßgeblich von der Pkw-Industrie vorangetrieben wird, werden in diesem Arbeitsschritt die Parallelen zwischen Pkw und Lkw, sowie davon abgeleitet die Parallelen zwischen Lkw im öffentlichen Straßenverkehr gegenüber Lkw im innerbetrieblichen Verkehr abgebildet. Die Analyse beruht auf Desk-Research zu Herstellerangaben, Technologie-Monitoring, Prognosen und Marktstudien über die erwartete zukünftige Entwicklung.

Im nächsten Schritt werden zweckmäßige Gesetzgebungen auf die Technologien des automatisierten Fahrens angewendet, um auf diese Weise eventuelle gesetzliche Risiken zu identifizieren. Hierzu wird der geltende bestehende Gesetzesrahmen systematisch erfasst und die rechtlichen Besonderheiten sowie Überschneidungen bzw. Übereinstimmungen des innerbetrieblichen Verkehrs gegenüber dem öffentlichen Straßenverkehr aus logistischer Sicht ermittelt. Ein besonderer Schwerpunkt liegt in der Darstellung der spezifischen Rahmenbedingungen im innerbetrieblichen Verkehr, z. B. der kreuzenden Verkehre zwischen Straßenfahrzeugen und Schienenfahrzeugen (Werksbahnen) und der daraus resultierenden rechtlichen Aspekte. Ergänzend werden die Auswirkungen und Einflüsse des automatisierten Fahrens hinsichtlich zu untersuchenden Anwendungsszenarien, wie beispielsweise das Fahrermanagement (Lenk- und Ruhezeiten des Fahrpersonals) betrachtet.

Daraus werden Entwicklungsperspektiven für den innerbetrieblichen Verkehr sowie Chancen und Herausforderungen abgeleitet. Abgerundet wird dies mit einer SWOT-Analyse und der damit einhergehenden Darstellung von Stärken, Schwächen, Chancen und Bedrohungen der einsetzbaren, automatisierten Technologien.

3.1. Perspektiven, Chancen und Herausforderungen

Hochautomatisiertes und autonomes Fahren von Fahrzeugen ist ein Megatrend der Automobilindustrie und wird die Mobilität in den kommenden Jahren revolutionieren. Zahlreiche Hersteller, Zulieferer und IT-Unternehmen entwickeln Fahrzeuge und Komponenten, sodass in den kommenden 15 Jahren mit der Einführung des hoch- und vollautomatisierten Fahrens zu rechnen ist.⁴²

Als wesentlicher Nutzen des hochautomatisierten Fahrens wird das hohe Sicherheitsniveau angesehen. Permanente Umgebungsüberwachung, Fahrzeugkommunikation und Steuerungssysteme bewirken dabei, dass Unfallwahrscheinlichkeiten und das jeweilige Schadensausmaß weitaus geringer ausfallen, wodurch Unfälle und deren Folgen deutlich gemildert werden. Darüber hinaus wird u. a. von der Harmonisierung der Verkehrsflüsse, dem steigendem Fahrkomfort sowie einer Kraftstoffersparnis ausgegangen.⁴³ Die neuen Technologien werden nicht nur das Fahrzeug an sich verändern, sondern auch die Art wie Menschen es nutzen als auch die urbanen Strukturen bzw. die Anforderungen an die Infrastruktur. Wenn die Fahrt mit hochautomatisierten Fahrzeugen für Menschen keinen wahrgenommenen Zeitverlust mehr darstellt oder während der Fahrt anderen Tätigkeiten, wie z. B. arbeiten oder Freizeitaktivitäten, nachgegangen werden kann, werden längere Fahrzeiten akzeptiert und damit die durchschnittliche Fahrzeit steigen. Parallel werden CarSharing-Konzepte in urbanen Räumen an Bedeutung gewinnen⁴⁴ und die emotionale Bindung zu dem eigenen Fahrzeug voraussichtlich abnehmen. Das Verständnis von Automobilen wird sich folglich von Grund auf verändern. Vom Gebrauchsgegenstand, der vom Fahrer die volle Aufmerksamkeit verlangt, hin zum flexiblen fahrenden Lebens- oder Arbeitsraum, in dem während der Reise verschiedenen Tätigkeiten nachgegangen werden kann.

Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr wird in verschiedenen Ausprägungen bzw. Stufen unterschieden. Diese beschreiben, zu welchem Grad das Fahrzeug autonom fährt und welche Prozesse durch den Fahrer durchgeführt werden.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Automatisierungsgrade im Straßenverkehr, vom manuellen bis hin zum vollautomatisierten Fahren.

⁴² Vgl. Cacilo et al. 2015, 106 f.

⁴³ Vgl. Schoettle und Sivak 2014, ADAC Markt- und Meinungsforschung 2016, Continental AG 2015.

⁴⁴ Vgl. Lenz und Friedrich 2015, S. 193.

Stufe		Beschreibung
0	Manuelles Fahren	Alle Fahrmanöver werden vom menschlichen Fahrer ausgeführt, ggf. wird er durch Warn- oder andere Assistenz-systeme bei der Ausführung der Fahraufgaben unterstützt.
1	Assistiertes Fahren	Das System führt das Fahrzeug lateral oder longitudinal in geeigneten Szenarien. Der Fahrer übernimmt die übrigen Fahraufgaben, überwacht ständig das System und übernimmt delegierte Aufgaben ggf. wieder.
2	Teilautomatisiertes Fahren	Das System führt das Fahrzeug lateral und longitudinal in geeigneten Szenarien. Der Fahrer überwacht das System ständig und übernimmt delegierte Aufgaben ggf. wieder.
3	Bedingt automatisiertes Fahren	Das System führt das Fahrzeug lateral oder longitudinal in geeigneten Szenarien. Der Fahrer muss das System nicht mehr ständig überwachen und kann sich fahrfremden Tätigkeiten widmen. Sendet das System eine Übernahme-aufforderung an den Fahrer, muss dieser in geeigneter Weise in kurzer Zeit wieder übernehmen.
4	Hochautomatisiertes Fahren	Das System führt das Fahrzeug lateral oder longitudinal in geeigneten Szenarien. Der Fahrer muss das System nicht mehr ständig überwachen und kann sich fahrfremden Tätigkeiten widmen. In diesen Szenarien sendet das Fahrzeug keine Übernahmeaufforderung an den Fahrer, es kann das Szenario komplett bewältigen.
5	Vollautomatisiertes Fahren	Das System führt das Fahrzeug lateral oder longitudinal in allen Szenarien. Das System kann alle Szenarien selbstständig bewältigen. Der Fahrer könnte diese verwalten. Fahrerlose Fahrzeuge sind möglich.

Tabelle 2: Stufen der Automatisierung - Straßenverkehr⁴⁵

Dem langfristigen Forschungsziel entspricht das automatisierte Fahren der Stufe 5. Für Anwender wird zudem an Lösungen auf Stufe 3 und 4 gearbeitet. Hierbei besteht eine Kommunikation zwischen den Fahrzeugen, welche es dem Fahrer ermöglicht die Kontrolle über das Fahrzeug langfristig abzugeben.

⁴⁵ Eigene Darstellung in Anlehnung an SAE International 2014.

3.2. Stand der Technik

Die vorhandene Technologie zum hochautomatisierten Fahren erlaubt es, dass Fahrzeuge unter bestimmten Rahmenbedingungen bereits heute (2018) autonom fahren können. Als Techniken hierfür werden Kameras, Sensoren, Radar und Car2Car Kommunikation genutzt. Die für die unterschiedlichen Automatisierungsgrade notwendigen Techniken und Sensoren sind in Abbildung 25 dargestellt. Beim manuellen Fahren werden keine unterstützenden Systeme benötigt, wohingegen für das hochautomatisierte Fahren verschiedene Techniken eingesetzt werden, wie bspw. Nahbereich-Sensoren und Assistenzsysteme. Mit Hilfe der in Abbildung 25 beschriebenen Techniken ist es möglich, die Kontrolle teilweise an das System abzugeben, sodass hochautomatisiertes Fahren in bestimmten Situationen ermöglicht wird. Die Nutzung der genannten Techniken bringt allerdings auch Risiken mit sich. Anstelle eines Menschen trifft in diesem Fall ein technisches System die wichtigen Entscheidungen. Beispielsweise kann es passieren, dass Gegenstände, welche auf der Fahrbahn liegen, vom System nicht immer eindeutig unterschieden werden können und im Folgenden Fehlentscheidungen auslösen. Die vorhandenen Kartensysteme für die Technologien sind ebenfalls noch nicht genau genug, wodurch das hochautomatisierte Fahren bisher nur unter geregelten und festgelegten Rahmenbedingungen möglich ist. Allerdings planen Entwickler und Fahrzeughersteller endkundenfähige Produkte, die in den nächsten 10 Jahren serienreif sein sollen.⁴⁶

⁴⁶Vgl. Kapitel 3.5.

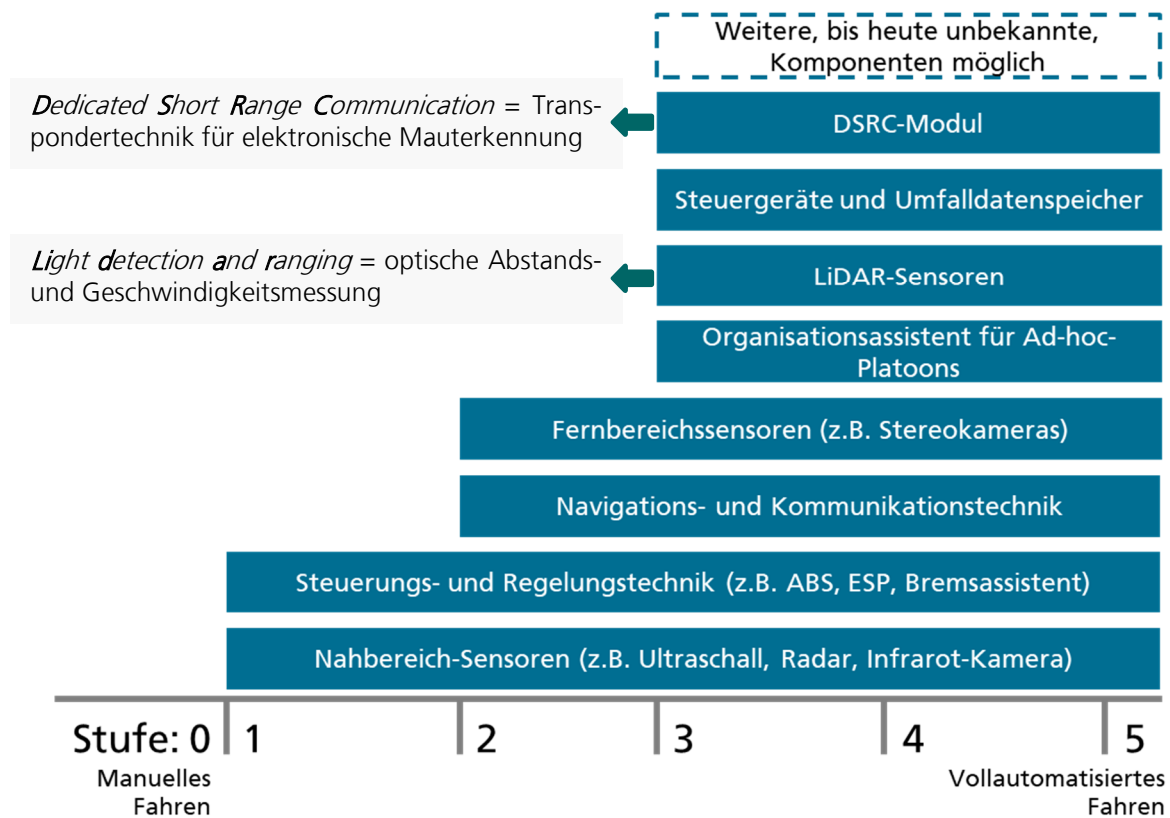


Abbildung 25: Komponenten bei den verschiedenen Automatisierungsgraden (Auszug)⁴⁷

Technologieentwicklungen beim automatisierten Fahren

Warn-, Fahrerunterstützungs- und fortschrittliche Fahrerassistenzsysteme sind heute bereits auf dem Markt und bilden die Basis für die Automatisierung konventioneller Fahrzeuge. Ein anderer Entwicklungspfad ist bei Fahrzeugen für die urbane Mobilität zu beobachten, die mit geringen Geschwindigkeiten und / oder einer separaten Infrastruktur bereits in einigen Pilotprojekten in Europa getestet werden. Dennoch ist die Evolution in beiden Fällen ähnlich: eine progressive, schrittweise Erhöhung des Automatisierungsniveaus während des kommenden Jahrzehnts. Diese Hauptentwicklungswege für die verschiedenen Automatisierungsebenen sind in Abbildung 26 dargestellt.

⁴⁷ Eigene Darstellung in Anlehnung an Herstellerangaben. Fahrzeugausstattung im Einzelfall abhängig von Fahrzeugkonfiguration.



Abbildung 26: Entwicklungspfade der verschiedenen Automatisierungsstufen⁴⁸

In Abbildung 27 ist eine Technologie-Roadmap für Nutzfahrzeuge (> 3,5 Tonnen) nach ERTRAC Working Group 2017 dargestellt. Aufgezeigt werden diverse innovative Technologien des automatisierten Fahrens und die Jahresangabe der Verfügbarkeit dieser Technologien auf dem Markt. So sind heute bereits verschiedene Technologien wie Adaptive Cruise Control, Stop&Go, Lane Keeping Assist und Lane Change Assist in Stufe 1 verfügbar. Innerhalb des teilautomatisierten Fahrens (Stufe 2) wird mit der vollständigen Marktreife bis zum Jahr 2022 gerechnet, zu der u.a. die Technologien Platooning (Marktreife ca. 2022) und Stauassistenten (ab 2018) zählen. Die Marktreife für bedingt automatisiertes Fahren der Stufe 3 (Chauffeur-Technologien) wird laut ERTRAC in den Jahren 2022 / 2024 erwartet und Technologien des hochautomatisierten Fahrens (Stufe 4) im Zeitraum 2026 / 2028. Fahrzeuge der Stufe 4 werden selbstständig in vorbestimmten Szenarien agieren können, zum Beispiel auf Fernstraßen und bestimmten freigegebenen Umgebungen. Vollautomatisiertes Fahren der Stufe 5 ist zu einem derzeit unbestimmten Zeitpunkt nach 2030 zu erwarten. Einige Hersteller entwickeln Lösungen, bei denen die fahrerlosen Fahr-

⁴⁸ Vgl. ERTRAC Working Group 2017, S. 12.

zeuge mit einem zentralen System eng verbunden sind und durch welche die Steuerung der Fahrzeuge erfolgt. Diese Fernsteuerung wurde beispielsweise durch Daimler im Anwendungsfall Schneeräumen auf einem Flugfeld getestet.⁴⁹

Dieser Wandel stellt Herausforderungen an die Entwicklung, die Zulassung und den Betrieb von Fahrzeugen. Durch den wachsenden Grad an Software und Informationstechnik im Fahrzeug sind Fahrzeuge auf regelmäßige Softwareupdates angewiesen, die v. a. Sicherheitslücken ausbessern.⁵⁰ Durch Softwareupdates (Over the Air) können jedoch neue Funktionen in die Fahrzeuge aufgespielt werden, die bspw. bei Auslieferung des Fahrzeugs noch nicht zur Verfügung standen.

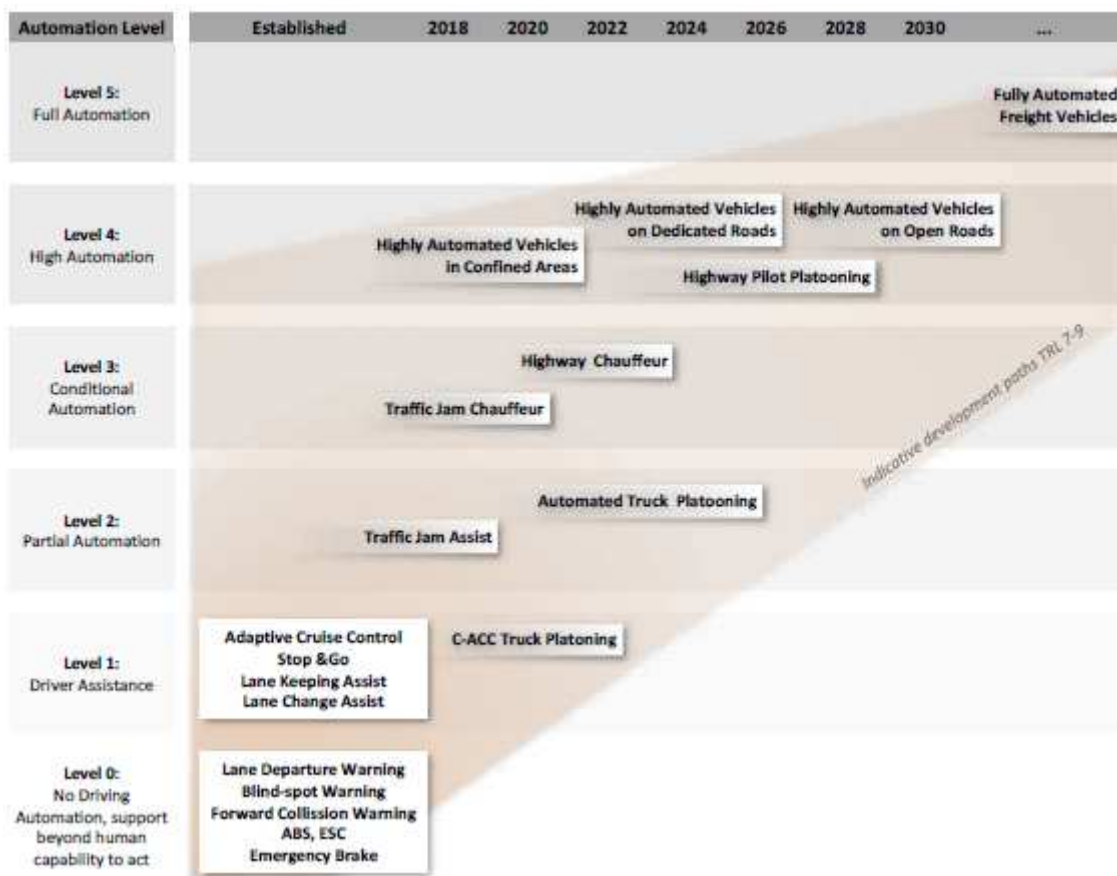


Abbildung 27: Erwartete Technologieentwicklungen in den verschiedenen Automatisierungsstufen⁵¹

⁴⁹ Vgl. Daimler 2017.

⁵⁰ Vgl. Cacilo et al. 2015, 227 f.

⁵¹ Vgl. ERTRAC Working Group 2017, S. 14.

3.3. Gesetzgebung

Der Fokus innerhalb der Betrachtung der gegenwärtigen rechtlichen Situation für automatisierte und fahrerlose Fahrzeuge liegt auf den logistischen Aspekten. Hierbei wird hinsichtlich dem öffentlichen Straßenverkehr und dem privaten, nicht-öffentlichen Werksgeländen unterschieden.

Öffentlicher Straßenverkehr

Die Implementierung von automatisierten Fahrzeugen im Straßenverkehr gestaltet sich aufgrund der Gesetzgebungen der einzelnen Länder schwierig. Die in Deutschland relevanten Vorschriften für das Fahren eines Fahrzeuges sind das Wiener Übereinkommen, das Straßenverkehrsgesetz, die Straßenverkehrsordnung, die Fahrzeugzulassungsverordnung, das Bürgerliche Gesetzbuch, sowie das Personenbeförderungsgesetz. All diese Gesetzgebungen ermöglichen hochautomatisiertes Fahren nur mit einer Sondergenehmigung, da hochautomatisierte Fahrzeuge, anders als im Wiener Übereinkommen (Art. 8) festgelegt, keinen Führer haben und somit nicht gesetzeskonform sind. Im Jahr 2014 wurde eine Änderung des Wiener Übereinkommens beschlossen, welche das hochautomatisierte Fahren ermöglicht, so lange ein Fahrer anwesend ist, der in Notfällen die Kontrolle über das Fahrzeug wieder übernehmen kann. In anderen Ländern ist die rechtliche Lage ähnlich, z. B. in den Vereinigten Staaten von Amerika, wo Kalifornien, Florida, Nevada und Michigan ebenfalls hochautomatisierte Fahrzeuge auf den Straßen erlauben, wenn ein Fahrer anwesend ist, der, wenn nötig eingreifen kann. In Großbritannien wurden hochautomatisierte Fahrzeuge für Testzwecke auf den öffentlichen Straßen zugelassen.

Ein weiterer Aspekt, welcher vor der Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge geklärt werden muss, ist das Haftungsrecht (siehe Abbildung 28). Laut des aktuellen Haftungsrechts ist es die Pflicht des Autofahrers, seine Aufmerksamkeit jederzeit auf das Geschehen zu lenken. Dies widerspricht dem Ziel des hochautomatisierten Fahrens, langfristig fahrerlose Fahrzeuge einzusetzen, bzw. ermöglicht dem Fahrzeugführer nicht sich auf eine andere Tätigkeit zu konzentrieren, während das Fahrzeug selbstständig fährt. Des Weiteren sind einige Aspekte der Haftung beim teil- und hochautomatisierten Fahren bislang nicht geregelt, die unter anderem den Übergang von Fahrer- zu Fahrzeugkontrolle und umgekehrt beschreiben. Zum Beispiel die Frage, wie viel Zeit der Fahrer hat, die Kontrolle über das Fahrzeug nach einem Abschnitt des hochautomatisierten Fahrens wieder zu übernehmen.

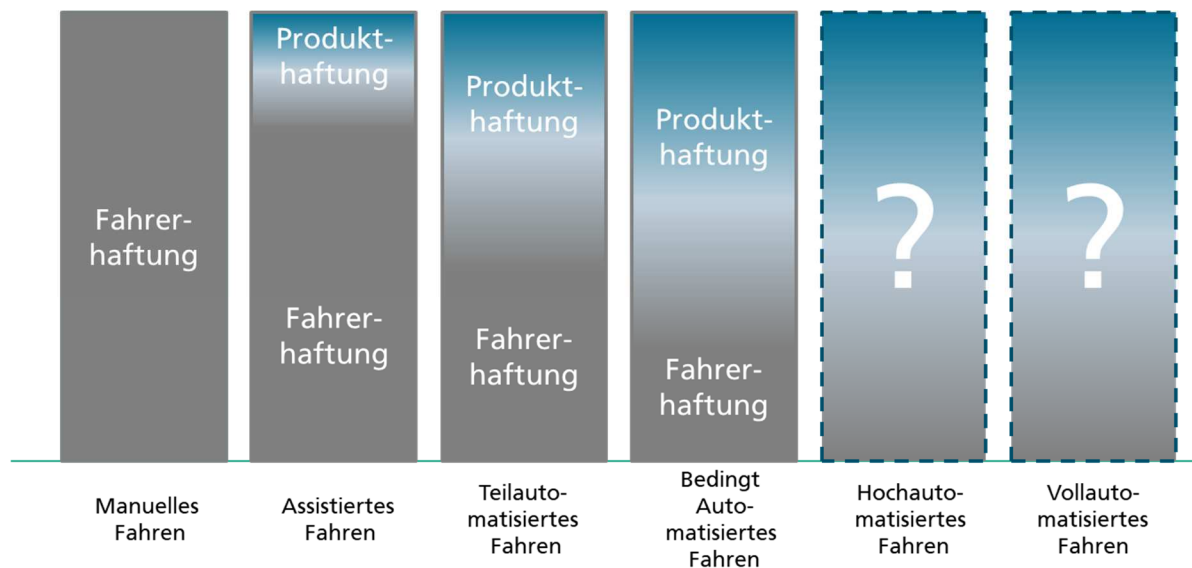


Abbildung 28: Haftungsrecht beim hochautomatisierten Fahren

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der bei der Einführung hochautomatisierter Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr beachtet werden muss, ist die Datenhoheit. Durch die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander entstehen viele Daten, welche Informationen über den Passagier des Fahrzeuges enthalten. Es ist bisher nicht geklärt, wer ein Anrecht auf die entsprechenden Informationen hat. Andererseits könnten die von den Fahrzeugen gespeicherten Daten bei Unfallaufklärungen helfen. Auch muss die Sicherheit der Daten gewährleistet werden, welche von den Fahrzeugen gespeichert werden, damit niemand die Informationen abhören oder hacken kann. Da der Datenschutz ein kontroverses Thema darstellt, müssen Gesetzesänderungen und Reglementierungen durchgeführt werden, bevor die Fahrzeuge autonom in der Öffentlichkeit fahren können.

Nichtöffentliche Werksgelände

Für den Betrieb von bereits etablierten fahrerlosen Transportsystemen (FTS) auf abgeschlossenen und nichtöffentlichen Geländen gelten abweichende Regelungen, die bereits in der Vergangenheit umfassend erarbeitet und angewendet wurden. Dabei werden FTS als Maschinen eingestuft, die den Produktionsprozess unterstützen. Die Hersteller sind verpflichtet für die Maschinensicherheit Sorge zu tragen. Für den Betrieb automatisierter Nutzfahrzeuge auf Werksgeländen, im Sinne der Aufgabenstellung dieser Studie, wird daher die bestehende Regelung für FTS als rechtliche Basis zu Grunde gelegt.

Eines der Kernziele der europäischen Union ist in diesem Zusammenhang der gesundheitliche Schutz der EU-Bürger sowie ein einheitlicher, freier Warenmarkt. Um diese beiden Ziele in Einklang miteinander zu bringen, sind die von der Europäischen Union verfassten Richtlinien in den jeweiligen Ländern mit nationalen Gesetzen einzuführen (s. Abbildung 29). In den Richtlinien sind Anforderungen und grundsätzliche Ziele beschrieben.

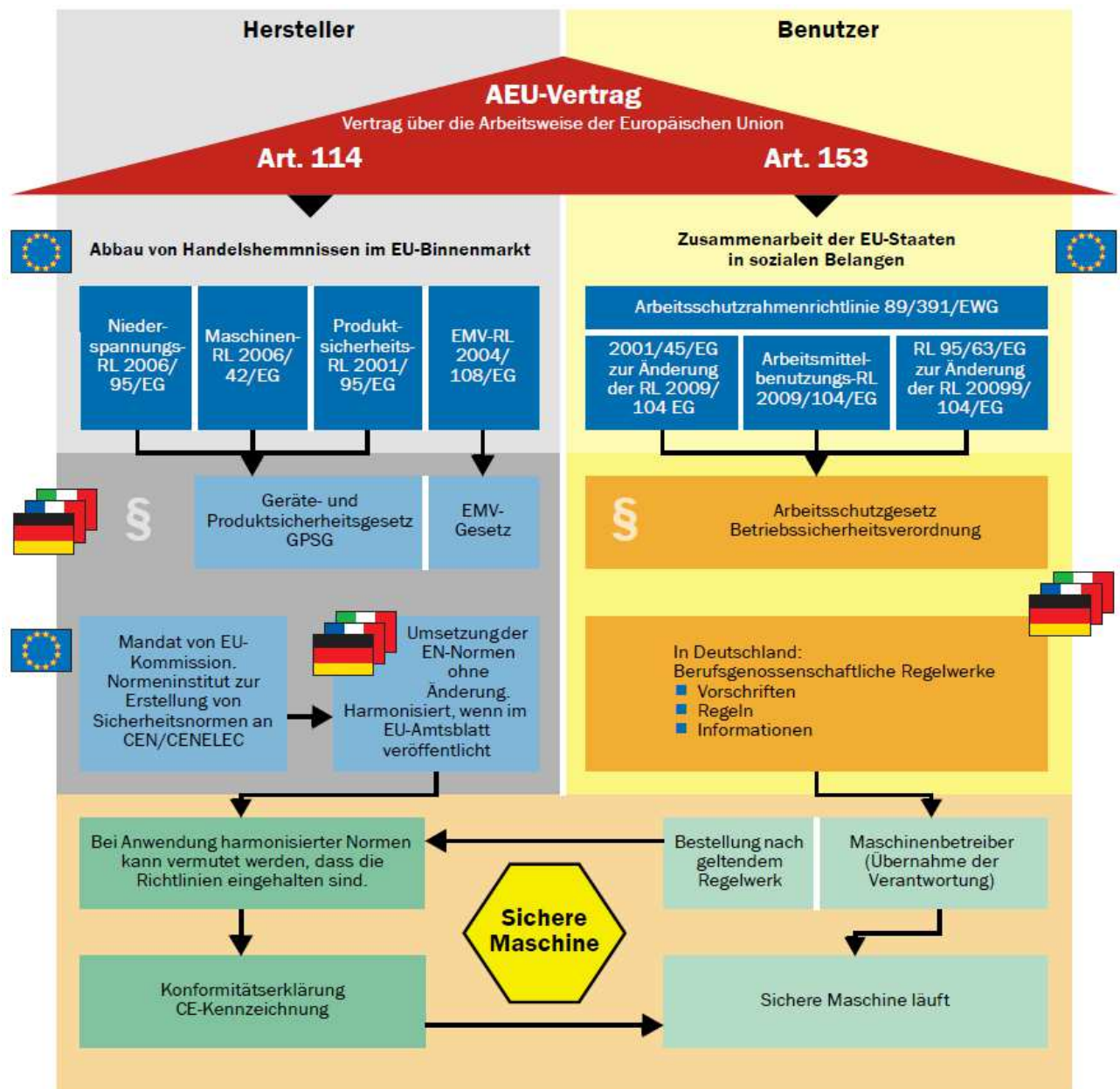


Abbildung 29: Übersicht europäischer Richtlinien und deren nationaler Umsetzung⁵²

⁵² Vgl. VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik Fachausschuss Fahrerlose Transportsysteme (FTS) 2010, S. 5.

Die erlassene Maschinenrichtlinie richtet sich an Maschinenhersteller. So unterliegen die Hersteller fahrerloser Transportsysteme der Verpflichtung, bestimmte Anforderungen der Gesundheit und Sicherheit, die in der vorliegenden Richtlinie deklariert sind, einzuhalten. Dies muss schon während der Konstruktionsphase geschehen. Bereits vor dem Bau müssen Gefahrenanalysen durchgeführt werden, dessen Ergebnisse in die Konstruktion einfließen. Auch sind für die Möglichkeit einer Gefährdung bestimmte Schutzmaßnahmen, die aus der Durchführung einer Risikobeurteilung abgeleitet werden, zu ermitteln. Hierfür gibt es unter anderem spezialisierte Service-Dienstleister, wie bspw. TÜV oder Dekra, die die Durchführung der Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung übernehmen können. Nach dem fertigen Bau eines FTS muss vom Hersteller eine Konformitätserklärung ausgestellt sowie das FTS gekennzeichnet (CE Kennzeichen) werden. Damit bestätigt der Hersteller, dass das von ihm hergestellte FTF den Vorgaben der Maschinenrichtlinie gerecht wird. Diese Bestätigung ist rechtsverbindlich, womit das FTS innerhalb des europäischen Wirtschaftsraumes erst zu diesem Zeitpunkt verkehren darf.⁵³

Der Anwender fahrerloser Transportfahrzeuge hat die Pflicht, den aus der Betriebsanleitung des Herstellers resultierenden Vorgaben nachzugehen. Des Weiteren ist er verpflichtet, das Umfeld mit entsprechenden Warnhinweisen auszurüsten und Mindestanforderungen aus der DIN EN 1525 (Europäische Norm für FTS) nachzugehen. In der Norm werden unter anderem die „Kennzeichnung von Gefahrenstellen“ sowie die „Reinhaltung von Fahrwegen“ thematisiert. Darüber hinaus sind in regelmäßigen Zeitintervallen Prüfungen der FTS vorzunehmen.

⁵³ Vgl. VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik Fachausschuss Fahrerlose Transportsysteme (FTS) 2010.

3.4. Auswirkungen auf Logistikeinsatzfelder

Im Hinblick auf die aktuelle Forschung und Entwicklung von automatisierten Fahrprozessen sind drei Entwicklungsstrategien zu kennzeichnen: Langstrecke, City Logistik und exklusive Werkfahrzeuge.



Abbildung 30: Einsatzfelder voll- und hochautomatisierter Fahrzeuge in der Logistik⁵⁴

Auf Langstrecken sind Automatisierungen bekannter Fahrzeugkonzepte auf Fernstraßen sowie Anwendungen im Güterfernverkehr und Punkt-zu-Punkt Relationen zu verzeichnen. Als Beispiele sind hier der Daimler Future Truck und Scania anzuführen.⁵⁵

In der City Logistik sind intelligente Roboter, die die Arbeitsprozesse unterstützen, sowie Anwendungen im Bereich Direktlieferung und mobile Packstationen zu verzeichnen, z. B. Starship Roboter und Postbot.⁵⁶

Bei exklusiven Werkfahrzeugen sind umgebaute Chassis, oft nach Konzepten der Intralogistik-Automatisierung, sowie Anwendungen im Bereich wiederkehrender Fahrten auf Werksgelände zu verzeichnen. Als Beispiele sind hier Kamag und Gottwald anzuführen.⁵⁷

⁵⁴ Eigene Darstellung; Bilder: Daimler AG; Deutsche Post AG; KAMAG Transporttechnik GmbH & Co. KG.

⁵⁵ Vgl. Mercedes-Benz 2018; Scania Group 2018.

⁵⁶ Vgl. Starship Technologies.; DHL Trend Research 2016, 2, 43, 45.

⁵⁷ Vgl. KAMAG Transporttechnik GmbH & Co. KG; Konecranes 2018.

Wesentliche Ziele hochautomatisierter Fahrzeugsysteme sind unter anderem⁵⁸:

- Maximierung des Durchsatzes des Systems (d. h. Anzahl der pro Zeiteinheit gehandhabten Lasten),
- Minimierung der Zeit, die für Fertigstellung aller Jobs benötigt wird (z. B. Produktionsdauer),
- Minimierung der Fahrzeugreisezeiten (leer und / oder beladen),
- Gleichmäßige Verteilung der Arbeitslast auf hochautomatisierte Fahrzeuge,
- Minimierung der Gesamtkosten der Bewegung,
- Minimierung der Verspätungen,
- Minimierung erwarteter Wartezeiten von Lasten.

Die Automatisierung von Straßen- und Schienenfahrzeugen wird die Logistikbranche nachhaltig verändern, weil sich der Betrieb, die Ökonomie des Verkehrs und die Natur von Logistikdienstleistungen verändern können. Beim Platooning (den miteinander elektronisch gekoppelten, insoweit automatisch folgenden, auf Fernstraßen im Konvoi fahrenden Lkw) ist sie noch nicht direkt betroffen. Hier wird eher daran gedacht, dass die einzelnen Fahrzeuge aus einem Konvoi beim Verlassen der Fernstraße zu unterschiedlichen Empfängern fahren sollen und dafür auch Fahrer wieder eingreifen können, die neben der Fahrleistung wichtige Funktionen in der Kommunikation übernehmen.

Es wird einen breiten Einfluss durch automatisiertes Fahren im Bereich der letzten Meile geben. Dieser reicht von neuartigen kleinen Zustellrobotern bis hin zu automatisiert bis an die Rampe der Empfänger fahrenden Lkw. Es ist zu erwarten, dass neue Einsatz- und Geschäftsmodelle entstehen werden, die auf flexible Fahrzeugpoolkonzepte und neue Logistik- und Mobilitätskonzepte zurückgreifen. Den Chancen, Fahrzeuge länger am Tag und ohne direkte Fahrpersonalkosten einzusetzen, stehen eine Reihe von Herausforderungen gegenüber: So ist bisweilen offen, wie fahrerlose Fahrzeuge mit Empfängern der Ware kommunizieren und die Übergabe zuverlässig stattfindet. Des Weiteren wird es eine anhaltende Phase geben, in der konventionelle und hochautomatisierte Fahrzeuge sich den Verkehrsraum teilen. Eine Herausforderung stellt diese Phase für die Kommunikation (Car2Car) und Verkehrsorganisation dar.

Autonomes Fahren tangiert zahlreiche Endkundenanforderungen und Rahmenbedingungen. Dem demografischen Wandel begegnet autonomes Fahren, indem es dem Fachkräftemangel entgegenwirkt und die Attraktivität der Arbeitsplätze erhöht. Eine Herausforderung in diesem Zu-

⁵⁸ Vgl. Vis 2006.

sammenhang ist jedoch, die Endkunden mit der Warenübergabe ohne persönlichen Ansprechpartner vertraut zu machen und den „Umgang“ mit einer automatisierten Lieferungsübergabe, insbesondere technisch desinteressierten Personen, nahe zu bringen. Für die Same-Day-Delivery ermöglicht autonomes Fahren höhere Lieferfrequenzen in Städten und insbesondere im ländlichen Raum durch kleine unabhängige Zustellfahrzeuge. Inwieweit die Technologie zu einer Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs beiträgt, wird gegenwärtig untersucht. Die Kombination der Zukunftstechnologien Elektromobilität und autonomes Fahren bietet zwar das Potential sich als Konzept für zuverlässige und ressourcenschonende Logistik zu etablieren, könnte jedoch dazu führen, dass der Verkehrsträger Straße attraktiver gegenüber Schiene und (Binnen-)Wasserstraße wird und dadurch die politisch gewollte Verkehrsverlagerung gebremst und die Infrastrukturen der Straße (z. B. Brücken) zusätzlich belastet werden.

Den logistischen Rahmenbedingungen begegnet automatisiertes Fahren für die Renaissance der Innenstadt durch die Schaffung neuer Logistikkonzepte für Innenstadt- und Kundenbelieferungen und des damit verbundenen höheren Servicegrades hinsichtlich Lieferzeit und -frequenz. Die Entwicklung der notwendigen Technologie für fahrerloses Fahren im städtischen Umfeld stellt gegenwärtig noch eine Herausforderung dar.

Hochautomatisiertes Fahren wird als ein Beitrag für eine neuartige Innenstadt- und letzte Meile-logistik angesehen. Daneben werden neue Konzepte von Transportrobotern und Lieferdrohnen diskutiert und erste Pilotprojekte durchgeführt. Des Weiteren wird gegenwärtig die Kombination verschiedener Technologien konzipiert, beispielsweise Auslieferungsfahrzeuge von denen verschiedene Transportroboter für die Ware Zustellung ausschwärmen (z. B. Mercedes-Benz Vision Van).

Die ersten Ansätze für öffentliche, autonome Lieferungen mit landbasierten Transportrobotern existieren bereits. So kooperieren bspw. Firmen wie Hermes, Media Markt oder Schweizer Post mit den Entwicklern von Starship Technologies, oder das Unternehmen Dominos Pizza mit dem Unternehmen Marathon Targets.⁵⁹

Für die erfolgreiche logistische Adaptierung sind eine ausreichende technologische Reife, bessere Regelungen zur Datensicherheit und Problemlösungen öffentlicher Belange (z. B. Privatsphäre, Sicherheit) derzeit Gegenstand der Forschung und Entwicklung.

⁵⁹ Vgl. Kersten et al. 2017, 8, 30, 32.

3.5. Forschungs- und Entwicklungsstand der Fahrzeughersteller und Technologieunternehmen

Die technische Entwicklung der Komponenten für die Fahrzeugkategorien Personenkraftwagen und Nutzfahrzeuge wird von den Herstellern parallel vorangetrieben. Nutzfahrzeuge können auf die gleichen Komponenten zurückgreifen als auch umgekehrt. Unterschiede zwischen den Fahrzeugkategorien bestehen bei der Anzahl der erforderlichen Komponenten, z. B. bei zusätzlichen Sensoren an den Anhängern von Lkw. Die technische Entwicklung der Fahrzeughersteller wird aufgrund der höheren Stückzahlen durch den Bereich Pkw getrieben. Zur Ermittlung der erwarteten Markteinführung werden daher nachfolgend aktuelle Herstellerziele für Pkw und Lkw aufgeführt.

3.5.1. Herstellerziele Pkw

Google: *Autonomes Fahrzeug bis 2025 marktreif. Waymo legt Fokus nicht mehr auf den Bau autonomer Fahrzeuge, sondern auf die Entwicklung von Software-Technologien, die für autonome Fahrzeuge genutzt werden.*

Google-Tochter Waymo hat bereits viele Testfahrten mit seinen autonomen Fahrzeugen durchgeführt und ist, laut einer Studie von Frost & Sullivan, führender Entwickler autonomer Fahrzeuge. Es wird erwartet, dass Waymo bis 2025 ein autonomes Fahrzeug auf den Markt bringen wird.⁶⁰ Mit der erst kürzlich bekannt gegebenen Kooperation mit Intel möchte Waymo seine führende Rolle im Bereich der Technik des autonomen Fahrens weiter ausbauen.⁶¹ Google legt den Fokus nun nicht mehr auf die Entwicklung und den Bau eigener autonomer Fahrzeuge, sondern auf Software-Technologien, die für autonome Fahrzeuge genutzt werden.⁶²

Audi: *Automatisiertes Fahren auf Stufe 3 (neue Audi A8) marktreif im Herbst 2017. Zukünftige Konzepte für Stufe 4 (Audi Elaine) serienreif Anfang 2020 und Stufe 5 (Audi Aicon).*

Der neue Audi A8 entspricht dem autonomen Fahren auf Stufe 3 und beinhaltet neben den bereits existierenden Funktionen auf Stufe 2 bspw. Spurwechsel, selbständiges Blinken und weitere Funktionen. Jedoch wird es noch einige Jahre in Anspruch nehmen, bis solche Funktionen auf Autobahnen anwendbar sind.⁶³ Des Weiteren hat Audi zwei Konzepte (Elaine und Aicon) für autonomes Fahren der Stufen vier und fünf entwickelt. Elaine lehnt dabei an die Konzeption der Elektro-

⁶⁰ Vgl. Beutnagel 2017.

⁶¹ Vgl. Baumann und Hebermehl 2018a, Rondinella 2017.

⁶² Vgl. Doll und Vetter 2017.

⁶³ Vgl. Koesch 2017, Produktion Technik und Wirtschaft für die deutsche Industrie 2017.

autos an. Es kann auf Autobahn und Landstraße z. B. selbst fahren, eigenständig die Spur wechseln, Überholmanöver durchführen, selbstständig parken. Der Fahrer kann sich zurücklehnen, sollte aber jederzeit wach sein um bei brenzligen Situationen eingreifen zu können. Audi Elaine soll voraussichtlich Anfang der 2020er-Jahre in Serie gehen. Audi Aicon, ebenfalls ein Elektroauto, fokussiert das fahrerlose Fahren (Stufe 5) und hat mit den Autos der heutigen Zeit kaum noch Gemeinsamkeiten. Fahrer-Equipment wie Lenkrad, Pedale, u. ä. sind somit nicht mehr vorhanden.⁶⁴

Continental: *Systeme für automatisiertes Fahren. Robo-Taxi „CUBE“ Testfahrten auf öffentlichen Straßen in 2018 und offizieller Einsatz ab 2020; autonomes Mobilitätskonzept „BEE“.*

Continental arbeitet an der Entwicklung neuer Sensortechnologien und Systeme für automatisiertes Fahren.⁶⁵ Das Unternehmen hat einen Prototyp eines Robo-Taxis „CUBE“ (Continental Urban mobility Experience) mit Elektroantrieb entwickelt, welches auf dem Gelände von Continental in Frankfurt getestet wird. Es soll der Erweiterung und Unterstützung des öffentlichen Nahverkehrs dienen. Es sind aber auch Einsätze für längere Distanzen über Autobahnen geplant. In 2018 sollen die Testfahrten auf öffentlichen Verkehrsstraßen stattfinden. Mit einem offiziellen Einsatz wird ab 2020 gerechnet.⁶⁶ Neben dem Robo-Taxi arbeitet Continental an einem autonomen Mobilitätskonzept „BEE“, welches den Transport von ein bis zwei Passagieren umfasst.⁶⁷

Volvo: *Ausstattung aller neuen Fahrzeugmodelle mit Elektromotoren ab 2019. Autonome Fahrzeuge Stufe 4 bis 2021. Zwei Testfamilie + 100 Testfahrten in Göteborg des Volvo XC90 seit Ende 2017.*

Das Unternehmen Volvo hat bis 2021 die Einführung von autonomen Fahrzeugen Stufe 4 in den Markt anvisiert. Zusammen mit einer Kooperation des Unternehmens Nvidia sollen die dafür notwendigen Softwaresysteme entwickelt werden.⁶⁸ Des Weiteren sollen die ab 2019 eingeführten Fahrzeugmodelle über einen Elektromotor verfügen.⁶⁹ Das von Volvo entwickelte selbst-fahrende Fahrzeug, der Volvo XC90, wurde Ende 2017 an die zwei Familien Hains und Simonovskis in Göteborg zum Testen im Alltag übergeben. Ziel ist es, aus den gewonnenen Erkenntnissen bis 2021 die ersten vollkommen autonomen Fahrzeuge in den Markt einzuführen.⁷⁰ Durch das Ziehen von

⁶⁴ Vgl. Pluta 2017.

⁶⁵ Vgl. Continental 2018.

⁶⁶ Vgl. Schlieker 2017, Dirscherl 2017.

⁶⁷ Vgl. Berlin 2017.

⁶⁸ Vgl. Dörner 2017.

⁶⁹ Vgl. Knauer 2017.

⁷⁰ Vgl. auto.de 2017.

zwei grünen Paddeln, jeweils links und rechts des Lenkrads, gelangt das Fahrzeug in den „autonomen Modus“.⁷¹

Daimler: Fahrzeuge (GLC F-Cell) mit Brennstoffzelle in 2018. Integration autonomer Robo-Taxis (EQ fortwo) in 3-4 Jahren. Autonome Fahrzeuge Stufe 4 und 5 ab 2020.

Daimler plant 2018 ein Fahrzeugmodell (GLC F-Cell) mit Brennstoffzelle einzuführen, welches Strom aus Wasserstoff produziert.⁷² Aufgrund dessen, dass der Verkehr und seine Regeln weltweit anders aussehen, wird Daimler in einer Zeitspanne von 5 Monaten Testfahrten des autonomen Fahrens in fünf verschiedenen Kontinenten durchführen und auf diese Weise relevante Daten sammeln. Getestet werden soll in Deutschland (Fokus Autobahn), Shanghai, Sydney / Melbourne, Kapstadt und Los Angeles / Las Vegas.⁷³ Die gewonnenen Daten sollen dabei unterstützen, in drei bis vier Jahren autonom fahrende Robo-Taxis (smart vision EQ fortwo) in den Stadtverkehr zu integrieren.⁷⁴ Die Robo-Taxis sollen zukünftig für den Fahrdienstvermittler Uber fahren.⁷⁵ Der smart vision EQ fortwo wurde für den urbanen Verkehr, sprich den öffentlichen Nahverkehr, entwickelt. Das elektrische Taxi ist für zwei Personen konzipiert⁷⁶ und kommt ganz ohne Armaturentafel, Pedal und Lenkrad aus. Mit einem Akku von 30 kWh wird eine Reichweite von 250 km erreicht.⁷⁷ Per Knopfdruck im Smartphone wird das intelligente Fahrzeug herbeigerufen und fährt die Passagiere ganz autonom zu ihren Zielen.⁷⁸

Zur Wahrnehmung der Umwelt benötigen autonome Fahrzeuge viele Technologien, wie bspw. die LiDAR-Technik. Diesbezüglich kooperiert Daimler mit dem Unternehmen Velodyne.⁷⁹

In einer Kooperation mit Bosch soll es ab 2020 autonome Fahrzeuge der Stufe 4 und 5 geben.⁸⁰

⁷¹ Vgl. Hänsch-Petersen 2017.

⁷² Vgl. Frankfurter NeuePresse 2017.

⁷³ Vgl. Trends der Zukunft 2017, Automobilwoche 2017.

⁷⁴ Vgl. FinanzNachrichten 2017, Preiss 2017.

⁷⁵ Vgl. RP ONLINE 2017.

⁷⁶ Vgl. Mercedes-Benz 2017.

⁷⁷ Vgl. Grundhoff 2017.

⁷⁸ Vgl. Gebhardt 2017.

⁷⁹ Vgl. Schmit 2017.

⁸⁰ Schmidt 2017.

BMW: *12 vollelektrische Fahrzeuge bis 2025. Elektroversion für jedes Fahrzeug ab 2021. Erstes selbstfahrendes Auto im zweiten Halbjahr 2021.*

Das Unternehmen BMW visiert die Einführung von 12 vollelektrischen Fahrzeugmodellen bis 2025 an.⁸¹ 2021 soll für jedes Fahrzeugmodell eine Elektroversion vorhanden sein. Im zweiten Halbjahr 2021 soll das erste selbstfahrende Auto marktreif sein.⁸²

VW: *Bis 2025 80 Elektrofahrzeugmodelle (50 Elektro, 30 Hybrid). Bis 2030 Elektroversion für alle Fahrzeugmodelle.*

Das Unternehmen VW fokussiert derzeit noch auf die Elektrifizierung der Antriebe. Bis 2025 sollen 80 Elektrofahrzeugmodelle angeboten werden. Davon sollen 50 Modelle Elektro- und 30 Modelle Hybridfahrzeuge sein. Bis 2030 sollen für alle Modelle vollelektrische Versionen vorhanden sein.⁸³

Nissan: *Ab Herbst 2018: teilautonomes Fahrzeugmodell Nissan Leaf bestellbar. Bis 2022: Einführung von 12 rein batteriegetriebenen Fahrzeugmodellen in den Markt. Komplett selbst-fahrendes Auto. Anbieter von Robot-Taxis.*

Nissan will zusammen mit Renault und Mitsubishi bis 2022 12 batteriegetriebene Fahrzeugmodelle in den Markt einführen. 2022 soll das erste selbstfahrende Auto auf dem Markt sein. Des Weiteren wird geplant, bis 2022 Robot-Taxis anzubieten.⁸⁴ Im Rahmen der Elektromobilität hat Nissan sein teilautonomes Fahrzeugmodell Nissan Leaf vorgestellt. Dieses ist ab Herbst 2018 bestellbar.⁸⁵

Die beschriebenen Herstellerziele und erwarteten Markteinführungen sind zusammenfassend in der folgenden Abbildung 31 auf einem Zeitstrahl dargestellt.

⁸¹ Vgl. Fasse 2017.

⁸² Vgl. Peitsmeier 2017.

⁸³ Vgl. Friedel 2017.

⁸⁴ Vgl. ecomento.de 2017.

⁸⁵ Vgl. Autogazette.de 2017.

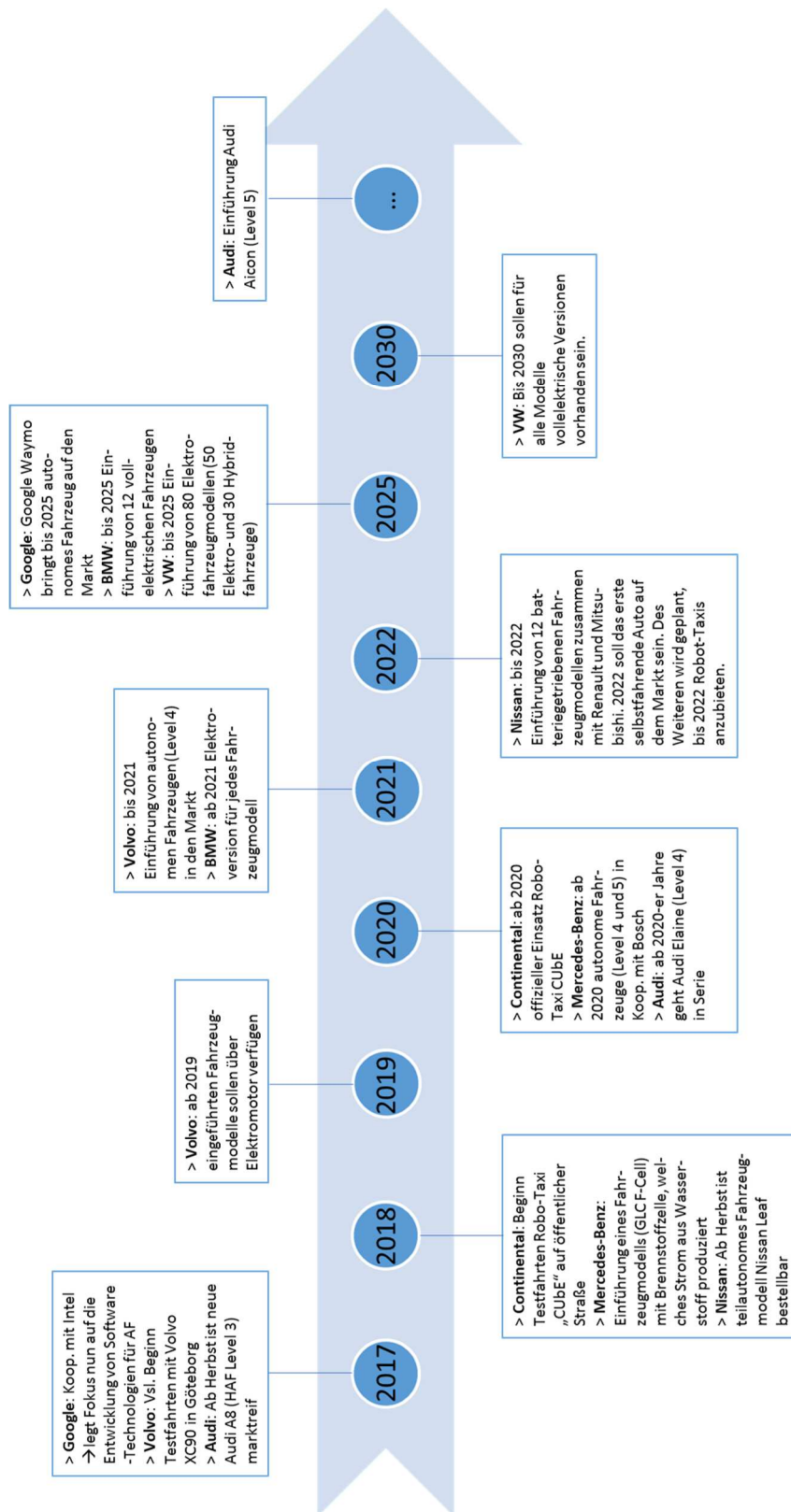


Abbildung 31: Darstellung Herstellerziele und erwartete Markteinführungen⁸⁶

⁸⁶ Eigene Darstellung auf Grundlage der Herstellerangaben.

3.5.2. Herstellerziele Lkw

Bei den Herstellern von Lkw ist ein ähnliches Entwicklungsengagement wie bei den Pkw zu beobachten. In diesem Fahrzeugsegment werden neue Technologien (z. B. Platooning) und Fahrzeugkonzepte getestet. Einige davon sind nachfolgend erwähnt.

Daimler Future Truck 2025

Das Unternehmen Daimler AG hat bereits einen ersten Prototypen eines autonom fahrenden Lkws entwickelt, den Daimler Future Truck 2025 (s. Abbildung 32). Mitwirkende Technologien sind diverse Assistenz- und Telematiksysteme sowie V2V-Kommunikation und Highway Pilot. Durch die Nutzung von autonom fahrenden Lkw sollen Kraftstoffemissionen reduziert, die Sicherheit erhöht und Arbeitsbedingungen der Lkw-Fahrer verbessert werden.⁸⁷ Der Future Truck wurde bereits mit 85 km/h auf Autobahnen getestet und kann bspw. selbständig bremsen, beschleunigen, Spuren wechseln.⁸⁸ Im Oktober 2015 wurde der autonome Lkw erstmals auf einer öffentlichen Autobahn getestet.⁸⁹ Des Weiteren sind Zulassungen für Testfahrten auf öffentlicher Straße in Oregon (USA) eingegangen. So wird dort das Truck Platooning erprobt.⁹⁰



Abbildung 32: Daimler Future Truck 2025⁹¹

Mercedes-Benz Vision Van

⁸⁷ Vgl. Daimler 2018a.

⁸⁸ Vgl. Mercedes-Benz 2018.

⁸⁹ Vgl. Baumann 2015.

⁹⁰ Vgl. Flehmer 2017.

⁹¹ Vgl. Daimler 2018a.

Der Mercedes-Benz Vision Van mit E-Antrieb (s. Abbildung 33) wurde für die Zustellung auf der letzten Meile konzipiert. Eingesetzt werden diverse innovative Technologien. Der Laderaum ist automatisiert und übergibt dem Sendungszusteller automatisch die Sendung, die manuell zugestellt werden soll. Gleichzeitig ermöglichen zwei integrierte Drohnen die autonome Sendungszustellung in der Luft in einem Umkreis von 10 km und mit einer maximalen Gewichtsbeschränkung von 2 kg. Intelligente Algorithmen ermöglichen ein reibungsloses und effizientes Zusammenspiel von Sendungszusteller, Zustellfahrzeug und Zustelldrohnen. Aufgrund des geräuscharmen Antriebs sind Anlieferungen zu Tagesrandzeiten und in der Nacht möglich und unterstützen so die Lieferoption Same-Day-Delivery.⁹²



Abbildung 33: Mercedes-Benz Vision Van⁹³

E-Truck von Tesla

Der amerikanische Elektrofahrzeugbauer Tesla hat einen Prototyp für autonome E-Lkw erstellt und untersucht derzeit Möglichkeiten diese im Bundesstaat Nevada zu testen. Der Lkw soll Platooning-fähig sein. Das Unternehmen möchte Ihr Produktspektrum mit elektrischen Lastwagen und Bussen samt Fahrerassistenzsystemen erweitern.⁹⁴ Ihr elektrischer Lkw (s. Abbildung 34) soll mit vollem Akku bis zu 800 Kilometer fahren können.⁹⁵

⁹² Vgl. Daimler 2018b.

⁹³ Vgl. Autonomes Fahren & Co 2016.

⁹⁴ Vgl. Handelsblatt 2017.

⁹⁵ Vgl. Wilhelm und Rundfunk 2017.



Abbildung 34: E-Truck von Tesla⁹⁶

⁹⁶ Vgl. Baumann und Hebermehl 2018b.

3.6. SWOT Analyse zum hochautomatisierten Fahren

Die SWOT-Analyse, eine Abkürzung aus dem Englischen für *strengths, weaknesses, opportunities und threats*, ist eine Methodik, die dem Verständnis und der Erkennung von Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken bestimmter Konzepte dient. Dabei ist zwischen zwei Dimensionen zu unterscheiden: Die interne Unternehmensanalyse von Stärken und Schwächen steht der externen Umfeldanalyse von Chancen und Risiken gegenüber.⁹⁷

Mit **Stärken** (strengths) werden die Vorteile der erarbeiteten Konzepte beschrieben. Worin bestehen die Stärken des Einsatzes von vernetztem und automatisiertem Fahren im Güterverkehr und auf Werksgeländen? Welche Faktoren fließen in den Erfolg mit ein? Was macht den Einsatz von VAF besser als die ursprünglichen Prozessschritte?

Mit **Schwächen** (Weaknesses) wird aufgezeigt, wo die Schwächen des Einsatzes von vernetzten und automatisierten Fahrzeugen liegen und wie diese verbessert werden können. Was sollte vermieden werden? Welche Faktoren müssen berücksichtigt werden, um einen Misserfolg zu umgehen?

Mit **Chancen** (Opportunities) werden die Chancen durch den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen beschrieben. Chancen sind die Elemente, die Unternehmen zu Ihrem Vorteil nutzen können. Welche aktuellen Trends sind beobachtbar? Welche positiven Einflüsse haben technologische / gesetzliche / gesellschaftliche Entwicklungen? In welchen Bereichen kann VAF optimal genutzt werden?

Mit **Risiken** (Threats) werden Gefahren und Risiken, die den potentiellen Einsatz von HAF behindern, aufgezeigt. Welche Hindernisse stehen im Weg? Wie werden Bedrohungen ausgeübt? Sind Schwachstellen eine ernsthafte Gefahrenquelle?

Mit der Anwendung der SWOT-Analyse können somit neue Möglichkeiten und Potentiale für vernetztes und automatisiertes Fahren entdeckt und Schwachstellen rechtzeitig erkannt werden. Unter Berücksichtigung der vorab erarbeiteten Analyse in den Kapiteln 2 und 3 lassen sich SWOT-Matrizen für VAF im öffentlichen Straßengüterverkehr und VAF auf Werksgeländen ableiten, die im Folgenden dargestellt und beschrieben werden.

⁹⁷ Vgl. GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON 2018.

3.6.1. Vernetztes und automatisiertes Fahren im öffentlichen Straßengüterverkehr

Die Erkenntnisse einer umfassenden Literaturrecherche bilden die Grundlage der in Tabelle 3 dargestellten SWOT-Matrix für den Einsatz hochautomatisierter Nutzfahrzeuge im Güterverkehr. Die Stärken des Einsatzes hochautomatisierter Nutzfahrzeuge sind vor allem ein höherer Fahrkomfort und ein reduziertes Stresslevel für den Fahrer. Während der Fahrt kann er sich ganz entspannt anderen Aufgaben widmen und bspw. relevante E-Mails am Tablet bearbeiten. Die heutigen Hersteller streben beim Entwickeln autonomer Fahrzeuge eine effiziente und komfortable Gestaltung des Innenraumes an. Zu den Schwächen von vernetzten und automatisierten Fahren gehört bspw., dass komplexe Verkehrsbedingungen, besonders im innerstädtischen Verkehr, herrschen. Um sicheres Fahren garantieren zu können sind teils auch Backupsysteme und sich ergänzende Technologien parallel erforderlich. Daraus ist zu folgern, dass die Technologie und erforderliche Steuerungssoftware / -strategie für das automatisierte Fahren ein hoch komplexes Konzept erfordert und damit vorerst hohe Investitionskosten im Bereich der Fahrzeugentwicklung mit sich bringt.

Durch den Einsatz von VAF entstehen aber auch viele Chancen, wie bspw. die Steigerung der Verkehrssicherheit, Kosteneinsparungen, z. B. beim Fahrpersonal und Kraftstoffreduzierungen. Zu den Risiken von VAF gehören bspw. technische und rechtliche Herausforderungen sowie Cybersicherheit und die Akzeptanz der Benutzer bzw. der Gesellschaft.

Status Quo	Stärken	Schwächen
	Potentiale	Chancen

Tabelle 3: SWOT-Matrix – VAF im Güterverkehr

⁹⁸ Vgl. Cacilo et al. 2015, S. 10.

⁹⁹ Vgl. van Arem, Prof.dr ir. Bart et al. 2015.

¹⁰⁰ Vgl. Janssen et al. 2015.

¹⁰¹ Vgl. Keese et al. 2016.

¹⁰² Vgl. Nowak et al. 2016.

3.6.2. Vernetztes und automatisiertes Fahren auf Werksgeländen

Anders als im Güterverkehr gelten auf Werksgeländen meist betriebseigene Regeln des Unternehmens, d. h. sie unterliegen weniger den rechtlichen Herausforderungen des öffentlichen Verkehrs und können auf ihrem Werksgelände Fahrzeuge nutzen, die nur arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften unterliegen und nicht auf das Straßenverkehrsgesetz ausgelegt sind. Dies ist eine Stärke von VAF auf Werksgeländen. Zudem kann durch die gezielte Steuerung von VAF in die Prozesse, eine Effizienzsteigerung in der Abwicklung der Werksverkehre erreicht werden. Der Verkehrsfluss kann flüssiger gestaltet und unnötige Suchverkehre vermieden werden.

Zu den Schwächen von VAF auf Werksgeländen gehört, dass die Einführung neuer Technologien bzw. bei Bedarf die Umgestaltung des Werkes entsprechend des Einsatzes hochautomatisierter Fahrzeuge mit Kosten verbunden sind. Anders als beim öffentlichen Straßenverkehr, existieren meist keine oder unzureichende georeferenzierte digitale Karten der Werksgelände zur Navigation. Zudem ist zu klären, wie aktuelle manuelle Vorgänge, die der Fahrer durchführt (Öffnen der Ladevorrichtung, ggf. das Durchführen des Ladevorgangs, Transportsicherung), im Szenario des Einsatzes von VAF lösbar sind.

Zu den Chancen von VAF zählen, ähnlich wie im Güterverkehr, dass Kosten reduziert werden und Zeit eingespart wird. Des Weiteren werden Betriebsprozesse unterstützt (bspw. die automatische Anmeldung auf Geländen). Bezüglich der Sicherheit kann von weniger Schäden durch Rangieren, bzw. bei sicherheitskritischen Waren wie Gefahrgut bei der Umladung ebenso eine Steigerung der generellen Sicherheit auf dem Werksgelände erreicht werden.

Zu den Risiken von VAF gehören, ähnlich wie im öffentlichen Straßengüterverkehr, technische Herausforderungen und Cybersicherheit. Des Weiteren ist es wichtig, dass die Mitarbeiter die neu eingeführten Technologien akzeptieren und mit diesen zurechtkommen. Falls bisherige manuelle Vorgänge, z. B. beim Prozess „Laden“ nicht verändert / automatisiert werden können, entsteht die Gefahr, dass beim Verlager höherer Personalbedarf und damit höhere Kosten entstehen. Die Akzeptanz wäre in diesem Fall fraglich. In

Tabelle 4 ist die SWOT-Matrix für den Einsatz hochautomatisierter Nutzfahrzeuge auf Werksgeländen dargestellt.

Status Quo	Stärken	Schwächen
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Auf Werksgelände gelten betriebseigene Regeln des Unternehmens, d. h. weniger rechtliche Herausforderungen als auf öffentlichen Straßen ▪ Fahrzeuge auf Werksgeländen unterliegen nur arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften; es können also auf dem Werksgelände Fahrzeuge genutzt werden, die nach aktueller Straßenverkehrsgesetzlicher Auslegung nicht zulassungsfähig sind ▪ Optimierungen bei Effizienz- und Verkehrsfluss 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Kosten für Technologien ▪ Umgestaltung des Werkes, um VAF auf Werksgelände zu ermöglichen ▪ Es existieren meist keine oder unzureichende Datenkarten von Werksgeländen zur Navigation auf dem diesen ▪ Das Durchführen von noch manuellen Handgriffen ist zu klären bzw. zu lösen
Potentiale	Chancen	Risiken
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unterstützung der Betriebsprozesse (z. B. automatische Werksanmeldung) ▪ Kostenreduzierung¹⁰³ ▪ Zeiteinsparungen¹⁰³ ▪ Erhöhung der Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Herausforderungen ▪ IT- und Datensicherheit ▪ Akzeptanz der Mitarbeiter ▪ Verlagerung von Personalkosten

Tabelle 4: SWOT-Matrix – VAF auf Werksgeländen

¹⁰³ Vgl. welt.de 2017.

4. Praxisvalidierung durch Prozess- und Datenaufnahmen vor Ort

Ziel dieses Arbeitsschrittes war die Prozess- und Datenaufnahme bei ausgewählten Unternehmen diverser Branchen zur Validierung der bisher erarbeiteten Projektergebnisse und deren Eignung im realen Einsatz bzw. Betriebsablauf. Zudem wurden hierbei mögliche Unterschiede der spezifischen Anwendungsszenarien im Hinblick auf den innerbetrieblichen Werkverkehr und den öffentlichen Verkehr festgestellt.

4.1. Vorbereitung und Durchführung der Interviews

Die IST-Aufnahmen der aktuellen Prozesse und Tätigkeitsabläufe beim Betrieb von Lkw im innerbetrieblichen Verkehr, wurden jeweils vor Ort auf Werks- bzw. Betriebsgeländen von Unternehmen unterschiedlicher Branchen als 1-Tages-Termine durchgeführt. Die Datenaufnahme vor Ort erfolgte zunächst durch ein Experteninterview, bei dem entsprechende Bereichsleiter und Entscheidungsträger des jeweiligen Unternehmens vertreten waren. Abgeschlossen wurden die Interviews mit einem Werksrundgang und einer detaillierten Prozessaufnahme auf dem Werks Gelände.

Im Vorfeld der Interviews erfolgten die Ausarbeitung und die Abstimmung der für die vorliegende Thematik erforderlichen Fragestellungen in Form von zwei Interviewleitfäden (jeweils für ein Experteninterview und für die Prozessaufnahme bzw. den Werksrundgang) zur möglichst einheitlichen Durchführung der Interviews und zur Vergleichbarkeit der gewonnenen Daten. Die hierfür ausgearbeiteten Interviewleitfäden können Anhang 2 und 3 entnommen werden.

Die konkreten Inhalte der IST-Aufnahme einzelner Prozesse, Tätigkeitsabläufe und Fragestellungen der Studie wurden anhand des abgestimmten Vorgehens aus den Ergebnissen des Arbeitsschrittes 1 bzw. den Themen der Aufgabenstellung durchgeführt. Dabei lag der Fokus auf den Potentialen einer Automatisierung von Nutzfahrzeugen, bzw. auf der Fragestellung wie und ob die Prozesse unter dem Zielaspekt eines fahrerlosen Betriebs innerhalb von Werksgeländen praktikabel sind.

4.2. Auswahl der Unternehmen und Durchführung der Interviews

Die Festlegung der zu befragenden Betriebe erfolgte in Abstimmung mit der Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik. Bei der Auswahl der Unternehmen wurde darauf Wert gelegt, dass die vorab abgeleiteten Branchen abgedeckt und die verschiedenen logistischen Anforderungen bestmöglich widerspiegelt werden, bspw. innerbetriebliche Verkehre eines Logistikzentrums im Vergleich gegenüber denen eines produzierenden Unternehmens. An dieser Stelle wurde der Analyse in Kapitel 2.3 folgend in sechs unterschiedliche Branchen differenziert, die durch die Interviews

sich darin befindender einzelner Unternehmen im Hinblick auf das hochautomatisierte Fahren analysiert und miteinander verglichen werden sollten. Während der Interviews zeigte sich, dass die Branchen Logistikdienstleister und Chemieparks detaillierter zu differenzieren sind, da automatisiertes Fahren durch die interviewten Unternehmen hinsichtlich resultierender Anforderungen und Potentiale (s. Kapitel 4.4.1) relativ unterschiedlich bewertet worden sind. Somit wird für die branchenspezifische Bewertung folgende Aufteilung vorgenommen:

- Logistikdienstleister,
 - Unterscheidung in Systemlogistiker und Speditionen
- Produzierendes Gewerbe,
- Handelsbranche,
- Chemieparks,
 - Unterscheidung in Chemiegroßunternehmen und Chemieparkbetreiber
- Umschlagterminals Kombiniertes Verkehr
- und Seehäfen.

Insgesamt waren ca. zehn Vor-Ort-Termine bei unterschiedlichen Unternehmen vorgesehen. Nach gründlicher Akquise von Unternehmen innerhalb einzelner Branchen durch Telefonate und zusätzliches Zusenden eines Informationsflyers über die Studie (s. Anhang 1), konnten insgesamt 22 Unternehmen für die Teilnahme an der Befragung gewonnen werden. Mit Rücksicht auf Anonymität und Datenschutz wurden die erhobenen Daten so anonymisiert, dass keine Rückschlüsse auf ein spezielles Unternehmen oder einen Standort zu ziehen sind. Hinzu kam ein Planungsbüro für Werksgelände, welches nicht in die Bewertung nach Branchen (s. Kapitel 4.4.1) einfluss, jedoch qualitative Hinweise zu aktuellen Prozessen und Potentialen automatisierten Fahrens auf Werksgeländen lieferte. Eine Aufteilung der durchgeführten Interviews nach Branchen ist in folgender Tabelle 5 dargestellt.

Branche	Anzahl Interviews
Systemlogistiker und Speditionen	4 Unternehmen
Produzierendes Gewerbe	7 Unternehmen
Handelsbranche	3 Unternehmen
Chemiegroßunternehmen und Chemieparkbetreiber	3 Unternehmen
Umschlagterminal KV	2 Unternehmen
Seehäfen	2 Unternehmen
Planungsbüro für Werksgelände	1 Unternehmen

Tabelle 5: Aufteilung interviewter Unternehmen

4.3. Datenauswertung

Alle vor-Ort aufgenommenen Prozesse und Daten wurden auf ihre Relevanz und Plausibilität hinsichtlich der vorliegenden Forschungsziele geprüft und für die Datenauswertung und Interpretation, aufbereitet. Unter anderem konnten aktuelle Abläufe, bisher eingesetzte Technologien, festgestellte Schwachstellen und Potentiale hinsichtlich eines hochautomatisierten oder fahrerlosen Betriebs, identifiziert werden.

In diesem Kapitel werden die aus den Bearbeitungsschwerpunkten gewonnenen Daten aufbereitet und ausgewertet sowie eine abschließende Bewertung und Einordnung des automatisierten Fahrens im innerbetrieblichen Verkehr durchgeführt. Die vorliegenden Daten bilden unter anderem die Ausgangsbasis und den Rahmen für eine wirtschaftliche / ideelle Betrachtung und Beurteilung des automatisierten Fahrens im innerbetrieblichen Verkehr, der Herleitung von logistischen Anforderungen an hochautomatisierte oder fahrerlose Fahrzeuge und / oder einer Interpretation hinsichtlich der generellen Eignung bzw. der Einführung der Technologie. Mit den gewonnenen Daten soll ein möglicher wirtschaftlicher Vorteil hochautomatisierter Nutzfahrzeuge anhand ermittelter Aspekte wie Zeit, monetärer Aufwand, logistischer Effizienz, Anwenderakzeptanz, usw. quantifiziert werden.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung von Automatisierungspotentialen bei Werksgeländen beschrieben. Die untersuchten Branchen sind Systemlogistiker und Speditionen, Umschlagterminal, Handel, Seehafen, produzierendes Gewerbe sowie Chemiegroßunternehmen und Chemieparkbetreiber. Anschließend an die zusammengefassten Ergebnisse sind die wertschöpfenden Tätigkeiten auf den jeweiligen Werksgeländen sowie die Rolle der Hoflogistik dargestellt.

4.4. Qualitative Ergebnisse der Interviews

Aus den durchgeführten Expertenbefragungen diverser Unternehmen vor Ort sowie aus der Recherche einschlägiger Fachliteratur werden die resultierenden Kernergebnisse im Folgenden dargestellt.

Für die Betreiber der Werksgelände sind Änderungen bestehender Prozessabläufe branchenübergreifend und unabhängig von der Werksgeländegröße durchaus denkbar und realisierbar, insbesondere im Hinblick auf die fahrzeugseitige Automatisierung. Abgesehen von den sich etwas unterscheidenden Denkweisen innerhalb der Branchen bezüglich der Automatisierung einzelner Prozesse, werden übergreifend grundsätzlich viele Potentiale bei der Prozessoptimierung durch Automatisierung gesehen. Über alle Branchen hinweg hat sich insbesondere der Fahrermangel als

akutes Problem herausgestellt, gleichzeitig aber auch als einer der größten Treiber für die Automatisierung. Die als am schwerwiegendsten erachteten Fehlerquellen seitens der Fahrer (nicht vorhandene bzw. mangelnde Sprachkenntnisse und Aufmerksamkeit) bestärken die positive Wahrnehmung von Automatisierungsvorhaben auf dem Werksgelände. Unter der Voraussetzung der Wirtschaftlichkeit bestehender Vorhaben werden der hohe Sicherheitszuwachs (inkl. Unfallvermeidung) sowie mögliche Effizienzsteigerungen als wesentliche Argumente für die Automatisierung gesehen. Bezogen auf die vorgestellten Szenarien innerhalb des Projektes wird bisher dem Mischbetrieb das höchste Potential zugesprochen, zukünftig auch dem vollautomatisierten Werksgelände. Eine besonders positive Einstellung zur Automatisierung des Werksgeländes konnte insbesondere bei den Systemlogistikern, Umschlagterminals und dem Handel beobachtet werden.

Für die Umsetzung von Prozessoptimierungen durch Automatisierung sind Werksgeländebetreiber grundsätzlich bereit für die Infrastruktur sowie für die Fahrzeuge zu investieren. Allerdings wird eine faire Aufwandsverteilung zwischen allen beteiligten Akteuren vorausgesetzt. Zudem gilt eine überschaubare Amortisationszeit von 3-5 Jahren für neue Technologien als eine weitere Bedingung. Im Idealfall übernehmen die Werksgeländebetreiber die Verantwortung für infrastrukturelle Investitionen, die Spediteure für Fahrzeuge, die Hersteller für die Entwicklung und der Staat für die Schaffung rechtlicher Rahmenbedingungen. Auf der Nutzenseite sollte jeder beteiligte Akteur von den Veränderungen profitieren.

Für Fortschritte in diesem Bereich ist zukünftig jedoch dringend die Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen unerlässlich, insbesondere bei der Nutzung öffentlicher Straßen seitens der Länder und im Hinblick auf die Haftungsfrage von Seiten der Versicherer, bzw. der Fahrzeughersteller. Zudem ist mit einem hohen Planungs- und Realisierungsaufwand zu rechnen, da der Fahrer, unabhängig von der Fahraufgabe selbst, teilweise viele weitere manuelle Tätigkeiten übernimmt (z. B. Ent- und Verriegeln von Containern, Öffnen der Heckklappe und / oder Seitenplane). Idealerweise müssten diese Tätigkeiten ebenfalls automatisiert werden.

Auf Basis der dargestellten Kernergebnisse des durchgeführten Projektes hinsichtlich der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr, lassen sich folgende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Einen Anhaltspunkt für die nächsten Jahre stellt die Umsetzung von Pilotprojekten bezüglich der Automatisierung von Prozessen auf dem Werksgelände dar. Während der durchgeführten Befragungen wurde mehrfach darauf verwiesen, dass ein vorangehendes Test- bzw. Pilotprojekt in kleinem Rahmen unbedingt erforderlich ist, bevor weitere Automatisierungsmaßnahmen durchgeführt werden können. Aufgrund des sehr hohen Interesses für die vorliegende Thematik eignet sich vor allem eine Kooperation mit prädestinierten

Industriepartnern aus den Branchen Handel, Umschlagsterminal (Kombinierter Verkehr) und Systemlogistiker.

- Neben der eigentlichen Fahraufgabe der Nutzfahrzeuge sollten weitere Prozessautomatisierungen in Betracht gezogen werden. Ein hohes Potential wird bei der Umsetzung technischer Lösungen für manuelle Prozesse wie z. B. automatische Twistlocks oder Hecktürenöffnungen gesehen. Weiterhin können hinsichtlich der Kommunikation von Lkw zu Werksgelände einheitliche Multi-Brand-Standards für die lokale Steuerungs- und Datenaustauschaufgaben entwickelt werden.
- Um den Wirtschaftlichkeitsaspekt zu verstärken ist es gewünscht, europäische sowie nationale Fördermöglichkeiten eingehend zu prüfen, welche das Investitionsrisiko von angestrebten Automatisierungsmaßnahmen für die Werksgeländebetreiber ausgleichen.
- Darüber hinaus sollten die Studienergebnisse für breite Kommunikationszwecke genutzt werden.

4.4.1. Spezifische Bewertung nach Branchen

Nachfolgend werden die Branchen auf Grundlage der vorangegangenen Arbeiten qualitativ und quantitativ auf Basis der durchgeführten Interviews hinsichtlich ihrer Anforderungen und Potentiale für automatisiertes Fahren auf dem Werksgelände bewertet. Hierfür wurden jeweils zwölf Parameter entwickelt und diese basierend auf den Vorergebnissen paarweise bewertet (s. Abbildung 35). Die Anforderungen beschreiben hierbei die Voraussetzungen, die Prozesskomplexität und die Güterstruktur, die bei einem Werksgelände dieser Branche typischerweise vorzufinden sind. Für die Bewertung des Potentials durch automatisierte Lkw wurden u. a. Investitionsbereitschaft, Optimierungspotentiale und die Offenheit gegenüber den in Kapitel 2.4 genannten Szenarien hinzugezogen. Die Bewertung resultiert in einer 5-stufigen Ampel, die jeweils Anforderungen und Potentiale wiedergibt.

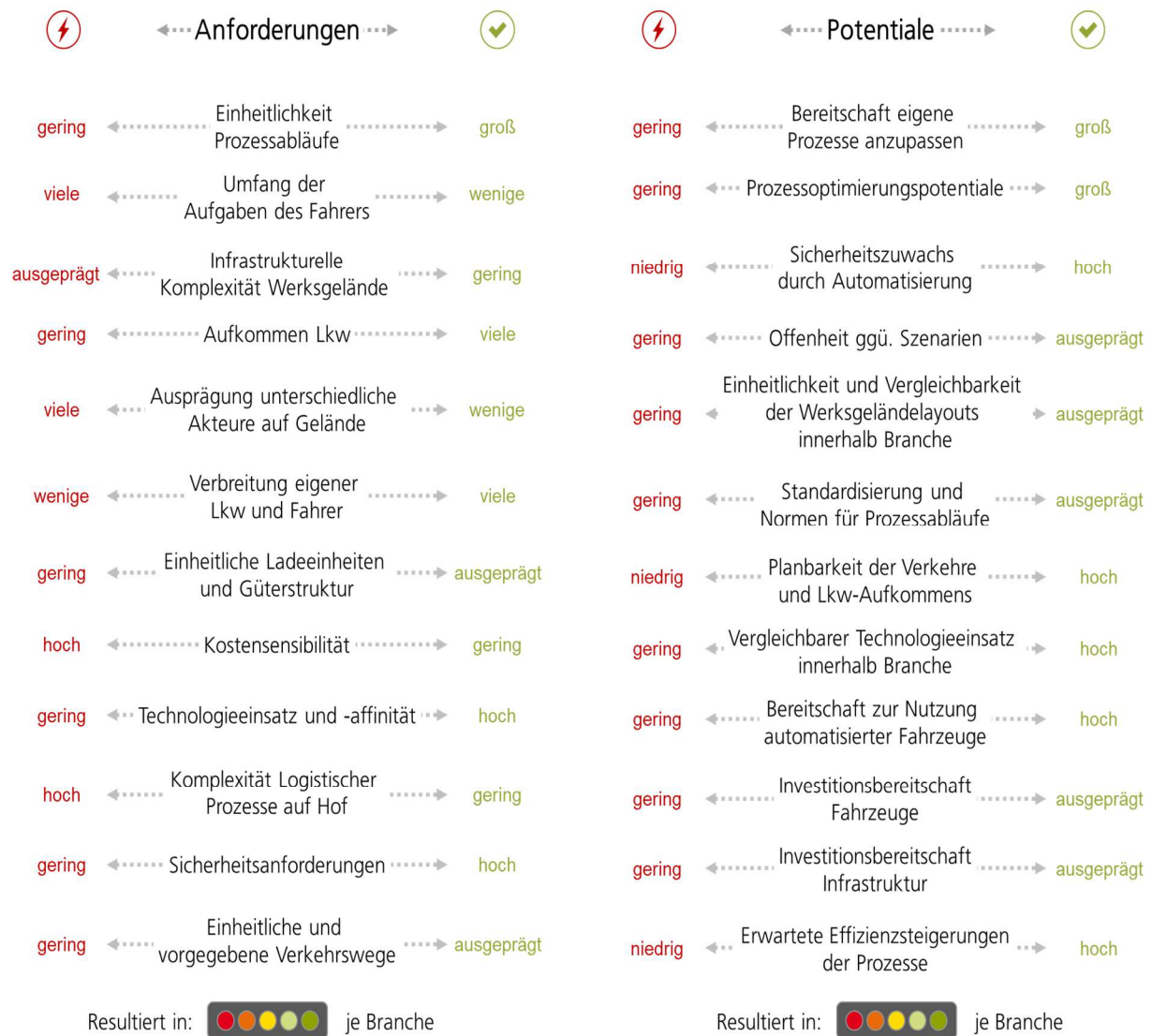


Abbildung 35: Parameter der qualitativen Bewertung

Zu beachten ist, dass eine rote und orange Ampeleinstufung bei Anforderungen und Potentialen nicht bedeutet, dass die Branche grundsätzlich ungeeignet ist, sondern dass die Umsetzung innerhalb der jeweiligen Branche (im Vergleich zu den anderen untersuchten Branchen) bei den Anforderungen schwieriger bzw. komplexer ist und / oder hinsichtlich den Potentialen geringer / eingeschränkter ausfällt.

Systemlogistiker und Speditionen

Die Untersuchung hat ergeben, dass die Branche Logistikdienstleister, bezogen auf die mögliche Automatisierung von Werksgeländen, von ihren großen Betrieben mit homogenen und standardisierten Logistikstrukturen profitiert. Es sind viele Automatisierungspotentiale und eine hohe Motivation der Akteure vorhanden. Auf der Kehrseite sind unterschiedlich strukturelle Anforderungen und branchenweit heterogene Güterstrukturen vorzufinden. Die wertschöpfenden Tätigkeiten auf

dem Werksgelände dieser Branche werden hauptsächlich durch Tätigkeiten wie Kommissionierung sowie Sortierung von Sendungen und Gütern definiert. Die Rolle der Hof-logistik umfasst dabei Tätigkeiten wie die Anlieferung, die Bereitstellung und die Abholung diverser Ladeeinheiten. Der Fokus liegt hierbei auf der Optimierung der Logistik. Daher sind alle Lösungen, die Engpässe vermeiden mit einem Business Case verbunden. Die durch Automatisierung ermöglichte optimierte Abwicklung des Werksverkehrs, insbesondere in Spitzenzeiten, stellt hierbei ein deutliches Potential dar.

Zusammenfassend ist die Automatisierung von Werksgeländen eines Systemlogistiklers durch ein sehr hohes Potential und geringe Anforderungen bei der Umsetzung gekennzeichnet. Die Bewertung der Speditionsbranche deutet hingegen auf ein mittleres Potential und komplexere Anforderungen (s. Abbildung 36).

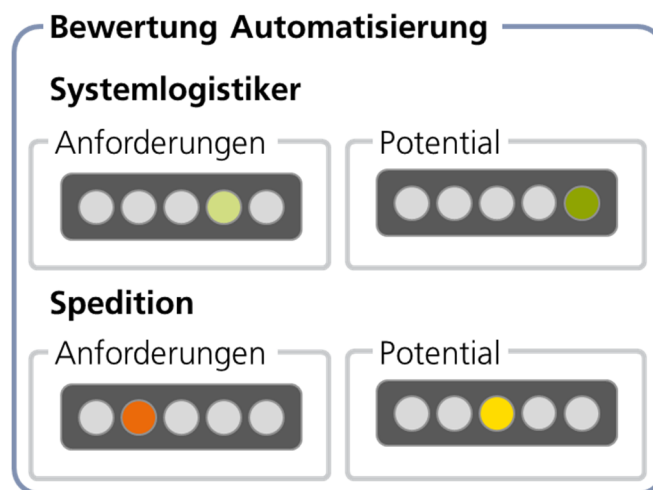


Abbildung 36: Zusammenfassende Bewertung: Systemlogistiker und Spedition

Umschlagterminal Kombierter Verkehr

Die Branche Umschlagterminal des Kombierten Verkehrs ist durch einheitliche Ladeeinheiten und Fahrwege charakterisiert. Des Weiteren ist eine hohe Motivation der Betreiber vorhanden und bestimmte Teilprozesse auf dem Gelände bereits automatisiert bzw. technisiert. Entgegen dem Automatisierungspotential stehen jedoch die teilweise chaotische Abstellung der Ladeeinheiten, die vielen eingebundenen Akteure sowie starke Auslastungsschwankungen im Tagesverlauf. Bezüglich der Wertschöpfung / Business Case ist zu sagen, dass auf dem Werksgelände der Branche Umschlagterminal des Kombierten Verkehrs größtenteils die wertschöpfende Tätigkeit des Umschlags von / zu Ladeeinheiten auf Bahn und Binnenschiff stattfindet. Zu der Rolle der Hoflogistik gehört die termingetreue An- und Ablieferung von Ladeeinheiten. Der Fokus liegt auf der Opti-

mierung der Logistik. Diese wird häufig auf den Engpass Kran, bzw. auf die Umschlaganlage fokussiert, wobei hier ein Stillstehen der Umschläge den Verlust von Einnahmen bedeutet. Daher sollte die unterbrechungsfreie Versorgung der Umschlaganlage durch eine optimal funktionierende Werksverkehrssteuerung einen wirtschaftlichen Gewinn darstellen.

Die zusammenfassende Bewertung bzgl. der Automatisierung von Werksgeländen der Branche Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs ergibt ein hohes Potential und nur geringe Anforderungen (s. Abbildung 37).



Abbildung 37: Zusammenfassende Bewertung: Umschlagterminal

Handel

Im Handel sind wenige Prozessvariationen und viele standardisierte Abläufe vorhanden. Oftmals herrschen einfache infrastrukturelle Anforderungen und wiederholende Quelle-Senke-Beziehungen. Auf der anderen Seite sind die Strukturen des Wareneingangs und -ausgangs unterschiedlich und die Fuhrparks i. d. R. extern. Bezüglich der Wertschöpfung / Business Case lässt sich die Lagerung, verbunden mit der (filial- bzw. kundengerechten) Kommissionierung von Konsumgütern unterschiedlicher Größen, als wertschöpfende Tätigkeit darstellen. Die Rolle der Hoflogistik konzentriert sich dabei auf die Anlieferung der Full Truck Loads von Herstellern (Wareneingang) und die Abfertigung der Lkw zur Filialbelieferung (Warenausgang). Der Fokus liegt auf der Lagerung.

Die zusammenfassende Bewertung bzgl. der Automatisierung von Werksgeländen der Branche Handel ergibt ein sehr hohes Potential und mittlere Anforderungen bei der Umsetzung (s. Abbildung 38).

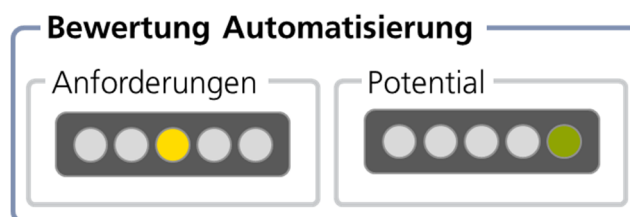


Abbildung 38: Zusammenfassende Bewertung: Handel

Seehäfen

In der Branche Seehäfen (Containerterminal) sind einheitliche Ladeeinheiten und Fahrwege, wenige Prozessvariationen sowie ein hohes Lkw-Aufkommen vorzufinden. Entgegen der Automatisierungspotentiale des Werksgeländes steht der geringe Nutzen für Terminalbetreiber zur Automatisierung betriebsfremder Lkw und viele kreuzende Verkehre, der die Bewertung des Potentials verringert. Zudem ist der Beladevorgang für die Lkw meist recht zügig, sodass vergleichsweise wenig Wartezeit entsteht. Daher fällt das Potential gegenüber anderen Branchen gering aus, obwohl prozesstechnisch die Abläufe aufgrund standardisierter Abläufe und Ladeeinheiten gute Voraussetzungen bieten. Bezüglich der Wertschöpfung / Business Case kann ausgesagt werden, dass auf dem Werksgelände der Branche Seehäfen die wertschöpfende Tätigkeit des Umschlags von Ladeeinheiten auf Seeschiffe stattfindet. Die Rolle der Hoflogistik ist, ähnlich wie bei der Branche Umschlagterminal, die termingetreue An- und Ablieferung von Ladeeinheiten. Der Fokus liegt bei der Logistik.

Die zusammenfassende Bewertung bzgl. der Automatisierung von Werksgeländen der Branche Seehäfen ergibt ein niedriges Potential und leichte Anforderungen bei der Umsetzung (s. Abbildung 39).

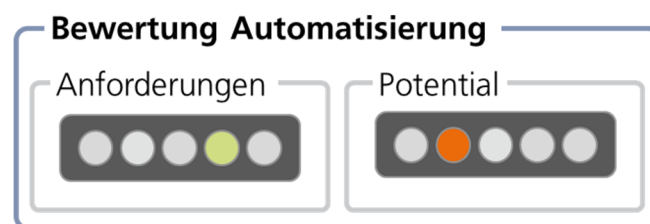


Abbildung 39: Zusammenfassende Bewertung: Seehäfen (Containerterminal)

Produzierendes Gewerbe

Die Branche des produzierenden Gewerbes zeichnet sich mit Erfahrungen im Bereich Automatisierung (Intralogistik) und einer gewissen Aufgeschlossenheit gegenüber der Automatisierung aus. Des Weiteren sind wiederkehrende Prozesse und Standardabläufe vorhanden. Dem gegenüber steht, dass die Güterstruktur sowie die Ladungsträger eher heterogen geprägt sind. Das Betriebsgelände ist oft historisch gewachsen und bietet meist wenig Fläche für die Logistik. Das Lkw Aufkommen ist im Vergleich zu anderen betrachteten Branchen eher gering, aber stark abhängig von der Art der Güter bzw. der Produkte (Volumen). Bezüglich der Wertschöpfung / Business Case ist zu sagen, dass sich das Werksgelände der Branche produzierendes Gewerbe durch wertschöpfende Tätigkeiten wie Konstruktion und Produktion von Wirtschafts- oder Gebrauchsgütern auszeichnet. Die Rolle der Hoflogistik ist hierbei die unterbrechungsfreie Ver- und Entsorgung der

Produktion. Je nach Branche liegt hier der Engpass meist bei den Produktionsanlagen. Wobei hier eines automatisierten Werksverkehrs die wichtige Aufgabe zugesprochen wird, diese optimal zu versorgen und dabei möglichst wenig Lagerhaltung erforderlich zu machen. Der Fokus liegt auf der Produktion. Die optimierte Versorgung ermöglicht eine Kosteneinsparung bei der Lagerhaltung.

Die zusammenfassende Bewertung bzgl. der Automatisierung von Werksgeländen der Branche produzierendes Gewerbe ergibt ein mittleres Potential und komplexe Anforderungen bei der Umsetzung (s. Abbildung 40).

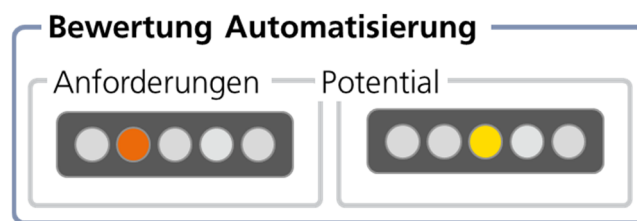


Abbildung 40: Zusammenfassende Bewertung: produzierendes Gewerbe

Industrie-/ Chemiepark

Auf dem Werksgelände der Branche Industrie-/ Chemiepark ist ein hohes Lkw-Aufkommen vorzufinden. Die Lkw-Abfertigung wird teils technologisch unterstützt. Es besteht teilweise ein hohes Engagement zur Hochautomatisierung (z. B. AGV der BASF in Ludwigshafen)¹⁰⁴. Entgegen der Automatisierungspotentiale stehen die kreuzenden Verkehre, eine komplexe Infrastruktur sowie unterschiedliche Ladeeinheiten. Demgegenüber steht das Bestreben nach einem hohen Level bezüglich der Sicherheit auf dem Werksgelände. Vorschriften zum Transport von Gefahrgut müssen beachtet werden. Oft werden die Rohstoffe hauptsächlich über Rohleitungen oder durch die Anlieferung per Bahn (Vollzüge) bezogen. Der Versand der Produkte erfolgt oft über Lkw (Tankwagen oder Tankcontainer). Bezüglich der Wertschöpfung / Business Case ist zu sagen, dass auf dem Werksgelände der Branche Chemiepark die wertschöpfende Tätigkeit der Herstellung und Veredelung chemischer Produkte stattfinden. Die Rolle der Hoflogistik umfasst dabei die sichere und bedarfsgerechte Ver- und Entsorgung der Produktion. Zusätzliche Sicherheit und Zuverlässigkeit wird durch Automatisierung hinsichtlich der Handhabung von Gefahrstoffen gesehen. Automatisierte Werksverkehre können somit helfen, die Produktion zu optimieren. Der Fokus liegt somit auf der Produktion.

¹⁰⁴ Vgl. Demuth 2017; Welt 2017.

Zusammenfassend ist die Automatisierung von Werksgeländen eines Chemiegroßunternehmens durch ein mittleres Potential und komplexe Anforderungen bei der Umsetzung gekennzeichnet. Die Bewertung des Chemieparks ergibt im Vergleich geringeres Potential und sehr komplexe Anforderungen (s. Abbildung 41).

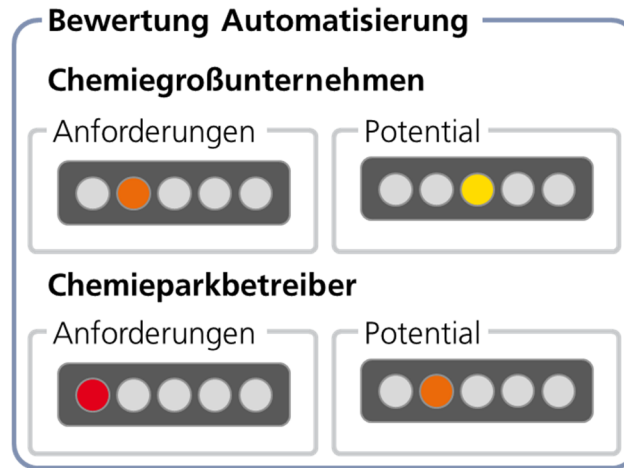


Abbildung 41: Zusammenfassende Bewertung: Chemiegroßunternehmen und Chemiepark

4.4.2. Anforderungen und Potentiale der Automatisierung von Werksgeländen

Abbildung 42 stellt die zusammengefassten Ergebnisse der Automatisierungseignung von Werksgeländen nach Branchen dar. Die horizontale Achse symbolisiert dabei die Anforderungen, welche in Pfeilrichtung von negativ zu positiv übergehen. Unter Anforderungen fällt z. B. die Einheitlichkeit der Prozessabläufe, der Umfang der Aufgaben des Fahrers, infrastrukturelle Komplexität des Werksgeländes, Lkw-Aufkommen, usw. Die vertikale Achse beschreibt das Potential, welches ebenfalls in Pfeilrichtung von negativ zu positiv übergeht. Im Potential inbegriffen ist bspw. die Nutzungs- und Investitionsbereitschaft, Prozessoptimierungspotentiale, der Sicherheitszuwachs durch Automatisierung, die Offenheit gegenüber Szenarien, etc.

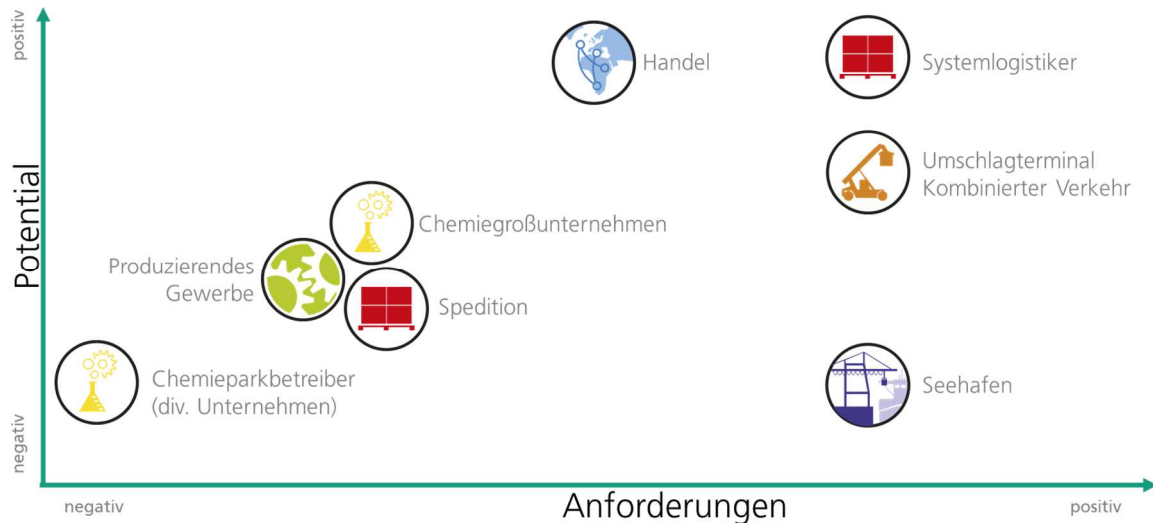


Abbildung 42: Automatisierung von Werksgeländen: Zusammengefasste Ergebnisse nach Branchen¹⁰⁵

Aus der Abbildung wird ersichtlich, dass das Potential und die Anforderungen der Branche Chemiepark (diverse Unternehmen) als negativ eingestuft sind, d. h. dass diese Branche zur Automatisierung ihrer Werksgelände eher weniger geeignet bzw. nicht empfehlenswert ist. Stattdessen sind die Branchen Handel, Systemlogistiker sowie Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs bei den Anforderungen und dem Potential als positiv eingestuft womit die Automatisierung der jeweiligen Werksgelände gut realisierbar und zu empfehlen ist. Produzierendes Gewerbe, Spedition sowie Chemiegroßunternehmen sind in beiden Kategorien als neutral bis negativ eingestuft. Die Branche Seehäfen ist zwar durch positive Anforderungen gekennzeichnet, allerdings auch durch negative Potentiale und ist daher im Einzelfall zu prüfen und zu bewerten.

4.4.3. Selbsteinschätzungen der Interviewpartner hinsichtlich Szenarienübertragbarkeit und Aufwand-Nutzen-Verhältnis

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Interviews hinsichtlich der Szenarienübertragbarkeit auf das eigene Werksgelände und des Aufwand- und Nutzenverhältnisses dargestellt.

Szenarienübertragbarkeit auf das eigene Werksgelände

Die Selbsteinschätzung der Interviewpartner zur Szenarienübertragbarkeit auf ihr eigenes Werksgelände (s. Abbildung 43) hat ergeben, dass der Mischbetrieb von Beteiligten aus allen sechs Branchen eine breite Zustimmung erhält. Ein vollautomatisiertes Gelände ist für große Werksgelände angestrebt. Befürworter des vollautomatisierten Geländes finden sich bei den Unternehmen der Branchen Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs, Systemlogistiker und

¹⁰⁵ Eigene Darstellung basierend auf Interviewergebnissen.

produzierendes Gewerbe. Szenarien wie gesonderte Fahrspuren (Handel), gesonderte Nutzungszeiten (Chemiepark) sowie getrennter Betrieb (Chemiepark, Logistikdienstleister) werden von Unternehmen der hierbei jeweils genannten Branchen bevorzugt. Grund für die eher negative Resonanz dieser drei Szenarien sind infrastrukturelle Aufwände und logistische Hindernisse. Diejenigen Branchen, die eine Übertragbarkeit dieser drei Szenarien auf ihr Werksgelände sehen, sind eher bereit zu Investitionen und baulichen Anpassungen.

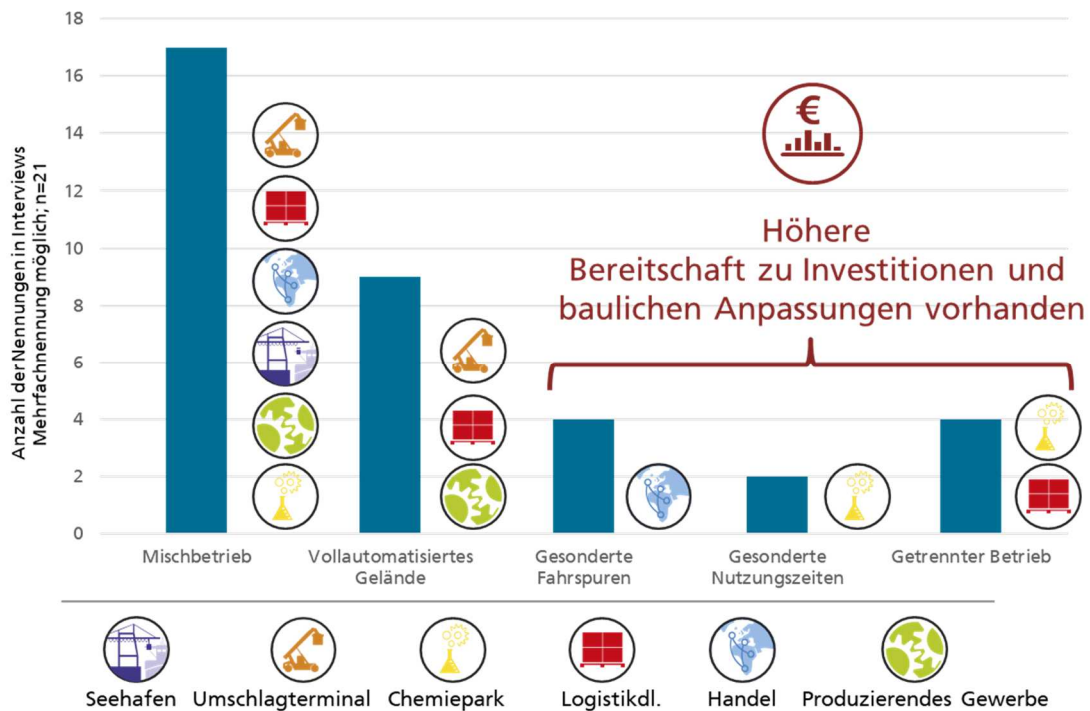


Abbildung 43: Einschätzung (Interviewpartner) Szenarienübertragbarkeit auf eigenes Werksgelände¹⁰⁶

Einschätzung zum Aufwand- und Nutzenverhältnis

Die Einschätzung zum Aufwand- und Nutzenverhältnis wird für fünf Szenarien unterschiedlich bewertet (s. Abbildung 44). Der Umsetzungsaufwand (insbesondere technologisch und infrastrukturell) wird tendenziell hoch eingeschätzt. Der Nutzen ist breiter gefächert – von niedrig (gesonderte Zeiten) über mittel (gesonderte Fahrspur und getrennter Betrieb) zu mittel bis hoch (Mischbetrieb, vollautomatisiertes Gelände). Logistische Herausforderungen werden vor allem bei gesonderten Nutzungszeiten und getrennten Fahrspuren gesehen.

¹⁰⁶ Eigene Darstellung basierend auf Interviewergebnissen.

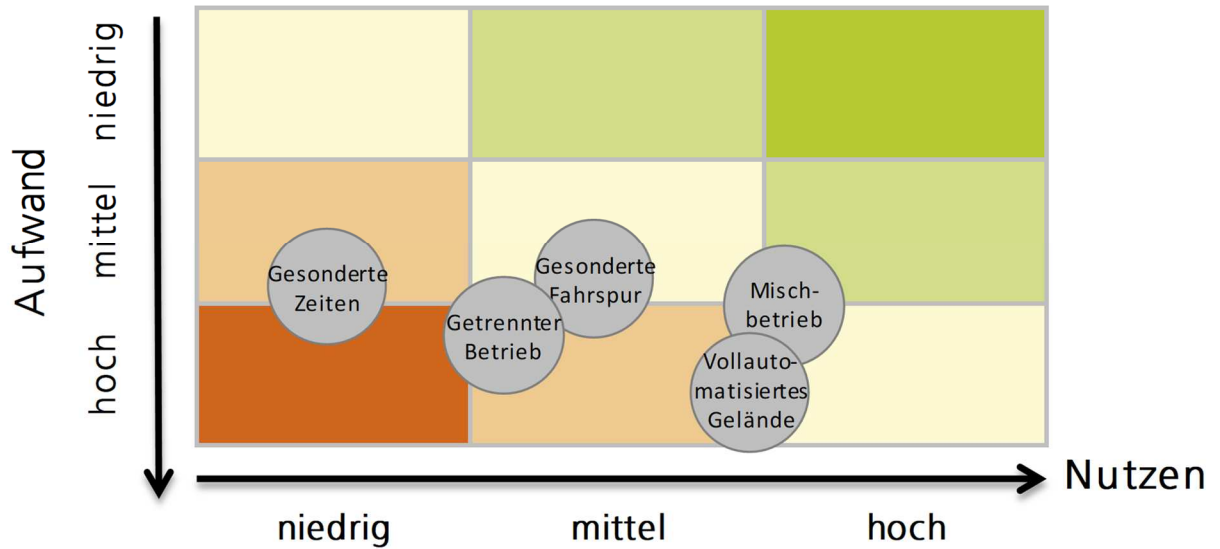


Abbildung 44: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis - Gesamt¹⁰⁷

Bei einer dezidierten Analyse der einzelnen Branchen fallen die Ergebnisse teils anders aus. Nachfolgend sind für die Branchen Logistikdienstleister (Systemlogistiker und Speditionen), Handel und Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs die Auswertungen aufgeführt. Aus der Betrachtung der branchenspezifischen Einschätzung zum Aufwand- und Nutzenverhältnis wird ersichtlich, dass für Systemlogistiker nur der Mischbetrieb und das vollautomatisierte Gelände von Nutzen sind (s. Abbildung 45). Für die Branche Handel hat der Mischbetrieb ein großes Potential (s. Abbildung 46). Grundsätzlich besteht Interesse an gesonderten Fahrspuren und einem vollautomatisierten Gelände, Investitionsbereitschaft ist ebenfalls vorhanden. Für die Branche Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs werden gesonderte Fahrspuren und ein getrennter Betrieb positiv bewertet (s. Abbildung 47). Ein Mischbetrieb sowie ein vollautomatisiertes Gelände sind ebenfalls durch ein hohes Nutzenpotential gekennzeichnet, allerdings mit Bedenken bzgl. Investitionen für Infrastruktur und Technologie.

¹⁰⁷ Eigene Darstellung basierend auf Interviewergebnissen.

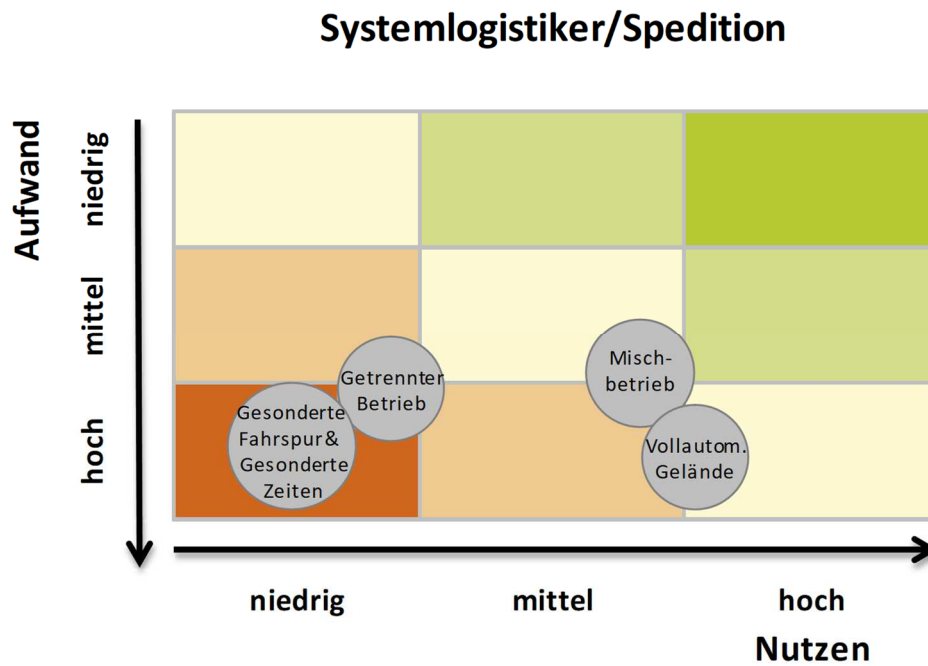


Abbildung 45: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis - Systemlogistiker/Spedition¹⁰⁸

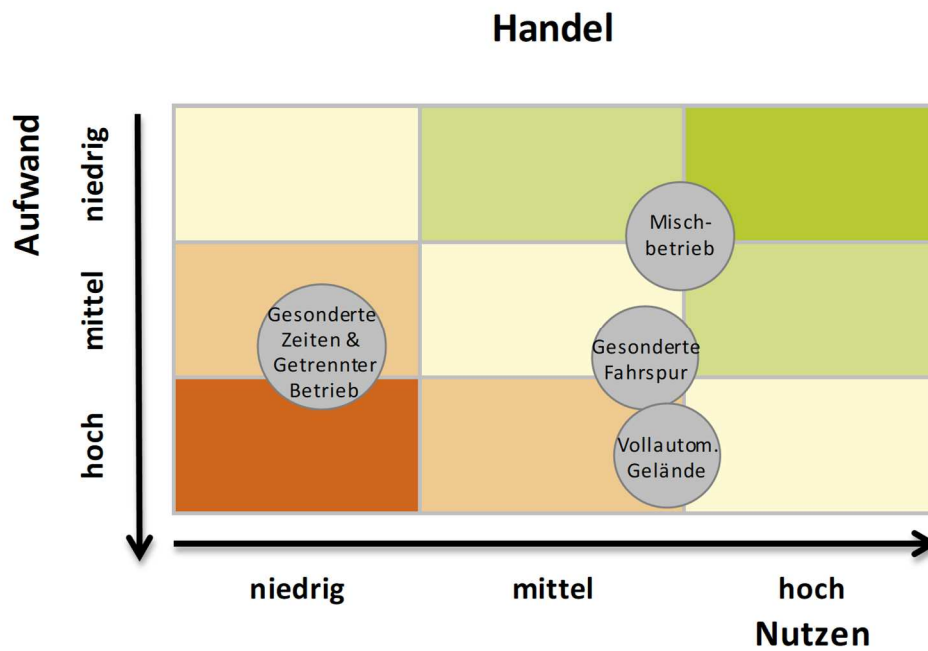


Abbildung 46: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis – Handel¹⁰⁹

¹⁰⁸ Eigene Darstellung basierend auf Interviewergebnissen.

¹⁰⁹ Eigene Darstellung basierend auf Interviewergebnissen.

Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs

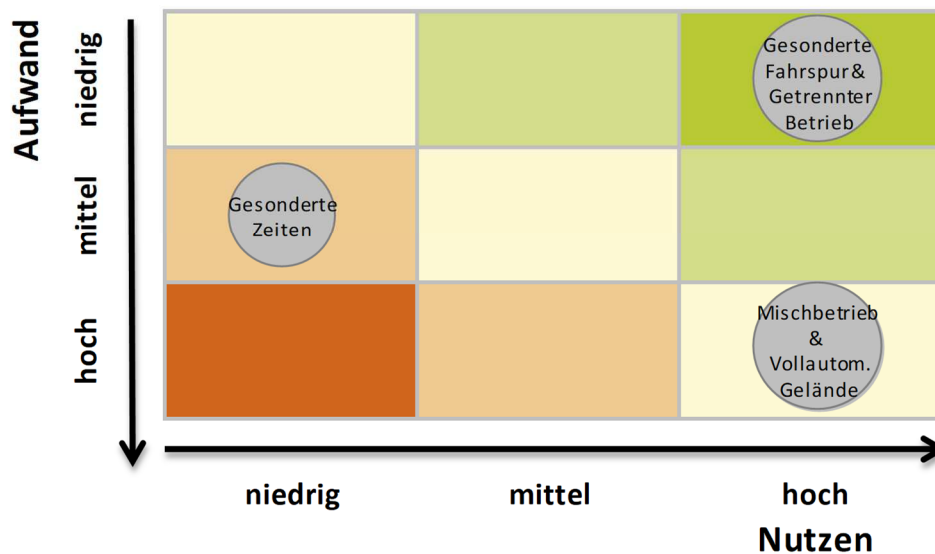


Abbildung 47: Szenarienbewertung nach Aufwand- und Nutzenverhältnis – Umschlagterminal des KV¹¹⁰

Zusammenfassend ist anzumerken, dass der Nutzen des Mischbetriebs in allen Branchen, besonders im Handel, positiv bewertet wird. Lediglich in der Branche Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs ist der Aufwand (Infrastruktur, Technologie) relativ hoch. Das vollautomatisierte Gelände ist in allen Branchen mit einem mittleren bis hohem Nutzungspotential gekennzeichnet, gleichzeitig aber mit hohem Aufwand verbunden. Gesonderte Fahrspuren und der getrennte Betrieb werden in der Branche Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs sehr positiv (hoher Nutzen, geringer Aufwand), in der Branche Logistikdienstleister jedoch sehr negativ (niedriger Nutzen, hoher Aufwand) bewertet. In der Branche Handel sind die beiden Szenarien mit mittlerem Aufwand und niedrigem bis mittlerem Nutzen gekennzeichnet. Das Szenario gesonderte Zeiten wird in allen Branchen mit niedrigem Nutzen und mittlerem bis hohem Aufwand bewertet.

¹¹⁰ Eigene Darstellung basierend auf Interviewergebnissen.

4.5. Ergebnisse der quantitativen Analyse

In den Interviews adressierte der Fragenblock vollautomatisiertes Fahren dezidierte Fragen zu erwarteten Chancen und Risiken sowie zur Investitionsbereitschaft in Fahrzeuge und Infrastruktur.

4.5.1. Chancen durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände

Automatisiertes Fahren auf dem Werksgelände bringt viele empfundene Chancen mit sich. Die Befragung der Interviewpartner hat ergeben, dass die Befragten Unfallvermeidung und Effizienzsteigerung mit jeweils 86 % als die größten Chancen angaben, gefolgt von Sicherheitszuwachs mit 71 % und Zuverlässigkeit mit 67 % (s. Abbildung 48). Eine mögliche Kostenreduzierung stellt zukünftig eine große Chance dar, erfolgt jedoch erst wenn die jeweilige Technologie länger im Einsatz ist, zu Anfang sind Investitionskosten in jedem Fall erforderlich. Daher ist die Automatisierungsentscheidung wesentlich von den Kosten abhängig. Ohne zeitnahe Kostenersparnis wird eine Anwendung und Nutzung von vernetztem und automatisiertem Fahren am Werksgelände sehr kritisch gesehen.

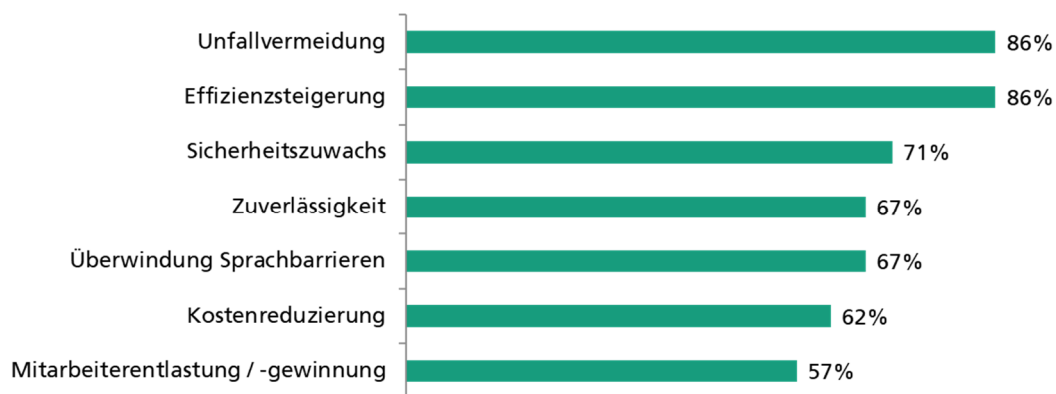


Abbildung 48: Erachtete Chancen durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände

4.5.2. Risiken durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände

Neben Chancen bringen automatisierte Fahrzeuge auch Risiken mit sich. Aus den Interviewbefragungen haben sich drei Top-Risiken herauskristallisiert: Rechtliche Herausforderungen (76 %), Kosten (62 %) und Technologieabhängigkeit (52 %). Rechtliche Herausforderungen und insbesondere Haftungsfragen müssen vor der Einführung geregelt sein. Gefordert werden geltende Standards für Deutschland und Europa. Des Weiteren wird ein hoher Fokus auf Wirtschaftlichkeit und Amortisation gelegt. Als zusätzliches Risiko werden ebenso die Herausforderungen gesehen, die aus der Implementierung von ggf. notwendiger IT-Infrastruktur (43 %) und der damit verbundenen Komplexität des Systems (29 %) entstehen. Außerdem wird befürchtet, dass bspw. kein

Anbieterwechsel möglich ist und dass qualifiziertes Personal fehlt, um Fahrzeuge ohne Führerstand im Bedarfsfall zu bewegen.

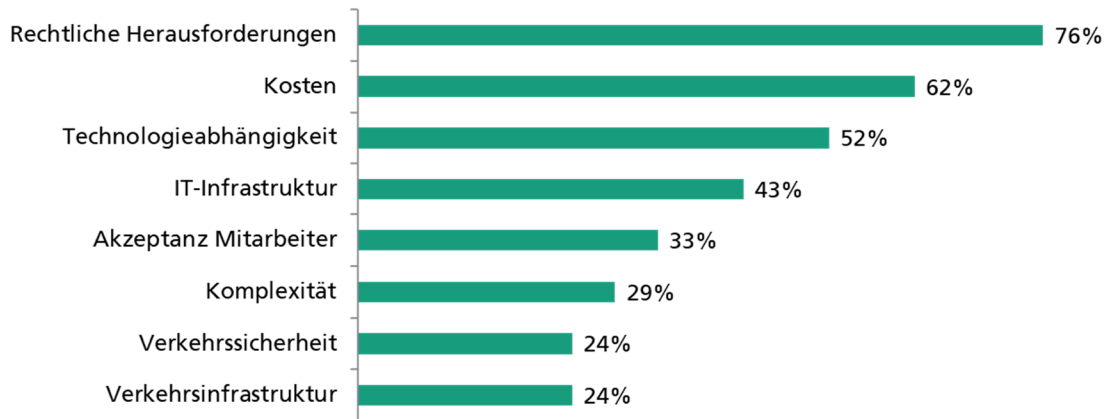


Abbildung 49: Erachtete Risiken durch automatisierte Fahrzeuge auf dem Werksgelände

4.5.3. Bereitschaft der Nutzung autonomer / ferngesteuerter Fahrzeuge

Die Ergebnisse der quantitativen Analyse, aus dem Fragenblock zu vollautomatisiertem Fahren, zeigen, wie hoch die Bereitschaft der Nutzung autonomer bzw. ferngesteuerter Fahrzeuge ist. Aus Abbildung 50 ist zu entnehmen, dass die Befragten im Hinblick auf die Nutzung autonomer Fahrzeuge eine sehr hohe (76 %) bzw. hohe Bereitschaft (14 %) angaben. Voraussetzungen sind hier insbesondere die Wirtschaftlichkeit (Business Case) sowie eine zügige Amortisation der Kosten. Nur 5 % gaben jeweils eine mittlere bzw. niedrige Bereitschaft an. Autonome Fahrzeuge seien nur relevant, wenn die Notwendigkeit besteht (bspw. bei einzelnen Prozessen, durch Verordnungen seitens des Staates oder durch Fahrermangel). Bezüglich ferngesteuerten Fahrzeugen, die zentral von einem technischen System der Geländeinfrastruktur gesteuert werden, gaben die Befragten eine sehr hohe (52 %) bzw. hohe Bereitschaft (10 %) an. Voraussetzungen sind hier ebenfalls die Wirtschaftlichkeit und eine zügige Amortisation. 14 % gaben eine mittlere, 5 % eine niedrige Bereitschaft an. Grund hierfür sind das komplizierte Handling bei Stoßzeiten und keine vorhandene Einsparung bei bestimmten Fahrzeugen. Rund 19 % gaben keine Bereitschaft an, da ferngesteuerte Fahrzeuge für sie nur eine Zwischenstufe darstellen, eine hohe Relevanz der Haftungsfrage vorhanden ist und Personal auch weiterhin noch benötigt wird.

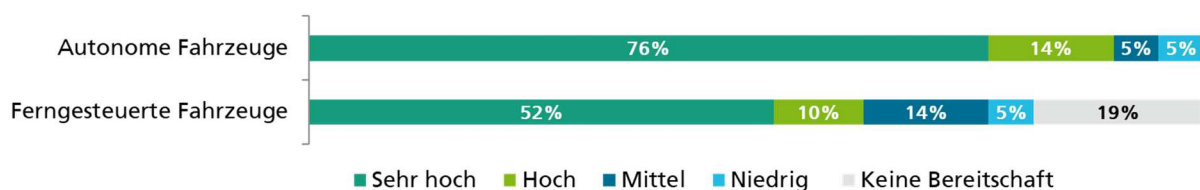
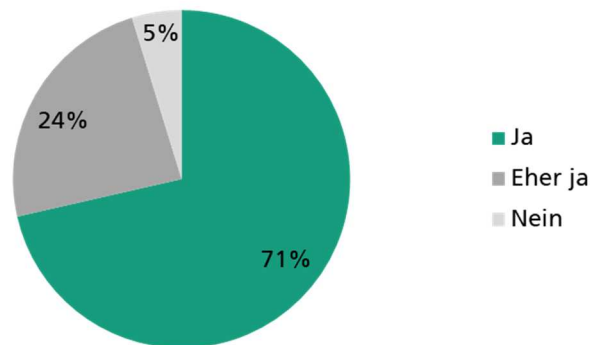


Abbildung 50: Bereitschaft autonome / ferngesteuerte Fahrzeuge zu nutzen

4.5.4. Bereitschaft zu Investitionen in Infrastruktur und Fahrzeugausstattung

Ein weiterer Analysepunkt des Fragebogens war, ob in diesem Zusammenhang eine Bereitschaft zur Investition besteht, um die Potentiale des vollautomatisierten Verkehrs nutzen zu können. Differenziert werden dabei Investitionen in die Infrastruktur des Werksgeländes und in die Ausstattung der Fahrzeuge (s. Abbildung 51). Bezüglich der infrastrukturellen Investitionsbereitschaft antworteten 71 % der Befragten mit „ja“ und 24 % mit „eher ja“. Rund 5 % zeigten keine Bereitschaft zu investieren, da sie nur bei gezwungenem Handlungsbedarf (z. B. im Fall von Verordnungen durch das Land) investieren würden und lange Entscheidungswege bzw. ein hoher Abstimmungsbedarf mit diversen Akteuren besteht. Bezüglich der Investitionsbereitschaft in die Fahrzeugausstattung stimmten 52 % mit „ja“ und 24 % mit „eher ja“. Rund 24 % sind nicht bereit zu investieren, weil kein eigener Fuhrpark besteht – die anfallenden Kosten für die Fahrzeugausstattung müssten Speditionen selber tragen. Nur bei gezwungenem Handlungsbedarf, im Hinblick auf die Konsequenzen des Fahremangels oder bei essentieller Notwendigkeit für bestimmte Prozesse, würden diese Unternehmen in die Fahrzeugausstattung investieren.

Investitionsbereitschaft im Hinblick auf die Infrastruktur des Werksgeländes



Investitionsbereitschaft im Hinblick auf die Ausstattung des Fahrzeuges

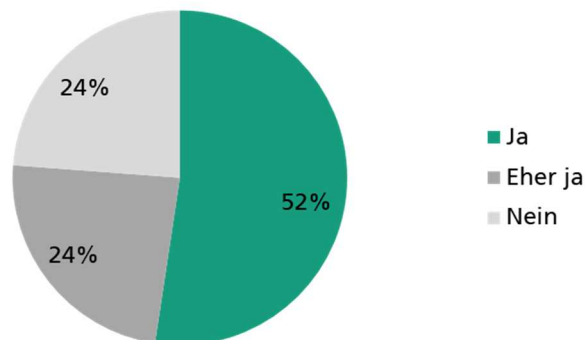


Abbildung 51: Investitionsbereitschaft in Infrastruktur und Fahrzeugausstattung

4.5.5. Automatisierte Lkw auf Werksgeländen

Abgeleitet aus den Interviewergebnissen wurden ein Anforderungskatalog sowie die Treiber der Automatisierung auf dem Werksgelände identifiziert.

Anforderungskatalog

Für autonome Lkw auf Werksgeländen sind verschiedene Anforderungen zu erfüllen. Basierend auf den Ergebnissen der Interviews wurde ein Anforderungskatalog erstellt. Dabei werden die vier Elemente

- Fahrzeugfunktionalitäten (mindestens),
- Betreiber der Werksgelände,
- Infrastruktur (Werksgelände) und
- Werkslogistik

betrachtet.

Anforderungen im Bereich der Fahrzeugfunktionalitäten sind Technologien für die Bewältigung der Fahraufgabe (z. B. kreuzende Verkehre, Baustellen, Navigation), Technologien zur Bewältigung spezifischer Prozesse (z. B. Anfahrt der Ladestelle, Be- & Entladung, Rangierfahrten), die Automatisierung gegenwärtiger manueller Fahrtätigkeiten (z. B. Hecktüren, Seitenplanen, Twist-Looks) sowie die Schnittstelle Fahrzeug-Werksgelände zur Datenkommunikation (z. B. zur Anmeldung, Fahrweg- und Ladestellezuweisung).

Anforderungen seitens der Betreiber der Werksgelände sind, dass Automatisierungen zu Effizienzsteigerungen (Prozesse) führen, Investitionen sich zügig amortisieren, die Klärung rechtlicher Rahmenbedingungen (Haftung) erfolgt, sowie dass die Bereitschaft des Personals zur Nutzung automatisierter Fahrzeuge und zur Veränderung bestehender Prozesse vorhanden ist.

Die Infrastruktur (Werksgelände) umfasst Anforderungen wie einheitliche Fahrwege und Verkehrsführungen (Einbahnstraßen oder zweispurig), die Investitionsbereitschaft, die Änderung der Flächennutzung bzw. eine Vergrößerung des Werksgeländes sowie die Schnittstelle zwischen dem Werksgelände und dem Fahrzeug zur Datenkommunikation.

Zu den Anforderungen der Werkslogistik gehören umfangreiche Sicherheitsprüfungen und -unterweisungen der Lkw-Fahrer, Fahrzeuge und Güter, einheitliche und regelmäßige Prozessabläufe, einheitliche Fahrzeuge oder Ladeeinheiten sowie wenige kreuzende Verkehre (z. B. Gabelstapler, Reachstacker).

In folgender Abbildung 52 sind die Anforderungen zusammenfassend dargestellt.

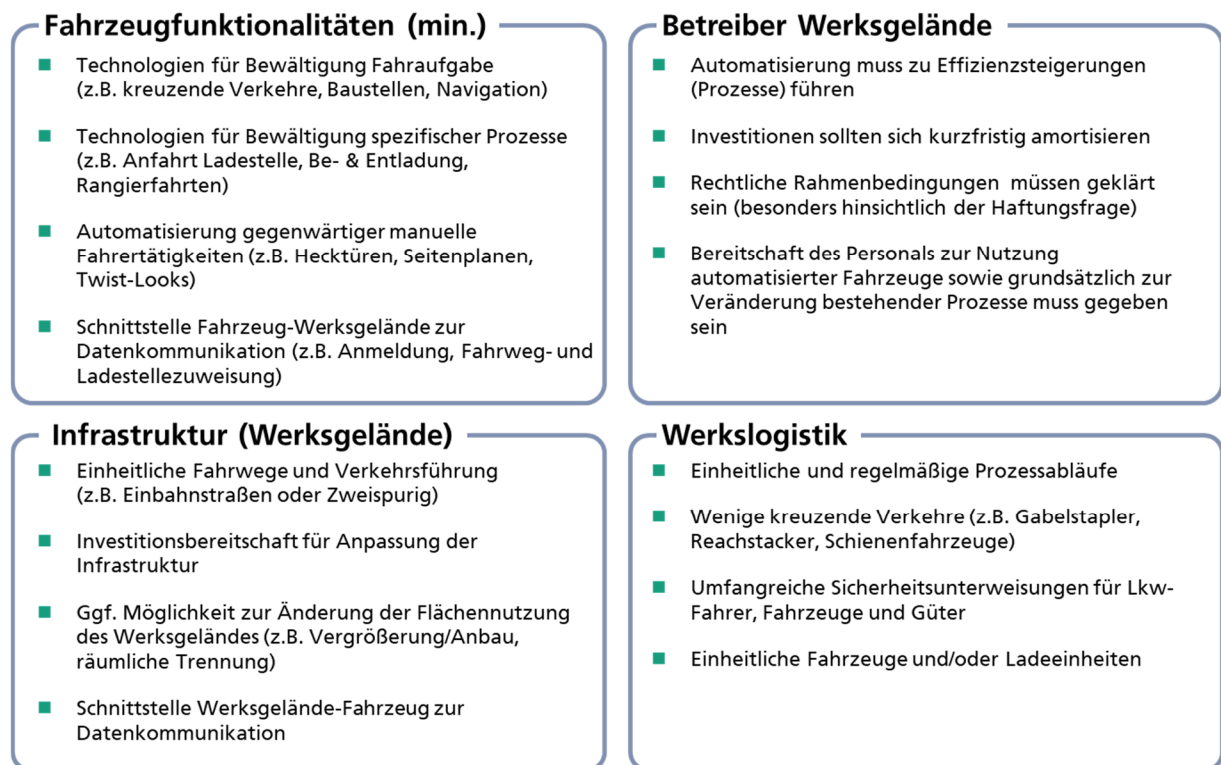


Abbildung 52: Anforderungen für die Implementierung automatisierter Lkw auf Werksgelände

Identifizierte Treiber für Automatisierung

Zu den identifizierten Treibern für eine Automatisierung der Lkw-Verkehre auf Werksgeländen gehören verschiedene Faktoren – hierbei unter anderem das Lkw-Aufkommen, die Homogenität von Lkw und Gütern (Ladeeinheiten) sowie die Verbreitung eigener Lkw. Prozessrelevante Treiber sind die Prozesseffizienz und die Einheitlichkeit der Prozessabläufe. Außerdem wächst mit der Automatisierung die Sicherheit, der Verkehr wird entlastet und dem Fahrermangel wird vorgebeugt. Weitere Treiber sind klare rechtliche Vorgaben (insbesondere bzgl. der Haftung), die Investitionsbereitschaft, die Kosten für Fahrzeuge und Infrastruktur sowie der werksseitige Implementierungsaufwand.

4.5.6. Prozessvergleich Werksgelände

Auf dem Werksgelände der verschiedenen Branchen sind folgende Prozesse untersucht worden:

- Werkseinfahrt,
- Vorstauffläche,
- Fahrt zur Ladestelle,
- Be-/ Entladen,
- Ladeinheit absetzen / aufnehmen,
- Gütervollständigkeitsprüfung,

- Transportsicherung,
- Dokumentation,
- Werksausfahrt und
- vorhandene Besonderheiten.

Die Auswertung und der Prozessvergleich (vgl. Abbildung 53) der Werksgebiete hat ergeben, dass die Werkseinfahrt und -ausfahrt nur bei Logistikdienstleistern sowie bei kleineren Unternehmen des produzierenden Gewerbes teils offen sind. In allen anderen Branchen sind diese Prozesse i. d. R. überwacht. Die Vorstauffläche für Lkw ist beim Umschlagterminal und Chemiepark meist groß, in den anderen Branchen eher verhältnismäßig klein. Die Dauer der Fahrt zur Ladestelle ist nicht einheitlich und findet sowohl kurz (Umschlagterminal Kombiniertes Verkehr), mittel (Handel, Seehafen), lang (Chemiepark) und auch oft mehrmalig (Logistikdienstleister, Seehafen, produzierendes Gewerbe) statt. Logistikdienstleister, produzierendes Gewerbe und Handel sind durch häufige Be- und Entladeprozesse und heterogene Güterstrukturen gekennzeichnet. Die Gütervollständigkeitsprüfung, die Transportsicherung sowie die zugehörige Dokumentation sind in allen sechs Branchen vorzufinden. Zusätzliche Besonderheiten bei den Prozessen auf dem Werksgebiet sind die Zollgestellung beim Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs und bei den Seehäfen, sowie das vorkommende Anfahren verschiedener Lade-stellen beim produzierenden Gewerbe und die parallelen Prozesse beim Chemiepark.







	Werkseinfahrt	Vorstaufläche	Fahrt Ladestelle	Be-/Entladen	LE Absetzen / Aufnehmen	Gütervollständigkeitsprüfung	Transportsicherung	Dokumentation	Werksausfahrt	Besonderheit
	Offen / teils überwacht	Klein	Mehrmalig	Häufig, Güter heterogen	häufig	Ja	Ja	Ja	Offen / teils überwacht	
	Überwacht	Groß	Kurz	-	häufig	Ja	Ja	Ja	Überwacht	Zoll-gestellung
	Überwacht	Klein	Mittel	häufig	Teils	Ja	Ja	Ja	Überwacht	
	Überwacht	Klein	Kurz, Mehrmalig	-	häufig	Ja	Ja	Ja	Überwacht	Zoll-gestellung
	Offen / teils überwacht	Klein	Mehrmalig	Häufig, Güter heterogen	Teils	Ja	Ja	Ja	Offen / teils überwacht	Oft mehrere Ladestellen
	Überwacht	Groß	Lang	Häufig, Gefahrgut, Güter heterogen	Teils	Ja	Ja	Ja	Überwacht	Parallele Prozesse

Abbildung 53: Prozessvergleich: Werksgelände der verschiedenen Branchen

5. Abschließende Bewertung und Fazit

Das zugrundeliegende Projekt hat sich mit der Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr beschäftigt. Im Folgenden werden die Kernaussagen der Interviews zusammengefasst, sowie ein Fazit und Handlungsempfehlungen für Unternehmen der Automobilindustrie ausgesprochen.

5.4. Kernaussagen der Interviews

Durch die geführten Interviews lassen sich übergreifende Kernaussagen ableiten, die sich als Konsens aus den Untersuchungen schlussfolgern lassen.

Fahrermangel: Über alle Branchen hinweg hat sich der Fahrermangel als ein akutes Problem herausgestellt und stellt einen bedeutenden Treiber der Automatisierung dar. Besonders problematisch ist, dass der Fahrer oft weitere manuelle Nebentätigkeiten, unabhängig von der Fahraufgabe (z. B. Entriegeln, Verriegeln, Öffnen der Heckklappe, Öffnen der Seitenplane, etc.) übernimmt. Hier könnte unter gewissen angepassten Rahmenbedingungen die Lenkzeit des Lkw-Fahrers für diese Hauptaufgabe theoretisch optimaler genutzt werden. Ob bzw. wie dabei auch die Rahmenbedingungen für die Lenk- und Ruhezeiten oder auch das Arbeitsrecht beeinflusst werden müssten wäre zu prüfen, ebenso wie die realen Auswirkungen in der Praxis. Ein weiteres Optimierungspotential könnte sich ergeben, wenn ein Lkw-Fahrer direkt nach der Ankunft an der Ladestelle in ein anderes Fahrzeug umsteigt und sich somit auch gleich wieder auf die Fahrt begibt. Die inzwischen wertvolle Ressource Lkw-Fahrer würde somit effektiver nutzbar gemacht. Aber in der Praxis erscheint dieses Szenario allerdings in nur in wenigen Fällen als realistisch, da die Fahrer in der Regel ihr Zugfahrzeug behalten.

Prozesse: In Bezug auf einzelne Prozesse werden grundsätzlich Prozessoptimierungen und das daraus entstehende Automatisierungspotential, gesehen. Es sind einige Variationen innerhalb der Branchen vorhanden. Die Änderung bestehender Prozessabläufe ist für Betreiber der Werksgebiete hierbei möglich und realisierbar. Müssen aber einem wirtschaftlichen Nutzen gegenüberstehen.

Barrieren: Hinsichtlich vorhandener Hürden sehen die Unternehmen rechtliche Rahmenbedingungen aktuell noch als unzureichend geklärt – vor allem hinsichtlich der Haftungsfrage bei z. B. Schäden an Gebäuden oder Produktionsmitteln. Auch die noch vorhandene Unsicherheit bzw. Unklarheit, wie sich ein fahrerloser Betrieb technisch gestaltet, wirft Fragen auf oder führt gar zu einer ablehnenden Haltung. Insbesondere offene Fragen wie z. B. eine Übergabe der Steuerung des Fahrzeugs stattfinden soll, oder auch welche Infrastruktur dafür erforderlich ist, tragen zu

kritischen Haltungen bei. Eine beispielhafte Demonstration eines Anwendungsfalls oder eine mögliche Besichtigung einer technischen Umsetzung in einem Testfeld würden hier Verständnis und Vertrauen schaffen können.

Szenarienübertragbarkeit: Im Vergleich der verschiedenen Szenarien und dessen Aufwand-Nutzenverhältnissen wird ein Mischbetrieb auf dem Gelände als Ideallösung angesehen. Die meisten anderen Szenarien erfordern einen zu hohen Aufwand in der logistischen Abwicklung oder in der zusätzlichen Bereitstellung wertvoller Flächen. Zu einem späteren Zeitpunkt, bei fortgeschrittener technischer Entwicklung bzw. Durchdringung wird in dem Szenario „vollautomatisiertes Gelände“ ein großes Potential gesehen.

5.5. Fazit und Handlungsempfehlungen für die Automobilindustrie

Die Studienergebnisse zeigen, dass die fahrzeugseitige Automatisierung branchenübergreifend und unabhängig von der Betriebsgröße von großem Interesse ist. Des Weiteren werden der Sicherheitszuwachs, die Unfallreduzierung sowie der Zuverlässigkeitsgewinn bei absehbarer Wirtschaftlichkeit als wesentliche Chance angesehen. Auf Seiten der Werksgeländebetreiber (Fahrzeug und Infrastruktur) ist eine Investitionsbereitschaft vorhanden, hierbei ist eine faire Verteilung zwischen den beteiligten Akteuren gewünscht. Idealerweise ist allerdings die Fahrzeugtechnologie so weit entwickelt, dass möglichst wenig Investitionen und Anpassungen bezüglich der Infrastruktur erforderlich sind. Europäische sowie nationale Fördermöglichkeiten für Werksgeländebetreiber bezüglich der Unterstützung für ggf. erforderliche Investitionen bzw. zur Prüfung eines ausgleichenden Kosten-Nutzen-Verhältnisses könnten helfen die Unsicherheiten oder die diesbezüglichen Risiken zu entschärfen. Eine Diskussion, in der die Frage aufkommt ob es zuerst Sinn macht in höhere Kosten für Fahrzeuge zu investieren und dann die diesbezügliche Infrastruktur aufzubauen, oder vice versa, könnte damit entschärft werden. Als besonders geeignete Branchen erscheinen vorerst Umschlagterminals des Kombinierten Verkehrs, die Systemlogistiker und der Handel.

Abschließend lassen sich einige Handlungsempfehlungen für OEMs ableiten. Zum einen sollte die Umsetzung von Pilotprojekten in Kooperation mit prädestinierten Industriepartnern (Handel, Umschlagterminal des Kombinierten Verkehrs, Systemlogistik) geprüft werden. Des Weiteren wären wahrscheinlich auch vorzeigbare Testfelder zum Begreifen der Potentiale und zum Erkennen von hilfreichen Anpassungen in diesem Umfeld eine Basis für eine breite Akzeptanz. Auch Multi-Brand Standards für die Kommunikation von Lkw zu Werksgeländen bzw. für eine ggf. lokale Steuerung würden die Akzeptanz wahrscheinlich positiv beeinflussen. Daneben sollten in die Entwicklungen auch technische Lösungen für manuelle Nebenprozesse (Automatische Twistlocks, Hecktürenöffnungen, etc.) mit einbezogen werden.

Literaturverzeichnis und weitere Internetquellen

ADAC Markt- und Meinungsforschung (2016): ADAC-Umfrage "Autonomes Fahren". ForschungsWerk GmbH. Online verfügbar unter https://www.adac.de/_mmm/pdf/Umfrage%20Autonomes%20Fahren%20Nov%202016%20adac.de_281295.pdf, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai (Hg.) (2008): Handbuch Logistik. 3., neu bearb. Aufl. Berlin: Springer (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72929-7>.

auto.de (2017): Drive me: Familien testen autonome Systeme von Volvo. Online verfügbar unter <http://www.auto.de/magazin/drive-familien-testen-autonome-systeme-von-volvo/>, zuletzt geprüft am 14.06.2018.

Autogazette.de (2017): Neuer Nissan Leaf teilautonom unterwegs. <https://www.facebook.com/autogazette>. Online verfügbar unter <http://www.autogazette.de/nissan/leaf/neuwagen/neuer-nissan-leaf-teilautonom-unterwegs-623408.html>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Automobilwoche (2017): Entwicklung des autonomen Fahrens: Mercedes sammelt Daten in China und Südafrika. Online verfügbar unter <https://www.automobilwoche.de/article/20170914/AGENTURMELDUNGEN/309129847/mercedes-sammelt-daten-in-china-und-sudafrika>.

Autonomes Fahren & Co (2016): Mercedes-Benz Vision Van. Online verfügbar unter <http://www.autonomes-fahren.de/mercedes-benz-vision-van/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Baumann, Uli (2015): MERCEDES FUTURE TRUCK 2025. Autonome Premiere auf der A8. auto motor und sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/news/mercedes-future-truck-2025-autonom-in-die-zukunft/>, zuletzt aktualisiert am 02.10.2015, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Baumann, Uli; Hebermehl, Gregor (2018a): Marktführerschaft bei autonomem Fahren angestrebt. INTEL ARBEITET MIT GOOGLE-TOCHTER WAYMO ZUSAMMEN. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/news/intel-waymo-kooperation-autonomes-fahren/>.

Baumann, Uli; Hebermehl, Gregor (2018b): TESLA SEMI-TRUCK -ELEKTRO-LKW FÜR 2019. 800 Kilometer im elektrischen Sattelschlepper? auto motor und sport. Online verfügbar unter <https://www.auto-motor-und-sport.de/tuning/tesla-semi-truck-2017-daten-fotos-marktstart-des-elektro-lkw/>, zuletzt aktualisiert am 05.01.2018, zuletzt geprüft am 14.06.2018.

Berlin, Claas (2017): Continental zeigt Mobilitätskonzept BEE. Online verfügbar unter <http://www.car-it.com/continental-zeigt-mobilitaetskonzept-bee/id-0052738>.

Beutnagel, Werner (2017): Waymo dominiert autonomes Fahren. Online verfügbar unter <http://www.car-it.com/waymo-dominiert-autonomes-fahren/id-0052479>.

Brinkmann, Birgitt (2005): Seehäfen. Planung und Entwurf. Berlin, Heidelberg: Springer. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=324538>.

Bundesagentur für Arbeit; HDE (2017): Anzahl der Beschäftigten im Einzelhandel in Deutschland nach Beschäftigungsform in den Jahren 2004 bis 2016. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/6306/umfrage/entwicklung-der-beschaeftigten-zahl-im-einzelhandel-seit-2000/>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2011): Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusnV) (§ 6, Abs. 2.). Online verfügbar unter https://www.gesetze-im-internet.de/lkw_berlstavausnv/LKW%C3%9CberlStVAusnV.pdf.

Cacilo, Andrej (Fraunhofer IAO); Schmidt, Sarah (Fraunhofer IAO); Wittlinger, Philipp (Fraunhofer IAO); Herrmann, Florian (Fraunhofer IAO); Bauer, Wilhelm (Fraunhofer IAO); Sawade, Oliver (Fraunhofer FOKUS) et al. (2015): HOCHAUTOMATISIERTES FAHREN AUF AUTOBAHNEN – INDUSTRIEPOLITISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN. Dienstleistungsprojekt 15/14 Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. Stuttgart. Online verfügbar unter https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/H/hochautomatisiertes-fahren-auf-autobahnen.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

Clausen, Uwe; Vastag, Alex; Buchholz, Jonas (Hg.) (1998): Handbuch der Verkehrslogistik. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg (Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungen). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-07705-4>.

Continental (2018): Automatisiertes Fahren. Automated driving - die Zukunft schon heute. Online verfügbar unter <https://www.continental-corporation.com/de/produkte-und-innovationen/innovationen/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren-11958>.

Continental AG (2015): Mobilitätsstudie 2015. Autofahren 2020 - Vernunft oder Emotion? Online verfügbar unter <https://www.continental-corporation.com/resource/blob/12728/6259058bd7046da72638b19d8af4c112/mobistud2015-praesentation-de-data.pdf>, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

Daimler (2017): Schneeräumen auf dem Flugfeld: Automatisierte Mercedes-Benz Arocs machen den Weg frei. Stuttgart / Bad Sobernheim. Online verfügbar unter <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Schneeraeumen-auf-dem-Flugfeld-Automatisierte>

Mercedes-Benz-Arocs-machen-den-Weg-frei.xhtml?oid=29890415, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

Daimler (2018a): Autonomer Pionier. Mercedes-Benz Future Truck 2025. Hg. v. Daimler. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/innovation/autonomes-fahren/mercedes-benz-future-truck.html>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Daimler (2018b): Der Mercedes-Benz Vision Van. Intelligent vernetztes Zustellfahrzeug der Zukunft. Hg. v. Daimler. Online verfügbar unter <https://www.daimler.com/innovation/specials/vision-van/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Demuth, Ralf (2017): Transponder AGV bei BASF Ludwigshafen. Hg. v. Götting KG. Ludwigshafen. Online verfügbar unter <https://www.goetting.de/news/2017/agv-tankcontainer-basf-vdl>, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

DHL Trend Research (2016): LOGISTICS TREND RADAR. Online verfügbar unter http://www.dhl.com/content/dam/downloads/g0/about_us/logistics_insights/dhl_logistics_trend_radar_2016.pdf.

Dirscherl, Hans-Christian (2017): Ausprobiert: Fahrt im Roboter-Taxi und autonomes Einparken im Parkhaus. Online verfügbar unter <https://www.pcwelt.de/a/ausprobiert-fahrt-im-roboter-taxi-und-autonomes-einparken-im-parkhaus,3448121>.

Doll, Nikolaus; Vetter, Philipp (2017): Für autonomes Fahren gibt es ein großes Hindernis. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/wirtschaft/article168550776/Fuer-autonomes-Fahren-gibt-es-ein-grosses-Hindernis.html>.

Dörner, Stephan (2017): Nvidia-Kooperation: Volvo will autonome Autos bis 2021 auf die Straße bringen. Online verfügbar unter <http://t3n.de/news/nvidia-volvo-833894/>.

DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (2015a): Zahlen · Daten · Fakten aus Spedition und Logistik. Bonn. Online verfügbar unter [https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/6CFE028FC9D5A06BC1257E5B003C8189/\\$file/DSLV_Zahlen-Daten-Fakten_2015-Downloadversion.pdf](https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/6CFE028FC9D5A06BC1257E5B003C8189/$file/DSLV_Zahlen-Daten-Fakten_2015-Downloadversion.pdf), zuletzt geprüft am 07.12.2017.

DSLV Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (2015b): Zahlen · Daten · Fakten aus Spedition und Logistik. Bonn. Online verfügbar unter [https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/6CFE028FC9D5A06BC1257E5B003C8189/\\$file/DSLV_Zahlen-Daten-Fakten_2015-Downloadversion.pdf](https://www.dslv.org/dslv/web.nsf/gfx/6CFE028FC9D5A06BC1257E5B003C8189/$file/DSLV_Zahlen-Daten-Fakten_2015-Downloadversion.pdf), zuletzt geprüft am 07.12.2017.

ecomento.de (2017): Renault, Nissan & Mitsubishi planen Elektroauto-Großangriff. <https://www.facebook.com/ecomento.de>. Online verfügbar unter <https://ecomento.de/2017/09/21/renault-nissan-und-mitsubishi-planen-elektroauto-grossangriff/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Eiband, Agnes (2014): Methode zur Ermittlung der Verlagerungsoptionen von Straßentransporten auf den kombinierten Verkehr. Zugl.: Dortmund, Techn. Univ., Diss., 2014. Dortmund: Verl. Praxiswissen (Logistik, Verkehr und Umwelt).

eMove360 (2016): Hafen Rotterdam: Vorreiter für autonomes Fahren. Online verfügbar unter <https://www.emove360.com/de/hafen-rotterdam-vorreiter-fuer-autonomes-fahren/>.

ERTRAC Working Group (2017): Automated Driving Roadmap. Status: final for publication. Brüssel (Version 7.0). Online verfügbar unter http://www.ertrac.org/uploads/images/ER-TRAC_Automated_Driving_2017.pdf, zuletzt geprüft am 30.05.2018.

Fasse, Markus (2017): BMW bringt zwölf Elektro-Autos bis 2025. Hg. v. Handelsblatt. Online verfügbar unter <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/e-auto-offensive-geplant-bmw-bringt-zwoelf-elektro-autos-bis-2025/20294896.html?ticket=ST-567673-zVbD-sOzbKB5kL6HVyXnw-ap1>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

finanzen.net GmbH (2017): Handel Definition | finanzen.net Wirtschaftslexikon. Online verfügbar unter <https://www.finanzen.net/wirtschaftslexikon/Handel>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

FinanzNachrichten (2017): IAA: Mercedes sammelt Daten für autonomes Fahren in China und Südafrika. Online verfügbar unter <https://www.finanznachrichten.de/nachrichten-2017-09/41695084-iaa-mercedes-sammelt-daten-fuer-autonomes-fahren-in-china-und-suedafrika-016.htm>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Flehmer, Thomas (2017): Daimler Trucks fahren autonom auf dem Highway - Autozukunft. Hg. v. Autozukunft.de. <https://www.facebook.com/autozukunft/>. Online verfügbar unter <https://www.autozukunft.de/autonomes-fahren/daimler-trucks-fahren-autonom-auf-dem-highway/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Frankfurter NeuePresse (2017): Mercedes GLC F-Cell auf der IAA: Wasserstoff-SUV kommt 2018. Online verfügbar unter <http://www.fnp.de/ratgeber/autoundverkehr/Mercedes-GLC-F-Cell-auf-der-IAA-Wasserstoff-SUV-kommt-2018;art310,2765209>.

Friedel, Augustin (2017): Roadmap E: Volkswagen startet Elektrifizierungsoffensive. Hg. v. GetMobility.de. <https://www.facebook.com/GetMobility.de>; GetMobility - Mobilität und Logistik: Digitale Transformation der Automobilindustrie und Automatisierung. Online verfügbar unter <http://getmobility.de/20170913-roadmap-e-volkswagen-startet-elektrifizierungsoffensive/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON (2018): SWOT-Analyse. Definition. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/swot-analyse-52664>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Gebhardt, Michael (2017): Der Smart Vision EQ braucht weder Lenkrad noch Besitzer. Online verfügbar unter <https://www.morgenpost.de/ratgeber/article211863013/Der-Smart-Vision-EQ-braucht-weder-Lenkrad-noch-Besitzer.html>.

Grundhoff, Stefan (2017): Erster Daimler ohne Lenkrad: Smart EQ Fortwo. Online verfügbar unter <https://www.automobil-produktion.de/hersteller/neue-modelle/daimler-vision-ohne-lenkrad-smart-eq-fortwo-315.html>.

Handelsblatt (2017): Tesla: Elon Musk will autonome Lkw testen. Die Pläne von Tesla für selbstfahrende Lastwagen werden konkreter. So soll Kontakt mit den US-Bundesstaaten Nevada und Kalifornien aufgenommen worden sein. Es werden Testmöglichkeiten für Prototypen benötigt. Online verfügbar unter <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/industrie/tesla-elon-musk-will-autonome-lkw-testen/20172430.html?ticket=ST-304759-ggAd5FoJzoqSHn5OSt0g-ap1>, zuletzt geprüft am 14.06.2018.

Hänsch-Petersen, Lars (2017): Familie testet autonomen Volvo. Online verfügbar unter <http://www.autobild.de/artikel/autonomer-volvo-xc90-pilotprojekt-in-goeteborg-6990049.html>.

Hebes, Paul (2017): ZAHLEN & FAKTEN 2017. Kombiniertes Verkehr. Facts and Figures Berichtsjahr 2016. Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr e.V. (SGKV). Online verfügbar unter http://www.sgkv.de/images/pdf/SGKV_Zahlen_Fakten_2017.pdf.

Heinemann, Gerrit (2016): Der neue Online-Handel. Geschäftsmodell und Kanalexzellenz im Digital Commerce. 7., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-11934-8>.

Höchst, Thilo (2013): Chemieparks: Zahlen, Daten und Standortinfos - Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI). VCI Verband der chemischen Industrie e.V. Online verfügbar unter <https://www.vci.de/die-branche/chemieparks/2013-07-25-chemieparks-zahlen2c-daten-und-standortinfos-vci.jsp>, zuletzt geprüft am 07.12.2018.

Janssen, Robbert; Zwijnenberg, Han; Blankers, Iris; Kruijff, Janiek de (2015): Truck Platooning. Driving the future of transportation. Hg. v. TNO innovation for life.

karteikarte (2017): Allgemeine Definition Handelsunternehmen. Online verfügbar unter <https://www.karteikarte.com/card/1774823/definition-und-aufgaben-handelsunternehmen>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Keese, Stephan; Bernhart, Wolfgang; Dressler, Norbert; Baum, Markus; Rentzsch, Walter (2016): Automated Trucks. The next big disruptor in the automotive industry? Roland Berger study. Hg. v. Roland Berger. Chicago / München.

Kersten, Wolfgang; Seiter, Mischa; See, Birgit von; Hackius, Niels; Maurer, Timo (2017): Chancen der digitalen Transformation. Trends und Strategien in Logistik und Supply Chain Management. Hamburg: DVV Media Group GmbH.

Knauer, Michael (2017): Fünf elektrische Modelle bis 2021: Volvo kündigt E-Autos ab 2019 an. Online verfügbar unter <http://www.automobilwoche.de/article/20170705/NACHRICHTEN/170709953/fuenf-elektrische-modelle-bis--volvo-kuendigt-e-autos-ab--an>.

Koesch, Sascha (2017): Audi bringt autonomes Fahren für den A8 und zwei Konzepte zur IAA. Online verfügbar unter <https://www.engadget.com/de/2017/09/10/audi-bringt-autonomes-fahren-fur-den-a8-und-zwei-konzepte-zur-ia/?guccounter=1>.

Konecranes (2018): Automatisierte Containertransportfahrzeuge. Online verfügbar unter <https://www.konecranes.de/equipment/krane-fuer-den-containerumschlag/automatisierte-containertransportfahrzeuge>, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

KPMG (2017): Trends im Handel 2020. Online verfügbar unter <https://www.kpmg.de/docs/20120418-Trends-im-Handel-2020.pdf>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Lange, Volker (2007): Aktuelle Logistikentwicklungen und Anforderungen an den Online-Handel. Logistiktrends im E-Commerce. LOGISTIK HEUTE. Fraunhofer IML. München. Online verfügbar unter https://www.logistik-heute.de/sites/default/files/logistik-heute/fachforen/02_lange.pdf.

Lenz, Barbara; Friedrich, Eva (2015): Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung. In: Maurer, Markus; Gerdes, J. Christian, Barbara Lenz und Hermann Winner (Hg.): Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. s.l.: Springer, S. 175–195. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-662-45854-9.pdf>.

Meer im Fokus (2018): Allgemeines zu Seehäfen. Online verfügbar unter <https://www.ikzmd.de/main.php?page=418,7483>, zuletzt geprüft am 08.01.2018.

Mercedes-Benz (2017): smart vision EQ fortwo: Urbaner Lifestyle der Zukunft. Online verfügbar unter <https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/design/smart/konzeptfahrzeuge-smart-design/smart-vision-eq-fortwo-urbaner-lifestyle-der-zukunft/>.

Mercedes-Benz (2018): Selbstständig unterwegs: Der Fern-Lkw der Zukunft. Online verfügbar unter <https://www.mercedes-benz.com/de/mercedes-benz/innovation/selbststaendig-unterwegs-der-fern-lkw-der-zukunft/>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Metzger, Jochen; Kollmann, Tobias; Sjurts, Insa (2017): Definition E-Commerce. GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/e-commerce-34215/version-257721>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Neumair, Simon-Martin; Haas, Prof. Dr. Hans-Dieter (2018): Industriepark. Ausführliche Definition. GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON. Online verfügbar unter <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/industriepark-38343>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Nowak, Gerhard; Maluck, Jens; Stürmer, Christoph; Pasemann, Jan (2016): The-era-of-digitized-trucking. Transforming the logistics value chain. Hg. v. PwC Strategy& Germany. München. Online verfügbar unter <https://www.strategyand.pwc.com/media/file/The-era-of-digitized-trucking.pdf>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Olaf Bonke (2018): Industrieparks in der Bundesrepublik Deutschland. Agentur für Vertrieb & Marketing. Hilpoltstein. Online verfügbar unter <http://industrieparks.org/industrieparks/>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Peitsmeier, Henning (2017): Elektromobilität: BMW setzt sich unter Strom. Hg. v. Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH. <https://www.facebook.com/faz>; Frankfurter Allgemeine Zeitung GmbH. Online verfügbar unter <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/bmw-will-zunehmend-elektrofahrzeuge-produzieren-15188238.html>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Pluta, Werner (2017): Audi stellt Konzepte für das fahrerlose Auto vor. Online verfügbar unter <https://www.golem.de/news/autonomes-fahren-audi-stellt-konzepte-fuer-das-fahrerlose-auto-vor-1709-130038.html>.

Pollert, Achim; Kirchner, Bernd; Polzin, Javier Morato; Pollert, Marc Constantin (2016): Duden Wirtschaft von A bis Z. Grundlagenwissen für Schule und Studium, Beruf und Alltag. Berlin: Bibliographisches Institut GmbH (Duden Spezialwörterbücher). Online verfügbar unter <http://www.bpb.de/nachschlagen/lexika/lexikon-der-wirtschaft/20377/produzierendes-gewerbe>, zuletzt geprüft am 08.12.2017.

Preiss, Holger (2017): Werden Autobauer Mobilitätsdienstleister? Hg. v. n-tv. Online verfügbar unter <https://www.n-tv.de/auto/Werden-Autobauer-Mobilitaetsdienstleister-article20035279.html>, zuletzt aktualisiert am 17.09.2017.

Produktion Technik und Wirtschaft für die deutsche Industrie (2017): Audi: Nur drei Schritte entfernt von autonomen Fahren? Online verfügbar unter <https://www.produktion.de/specials/mobilitaet-zukunft/audi-nur-drei-schritte-entfernt-vom-autonomen-fahren-108.html>.

Rondinella, Giuseppe (2017): Wer kooperiert eigentlich mit wem? SELBSTFAHRENDE AUTOS. Online verfügbar unter <https://www.horizont.net/tech/nachrichten/Selbstfahrende-Autos-Wer-kooperiert-eigentlich-mit-wem-161239>.

Rothenstein, Jens (2018): Großhandel - Vertriebsstrategien der Zukunft. Online verfügbar unter http://www.handel-mittelstand.digital/wp-content/uploads/160707_Dr.-Jens-Rothenstein_Gro%C3%9Fhandel-%E2%80%93-Vertriebsstrategien-der-Zukunft.pdf, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

RP ONLINE (2017): Autonomes Fahren: Mercedes-Roboterwagen sollen für Uber fahren. Online verfügbar unter https://rp-online.de/wirtschaft/unternehmen/mercedes-roboterwagen-sollen-fuer-uber-fahren_aid-19183947.

SAE International (2014): AUTOMATED DRIVING. Levels of driving automation are defined in new SAE International Standard J3016. Online verfügbar unter https://www.smmat.co.uk/wp-content/uploads/sites/2/automated_driving.pdf.

Scania Group (2018): Platooning – automated driving. Online verfügbar unter <https://www.scania.com/group/en/platooning-automated-driving-for-fuel-savings/>, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

Schlieker, Karl (2017): Robo-Taxi für die Stadt: Continental testet automatisiertes Fahren in Frankfurt. Online verfügbar unter http://www.wiesbadener-tagblatt.de/wirtschaft/wirtschaft-regional/robo-taxi-fuer-die-stadt-continental-testet-automatisiertes-fahren-in-frankfurt_18172471.htm.

Schmidt, Herbie (2017): Bosch und Daimler bringen schon 2020 fahrerlose Autos | NZZ. Neue Zürcher Zeitung AG, Schweiz. Online verfügbar unter <https://www.nzz.ch/mobilitaet/auto-mobil/autonomes-fahren-bosch-und-daimler-bringen-schon-2020-fahrerlose-autos-ld.155488>, zuletzt aktualisiert am 05.04.2017, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Schmit, Steve (2017): Mercedes-Benz setzt auf kalifornische LiDAR-Technik. Hg. v. morgenweb.de. Online verfügbar unter https://www.morgenweb.de/auto_artikel,-auto-mercedes-benz-setzt-auf-kalifornische-lidar-technik-_arid,1113319.html.

Schoettle, Brandon; Sivak, Michael (2014): A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U.K., and Australia. Hg. v. The University of Michigan, Transportation Research Institute. (Report No. UMTRI-2014-21). Online verfügbar unter <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/108384/103024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

Sievert Handel Transporte GmbH (2018): i4T und NTM B.V. Online verfügbar unter www.i4trans.com/html/umschlagterminals.html, zuletzt geprüft am 25.05.2018.

SSI Schäfer (2017): Optimale Flächennutzung, schneller und direkter Zugriff, sichere Lagerung bis über 40 m Höhe. Online verfügbar unter <https://www.ssi-schaefer.com/de-de/produkte/lagern/palettenlagerung/hochregallager-9052>, zuletzt geprüft am 11.12.2017.

Statistisches Bundesamt; ZVEI; VDMA (2018): Umsatz der größten Industriezweige des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland von 2007 bis 2017 (in Milliarden Euro). Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13188/umfrage/umsatz-im-bereich-verarbeitendes-gewerbe-nach-zweigen-seit-2007/>, zuletzt geprüft am 08.12.2017.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2016): Finanzen und Steuern. Umsatzsteuerstatistik (Vorankündigungen). Statistisches Bundesamt (Fachserie 14, 8.1). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/FinanzenSteuern/Steuern/Umsatzsteuer/Umsatzsteuer2140810167004.pdf?__blob=publicationFile.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017a): Anzahl der Beschäftigten im Großhandel in Deutschland in den Jahren 2005 bis 2015. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/274451/umfrage/beschaeftigte-im-deutschen-grosshandel/>, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2017b): Produzierendes Gewerbe. Betriebe, Tätige Personen und Umsatz des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden nach Beschäftigtengrößenklassen (Fachserie 4, Reihe 4.1.2, 2017). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/Strukturdaten/BetriebeTaetigePersonen2040412177004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018a): Erwerbstätige. Erwerbstätige und Arbeitnehmer nach Erwerbstätige und Arbeitnehmer Wirtschaftsbereichen (Inlandskonzept) 1 000 Personen. Statistisches Bundesamt. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/TabellenErwerbstaetigenrechnung/ArbeitnehmerWirtschaftsbereiche.html>.

Statistisches Bundesamt (Destatis) (2018b): Verkehr. Kombiniertes Verkehr (Fachserie 8 Reihe 1.3). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Querschnitt/KombiniertesVerkehr2080130157004.pdf;jsessionid=91526166067D0B7197F6DA7D1D435BBB.InternetLive2?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 20.06.2018.

Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr e.V. (SGKV) (Hg.) (2017): Was ist KV? Online verfügbar unter <http://www.sgkv.de/de/der-kombinierte-verkehr/was-ist-kv>, zuletzt geprüft am 11.12.2017.

Trends der Zukunft (2017): Intelligent World Drive: Mercedes testet autonomes Fahren auf fünf Kontinenten. Online verfügbar unter <http://www.trendsderzukunft.de/intelligent-world-drive-mercedes-testet-autonomes-fahren-auf-fuenf-kontinenten/2017/09/14/>.

van Arem, Prof.dr ir. Bart; van Oort, Dr.ir. Niels; Yap, Ir. Menno; Wiegmans, Bart; Homem de Almeida Correia, Dr.ir. Goncalo (2015): Opportunities and challenges for automated vehicles in the Zuidvleugel. Online verfügbar unter <http://nielsvanoort weblog.tu-delft.nl/files/2015/03/TUD2103-essay-final.pdf>, zuletzt geprüft am 06.06.2018.

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik Fachausschuss Fahrerlose Transportsysteme (FTS) (2010): Leitfaden FTS-Sicherheit. Online verfügbar unter https://m.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gpl_dateien/Leitfaden%20FTS-Sicherheit%20VDI%2020101004%20A%20%282%29.pdf.

Vis, Iris F.A. (2006): Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems. In: *European Journal of Operational Research* 170 (3), S. 677–709. DOI: 10.1016/j.ejor.2004.09.020.

welt.de (2017): BASF setzt auf autonomes Fahren. Online verfügbar unter <https://www.welt.de/regionales/rheinland-pfalz-saarland/article164340362/BASF-setzt-auf-autonomes-Fahren.html>.

Wilhelm, Katharina; Rundfunk, Bayerischer (2017): Autonomer Laster: Tesla zeigt ersten E-Truck. BR.de. Online verfügbar unter <https://www.br.de/nachrichten/tesla-zeigt-ersten-e-truck-100.html>, zuletzt geprüft am 14.06.2018.

Wirtschaftslexikon24 (2017): Einzelhandel. Online verfügbar unter <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/einzelhandel/einzelhandel.htm>, zuletzt aktualisiert am 13.05.2017, zuletzt geprüft am 07.12.2017.

Anhang

Anhang 1:	Projektbeschreibung Unternehmensakquise.....	XXVI
Anhang 2:	Leitfaden Experteninterview (Besprechung).....	XXVII
Anhang 3:	Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang).....	XXXVIII
Anhang 4:	Das Fraunhofer IML.....	XLVIII
Anhang 5:	Projektteam & Kontakt.....	L

Anhang 1: Projektbeschreibung Unternehmensakquise



Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr

In diesem Forschungsprojekt, welches von der Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik (FAT) innerhalb des Verbands der Automobilindustrie e.V. (VDA) initiiert wurde, befasst sich das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik derzeit mit der Identifizierung von Potentialen und Herausforderungen des hochautomatisierten Fahrens auf Logistik- und Werksgeländen. Der Untersuchungsschwerpunkt liegt in den Besonderheiten nichtöffentlicher Gelände, die aufgrund baulicher oder nutzungsabhängiger Gegebenheiten besondere Anforderungen an die dort verkehrenden Fahrzeuge stellen. Hierfür werden Werksgelände verschiedener Branchen hinsichtlich logistischer Prozesse, Tätigkeitsabläufe und Strukturen analysiert und darauf aufbauend Entwicklungsperspektiven und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

➔ Unternehmen unterschiedlicher Branchen können kostenfrei teilnehmen und erhalten Feedback über die Anwendbarkeit automatisierter Fahrzeuge auf Werksgeländen.

Unsere Experteninterviews und Prozessaufnahmen vor Ort dienen insbesondere dem Zweck, Chancen und Risiken des hochautomatisierten bzw. autonomen Fahrens im innerbetrieblichen Verkehr, unter Berücksichtigung von Wirtschaftlichkeit, Technologien und rechtlichen Rahmenbedingungen zu identifizieren. Zudem können so Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Betrieb auf öffentlichen Straßen und auf Betriebsgeländen festgestellt werden.

Themenschwerpunkte

- Einbezug von Innerbetrieblichem Verkehr und Öffentlichem Verkehr (u.a. Identifikation von Gemeinsamkeiten und Unterschieden)
- Validierung theoretischer Ergebnisse in der Praxis
- IST-Prozessaufnahme der Tätigkeitsabläufe
- Betrachtung ideeller Aspekte
- Identifikation von Herausforderungen und Potentialen des hochautomatisierten und autonomen Fahrens
- Logistische, technische und infrastrukturelle Anforderungsanalyse
- Einordnung der rechtlichen Situation



➔ Wir freuen uns über Ihre Teilnahme an unserem Projekt und die aktive Mitwirkung an einem zukunftsweisenden Forschungsvorhaben!

Kontakt:

Holger Schulz, M. Systems Eng.

Tel.: +49 80 51 9 01 118

Email: holger.schulz@prien.iml.fraunhofer.de

Maximilian Schellert, M.Sc.

Tel.: +49 231 9743 378

Email: maximilian.schellert@iml.fraunhofer.de

Anhang 2: Leitfaden Experteninterview (Besprechung)

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Projektvorstellung

Das Forschungsprojekt „Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr“ befasst sich mit der Identifizierung von Potentialen und Herausforderungen des vollautomatisierten Fahrens auf Logistik- und Werksgeländen. Der Untersuchungsschwerpunkt liegt in den Besonderheiten nichtöffentlicher Gelände, die aufgrund baulicher oder nutzungsabhängiger Gegebenheiten besondere Anforderungen an die dort verkehrenden Fahrzeuge stellen. Hierfür werden Werksgelände verschiedener Branchen hinsichtlich logistischen Prozesse, Tätigkeitsabläufe und Strukturen analysiert und darauf aufbauend Entwicklungsperspektiven und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Initiiert wurde das Projekt durch die Forschungs-gemeinschaft Automobiltechnik (FAT) innerhalb des Verbands der Automobilindustrie e.V. (VDA).

Ziele des Interviews / der Studie

- IST-Prozessaufnahme der Tätigkeitsabläufe, logistische & technische Anforderungen und Prozesse
- Evaluierung möglicher Integrationskonzepte für betriebsfremde vollautomatisierte Fahrzeuge
- Diskussion Erfolgs- und Umsetzungsfaktoren
- ...

Potentielle Teilnehmer seitens Unternehmen

- Logistik-Leitung
- Operativer Betrieb Hoflogistik
-

Untersuchungsraum (Vor-Ort Besichtigung)

- Innerbetriebliche Verkehre außerhalb von Gebäuden
- Hoflogistik
- Zufahrt auf Werksgelände
- Parkplatzsituation ankommender Lkw-Verkehre
- ...

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Stufen der Automatisierung

Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr in verschiedenen Ausprägungen wird in Stufen unterschieden. Diese beschreiben, zu welchem Grad das Fahrzeug autonom fährt und welche Prozesse durch den Fahrer durchgeführt werden. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die Automatisierungsgrade im Straßenverkehr, vom manuellen Fahren bis hin zum vollautomatisierten Fahren.

Stufe	Beschreibung
0 Manuelles Fahren	Alle Fahrmanöver werden vom menschlichen Fahrer ausgeführt, ggf. wird er durch Warn- oder andere Assistenzsysteme bei der Ausführung der Fahraufgaben unterstützt.
1 Assistiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- oder Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer übernimmt die übrigen Fahraufgaben, überwacht das System ständig und übernimmt die delegierten Aufgaben ggf. wieder.
2 Teilautomatisiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer überwacht das System ständig und übernimmt die delegierten Aufgaben ggf. wieder.
3 Bedingt Automatisiert	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer muss das System nicht mehr ständig überwachen und kann sich fahrfremden Tätigkeiten widmen. Sendet das System eine Übernahmeaufforderung an den Fahrer, muss dieser in geeigneter Weise in kurzer Zeit wieder übernehmen.
4 Hochautomatisiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer muss das System nicht mehr ständig überwachen und kann sich fahrfremden Tätigkeiten widmen. In diesen Szenarien sendet das Fahrzeug keine Übernahmeaufforderung an den Fahrer, es kann das Szenario komplett bewältigen.
5 Vollautomatisiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in allen Szenarien. Das System kann alle Szenarien selbstständig bewältigen. Der Fahrer könnte diese verwalten. Fahrerlose Fahrzeuge sind möglich.

© Eigene Abbildung in Anlehnung an SAE International (2014): Standard J3016 – Levels of driving automation

Interviewdaten

Datum _____

Interviewer _____

Gesprächspartner _____

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Allgemeine Fragen

Unternehmen _____

Branche _____

Anzahl Mitarbeiter (im Werk) _____

Anzahl Fahrzeugführer (im Werk) _____

Größe Werksgelände _____

Betriebszeiten _____

Anzahl Zugänge / Ein- & Ausfahrten _____

Anzahl Lkw / Tag _____

Anteil eigene Fahrzeuge _____

Klassifizierung Fahrzeuge

	Eigene Fahrzeuge	Hausspedition	Externe Spedition
Lastkraftwagen < 7,5 t	_____	_____	_____
Lastkraftwagen 7,5 < 18 t	_____	_____	_____
Lastkraftwagen > 18 t	_____	_____	_____
Versetzfahrzeuge	_____	_____	_____
Flurförderzeuge (Gabelstapler)	_____	_____	_____
Poolfahrzeuge	_____	_____	_____
Sonstige	_____	_____	_____

1. Wie repräsentativ schätzen Sie ihr Betriebsgelände für die Branche ein? Wie ist der Vergleich mit Wettbewerbern Ihrer Branche?
- Sehr repräsentativ
- Repräsentativ
- Eher weniger, da _____

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

2. Welche Verkehrsregeln und Rechtsvorschriften gelten auf dem Werksgelände?
- Straßenverkehrsordnung
 - Betriebssicherungsverordnung
 - Technische Regeln für Betriebssicherheit
 - Technische Regeln für Arbeitsstätten
 - Vorschriften Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
 - Sonstige: _____
3. Wo treten Ihrer Meinung nach die größten organisatorischen Herausforderungen auf dem Werksgelände auf?
- Rekrutierung von Fahrern
 - Einsatzplanung der Fahrzeuge (z.B. im Hinblick auf die optimale Auslastung)
 - Einsatzplanung der Fahrer (z.B. im Hinblick auf Lenk- & Ruhezeiten)
 - Routenplanung
 - Logistische Aspekte, insbesondere _____
 - Gesetzliche/Rechtliche Aspekte, insbesondere _____
 - Infrastrukturelle Aspekte, insbesondere _____
 - Technische Aspekte, insbesondere _____
 - Sonstige: _____
4. Wo sehen Sie die größten Unfall- / Sicherheitsrisiken innerhalb der Abläufe auf dem Werksgelände?
- Innerhalb bestimmter Prozesse, und zwar: _____
 - Seitens der Fahrer, z.B. Müdigkeit, mangelnde Sprachkenntnisse
 - Seitens der Mitarbeiter (verladendes Personal), z.B. mangelnde Aufmerksamkeit/Konzentration, mangelnde Sprachkenntnisse
 - Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer
 - Sonstige: _____

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

5. Wie lange müssen die Lkw-Fahrer erfahrungsgemäß auf ihrem Werksgelände im Durchschnitt warten?
- Wenige Minuten
 - bis zu einer Stunde
 - > 1 h
 - 2 – 3 h
 - > 3 h
 - Sonstige: _____
6. Was glauben Sie, worin die wesentlichen Ursachen für LKW-Wartezeiten liegen?
- Häufig zu frühes bzw. zu spätes Eintreffen der Fahrer
 - Zu langsamer Fortschritt an der Pforte (Werkseinfahrt, Zufahrtskontrolle)
 - Infrastruktur auf dem Betriebsgelände
 - Organisatorische Mängel (z.B. in der Abfertigung)
 - Weitere Gründe: _____
7. Verfügt das Betriebsgelände über soziale Einrichtungen/Räume für die Lkw-Fahrer?
Wenn ja, welche?
- Ruhe- & Erholungsräume
 - Kantine
 - Sanitäreinrichtungen / Duschen
 - Sonstige: _____
- Falls nein, warum?
- _____
- _____
- _____

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Vollautomatisiertes Fahren

8. Denken Sie, ein betriebsfremdes vollautomatisiertes Fahrzeug der Stufe 4 / 5 könnte heute bereits ihr Werksgelände problemlos befahren?

- Ja
 Nein

Falls nein, warum?

9. Sind in Ihren Fahrzeugen bereits Fahrassistenzsysteme im Einsatz? Wenn ja, welche?

- Ja, und zwar:
- Spurhalteassistent
 - Bremsassistent
 - Abbiegeassistent
 - Müdigkeitserkennung
 - Tempomat
 - ABS, ESP
 - Weitere _____
- Nein

10. Welche Systeme und Technologien sind auf Ihrem Werksgelände installiert?

- | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Fahrzeugdetektion (z.B. an der Schranke) | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | in Planung <input type="checkbox"/> |
| Hochgenaue Karten | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | in Planung <input type="checkbox"/> |
| Kommunikationsschnittstellen (z.B. offenes WLAN) | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | in Planung <input type="checkbox"/> |
| Automatische Fahrzeugregistrierung | Ja <input type="checkbox"/> | Nein <input type="checkbox"/> | in Planung <input type="checkbox"/> |

Sonstige: _____

11. Was denken Sie generell über den Einsatz von vollautomatisierten / autonomen Fahrzeugen auf einem Werksgelände?

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



12. Wie hoch schätzen Sie das Potential von vollautomatisierten / autonomen Technologien innerhalb der folgenden Prozesse?

→ Bewertung auf einer Skala von 1 (kein Potential) bis 5 (sehr hohes Potential)

	1	2	3	4	5
Be- & Entladesituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rampenanfahrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf- & Absetzen von Wechselbehältern/Containern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
An- und Abkuppeln (Zugkombinationen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstige: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Welche Chancen sehen Sie durch vollautomatisierte Fahrzeuge auf ihrem Werksgelände?

- Unfallvermeidung
- Sicherheitszuwachs, z.B. durch kontrollierte Ein- & Ausfahrt
- Effizienzsteigerung, z.B. Optimierung Abwicklungsreihenfolge / Durchlaufzeiten
- Kostenreduzierung
- Zuverlässigkeit
- Mitarbeiterentlastung und -gewinnung
- Umweltschutz
- Zukunftsfähigkeit / Standortsicherung
- Weniger Staubbildung, Verbesserung Parkplatzsituation
- Reduzierung Fahreraufenthaltszeit (z.B. durch automatisierte Fahrer-/Fahrz.kontrolle)
- Reduzierung der Verkehrsfläche auf dem Gelände
- Überwindung von Sprachbarrieren
- Verbesserte Übersicht und Planung durch Kopplung mit Warenwirtschaftssystem
- Sonstige: _____

14. Wie hoch ist Ihre Bereitschaft autonome bzw. ferngesteuerte Fahrzeuge zu nutzen?

Autonome Fahrzeuge (Prognose ~2035)

- Sehr hoch hoch mittel niedrig
- Keine Bereitschaft, da _____

Ferngesteuerte Fahrzeuge (Prognose ~2025, höhere Investitionen erforderlich)

- Sehr hoch hoch mittel niedrig
- Keine Bereitschaft, da _____

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

15. Wären Sie in diesem Zusammenhang bereit zu investieren um die Potentiale des vollautomatisierten Verkehrs nutzen zu können?

Im Hinblick auf die Infrastruktur des Werksgeländes

- Ja
- Eher ja
- Nein, da _____

Im Hinblick auf die Ausstattung des Fahrzeugs

- Ja
- Eher ja
- Nein, da _____

16. Welche Risiken sehen Sie durch vollautomatisierte Fahrzeuge auf ihrem Werksgelände?

- Komplexität
- Technologieabhängigkeit
- Akzeptanz Mitarbeiter
- Zuverlässigkeit
- Rechtliche Herausforderungen
- Verkehrssicherheit
- Verkehrsinfrastruktur
- IT-Infrastruktur
- Kosten
- Sonstige: _____

17. Sind aktuell Automatisierungsmaßnahmen auf Ihrem Werksgelände geplant?

Wenn ja, welche?

- Ja, und zwar: _____
- Nein

Falls nein, warum?

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

18. Welche (weiteren) Einsatzmöglichkeiten vollautomatisierter/autonomer Fahrzeuge sehen Sie auf Ihrem Werksgelände?

19. Wer soll Ihrer Meinung nach die Kosten für eine Automatisierung tragen und wer hat den größten Nutzen davon?


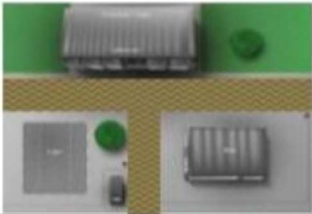
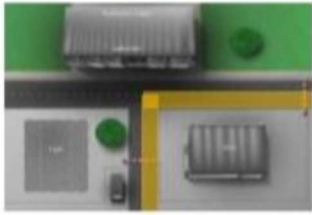

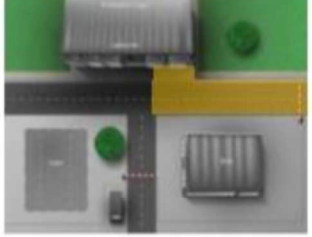
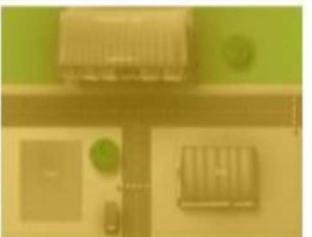
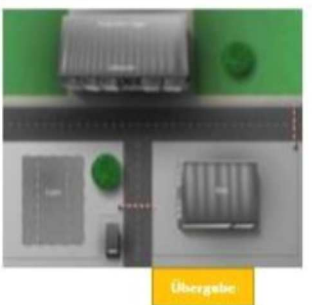
20. Würden Ihre Fahrer das vollautomatisierte/autonome Fahren akzeptieren?

- Ja
- Eher Ja
- Eher Nein
- Nein

Falls nein, warum?

21. Denken Sie, dass das vollautomatisierte oder autonome Fahren im Güterverkehr/-transport in Zukunft eine zunehmende Rolle spielen wird? Wenn ja, in welchen Bereichen hauptsächlich?

- Ja, und zwar: _____
- Nein

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen		
Szenariodiskussion: Integration von vollautomatisierten Lkw im Werksgelände		
	a) Mischbetrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gleichzeitig sowohl vollautomatisierte als auch konventionelle Fahrzeuge ▪ Bedarf an einer genauen Überprüfung der möglichen Störfälle 	
	b) Gesonderte Fahrspur <ul style="list-style-type: none"> ▪ Verhindern der Begegnung konventioneller und automatisierter Fahrzeuge ▪ z.B. durch bauliche Zugangshindernisse 	
	c) Gesonderte Nutzungszeiten <ul style="list-style-type: none"> ▪ exklusiv für vollautomatisierte Fahrzeuge ▪ verschiedene Ausprägungen hinsichtlich Gelände denkbar ▪ z.B. Fahrspuren, getrennte Bereiche, etc. 	
	d) Getrennter Betrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Physisch getrennter Bereich konventioneller und automatisierter Fahrzeuge ▪ z.B. eigener Werksbereich mit Zäunen abgetrennt ▪ nur besonders geschultes Personal darf sich auf diesem Bereich aufhalten 	
	e) Vollautomatisiertes Gelände <ul style="list-style-type: none"> ▪ gesamtes Gelände ist innerbetrieblich auf automatisierte Fahrzeuge ausgerichtet ▪ konventionelle Fahrzeuge werden nur in Ausnahmefällen eingesetzt (Wartung etc.) ▪ externe automatisierte Fahrzeuge können an innerbetriebliche Systeme angedockt und gesteuert werden (Personal ist geschult) 	
	f) Keine automatisierten Fahrzeuge auf dem Werksgelände <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfahrt der Fahrzeuge immer mit Personal ▪ z. B. Einrichtung eines Übergabeplatzes vor dem Werkstor, das durch werkseigenes Personal oder durch Logistikdienstleister nur für die Einfahrt und Abladung extra bedient wird 	

Teil 1) Leitfaden Experteninterview (Besprechung)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



22. Bewerten Sie bitte die verschiedenen Szenarien hinsichtlich der Übertragbarkeit auf ihr Werksgelände.

→ Bewertung auf einer Skala von 1 (nicht umsetzbar) bis 5 (vollständig umsetzbar)

	1	2	3	4	5	In 15 Jahren umsetzbar
a. Mischbetrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Gesonderte Fahrspuren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Gesonderte Nutzungszeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Getrennter Betrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Vollautomatisiertes Gelände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Keine autom. Fzg. auf Werk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

23. Auf welcher Ebene entstehen hohe logistische (L) / technische (T) / infrastrukturelle (I) und rechtliche (R) Anforderungen im Hinblick auf die sechs Automatisierungsszenarien?

	L	T	I	R
a. Mischbetrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Gesonderte Fahrspuren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Gesonderte Nutzungszeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Getrennter Betrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Vollautomatisiertes Gelände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Keine autom. Fzg. auf Werk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24. Bitte verorten Sie nachfolgend die einzelnen Szenarien nach Aufwand und Nutzen.



Anhang 3: Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Projektvorstellung

Das Forschungsprojekt „Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr“ befasst sich mit der Identifizierung von Potentialen und Herausforderungen des vollautomatisierten Fahrens auf Logistik- und Werksgeländen. Der Untersuchungsschwerpunkt liegt in den Besonderheiten nichtöffentlicher Gelände, die aufgrund baulicher oder nutzungsabhängiger Gegebenheiten besondere Anforderungen an die dort verkehrenden Fahrzeuge stellen. Hierfür werden Werksgelände verschiedener Branchen hinsichtlich logistischen Prozesse, Tätigkeitsabläufe und Strukturen analysiert und darauf aufbauend Entwicklungsperspektiven und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Initiiert wurde das Projekt durch die Forschungsgemeinschaft Automobiltechnik (FAT) innerhalb des Verbands der Automobilindustrie e.V. (VDA).

Ziele des Interviews / der Studie

- IST-Prozessaufnahme der Tätigkeitsabläufe, logistische & technische Anforderungen und Prozesse
- Evaluierung möglicher Integrationskonzepte für betriebsfremde vollautomatisierte Fahrzeuge
- Diskussion Erfolgs- und Umsetzungsfaktoren
- ...

Potentielle Teilnehmer seitens Unternehmen

- Logistik-Leitung
- Operativer Betrieb Hoflogistik
-

Untersuchungsraum (Vor-Ort Besichtigung)

- Innerbetriebliche Verkehre außerhalb von Gebäuden
- Hoflogistik
- Zufahrt auf Werksgelände
- Parkplatzsituation ankommender Lkw-Verkehre
- ...

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werkstrundgang) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Stufen der Automatisierung

Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr in verschiedenen Ausprägungen wird in Stufen unterschieden. Diese beschreiben, zu welchem Grad das Fahrzeug autonom fährt und welche Prozesse durch den Fahrer durchgeführt werden. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die Automatisierungsgrade im Straßenverkehr, vom manuellen Fahren bis hin zum vollautomatisierten Fahren.

Stufe	Beschreibung
0 Manuelles Fahren	Alle Fahrmanöver werden vom menschlichen Fahrer ausgeführt, ggf. wird er durch Warn- oder andere Assistenzsysteme bei der Ausführung der Fahraufgaben unterstützt.
1 Assistiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- oder Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer übernimmt die übrigen Fahraufgaben, überwacht das System ständig und übernimmt die delegierten Aufgaben ggf. wieder.
2 Teilautomatisiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer überwacht das System ständig und übernimmt die delegierten Aufgaben ggf. wieder.
3 Bedingt Automatisiert	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer muss das System nicht mehr ständig überwachen und kann sich fahrfremden Tätigkeiten widmen. Sendet das System eine Übernahmeaufforderung an den Fahrer, muss dieser in geeigneter Weise in kurzer Zeit wieder übernehmen.
4 Hochautomatisiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in geeigneten Szenarien. Der Fahrer muss das System nicht mehr ständig überwachen und kann sich fahrfremden Tätigkeiten widmen. In diesen Szenarien sendet das Fahrzeug keine Übernahmeaufforderung an den Fahrer, es kann das Szenario komplett bewältigen.
5 Vollautomatisiertes Fahren	Das System übernimmt die Quer- und Längsführung in allen Szenarien. Das System kann alle Szenarien selbstständig bewältigen. Der Fahrer könnte diese verwalten. Fahrerlose Fahrzeuge sind möglich.

© Eigene Abbildung in Anlehnung an SAE International (2014): Standard J3016 – Levels of driving automation

Interviewdaten

Datum _____

Interviewer _____

Betrieb/Standort _____

Gesprächspartner _____

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Prozesse auf dem Werksgelände

1. Welche wesentlichen Prozesse fallen häufig auf Ihrem Werksgelände an?

2. Folgende Prozesse finden auf dem Werksgelände statt:

	Immer	häufig	selten	nie
Warenanlieferung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warenabholung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Versetzfahrten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Warenentladung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verkehr Flurförderzeuge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personenverkehr	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„wilde Warenabstellung“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Welche Prozesse und Abläufe würden Sie als spezifisch für Ihr Unternehmen / für die Branche betrachten?

4. Wo sehen Sie konkrete Schwachstellen/Störeinflüsse im gesamten Ablauf? Was sind die Ursachen dafür?

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)
Fullautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

5. Wie steht es um die Parkplatzsituation? Verlaufen das Parken und das anschließende Einfahren der Lkw auf das Werksgelände reibungslos oder eher chaotisch?

Parken und Zufahrt ...

- ... verlaufen ohne den Einsatz technischer Hilfsmittel einwandfrei.
- ... verlaufen aufgrund des Einsatzes technischer Mittel (z.B. Ampelsystem) sehr gut.
- ... verlaufen chaotisch.

Falls diese Prozesse nicht einwandfrei erfolgen, wo liegen die Ursachen?

6. Welche Aufgaben übernimmt der (externe) Lkw-Fahrer auf ihrem Werksgelände?

- Beladung
- Entladung
- Transportsicherung
- An- & Abkuppeln
- Fahrt zur Laderampe
- Rangieren
- Sonstige: _____

7. Ist für das Be- & Entladen der Fahrzeuge sowie für das An- & Abkoppeln eigenes Personal Ihres Unternehmens im Einsatz?

- Ja
- Nein, das macht der Fahrer selbst
- Sonstiges: _____

8. Welche Akteure sind speziell bei der Warenanlieferung involviert?

- Eigenes Personal
- Fahrer
- Externe Dienstleister
- Sonstige: _____

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

9. Könnte Ihrer Meinung nach ein standardisiertes Vorgehen bzw. bestimmte Standards/Voraussetzungen für die Warenanlieferung in der gesamten Branche entwickelt und durchgesetzt werden?

Ja

Eher Ja

Eher Nein

Nein, da _____

10. Sind Ihrer Ansicht nach Änderungen in den Prozessen denkbar, um einen vollautomatisierten Betrieb der Fahrzeuge zu ermöglichen?

Ja, und zwar: _____

Nein, da _____

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



Vollautomatisiertes Fahren

11. Denken Sie, ein betriebsfremdes vollautomatisiertes Fahrzeug der Stufe 4 / 5 könnte heute bereits ihr Werksgelände problemlos befahren?

- Ja
 Nein

Falls nein, warum?

12. Wie hoch schätzen Sie das Potential von vollautomatisierten / autonomen Technologien innerhalb der folgenden Prozesse?

→ Bewertung auf einer Skala von 1 (kein Potential) bis 5 (sehr hohes Potential)

	1	2	3	4	5
Be- & Entladesituationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rampenanfahrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf- & Absetzen von Wechselbehältern/Containern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
An- und Abkuppeln (Zugkombinationen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstige: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Welche Chancen sehen Sie durch vollautomatisierte Fahrzeuge auf ihrem Werksgelände?

- Unfallvermeidung
 Sicherheitszuwachs, z.B. durch kontrollierte Ein- & Ausfahrt
 Effizienzsteigerung, z.B. Optimierung Abwicklungsreihenfolge / Durchlaufzeiten
 Kostenreduzierung
 Zuverlässigkeit
 Mitarbeiterentlastung und -gewinnung
 Umweltschutz
 Zukunftsfähigkeit / Standortsicherung
 Weniger Staubbildung, Verbesserung Parkplatzsituation
 Reduzierung Fahreraufenthaltszeit (z.B. durch automatisierte Fahrer-/Fahrz.kontrolle)
 Reduzierung der Verkehrsfläche auf dem Gelände
 Reduzierung von Fahreraufenthaltszeiten
 Überwindung von Sprachbarrieren
 Verbesserte Übersicht und Planung durch Kopplung mit Warenwirtschaftssystem
 Sonstige: _____

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

14. Welche Risiken sehen Sie durch vollautomatisierte Fahrzeuge auf ihrem Werksgelände?

- Komplexität
- Technologieabhängigkeit
- Akzeptanz Mitarbeiter
- Zuverlässigkeit
- Rechtliche Herausforderungen
- Verkehrssicherheit
- Verkehrsinfrastruktur
- IT-Infrastruktur
- Kosten
- Sonstige: _____

15. Welche Einsatzmöglichkeiten vollautomatisierter/autonomer Fahrzeuge sehen Sie auf Ihrem Werksgelände?

16. Denken Sie, dass das vollautomatisierte oder autonome Fahren im Güterverkehr/-transport in Zukunft eine zunehmende Rolle spielen wird? Wenn ja, in welchen Bereichen/Prozessen hauptsächlich?

- Ja, und zwar: _____
- Nein


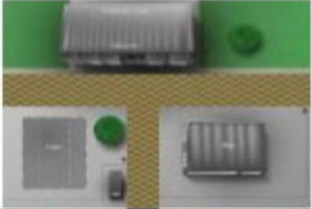
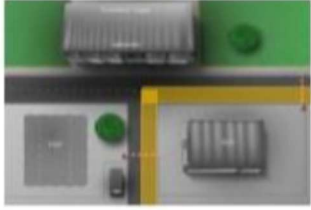
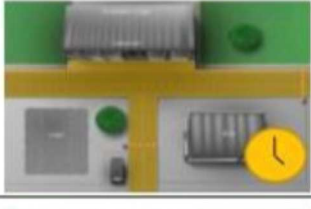
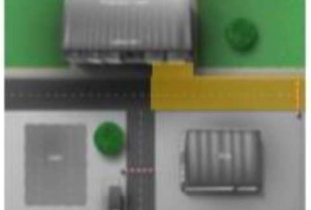

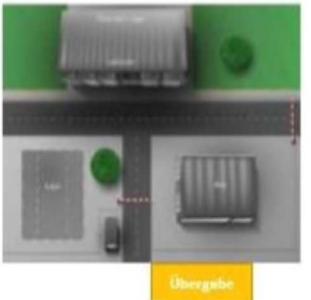
17. Wo sehen Sie die größten Unfall- / Sicherheitsrisiken innerhalb der Abläufe auf dem Werksgelände?

- Innerhalb bestimmter Prozesse, und zwar: _____
- Seitens der Fahrer, z.B. Übermüdung, mangelnde Ausbildung
- Seitens der Mitarbeiter (verladendes Personal), z.B. mangelnde Aufmerksamkeit/Konzentration, mangelnde Sprachkenntnisse
- Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer
- Sonstige: _____

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen

18. Was glauben Sie, worin die wesentlichen Ursachen für LKW-Wartezeiten liegen?

- Häufig zu frühes bzw. zu spätes Eintreffen der Fahrer
- Zu langsamer Fortschritt an der Pforte (Werkseinfahrt, Zufahrtskontrolle)
- Infrastruktur auf dem Betriebsgelände
- Organisatorische Mängel (z.B. in der Abfertigung)
- Weitere Gründe: _____

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang) Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen		
Szenariodiskussion: Integration von vollautomatisierten Lkw im Werksgelände		
	a) Mischbetrieb	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gleichzeitig sowohl vollautomatisierte als auch konventionelle Fahrzeuge ▪ Bedarf an einer genauen Überprüfung der möglichen Störfälle
	b) Gesonderte Fahrspur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verhindern der Begegnung konventioneller und automatisierter Fahrzeuge ▪ z.B. durch bauliche Zugangshindernisse
	c) Gesonderte Nutzungszeiten	<ul style="list-style-type: none"> ▪ exklusiv für vollautomatisierte Fahrzeuge ▪ verschiedene Ausprägungen hinsichtlich Gelände denkbar ▪ z.B. Fahrspuren, getrennte Bereiche, etc.
	d) Getrennter Betrieb	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Physisch getrennter Bereich konventioneller und automatisierter Fahrzeuge ▪ z.B. eigener Werksbereich mit Zäunen abgetrennt ▪ nur besonders geschultes Personal darf sich auf diesem Bereich aufhalten
	e) Vollautomatisiertes Gelände	<ul style="list-style-type: none"> ▪ gesamtes Gelände ist innerbetrieblich auf automatisierte Fahrzeuge ausgerichtet ▪ konventionelle Fahrzeuge werden nur in Ausnahmefällen eingesetzt (Wartung etc.) ▪ externe automatisierte Fahrzeuge können an innerbetriebliche Systeme angedockt und gesteuert werden (Personal ist geschult)
	f) Keine automatisierten Fahrzeuge auf dem Werksgelände	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfahrt der Fahrzeuge immer mit Personal ▪ z. B. Einrichtung eines Übergabeplatzes vor dem Werkstor, das durch werkseigenes Personal oder durch Logistikdienstleister nur für die Einfahrt und Abladung extra bedient wird

Teil 2) Detaillierte Prozessaufnahme (Werksrundgang)
Vollautomatisiertes Fahren auf Werksgeländen



19. Bewerten Sie bitte die verschiedenen Szenarien hinsichtlich der Übertragbarkeit auf ihr Werksgelände.

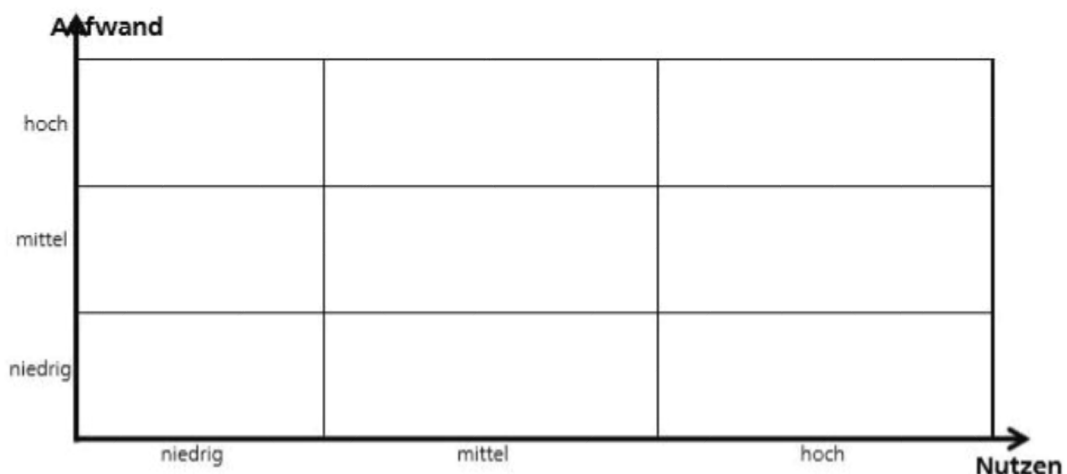
→ Bewertung auf einer Skala von 1 (nicht umsetzbar) bis 5 (vollständig umsetzbar)

	1	2	3	4	5	In 15 Jahren umsetzbar
a. Mischbetrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Gesonderte Fahrspuren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Gesonderte Nutzungszeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Getrennter Betrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Vollautomatisiertes Gelände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Keine autom. Fzg. auf Werk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20. Auf welcher Ebene entstehen hohe logistische (L) / technische (T) / infrastrukturelle (I) und rechtliche (R) Anforderungen im Hinblick auf die sechs Automatisierungsszenarien?

	L	T	I	R
a. Mischbetrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Gesonderte Fahrspuren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Gesonderte Nutzungszeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Getrennter Betrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Vollautomatisiertes Gelände	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Keine autom. Fzg. auf Werk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21. Bitte verorten Sie nachfolgend die einzelnen Szenarien nach Aufwand und Nutzen.



Anhang 4: Das Fraunhofer IML



Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML gilt als erste Adresse in der ganzheitlichen Logistikforschung und arbeitet auf allen Feldern der inner- und außerbetrieblichen Logistik. Im Sinne der Fraunhofer-Idee werden einerseits Problemlösungen zur unmittelbaren Nutzung für Unternehmen erarbeitet, andererseits wird aber auch Vorlaufforschung von zwei bis fünf Jahren, im Einzelfall darüber hinaus, geleistet.

Das Fraunhofer-Institut IML unterstützt Unternehmen jeder Branche und Größe bei allen Fragen hinsichtlich des Materialflusses und der Logistik. Für unsere Kunden sind wir umfassend tätig. Als

- **Entwickler** realisieren wir gemeinsam mit unseren Kunden Lösungen für die Soft- und Hardware.
- **Forscher** erarbeiten wir gemeinsam mit unseren Kunden neue Lösungen.
- **Planer** helfen wir bei der Optimierung der inner- und außerbetrieblichen Logistik.
- **Berater** unterstützen wir bei neuen Aufgaben und Anforderungen.

Das Fraunhofer IML ist eine öffentliche Forschungseinrichtung innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft. Die Projektdurchführung erfolgt daher unabhängig und objektiv von der Analyse über die Bewertung bis zur Realisierungsbegleitung. Dabei werden zum einen die Ergebnisse der Forschungstätigkeiten für die Lösungsfindung in den aktuellen Projekten berücksichtigt, zum anderen die Anforderungen und besonderen logistischen Herausforderungen, die sich aus den Projekten als Erkenntnisse ergeben, in neue Forschungsaufgaben eingebracht.

An dem 1981 gegründeten Institut arbeiten zurzeit 260 Wissenschaftler sowie 250 Doktoranden und Studenten, unterstützt durch Kollegen in Werkstätten, Labors und Servicebereichen. Neben

Dortmund bestehen weitere Standorte in Frankfurt am Main, Prien am Chiemsee und Hamburg sowie internationale Büros in Lissabon und Peking. Bei interdisziplinären Projekten kann das Institut auf insgesamt 20.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der gesamten Fraunhofer-Gesellschaft zurückgreifen.

Nach Projekt- und Kundenbedarf zusammengestellte Teams schaffen branchenübergreifende und kundenspezifische Lösungen in den Bereichen Materialflusstechnik, Warehouse Management, Geschäftsprozessmodellierung, simulationsgestützte Unternehmens- und Systemplanung sowie Verkehrssysteme, Ressourcenlogistik und E-Business. Nicht zuletzt koordiniert das Fraunhofer IML federführend das institutsübergreifende Leitthema »Internet der Dinge« innerhalb der gesamten Fraunhofer-Gesellschaft.

Die europaweit zurzeit größte Logistikforschungsinitiative ist der EffizienzCluster LogistikRuhr mit 120 Partnerunternehmen und 11 Forschungseinrichtungen, an der das Fraunhofer IML maßgeblich beteiligt ist. Über die drei Institutsleiter, die alle auch Lehrstühle an der Technischen Universität Dortmund innehaben, bestehen vielfältige Forschungsverbünde im Grundlagenforschungsbereich.

Anhang 5: Projektteam & Kontakt



Wolfgang Inninger

Leiter des Projektzentrums Verkehr, Mobilität
und Umwelt

Wolfgang.inninger@prien.iml.fraunhofer.de



Holger Schulz

Projektzentrum

Verkehr, Mobilität und Umwelt

+49 (0) 8051 901 118

holger.schulz@prien.iml.fraunhofer.de



Maximilian Schellert

Verkehrslogistik

+49 (0)231-9743 378

maximilian.schellert@iml.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Agnes Eiband

Verkehrslogistik

+49 (0)231-9743 391

agnes.eiband@iml.fraunhofer.de

Bisher in der FAT-Schriftenreihe erschienen (ab 2012)

Nr.	Titel
238	Wechselwirkungen zwischen Dieselmotortechnik und -emissionen mit dem Schwerpunkt auf Partikeln, 2012
239	Überlasten und ihre Auswirkungen auf die Betriebsfestigkeit widerstandspunktgeschweißter Feinblechstrukturen, 2012
240	Einsatz- und Marktpotenzial neuer verbrauchseffizienter Fahrzeugkonzepte, 2012
241	Aerodynamik von schweren Nutzfahrzeugen - Stand des Wissens, 2012
242	Nutzung des Leichtbaupotentials von höchstfesten Stahlfeinblechen durch die Berücksichtigung von Fertigungseinflüssen auf die Festigkeitseigenschaften, 2012
243	Aluminiumschaum für den Automobileinsatz, 2012
244	Beitrag zum Fortschritt im Automobilleichtbau durch belastungsgerechte Gestaltung und innovative Lösungen für lokale Verstärkungen von Fahrzeugstrukturen in Mischbauweise, 2012
245	Verkehrssicherheit von schwächeren Verkehrsteilnehmern im Zusammenhang mit dem geringen Geräuschniveau von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben, 2012
246	Beitrag zum Fortschritt im Automobilleichtbau durch die Entwicklung von Crashabsorbieren aus textilverstärkten Kunststoffen auf Basis geflochtener Preforms und deren Abbildung in der Simulation, 2013
247	Zuverlässige Wiederverwendung und abgesicherte Integration von Softwarekomponenten im Automobil, 2013
248	Modellierung des dynamischen Verhaltens von Komponenten im Bordnetz unter Berücksichtigung des EMV-Verhaltens im Hochvoltbereich, 2013
249	Hochspannungsverkopplung in elektronischen Komponenten und Steuergeräten, 2013
250	Schwingfestigkeitsbewertung von Nahtenden MSG-geschweißter Feinbleche aus Stahl unter Schubbeanspruchung, 2013
251	Parametrischer Bauraum – synchronisierter Fahrzeugentwurf, 2013
252	Reifenentwicklung unter aerodynamischen Aspekten, 2013
253	Einsatz- und Marktpotenzial neuer verbrauchseffizienter Fahrzeugkonzepte – Phase 2, 2013
254	Qualifizierung von Aluminiumwerkstoffen für korrosiv beanspruchte Fahrwerksbauteile unter zyklischer Belastung (Salzkorrosion), 2013
255	Untersuchung des Rollwiderstands von Nutzfahrzeugreifen auf echten Fahrbahnen, 2013
256	Naturalistic Driving Data, Re-Analyse von Daten aus dem EU-Projekt euroFOT, 2013
257	Ableitung eines messbaren Klimasummenmaßes für den Vergleich des Fahrzeugklimas konventioneller und elektrischer Fahrzeuge, 2013
258	Sensitivitätsanalyse rollwiderstandsrelevanter Einflussgrößen bei Nutzfahrzeugen, Teile 1 und 2, 2013
259	Erweiterung des Korbspannungskonzepts auf Nahtübergänge von Linienschweißnähten an dünnen Blechen, 2013
260	Numerische Untersuchungen zur Aerodynamik von Nutzfahrzeugkombinationen bei realitätsnahen Fahrbedingungen unter Seitenwindeinfluss, 2013
261	Rechnerische und probandengestützte Untersuchung des Einflusses der Kontaktwärmeübertragung in Fahrzeugsitzen auf die thermische Behaglichkeit, 2013

- 262 Modellierung der Auswirkungen verkehrsbedingter Partikelanzahl-Emissionen auf die Luftqualität für eine typische Hauptverkehrsstraße, 2013
- 263 Laserstrahlschweißen von Stahl an Aluminium mittels spektroskopischer Kontrolle der Einschweißtiefe und erhöhter Anbindungsbreite durch zweidimensional ausgeprägte Schweißnähte, 2014
- 264 Entwicklung von Methoden zur zuverlässigen Metamodellierung von CAE Simulations-Modellen, 2014
- 265 Auswirkungen alternativer Antriebskonzepte auf die Fahrdynamik von PKW, 2014
- 266 Entwicklung einer numerischen Methode zur Berücksichtigung stochastischer Effekte für die Crashsimulation von Punktschweißverbindungen, 2014
- 267 Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 1, 2014
- 268 Bewegungsverhalten von Fußgängern im Straßenverkehr - Teil 2, 2014
- 269 Schwingfestigkeitsbewertung von Schweißnahtenden MSG-geschweißter Feinblechstrukturen aus Aluminium, 2014
- 270 Physiologische Effekte bei PWM-gesteuerter LED-Beleuchtung im Automobil, 2015
- 271 Auskunft über verfügbare Parkplätze in Städten, 2015
- 272 Zusammenhang zwischen lokalem und globalem Behaglichkeitsempfinden: Untersuchung des Kombinationseffektes von Sitzheizung und Strahlungswärmeübertragung zur energieeffizienten Fahrzeugklimatisierung, 2015
- 273 UmCra - Werkstoffmodelle und Kennwertermittlung für die industrielle Anwendung der Umform- und Crash-Simulation unter Berücksichtigung der mechanischen und thermischen Vorgeschichte bei hochfesten Stählen, 2015
- 274 Exemplary development & validation of a practical specification language for semantic interfaces of automotive software components, 2015
- 275 Hochrechnung von GIDAS auf das Unfallgeschehen in Deutschland, 2015
- 276 Literaturanalyse und Methodenauswahl zur Gestaltung von Systemen zum hochautomatisierten Fahren, 2015
- 277 Modellierung der Einflüsse von Porenmorphologie auf das Versagensverhalten von Al-Druckgussteilen mit stochastischem Aspekt für durchgängige Simulation von Gießen bis Crash, 2015
- 278 Wahrnehmung und Bewertung von Fahrzeugaußengeräuschen durch Fußgänger in verschiedenen Verkehrssituationen und unterschiedlichen Betriebszuständen, 2015
- 279 Sensitivitätsanalyse rollwiderstandsrelevanter Einflussgrößen bei Nutzfahrzeugen – Teil 3, 2015
- 280 PCM from iGLAD database, 2015
- 281 Schwere Nutzfahrzeugkonfigurationen unter Einfluss realitätsnaher Anströmbedingungen, 2015
- 282 Studie zur Wirkung niederfrequenter magnetischer Felder in der Umwelt auf medizinische Implantate, 2015
- 283 Verformungs- und Versagensverhalten von Stählen für den Automobilbau unter crashartiger mehrachsiger Belastung, 2016
- 284 Entwicklung einer Methode zur Crashsimulation von langfaserverstärkten Thermoplast (LFT) Bauteilen auf Basis der Faserorientierung aus der Formfüllsimulation, 2016
- 285 Untersuchung des Rollwiderstands von Nutzfahrzeugreifen auf realer Fahrbahn, 2016
- 286 χ MCF - A Standard for Describing Connections and Joints in the Automotive Industry, 2016
- 287 Future Programming Paradigms in the Automotive Industry, 2016
- 288 Laserstrahlschweißen von anwendungsnahen Stahl-Aluminium-Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau, 2016

- 289 Untersuchung der Bewältigungsleistung des Fahrers von kurzfristig auftretenden Wiederübernahmesituationen nach teilautomatischem, freihändigem Fahren, 2016
- 290 Auslegung von geklebten Stahlblechstrukturen im Automobilbau für schwingende Last bei wechselnden Temperaturen unter Berücksichtigung des Versagensverhaltens, 2016
- 291 Analyse, Messung und Optimierung des Ventilationswiderstands von Pkw-Rädern, 2016
- 292 Innenhochdruckumformen laserstrahlgelöteter Tailored Hybrid Tubes aus Stahl-Aluminium-Mischverbindungen für den automobilen Leichtbau, 2017
- 293 Filterung an Stelle von Schirmung für Hochvolt-Komponenten in Elektrofahrzeugen, 2017
- 294 Schwingfestigkeitsbewertung von Nahtenden MSG-geschweißter Feinbleche aus Stahl unter kombinierter Beanspruchung, 2017
- 295 Wechselwirkungen zwischen zyklisch-mechanischen Beanspruchungen und Korrosion: Bewertung der Schädigungsäquivalenz von Kollektiv- und Signalformen unter mechanisch-korrosiven Beanspruchungsbedingungen, 2017
- 296 Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur, 2017
- 297 Analyse zum Stand und Aufzeigen von Handlungsfeldern beim vernetzten und automatisierten Fahren von Nutzfahrzeugen, 2017
- 298 Bestimmung des Luftwiderstandsbeiwertes von realen Nutzfahrzeugen im Fahrversuch und Vergleich verschiedener Verfahren zur numerischen Simulation, 2017
- 299 Unfallvermeidung durch Reibwertprognosen, 2017
- 300 Thermisches Rollwiderstandsmodell für Nutzfahrzeugreifen zur Prognose fahrprofilspezifischer Energieverbräuche, 2017
- 301 The Contribution of Brake Wear Emissions to Particulate Matter in Ambient Air, 2017
- 302 Design Paradigms for Multi-Layer Time Coherency in ADAS and Automated Driving (MULTIC), 2017
- 303 Experimentelle Untersuchung des Einflusses der Oberflächenbeschaffenheit von Scheiben auf die Kondensatbildung, 2017
- 304 Der Rollwiderstand von Nutzfahrzeugreifen unter realen Umgebungsbedingungen, 2018
- 305 Simulationsgestützte Methodik zum Entwurf intelligenter Energiesteuerung in zukünftigen Kfz-Bordnetzen, 2018
- 306 Einfluss der Kantenbearbeitung auf die Festigkeitseigenschaften von Stahl-Feinblechen unter quasistatischer und schwingender Beanspruchung, 2018
- 307 Fahrerspezifische Aspekte beim hochautomatisierten Fahren, 2018
- 308 Der Rollwiderstand von Nutzfahrzeugreifen unter zeitvarianten Betriebsbedingungen, 2018
- 309 Bewertung der Ermüdungsfestigkeit von Schraubverbindungen mit gefurchtem Gewinde, 2018
- 310 Konzept zur Auslegungsmethodik zur Verhinderung des selbsttätigen Losdrehens bei Bauteilsystemen im Leichtbau, 2018
- 311 Experimentelle und numerische Identifikation der Schraubenkopfverschiebung als Eingangsgröße für eine Bewertung des selbsttätigen Losdrehens von Schraubenverbindungen, 2018
- 312 Analyse der Randbedingungen und Voraussetzungen für einen automatisierten Betrieb von Nutzfahrzeugen im innerbetrieblichen Verkehr, 2018

Impressum

Herausgeber	FAT Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. Behrenstraße 35 10117 Berlin Telefon +49 30 897842-0 Fax +49 30 897842-600 www.vda-fat.de
ISSN	2192-7863
Copyright	Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT) 2018

Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA)
Behrenstraße 35, 10117 Berlin
www.vda.de
Twitter @VDA_online

VDA | Verband der
Automobilindustrie

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)
Behrenstraße 35, 10117 Berlin
www.vda.de/fat

FAT | Forschungsvereinigung
Automobiltechnik