

Stephan Grasser, BSc

Automatisiertes und vernetztes Fahren bei Nutzfahrzeugen

Analyse zum Stand der Technik und Aufzeigen von Potentialen und Handlungsfeldern

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Masterstudium Maschinenbau

Technische Universität Graz

Fachrichtung: Maschinenbau

Institut für Fahrzeugtechnik

Member of Frank Stronach Institute

Institutsvorstand: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter Fischer

Betreuer: Dipl.-Ing. Dr.techn. Cornelia Lex

Graz, 10.01.2017

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen mitwirkenden Personen bedanken. An erster Stelle gilt mein Dank meiner Familie, die mich während meines Studiums immer unterstützte und mir durch ihren Beistand das Studium erleichterten. Des Weiteren gilt mein Dank meinem guten Freund Martin Schabauer, BSc, der mich einerseits auf dieses Projekt aufmerksam machte und mir auch während der Projektlaufzeit immer als Diskussionspartner zur Seite stand. „Last but not least“ möchte ich Frau Dipl.-Ing. Dr.techn. Cornelia Lex für die umfangreiche Betreuung meiner Arbeit, die Unterstützung bei allen Fragen im Rahmen des Projektes und den Gestaltungsfreiraum bei der Durchführung und Bearbeitung der Fragestellungen danken.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

(Unterschrift)

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from used sources.

.....

(Date)

(Signature)

Abstract

This thesis was written as part of a study at the Institute of Automotive Engineering at TU Graz in the area of automated and connected driving for heavy good vehicles and busses above 7.5 tons. The study was carried out for the Research Association of Automotive Technology (FAT), part of the German Association of the Automotive Industry (VDA). An important goal within the study was to consider the practical impacts for the development of future driver assistance systems.

First a literature research on current research projects in the area of heavy vehicles was done. For a better overview the systems and applications found in the literature were structured. To consider the expected practical impacts of further automation in the transport industry, interviews with 20 stakeholders were carried out. In most cases the stakeholders were carriers or the fleet managers of transport companies. A questionnaire was taken as guidance through the interviews. The questions were partly close questions which could be evaluated with quantitative methods and partly open questions which were evaluated with the qualitative method according to Mayring.

In a next step, according to the results of the literature research and the results of the interviews, different use cases were developed and evaluation criteria were derived. After that the use cases were analysed according to their potential to meet the evaluation criteria.

According to a benefit analysis about this topic carried out in another thesis, finally activity fields and research demands in the area of automated and connected driving for heavy vehicles for goods and passenger transportation were pointed out.

With this thesis target-oriented use cases for the automation of heavy vehicles were identified. The investigations showed high potential for higher automated functions to improve safety, reduce costs and improve drivers comfort. Highest potential was expected for the autonomous infrastructure, the autonomous factory traffic and for automated functions on highways. To get this use cases to reality, research demand in the area of the driver (working conditions, education for/on new systems, raise attractiveness of the transport profession, etc.), technical standards, monitoring the surrounding and the vehicle conditions, legislative conditions and infrastructural conditions is shown.

Kurzfassung

Am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Graz wurde eine Studie zum Aufzeigen von Handlungsfeldern beim vernetzten und automatisierten Fahren von Nutzfahrzeugen für die Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) des Verbands der Automobilindustrie (VDA) in Deutschland durchgeführt. Teil dieser Studie ist die vorliegende Masterarbeit, mit dessen Unterstützung realitätsnahe, nutzfahrzeug-spezifische Problemstellungen und daraus resultierender Forschungsbedarf identifiziert wurden. Ein wichtiges Ziel bei der Durchführung war dabei ein starker Praxisbezug, um die Entwicklung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme in Bahnen zu lenken, die auch dem Markt (Gütertransport-, Logistik- und Personentransportunternehmen) entsprechen.

Um Handlungsfelder und den notwendigen Forschungsbedarf zu erarbeiten, wurde zuerst eine fundierte Literaturrecherche zu aktuellen Forschungsarbeiten in diesem Bereich durchgeführt. Für eine bessere Übersicht wurden die gefundenen Anwendungen klassifiziert. Um die nötige Verknüpfung zur Praxis herzustellen, wurden in einem weiteren Schritt Interviews mit Stakeholdern durchgeführt. Dazu wurden 20 Stakeholder, größtenteils Transportunternehmer beziehungsweise Fuhrparkleiter aus Transportunternehmen, über einen Fragebogen befragt. Die Fragen umfassten einerseits geschlossene Fragestellungen, die quantitativ ausgewertet wurden und andererseits offene Fragen, die qualitativ mit der Methode der Inhaltsanalyse nach Mayring untersucht wurden.

Mit den Ergebnissen der Interviews sowie des erhobenen Stands der Technik wurden anschließend verschiedene Anwendungsfälle für automatisiertes Fahren identifiziert und Bewertungskriterien abgeleitet. Mit einer Potentialanalyse erfolgte die Bewertung der Anwendungsfälle in den einzelnen Kriterien.

Auf Basis der Ergebnisse einer in einer weiteren Arbeit durchgeführten Nutzwertanalyse zu diesem Thema wurden schließlich Handlungsfelder und Forschungsbedarf für automatisiertes Fahren im Gütertransport und der Personenbeförderung aufgezeigt.

So konnten in dieser Arbeit zielführende Anwendungsfälle für die Automatisierung von Nutzfahrzeugen identifiziert werden. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass vor allem höher automatisierte Fahrfunktionen großes Potential zur Erhöhung der Verkehrssicherheit, des finanziellen Nutzens für Transportunternehmer und Komfortgewinn für den Fahrer erwarten lassen. Das größte Potential zeigten die Umsetzung einer autonomen Infrastruktur (Trennung vom Individualverkehr), autonomer Werksverkehr sowie automatisierte Fahrfunktionen auf der Autobahn. Zur Umsetzung der Anwendungsfälle werden Handlungsfelder und Forschungsbedarf in den Bereichen Fahrer, technische Standards, Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung, gesetzliche Rahmenbedingungen und Infrastrukturanforderungen aufgezeigt.

Inhalt

Danksagung	i
Eidesstattliche Erklärung	ii
Abstract	iii
Kurzfassung	iv
Inhalt.....	v
Abkürzungen	vii
1 Einleitung.....	1
1.1 Aufgabenstellung.....	1
1.2 Grundlegende Unterschiede zum PKW	4
2 Übersicht über den Stand der Technik.....	5
2.1 Klassifizierung der Systeme	5
2.2 Übersicht über serienmäßig verfügbare Systeme	6
2.3 Übersicht über in Entwicklung befindliche Systeme	6
3 Interviews mit Beteiligten	14
3.1 Auswahl der Stakeholder	14
3.2 Fragebogen.....	16
3.3 Auswertemethodik und Auswertung der Interviews	16
3.3.1 Quantitative Auswertung	16
3.3.2 Qualitative Auswertung.....	16
3.4 Darstellung der Ergebnisse.....	17
3.5 Ergebnisse der Interviews	21
3.5.1 Transportierte Güter (quantitative Auswertung).....	21
3.5.2 Transportaufgabe (quantitative Auswertung).....	22
3.5.3 Beladung (quantitative Auswertung)	23
3.5.4 Transportablauf (quantitative Auswertung)	24
3.5.5 Fuhrpark (quantitative Auswertung).....	24
3.5.6 Teilautomatisierung und autonomes Fahren (quantitative Auswertung)	26
3.5.7 Nutzen zukünftiger Systeme (quantitative Auswertung)	27
3.5.8 Gut integrierbare Systeme (qualitative Auswertung)	33
3.5.9 Probleme bei der praktischen Umsetzung (qualitative Auswertung)	33
3.5.10 Verweigerungsgründe für Fahrer (qualitative Auswertung)	35
3.5.11 Besondere Anforderungen durch Transportgut (qualitative Auswertung).....	37

3.5.12	Organisatorische Herausforderungen (qualitative Auswertung)	39
3.5.13	Größte Unfallrisiken (qualitative Auswertung)	40
3.5.14	Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren (qualitative Auswertung)	42
3.5.15	Veränderungen in der Transportbranche (qualitative Auswertung)	43
3.6	Diskussion der Ergebnisse	45
4	Potentialanalyse	47
4.1	Identifikation der Anwendungsfälle	47
4.2	Vorstellung der Anwendungsfälle	49
4.3	Auswahl der Bewertungskriterien.....	53
4.4	Potentialbewertung der Anwendungsfälle	54
4.4.1	Bewertung der Verkehrssicherheitskriterien nach Automatisierungsgrad.....	54
4.4.2	Bewertung der Verkehrssicherheitskriterien nach Einsatzort	55
4.4.3	Bewertung des finanziellen Nutzens sowie Fahrerkomfort nach Automatisierungsgrad 57	
4.4.4	Bewertung des finanziellen Nutzens nach Einsatzort	57
4.5	Ergebnis der Potentialanalyse	57
5	Handlungsfelder für vernetztes und automatisiertes Fahren	60
5.1	Handlungsfelder bei der Neudefinition der Fahrerrolle.....	61
5.2	Handlungsfelder bei technischen Standards.....	62
5.3	Handlungsfelder bei der Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung.....	63
5.4	Handlungsfelder bei gesetzlichen Rahmenbedingungen.....	65
5.5	Handlungsfelder bei Infrastrukturanforderungen	66
6	Zusammenfassung.....	67
	Abbildungsverzeichnis.....	I
	Tabellenverzeichnis	III
	Literaturverzeichnis.....	IV
A.	Anhang Fragebogen	VIII
B.	Anhang Detailergebnisse Transportaufgabe	XVI
C.	Anhang Detailergebnisse Fuhrpark	XIX
D.	Anhang weitere Detailergebnisse	XXII

Abkürzungen

ABS	Antiblockiersystem
ACC	Abstandsregeltempomat (engl. <i>Adaptive Cruise Control</i>)
AEBS	Notbremsassistent (engl. <i>Autonomous Emergency Braking System</i>)
AHS	Autonomous Haulage System von Komatsu
AGV	Automated Guided Vehicle
CDC	Aktive Wankstabilisierung (engl. <i>Continous Damping Control</i>)
CST	Cargo Sous Terrain
EMA	Ausweichassistent (engl. <i>Evasive Maneuver Assist</i>)
ESC	Elektronische Stabilitätskontrolle
FAS	Fahrerassistenzsystem
HDA	Highway Driving Assist
HR	Heavy Route
LDW	Spurverlassenswarnung (engl. <i>Lane Departure Warning</i>)
LVN	Local Vehicle Network
NFZ	Nutzfahrzeug
OEM	Erstausrüster (engl. <i>Original Equipment Manufacturer</i>)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PKW	Personenkraftwagen
SAE	Society of Automotive Engineers
TCO	Total Cost of Ownership

1 Einleitung

Am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Graz wurde für die Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) im Rahmen eines vorwettbewerblichen und gemeinschaftlichen Forschungsprojektes die Analyse zum Stand und Aufzeigen von Handlungsfeldern beim vernetzten und automatisierten Fahren von Nutzfahrzeugen durchgeführt. Ziel der Studie war es, realitätsnahe, nutzfahrzeug-spezifische Problemstellungen und daraus resultierenden Forschungsbedarf zu identifizieren. Wichtig war dabei ein starker Praxisbezug, um die Entwicklung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme in Bahnen zu lenken, die auch dem Markt (Gütertransport-, Logistik- und Personentransportunternehmen) entsprechen.

1.1 Aufgabenstellung

Das Thema entstand aus Vorschlägen des Arbeitskreises 9 der FAT mit dem Hintergrund, die folgenden Punkte zu beleuchten:

- Bereits angedachte beziehungsweise entwickelte oder eventuell sogar schon im Einsatz befindliche Systeme
- Den aktuellen Stand der technischen Entwicklungen
- Die verkehrlichen und strukturellen Rahmenbedingungen
- Den jeweils betroffenen Gesetzesrahmen

Die Untersuchung bezieht sich auf Nutzfahrzeuge ab 7,5 t und beinhaltet sowohl Solofahrzeuge, Lastzüge sowie verschiedene Typen von Omnibussen (Stadtbusse, Überlandbusse und Reisebusse). Dabei werden Anwendungsfälle mit unterschiedlichen Transportaufgaben, allen möglichen Beladungszuständen (leer bis voll beladen) sowie der Geschwindigkeitsbereich von 0 km/h bis 85 beziehungsweise 100 km/h berücksichtigt.

Die Bearbeitung der Studie erfolgte dabei in drei Arbeitspaketen:

Arbeitspaket 1 – Stand der Technik

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, einen Überblick über den Stand der Technik sowie eine Analyse des subjektiven Eindrucks der Shareholder zum Thema Automatisiertes Fahren in Gütertransport und Personenbeförderung zu erhalten.

Dazu wurde eine Literaturrecherche mit den folgenden Schwerpunkten durchgeführt, wobei die erwähnten Anwendungen nicht vollständig sind, sondern stellvertretend genannt werden:

Im Einsatz befindliche Anwendungen: Dazu gehören unter anderem Notbremsassistent sowie Spurverlassenswarnsysteme, welche in der EU seit November 2013 verbindlich für neue LKW (Klassen N2 und N3) vorgeschrieben sind sowie der Abstandsregeltempomat.

Aktuell entwickelte Anwendungen: Diese umfassen einerseits komfortorientierte Systeme wie den Zielbremsassistenten oder den Rückfahrassistenten für LKW mit und ohne Gliederzüge und andererseits sicherheitsrelevante Systeme wie Abbiegeassistenten oder Totwinkelwarner.

Angedachte Anwendungen: Dazu gehören vor allem höher automatisierte Funktionen sowie Möglichkeiten, die sich durch Vernetzung von Fahrzeugen und öffentlicher beziehungsweise betrieblicher Infrastruktur über ein entsprechendes Datenbackbone ergeben. Diese können den Betrieb auf abgeschlossenen Werksgeländen beinhalten und den Betrieb im Straßenverkehr wie zum Beispiel den Einsatz von elektronisch gekoppelten LKW-Konvois auf der Autobahn. Langfristiges Ziel autonomer Systeme ist das fahrerlose und vollautomatisierte Fahren inklusive automatischem Be- und Entladen im Bereich des Gütertransports beziehungsweise fahrerlosen Personentransports.

Zusätzlich zur Literaturrecherche wurden Interviews mit beteiligten Stakeholdern durchgeführt. Insbesondere wurden Gespräche mit Verantwortlichen von lokalen Verkehrsbetrieben, Logistik-Verteilerzentren, Spediteuren im Nah- und Fernverkehr, Spediteuren mit kombiniertem Verkehr, Reisebusunternehmen und Firmen mit intensivem Werksverkehr geführt. Von der Befragung von Fahrern selbst wurde abgesehen. In den Gesprächen sollten die wichtigsten Vorteile, Probleme und Risiken von Anwendern in Hinblick auf automatisiertes Fahren im Gütertransport und bei der Personenbeförderung ermittelt werden.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes wurden als Basis für die Ausarbeitung von Anwendungsfällen (Use Cases) verwendet.

Arbeitspaket 2 – Potentialanalyse

In Rahmen der Potentialanalyse wurden in einem ersten Schritt die im Stand der Technik erhobenen Systeme zu Anwendungsfällen (Use Cases) zusammengefasst. Diese wurden in eine dreidimensionale Matrix mit den Achsen Fahrzeugtyp (Single-Fahrzeug, LKW-Zug, Omnibus, etc.), Einsatzgebiet (Autobahn- oder Stadtverkehr, Einsatz im Verteilerzentrum, am Werkhof, etc.) sowie nach einem ersten Plan nach Interessensgruppe (Frächter, Fahrervereinigung, Logistikzentrum, Infrastrukturbetreiber, etc.) strukturiert. Von der Berücksichtigung der Interessensgruppen wurde im Laufe des Projektes abgesehen, da diese keinen Mehrwert für die Entwicklung der Anwendungsfälle lieferte. Stattdessen wurde als dritte Kategorie der Automatisierungsgrad der Fahrfunktion gewählt.

Die Stufen der Automatisierung von Fahrzeugen nach der Society of Automotive Engineers (SAE) sind in Abbildung 1-1 dargestellt (SAE 2014). In der Stufe 0 (Level 0) ist der Fahrer sowohl für Längs- wie auch Querführung verantwortlich; unterstützende Systeme sind passiv und warnen und informieren lediglich. Bei Stufe 2 übernimmt ein automatisiertes System entweder die Längs- oder die Querführung, der Fahrer muss jederzeit übernehmen können. Ab der dritten Stufe nach SAE sieht die Fahrerrolle situative Überwachung und notwendigen Fahrereingriff bei erreichten Systemgrenzen vor. Schon ab Stufe 4 ist ein Fahrereingriff nur noch in gewissen Fahrsituationen, zum Beispiel sehr komplexen Verkehrssituationen, erforderlich. Ab Stufe 5 ist kein Fahrer mehr erforderlich. Fahrdynamikregelungen wie die Elektronische Stabilitätskontrolle (ESC) oder das Antiblockiersystem (ABS) sind in dieser Kategorisierung nicht berücksichtigt.

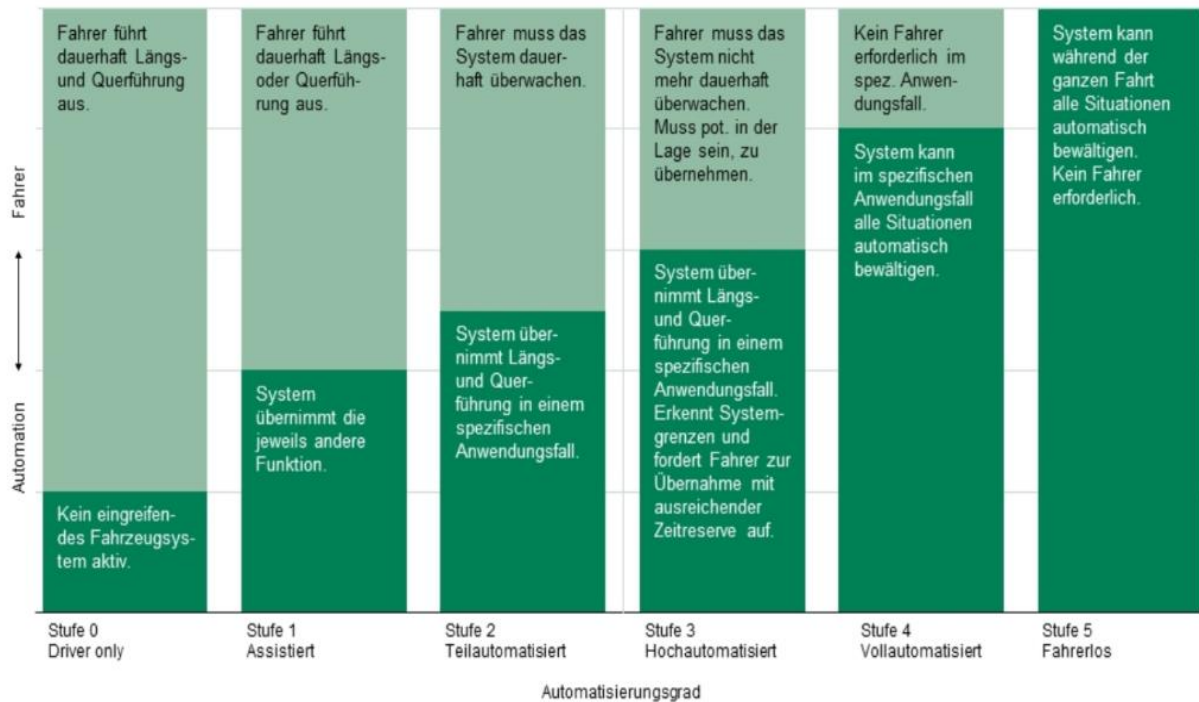


Abbildung 1-1: Klassifizierung nach Stufen des Automatisierungsgrades von Fahrzeugen nach der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in der Darstellung des Verbandes der Automobiltechnik (VDA), (1).

Um das Potential der Anwendungsfälle hinsichtlich ihres erwarteten Nutzens bewerten zu können, wurden in einem zweiten Schritt relevante Kriterien für die Bewertung der Anwendungsfälle erarbeitet. Dies erfolgte auf Basis der Voruntersuchung inklusive der Interviews mit Stakeholdern.

Arbeitspaket 3 – Definition von Handlungsfeldern

Auf Basis der ersten beiden Arbeitspakete wurde eine Nutzwertanalyse erstellt. Grundlage stellten die im Arbeitspaket 2 erarbeiteten Bewertungskriterien und Anwendungsfälle dar. Durch einen paarweisen Vergleich der Kriterien wurde eine Gewichtung der Kriterien durchgeführt.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine Analyse zum Stand der Technik mit dem Schwerpunkt auf aktuell entwickelte Anwendungen und angedachte Anwendungen durchgeführt. Des Weiteren wurden die Interviews mit Stakeholdern der Branche anhand eines am Institut für Fahrzeugtechnik entwickelten Fragebogens durchgeführt und die Ergebnisse ausgewertet. Die im Einsatz befindlichen Anwendungen wurden in einer separaten Arbeit untersucht, siehe (2). Auf dieser Basis erfolgte hier die Bearbeitung des Arbeitspaketes 2 (Potentialanalyse).

Weiter wurde die Definition von Handlungsfeldern auf Basis der in (2) beschriebenen Nutzwertanalyse durchgeführt.

1.2 Grundlegende Unterschiede zum PKW

Automatisierte Fahrfunktionen unterstützen bereits heute den Fahrer in modernen Fahrzeugen bei seiner Fahraufgabe und informieren oder greifen gegebenenfalls aktiv ins Fahrgeschehen ein. Durch automatisierte Fahrfunktionen kann die Verkehrssicherheit erhöht und der Verkehrsfluss erleichtert werden. Im Bereich von Personenkraftwagen gibt es ein gemeinsames Verständnis im Verband der Automobilindustrie (VDA) sowie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), welche Handlungsfelder und welcher Forschungsbedarf auf dem Weg zum automatisierten Fahren notwendig sind. Diese können nicht direkt und ungeprüft auf den Bereich des Gütertransports und der Personenbeförderung mit Nutzfahrzeugen über 7,5 t übertragen werden, da diese Fahrzeugtypen teilweise sehr große Unterschiede in ihrer Ausführung und ihrem Einsatzzweck aufweisen.

Ein Unterschied von Nutzfahrzeugen zu PKW besteht in der Fahrzeugtechnik. Dies betrifft unter anderem die Fahrzeugmasse, die Abmessungen der Fahrzeuge und die Antriebs- und Bremstechnik. Die Fahrzeugtechnik muss auch für eine im Vergleich zum PKW sehr hohe Fahrleistung von bis zu 250.000 km pro Jahr ausgelegt sein. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen zu transportierenden Gütern gibt es für Nutzfahrzeuge auch eine entsprechende Vielzahl an Aufbauten. Durch diese Aufbauten und die unterschiedlichen Güter variiert die Masse und auch die Schwerpunktshöhe von Nutzfahrzeugen teilweise sehr stark. Des Weiteren ist aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ein Nutzfahrzeug im Vergleich zum PKW immer ein Investitionsgut, dessen Kaufentscheidung fast ausschließlich auf Basis der Life-Cycle-Costs erfolgt. Die Kaufentscheidung über ein Fahrzeug und dessen Ausstattung wird meist vom Transportunternehmer getroffen, der in seltenen Fällen auch Fahrer ist. Zusätzlich unterliegen die Fahrer von Nutzfahrzeugen strengen gesetzlichen Rahmenbedingungen (Lenk-, Ruhe-, Arbeitszeit, etc.) und haben nicht nur ihren Arbeitsplatz hinter dem Steuer, sondern oft auch ihren Wohn- und Schlafplatz, (2).

Im Gegensatz zu Personenkraftwagen sind auch nicht nur OEM und ihre Zulieferer in die Fahrzeugentwicklung mit eingebunden, sondern im großen Ausmaß auch Hersteller von Fahrzeugaufbauten sowie Anhängern und Aufliegern.

Aufgrund der genannten Unterschiede ergeben sich bei Nutzfahrzeugen andere Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme als bei PKW. Diese müssen einerseits auf die technischen Spezifikationen von Nutzfahrzeugen abgestimmt sein, andererseits ist eine erfolgreiche Markteinführung von Fahrerassistenzsystemen im Nutzfahrzeug stark davon abhängig, ob ein betriebswirtschaftlicher Gewinn erzielt werden kann.

2 Übersicht über den Stand der Technik

Um den Stand der aktuellen Entwicklungen zu erheben, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Dazu wurde hier, aufbauend auf der erfassten Literatur zu den im Einsatz befindlichen Anwendungen nach (2), die Literatur nach aktuellen Forschungsprojekten durchsucht, in denen aktuell entwickelte Anwendungen sowie angedachte Systeme beschrieben werden. Die dabei untersuchten Systeme beschränken sich bis auf einzelne Ausnahmen auf Systeme, die für Nutzfahrzeuge ab 7,5 t relevant sind.

Die untersuchten Systeme umfassen sowohl komfort- wie auch sicherheitsrelevante Fahrfunktionen. Durch die Berücksichtigung von bis zur Serienreife entwickelten Systemen wie auch Konzeptideen für zukünftige Systeme sind sämtliche Automatisierungsgrade nach SAE berücksichtigt. Diese beinhalten den Betrieb auf abgeschlossenen Werksgeländen und den Betrieb im Straßenverkehr.

Langfristiges Ziel autonomer Systeme ist das fahrerlose und vollautomatisierte Fahren inklusive automatischem Be- und Entladen im Bereich des Gütertransports und des fahrerlosen Personentransports.

Zur besseren Übersichtlichkeit wurden die in der Literatur gefundenen Systeme klassifiziert. Die durchgeführte Klassifizierung der Systeme wird kurz in Kapitel 2.1 vorgestellt. Die Beschreibung der einzelnen Systeme sowie der Ergebnisse der Klassifizierung sind in Kapitel 2 und Kapitel 2.3 dargestellt.

2.1 Klassifizierung der Systeme

Ziel der Klassifizierung war die übersichtliche Darstellung und Auflistung der gefundenen Systeme. Die Klassifizierung der in Entwicklung befindlichen Systeme erfolgte nach der in (2) entwickelten Methodik. Diese umfasst zuerst eine Aufteilung der Systeme nach dem Eingriff in die Fahraufgabe (nach Donges (3)). Dabei wird zwischen Systemen, die in die Stabilisierungsebene, in die Bahnführungsebene oder in die Navigationsebene eingreifen, unterschieden. Eine weitere Unterteilung erfolgt nach dieser Methode in passive und aktive Systeme, je nachdem ob die Systeme den Fahrer warnen (passiv) oder in die Fahraufgabe eingreifen (aktiv). Aufbauend auf dieser Unterteilung werden die Systeme anschließend in unterschiedlichen Kategorien bewertet. Diese beinhalten den Forschungsstand, ob das System gesetzlich vorgeschrieben ist, die fahrdynamische Wirkungsweise, das SAE-Level des Systems, Ziel des Systems, die verwendete/notwendige Sensorik, die verwendete/notwendige Aktuatorik, die Mensch-Maschine-Interaktion und die Infrastrukturanforderungen der Systeme. Für eine detaillierte Beschreibung der Kategorien und der Bewertungsmethodik wird auf (2) verwiesen.

Die Bewertung der in Entwicklung befindlichen Systeme war in den meisten Fällen anhand der verfügbaren Literatur möglich. Da aber im Gegensatz zu den serienreifen Systemen die in Entwicklung befindlichen Systeme den Konzeptstatus oft noch nicht überschritten haben, sind diese dementsprechend vage beschrieben. Dies führte dazu, dass in einigen Kategorien diese aufgrund der Beschreibung der Funktionsweise beurteilt werden mussten. Diese Fälle sind explizit mit k.A. (= keine Angabe in der Literatur aber vermutlich zutreffend beziehungsweise notwendig) ausgezeichnet.

2.2 Übersicht über serienmäßig verfügbare Systeme

Für eine Übersicht über die serienmäßig verfügbaren Systeme sowie die Beschreibung der Systeme wird hier auf (2) verwiesen.

2.3 Übersicht über in Entwicklung befindliche Systeme

In Tabelle 2-1, Tabelle 2-2 und Tabelle 2-3 wird ein Überblick über die in Entwicklung befindlichen Systeme, welche im Rahmen der Literaturrecherche untersucht wurden, gegeben. Die Systeme werden nach der in Kapitel 2.1 vorgestellten Systematik bewertet und im Folgenden beschrieben sowie die verwendete Literatur dargestellt.

Die folgenden in Entwicklung befindlichen Systeme wurden berücksichtigt:

- **Abbiegeassistent/Toterwinkel-Assistent**

Dieses System unterstützt den Fahrer eines Nutzfahrzeuges beim Abbiegen und überwacht die toten Winkel des Fahrzeuges sowohl an Kreuzungen wie auch beim Spurwechsel auf der Autobahn. Dafür überwachen Radarsensoren die rechte Fahrzeugseite und erfassen stehende und bewegte Objekte. Bei Detektion eines Objektes im Gefahrenbereich erfolgt eine zweistufige Warnung, siehe (4) und (5).

- **Bird-View-System**

Dieses System von MAN ermöglicht eine 360°-Rundumsicht um das Fahrzeug durch den Einsatz von mehreren Kameras. Die Darstellung erfolgt dabei aus der Vogelperspektive und soll den Fahrer bei der Umgebungswahrnehmung unterstützen, (6).

- **Safety Truck**

Dieses von Samsung entwickelte System soll Unfälle beim Überholen von LKW vermeiden. Am Fahrerhaus des Nutzfahrzeuges ist eine nach vorne auf die Fahrbahn gerichtete Kamera angebracht, die das aufgezeichnete Bild nach hinten auf einen Bildschirm überträgt, der am Heck des Nutzfahrzeuges für nachfolgende Fahrzeuge eine bessere Weitsicht vor dem Überholvorgang liefert, (7).

- **Highway Driving Assist (HDA)**

Der HDA ist eine Kombination aus ACC und Spurhalteassistent und wurde von ZF vorgestellt. Es unterstützt den Fahrer beim Fahren in der gewählten Fahrspur sowohl in Quer- als auch in Längsführung, (8).

- **Evasive Maneuver Assist (EMA)**

Dieses von ZF und WABCO vorstellte System kann einen automatischen Ausweicheingang nach Eingabe eines Lenkimpulses durch den Fahrer einleiten. Dies kann in Situationen erforderlich sein, wo der Anhalteweg für einen Notbremsassistenten zur Kollisionsvermeidung nicht ausreichend ist, (8).

- **Nachrüstsystem für autonomes Fahren**

Dieses System wurde für amerikanische Highways entwickelt und hat das Ziel, die Längs- und Querverführung des Nutzfahrzeuges von „Exit to Exit“ zu übernehmen, also von der Autobahnauf- bis

zur -abfahrt. Es ist so konzipiert, dass es bei bereits im Fuhrpark vorhandenen LKW nachgerüstet werden kann. Die Umgebungserfassung erfolgt hier über Radar-, Ultraschall- und Lasersensoren sowie durch Kameras, siehe (9) und (10).

- **Grüne-Welle-Assistent**

Ziel dieses Systems ist die Emissionsreduzierung im städtischen Bereich durch energie- und verkehrsoptimiertes Fahren. Das System berücksichtigt die Schaltzeitpunkte der relevanten Ampeln und übernimmt die Längsführung des Fahrzeuges unter Berücksichtigung des Fahrzeuggewichtes so, dass unnötiges Halten vermieden wird, (6).

- **Cargo Sous Terrain (CST)**

Die Grundidee von Cargo Sous Terrain basiert auf der Trennung des Güter- und des Personenverkehrs. Dies soll durch eine Verlegung des Güterverkehrs in ein unterirdisches Tunnelsystem erfolgen. Das dreispurige Tunnelsystem soll dabei die wichtigsten Logistikzentren verbinden und mit autonomen, elektrisch angetriebenen Transporteinheiten ausgestattet sein, die bis zu drei Europaletten transportieren können. Die Spurführung erfolgt, genauso wie der Antrieb, über elektromagnetische Induktion. Die Fahrzeuge sind mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 km/h im 24 Stundenbetrieb unterwegs, (11).

- **City Pilot**

Der City Pilot ist eine von Daimler entwickelte Erweiterung des Highway Pilot für den „Mercedes Benz Future Bus“. Dieser kann über die selbsttätige Bahnführung hinaus auch Ampeln erkennen und mit ihnen kommunizieren, wenn diese entsprechende Schnittstellen (V2I) aufweisen. Das System ist vorerst für Busse gedacht und reagiert auch auf Fahrradfahrer und Fußgänger und bremst selbstständig. Auch das Ein- und Ausfahren bei Haltestellen sowie die Türsteuerung können vom System übernommen werden. Die Umgebungsüberwachung erfolgt dabei durch mehrere Radarsensoren und Kameras. Die Positionssteuerung erfolgt über GPS, (12).

- **Highway Pilot**

Der von Daimler im Rahmen von „Mercedes Benz Future Truck“ vorgestellte Highway Pilot ermöglicht hochautomatisiertes Fahren eines Nutzfahrzeuges innerhalb einer Spur auf der Autobahn. Das System braucht kein vorausfahrendes Fahrzeug zur Orientierung. Über entsprechende Schnittstellen (V2V und V2I) kann das Fahrzeug gegebenenfalls mit anderen Verkehrsteilnehmern kommunizieren. Zur Umfelderkennung und zur Bahnführung werden Radarsensoren und Kameras verwendet, (13).

- **Erweiterter Notbremsassistent**

Der erweiterte Notbremsassistent soll als Weiterentwicklung des Notbremsassistenten auch auf Fußgänger reagieren und eine Warnung bzw. in weiterer Folge eine autonome Bremsung einleiten, (14).

- **Autonomes Transportsystem**

Dieses von Scania entwickelte System bezeichnet einen oder mehrere selbstfahrende Nutzfahrzeuge für den Einsatz in Tagebau-Minen und Häfen, die fahrerlos Transportaufträge erfüllen. Die

Routenplanung erfolgt dabei über GPS und zur Umfelderkennung kommen Radarsensoren und eine Multilinsenkamera zum Einsatz. Über eine mobile Datenverbindung erfolgt die Kommunikation mit anderen Fahrzeugen und mit der Leitstelle, (15).

- **Rangierassistent (mittels Tablet)**

Mit diesem von ZF entwickelten System kann der komplette Lastzug (Sattelzug oder auch ein Lang-LKW) von außen über ein Tablet gesteuert und bewegt werden. Die Fahrtrichtungswahl und die Positionierung werden am Tablet bestimmt und das System führt die Lenkbewegungen so aus, dass der LKW in die gewünschte Richtung fährt, (16).

- **Autonomous Haulage System**

Diese von Komatsu und Hitachi entwickelten Systeme werden für den fahrerlosen Betrieb von Muldenkippern in Minen entwickelt. Dafür sind die entsprechenden Bereiche (Be- und Entladezonen, Tankstellen, Wartungsbereiche, usw.) in einer Karte im Zentralsteuergerät hinterlegt. Die Auftragserteilung erfolgt über WLAN zum Beispiel von einem Baggerfahrer oder von der Zentralstelle. Die Positionierung übernimmt ein Präzisions-GPS-System, die Hinderniserkennung erfolgt über Radar- und Lasersensoren, siehe (17) und (18).

- **Autonomer Traktor**

Der Autonome Traktor ist ein von CNH entwickeltes, fahrerloses Fahrzeug für den Einsatz in landwirtschaftlichen Großbetrieben. Dabei werden alle Funktionen von einem zentralen System gesteuert und überwacht. Die Steuerung und Überwachung kann am PC im Büro oder unterwegs über ein Tablet geschehen und basiert auf der Übertragung aller Traktordaten in Echtzeit über eine verschlüsselte Verbindung. Das Fahrzeug fährt dabei nach Erteilung des entsprechenden Befehls selbsttätig auf das zu bearbeitende Feld und führt dort die geforderten Tätigkeiten aus. Die Feldgrenzen und die Wege müssen zuvor festgelegt werden. Bei kritischen Situationen wie zum Beispiel einem stationären Hindernis auf dem Fahrweg erscheint eine Warnung am PC/Tablet und es wird eine Eingabe über die weitere Vorgehensweise gefordert (Umfahren oder Überfahren bei z. B. bei stehengebliebenem Erntegut). Bei bewegten Hindernissen stoppt der Traktor automatisch und fährt wieder weiter, wenn das Hindernis den Gefahrenbereich verlassen hat. Bei mehreren autonomen Traktoren am Feld errechnet das System die effizienteste Wegführung für alle Maschinen unter Berücksichtigung der Arbeitsbreite, (19).

- **Automatic Truckmaster**

Dieses von Götting KG entwickelte System dient zur Ausstattung von bestehenden Serien-Nutzfahrzeugen für fahrerlosen Betrieb auf Werksgeländen. Die Spurführung erfolgt durch in die Fahrbahn eingelassene Transponder. Zur Absicherung von Personen und Objekten wird der Gefahrenbereich mit Laserscannern erfasst. Zusätzlich sind rundum mechanische Schaltleisten sowie Not-Aus-Taster angebracht, die von außen betätigt werden können. Das Fahrzeug wird im autonomen Betrieb hydrostatisch angetrieben und fährt mit einer Geschwindigkeit von 6 km/h, (20).

- **GuideConnect**

Bei diesem von Fendt für landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge entwickelten System können durch einen Fahrer zwei Traktoren gesteuert werden. Der Fahrer steuert dabei das vorausfahrende

Fahrzeug, der zweite (fahrerlose) Traktor folgt dem ersten und führt seitenversetzt und positionsgenau dieselben Tätigkeiten wie das erste Fahrzeug aus. Die Verbindung der Traktoren erfolgt verschlüsselt über Funk. Bei Beginn der Arbeit wird ausgewählt, welcher Traktor das Führungsfahrzeug ist und welcher folgt. Das System ist so implementiert, dass jeder Traktor auch solo im normalen Fahrbetrieb eingesetzt werden kann, (21).

- **Self-Driving-Truck**

Der selbstfahrende LKW von Volvo ist in der ersten Forschungsstufe für den Einsatz in Untertag-Minen angedacht. Die Positionsbestimmung wird über GPS durchgeführt und die Umgebungsabsicherung übernehmen mehrere Laserscanner am Fahrzeug. Die Aufträge werden von einer zentralen Stelle erteilt, (22).

- **KONVOI**

Bei diesem deutschen Forschungsprojekt zum Thema „Platooning“ fahren bis zu vier LKW in einem Platoon, die miteinander und mit der Infrastruktur vernetzt sind. Das Führungsfahrzeug wird dabei manuell von einem Fahrer gesteuert. Die Längs- und Querverführung der Folgefahrzeuge wird vom KONVOI-System übernommen, (23).

- **Safe Road Trains for the Environment (SARTRE)**

SARTRE ist ein EU-Forschungsprojekt für den gemischten Betrieb von Platoons (z. B. drei PKW und zwei LKW). Das Leitfahrzeug ist immer ein manuell gefahrener LKW, die Folgefahrzeuge folgen automatisiert. Die Kommunikation unter den Fahrzeugen und mit der Infrastruktur erfolgt über entsprechende V2X-Schnittstellen, siehe (24) und (25).

- **Partners for Advanced Transportation Technology (PATH)**

PATH ist ein kalifornisches Platooning-Projekt, bei dem entweder nur PKW oder nur LKW (drei Stück) in einem Platoon fahren. Diese bewegen sich auf dafür vorgesehenen Fahrspuren und auch das Führungsfahrzeug ist fahrerlos unterwegs. Die Spurführung wird durch in die Fahrbahn eingelassene Transponder und ein Magnetometer-Sensor-Array am Nutzfahrzeug gewährleistet. Eine V2V- und V2I-Kommunikation ist im System integriert, siehe (26) und (25).

- **Energy-ITS**

In diesem japanischen Platooning-Projekt sollen in naher Zukunft vier Nutzfahrzeuge im gemischten Verkehr betrieben werden und auf einer dafür vorgesehenen Spur mit einem Fahrer im Führungsfahrzeug fahren. Für die V2V-Kommunikation ist eine entsprechende Schnittstelle vorgesehen. V2I-Kommunikation ist nicht vorgesehen. Für nähere Informationen wird auf (25) und (27) verwiesen.

- **CHAUFFEUR2**

Dieses System baut auf dem Chauffeur-Assistenten auf, welcher nur die Daten von Kamera und Radarsensor verwendet, um eine automatisierte Folgefahrt mit reduziertem Sicherheitsabstand auszuführen (längs- und quergeführt). Dabei muss das Führungsfahrzeug nicht zwangsläufig ein LKW sein. Über eine integrierte Objekterkennung wird das Führungsfahrzeug erkannt (z. B. PKW oder LKW) und daraus der entsprechende minimale Sicherheitsabstand ermittelt, siehe (28).

- **Real-Time Truck Parking Detection**

Dabei handelt es sich um ein System zur Echtzeit-Detektion von freien LKW-Abstellplätzen auf amerikanischen Rastplätzen. Bei Vollbelegung des gewünschten Rastplatzes erfolgt ein Vorschlag für die Umleitung auf einen anderen nahen freien Parkplatz, siehe (29).

- **Secure Truck Parking**

Dieses System von Bosch bietet Echtzeitinformation über die Verfügbarkeit von freien LKW-Abstellplätzen auf Parkarealen mit einem Sicherheitsranking, welche reserviert werden können. Durch die Vermeidung von Staus auf Parkplatzeinfahrten soll die Verkehrssicherheit erhöht werden und Schäden durch Frachtdiebstahl minimiert werden. Das System informiert auch den Disponenten über den Parkvorgang, siehe (30).

- **Heavy Route**

Heavy Route bezeichnet ein erweitertes Navigationssystem für LKW mit dem Ziel möglichst sicherer und kosteneffizienter Routenfindung für LKW. Neben Reisezeit und Kraftstoffverbrauch werden auch Lärmentwicklung, Fahrkomfort, Straßen- und Brückenschädigung, Umwelteinflüsse und Unfallrisiko bei der Routenwahl mit berücksichtigt. Die Routenplanung erfolgt dabei vor der Fahrt, während der Fahrt werden Auskünfte und Fahrempfehlungen für den aktuellen Streckenabschnitt sowie eine Überwachung und Unterstützung bei der Überfahrt von Brücken (Lastverteilung auf Brücken) ergänzt, (31).

- **Automated Guided Vehicle (AGV)**

Diese autonomen Fahrzeuge sind im Hamburger Hafen beim Container Terminal Altenwender (CTA) im Einsatz. Die Fahrzeuge übernehmen den vollautomatischen Transport der Container von der Hafenbrücke zum Containerlager und retour. Eine zentrale Software berechnet den schnellsten Weg für die Fahrzeuge und navigiert diese auch zum Tanken oder zum Batteriewechsel. Die Navigation erfolgt über Transponder, die über das Gelände verteilt in die Fahrfläche der Fahrzeuge eingelassen sind, (32).

- **Local Vehicle Network (LVN)**

Ziel von LVN ist der zentrale Zugriff auf alle Daten der Fahrzeugkombination (Zugfahrzeug und Anhänger/Auflieger). Dabei werden die Daten des Anhängers (wie z. B. Kühltemperatur, Türstatus, Ladungssicherung, usw.) über WLAN an das Zugfahrzeug übermittelt. Durch die zentrale Abrufbarkeit der Daten wird weitere Automatisierung unterstützt, (33).

- **On-Board Payload Identification**

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde ein System zur Ermittlung der Fahrzeugmasse und der Schwerpunktage (v. a. der Schwerpunktshöhe) eines beladenen LKW vorgestellt. Es informiert den Fahrer und ermöglicht so eine bessere Einschätzung des Fahrverhaltens. Für automatisierte Fahrfunktionen kann die Information der Schwerpunktshöhe auch in die Regelstrategie integriert werden, (34).

Tabelle 2-1: Klassifizierung von in Entwicklung befindlichen Systemen aufgrund der Literaturrecherche, Darstellung der Kategorien 1 bis 5

Legende: X zutreffend (X) indirekt zutreffend k.A. vermutlich zutreffend S serienreif M marktnah TIP Test in Prototypen IE im Entwicklungsstatus V Varianten möglich X1 keine Angabe ob Fern- oder Nahbereich X2 keine Angabe ob Mono oder Stereo		Abkürzung	1. Forschungsstand	2. Gesetzl. Vorgeschrieben	3.		4. SAE level	5. Ziel des Systems					
					Wirkung			Unfallvermeidung, Unfallreduktion	Fahrerkomfort, Entlastung	Energieeffizienz, Kraftstoffersparnis	Zeitersparnis	Kompensation Fahrermangel	Entlastung Infrastruktur
					Längs	Quer							
Systeme auf Bahnführungsebene													
passiv	Abbiegeassistent/Toterwinkel-Assistent		IE / TIP		X	0	X						
	Bird-View-System (MAN)		TIP	X	X	0	X	X					
	Samsung Safety Truck		TIP	(X)	(X)	0	X						
aktiv	Highway Driving Assist	HDA	TIP	X	X	2	X	X					
	Evasive Maneuver Assist	EMA	TIP	X	X	2	X						
	Nachrüstsystem zum autonomen Fahren		TIP	X	X	3	X	X	X		X		
	Grüne-Welle-Assistent (MAN)		IE	X		1		(X)	X				
	Cargo Sous Terrain	CST	IE	X	X	4					X	X	
	City Pilot (MB Future Bus)		TIP	X	X	3	X	X	X				
	Highway Pilot (MB Future Truck 2025)		TIP	X	X	3	X	X			X		
	Erweiterter Notbremsassistent		IE	X		1	X						
	Autonomes Transportsystem (SCANIA)		TIP	X	X	4					k.A.		
	Rangierassistent über Tablet (ZF)		TIP	X	X	2	X	X		X			
	Autonomous Haulage System (Komatsu)	AHS	M/S	X	X	4	X		X		(X)		
	Autonomer Traktor (CHN)		TIP	X	X	4			X	X	X		
	Automatic Truckmaster		M/S	X	X	4	X		X		(X)		
	GuideConnect (Fendt)		M/S	X	X	4				X		(X)	
	Self-Driving-Truck (Volvo)		TIP	X	X	4	X		X				
	Platooning-Systeme			TIP	X	X	3	X	X	X		X	X
	KONVOI			TIP	X	X	3	X		X			X
SARTRE			TIP	X	X	3	X	X	X			X	
PATH			TIP	X	X	3			X			X	
Energy-ITS			TIP	X	X	3	X	X	X		X		
CHAUFFEUR2			TIP	X	X	3			X			X	
Systeme auf Navigationsebene													
passiv	Real-Time Truck Parking Detection		TIP			0		X					
	Bosch Secure Truck Parking		M/S			0	(X)						
	Heavy Route	HR	TIP	X	X	0	X	X	X	(X)		X	
aktiv	Automated Guided Vehicle (CTA)	AGV	M/S	X	X	4	k.A.						
Sonstige Systeme													
	Local Vehicle Network	LVN	IE	(X)	(X)	0	(X)	X					
	On-Board Payload Identification		IE	(X)	X	0	X	(X)					

Tabelle 2-2: Klassifizierung von in Entwicklung befindlichen Systemen aufgrund der Literaturrecherche, Darstellung der Kategorie 6

Legende:		6. Sensorik												
		Fahrdynamik-Sensoren (ohne Lenkwinkel)	Lenkwinkel	GPS	Nahbereichsradar	Fernbereichsradar	Mono-Kamera	Stereo-Kamera	Ultraschall	LIDAR mehrstrahlig	LIDAR scannend	V2V-Empfänger/Sender	V2I-Empfänger/Sender	Sonstiges
X zutreffend														
(X) indirekt zutreffend														
k.A. vermutlich zutreffend														
S serienreif														
M marktnah														
TIP Test in Prototypen														
IE im Entwicklungsstatus														
V Varianten möglich														
X1 keine Angabe ob Fern- oder Nahbereich														
X2 keine Angabe ob Mono oder Stereo														
Systeme auf Bahnführungsebene														
passiv	Abbiegeassistent/Toterwinkel-Assistent					X ₁								
	Bird-View-System (MAN)						X							
	Samsung Safety Truck						X							
aktiv	Highway Driving Assist	k.A.	k.A.		X	X		X ₂						
	Evasive Maneuver Assist	X	X		X	X		X ₂						
	Nachrüstsystem zum autonomen Fahren	k.A.	k.A.	k.A.	X ₁			X ₂	X	X				
	Grüne-Welle-Assistent (MAN)												X	
	Cargo Sous Terrain													
	City Pilot (MB Future Bus)	k.A.	k.A.	X	X	X	X	k.A.					X	
	Highway Pilot (MB Future Truck 2025)	k.A.	X	X	X	X		X				X	X	
	Erweiterter Notbremsassistent				X	X	X							
	Autonomes Transportsystem (SCANIA)	X	X	X	X	X		X				X		
	Rangierassistent über Tablet (ZF)		X					X						
	Autonomous Haulage System (Komatsu)		k.A.	X	X ₁					X			X	
	Autonomer Traktor (CHN)		k.A.	X	X		X				X		X	
	Automatic Truckmaster									X				X
	GuideConnect (Fendt)			X								X		
	Self-Driving-Truck (Volvo)	k.A.	k.A.	X							X		X	
	Platooning-Systeme	X	X	X		X	X	(X)		X	(X)	X	X	
	KONVOI	X	X	X		X	X			X		X	X	
SARTRE	X	X	X		X		X		X		X	X		
PATH	X	k.A.		X ₁					X		X	X	X	
Energy-ITS	k.A.	k.A.	X		X	X				X	X			
CHAUFFEUR2	k.A.	X			X	X					X			
Systeme auf Navigationsebene														
passiv	Real-Time Truck Parking Detection								X					
	Bosch Secure Truck Parking			X			X							
	Heavy Route	X		X										
aktiv	Automated Guided Vehicle (CTA)												X	
Sonstige Systeme														
	Local Vehicle Network											X		X
	On-Board Payload Identification	X												X

Tabelle 2-3: Klassifizierung von in Entwicklung befindlichen Systemen aufgrund der Literaturrecherche, Darstellung der Kategorien 7 bis 9

Legende: X zutreffend (X) indirekt zutreffend k.A. vermutlich zutreffend S serienreif M marktnah TIP Test in Prototypen IE im Entwicklungsstatus V Varianten möglich X1 keine Angabe ob Fern- oder Nahbereich X2 keine Angabe ob Mono oder Stereo		7. Aktorik				8. Mensch-Maschine-Interaktion, Warnungen				9. Infrastruktur-anforderung			
		Eingriff in Bremssystem	Eingriff in Motor- oder Powertrain-Steuerung	Eingriff in Lenksystem	Eingriff in Radaufhängung	Haptische Warnung	Akustische Warnung	Eingriff in Lichtsystem	Optische Anzeige (Display)	Fahrbahnmarkierungen	Leitungsbänder (ober-/unterirdisch)	Transponder/Wegmarken	V2I-Kommunikation
Systeme auf Bahnführungsebene													
passiv	Abbiegeassistent/Toterwinkel-Assistent												
	Bird-View-System (MAN)							X					
	Samsung Safety Truck							X					
aktiv	Highway Driving Assist	X	X	X				k.A.		X			
	Evasive Maneuver Assist	X		X				k.A.					
	Nachrüstsystem zum autonomen Fahren	X	X	X				k.A.		X			
	Grüne-Welle-Assistent (MAN)	X	X					X					X
	Cargo Sous Terrain	k.A.	k.A.	k.A.						X			
	City Pilot (MB Future Bus)	X	X	X				k.A.		k.A.		X	X
	Highway Pilot (MB Future Truck 2025)	X	X	X				X		X			X
	Erweiterter Notbremsassistent	X						X					
	Autonomes Transportsystem (SCANIA)	X	X	X				k.A.				k.A.	k.A.
	Rangierassistent über Tablet (ZF)	X	X	X				X					
	Autonomous Haulage System (Komatsu)	X	X	X				(X)					
	Autonomer Traktor (CHN)	X	X	X				(X)					X
	Automatic Truckmaster	(X)	(X)	X								X	
	GuideConnect (Fendt)	X	X	X				X					
	Self-Driving-Truck (Volvo)	X	X	X				k.A.				k.A.	k.a
	Platooning-Systeme	X	X	X				X		(X)		(X)	X
	KONVOI	X	X	X				X		k.A.			X
	SARTRE	X	X	X				X		k.A.			X
	PATH	X	X	X				X				X	X
Energy-ITS	X	X	X				k.A.		X				
CHAUFFEUR2	X	X	X				k.A.		X				
Systeme auf Navigationsebene													
passiv	Real-Time Truck Parking Detection							X					X
	Bosch Secure Truck Parking							X					X
	Heavy Route							X					
aktiv	Automated Guided Vehicle (CTA)	X	X	X				k.A.			X	X	
Sonstige Systeme													
	Local Vehicle Network							X					
	On-Board Payload Identification							X					

3 Interviews mit Beteiligten

Ziel der Interviews mit unterschiedlichen Stakeholdern war es, die Erwartungen hinsichtlich Vorteile, Probleme und Risiken in der Anwendung von automatisierten Fahrfunktionen im Bereich des Güterverkehrs sowie der Personenbeförderung zu erheben. Dazu wurde am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Graz ein Fragebogen entwickelt, anhand dessen die Interviews strukturiert durchgeführt werden konnten. Die Gesprächspartner in den Interviews waren meist die Geschäftsführer selbst oder die Fuhrparkleiter der entsprechenden Unternehmen.

3.1 Auswahl der Stakeholder

Bei der Auswahl der Stakeholder wurde darauf geachtet, dass diese in möglichst verschiedenen Tätigkeitsfeldern der Transportbranche tätig sind, um einen breiten Einblick zu bekommen und unterschiedliche Problemstellungen in unterschiedlichen Bereichen zu identifizieren. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden 20 Interviews mit folgenden Stakeholdern durchgeführt:

- 3 große Transportunternehmen (> 1000 Fahrzeuge), davon 2 Logistikunternehmen
- 2 mittlere Transportunternehmen (100 – 1000 Fahrzeuge)
- 6 kleine Transportunternehmen (< 100 Fahrzeuge)
- 3 Busunternehmen, unter anderem auch im öffentlichen Stadtverkehr
- 2 Gesamtfahrzeug- und Aufbauhersteller
- 1 Terminalbetreiber
- 1 Unternehmen mit Werksverkehr
- 1 Vermietungsunternehmen für Nutzfahrzeuge
- 1 EDV-Dienstleister in der Transportbranche

Die Tätigkeitsfelder der Unternehmen sind in Tabelle 3-1 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass vier Unternehmen ihre Tätigkeit vorwiegend im Fernverkehr und 7 Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr abwickeln.

Tabelle 3-1: Tätigkeitsbereich der Interviewpartner

Interview-partner	Art des Unternehmens	Größe	Distanz
TU_01	Transportunternehmen (Sägerestholz)	K	N
TU_02	Kanalreinigung/Kanalinspektion	K	N
TU_03	Transportunternehmen (Sondertransporte)	K	N
TU_04	Transportunternehmen (Gefahrgut)	K	N
TU_05	Transportunternehmen (Bautransporte)	K	N
TU_06	Logistikunternehmen (Palettenstückgut)	G	N
TU_07	Busunternehmen (Schülerbeförderung)	K	N
TU_08	Fahrzeugaufbauer (Kipper und Rungen)		
TU_09	Produktionsbetrieb Fleischwaren (Kühltransporte)	K	N
TU_10	Busunternehmen (Linienverkehr)	M	N
TU_11	Terminalbetreiber (Containerumschlag)		
TU_12	Logistikunternehmen (Palettenstückgut)	G	F
TU_13	Nutzfahrzeugvermietung	M	-
TU_14	Gesamtfahrzeughersteller (Auflieger)		
TU_15	Busunternehmen (Verkehrsbetrieb)	M	N
TU_16	Transportunternehmen (Palettenstückgut)	M	F
TU_17	Transportunternehmen (Palettenstückgut)	G	F
TU_18	Dienstleister Automobilbranche (Werksverkehr)		
TU_19	Transportunternehmen (Gesamtfahrzeuge)	M	F
TU_20	EDV-Dienstleister (Holzindustrie)		

K... Klein (< 100 Fahrzeuge) M... Mittel (100 – 1000 Fahrzeuge) G... Groß (> 1000 Fahrzeuge)
 N... vorwiegend Nahverkehr F... vorwiegend Fernverkehr

Tabelle 3-2 gibt einen Überblick über die Stichprobe der Studie anhand der im Unternehmen eingesetzten Fahrzeuge kombiniert mit der Transportdistanz. Daraus lässt sich bereits die Tendenz ableiten, dass kleine Unternehmen eher im Nahverkehr und große Unternehmen eher im Fernverkehr tätig sind.

Tabelle 3-2: Größe der Unternehmen in Kombination mit der Transportdistanz

Größe und Distanz	Anzahl Unternehmen
K + N	7
M + N	3
M + F	0
G + N	2
G + F	2
Fahrzeugvermietung	1
Gesamtfahrzeug-/Aufbauerhersteller	2
Andere Stakeholder (Verteilerzentrum, EDV-Dienstleister, Werksverkehr, ...)	3

K... Klein (< 100 Fahrzeuge) M... Mittel (100 – 1000 Fahrzeuge) G... Groß (> 1000 Fahrzeuge)
 N... vorwiegend Nahverkehr F... vorwiegend Fernverkehr

3.2 Fragebogen

Der Fragebogen diente als roter Faden durch die einzelnen Interviews, wobei vom Interviewer immer versucht wurde, die Interviews als offenes Gespräch zu gestalten, um möglichst freie Antworten zu erhalten. Bei Fragen nach speziellen Systemen oder Anwendungen wurden diese dem Interviewpartner bei Bedarf erklärt.

Der Fragebogen gliedert sich in drei Hauptteile: Fragen zur Transportaufgabe, Fragen zum Fuhrpark und Fragen, die die Position des Unternehmens zum assistierten, automatisierten und vernetzten Fahren erfassen sollen.

Die Fragestellungen in den ersten zwei Frageblöcken (Transportaufgabe und Fuhrpark) wurden je nach Unternehmensart (Logistiker, Transportunternehmen, Vermietung, Hersteller, usw.) leicht abgeändert. Diese Fragen bezogen sich entweder auf das befragte Unternehmen selbst oder es wurde nach den Transportaufgaben und Fuhrparks der Kunden gefragt, je nachdem ob das Unternehmen einen eigenen Fuhrpark besitzt/verwaltet oder ob die Kunden des Unternehmens die Transportaufgabe abwickeln. Der dritte Teil des Fragebogens war für alle Gesprächspartner gleich.

Im dritten Fragenblock geht es vor allem um den Nutzen und die Risiken, die sich die Gesprächspartner in Zukunft von Fahrerassistenzsystemen und autonomen Fahrzeugen erwarten.

Für einen detaillierteren Einblick in die Fragen ist der Fragebogen Anhang A zu entnehmen.

3.3 Auswertemethodik und Auswertung der Interviews

Die Auswertung erfolgte bei einem Teil der Fragen quantitativ und bei den restlichen Fragen qualitativ. Die Gründe für beide Arten von Fragen sowie die unterschiedliche Vorgangsweise bei der Auswertung werden im Folgenden erklärt.

3.3.1 Quantitative Auswertung

Quantitativ wurden jene Fragen ausgewertet, die mit Zahlenwerten oder mit Ja und Nein beantwortet werden konnten. Dies umfasste vor allem Fragen zur Transportaufgabe und zum Fuhrpark sowie die Bewertung des erwarteten Nutzens von vorgegebenen Systemen.

Der Großteil dieser Fragen wurde gestellt, um Rückschlüsse zwischen den Antworten der Interviewpartner und ihren Tätigkeitsfeldern ziehen zu können, zum Beispiel ob sie überwiegend im Nah- oder Fernverkehr tätig waren. Für die Auswertung dieser Fragenkategorien wurden die Ergebnisse in tabellarischer Form dargestellt. Des Weiteren erfolgte eine Mittelwertbildung über den gesamten Stichprobenumfang der Studie, wobei hier anzumerken ist, dass aufgrund des geringen Stichprobenumfangs keine Repräsentativität gegeben ist. Ziel dieser Studie war, ein möglichst breites Spektrum an Anwendungen zu berücksichtigen.

3.3.2 Qualitative Auswertung

Alle Fragen, die – bedingt durch die offene Fragestellung – eine große Varianz in den Antworten aufwiesen, wurden mittels der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (35) ausgewertet. Die verwendete Methodik war hier die Kategorienfindung durch Zusammenfassung. Der schematische Ablauf ist in Abbildung 3-1 dargestellt.

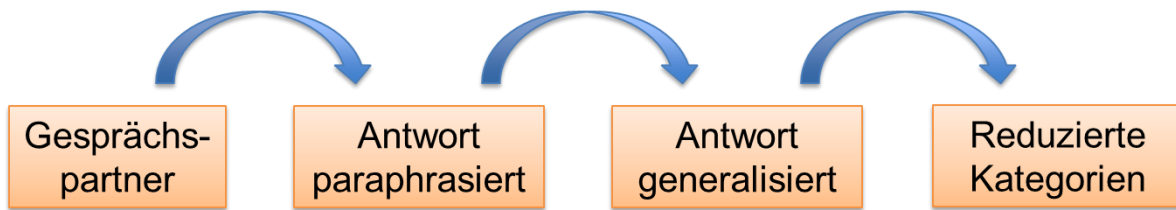


Abbildung 3-1: Schematischer Ablauf der Inhaltsanalyse nach Mayring (35)

Bei dieser Methode wird die Antwort des Gesprächspartners im ersten Schritt paraphrasiert. Dies geschieht schon beim Ausfüllen des Interviewbogens durch den Interviewer. Im zweiten Schritt werden diese paraphrasierten Antworten generalisiert. Dies hat so zu erfolgen, dass die inhaltliche Aussagekraft erhalten bleibt. Mit den generalisierten Antworten können nun reduzierte Kategorien gefunden werden, die eine Zuordnung der Antworten jedes Interviewpartners zu diesen gefundenen Kategorien ermöglicht. Als Ergebnis der qualitativen Fragenauswertung liegen folgedessen Kategorien und die Anzahl der Nennungen der einzelnen Kategorien vor. Diese Kategorien wurden den Interviewpartnern nicht vorgegeben, sondern wurden von den Interviewpartnern selbst genannt und bei der qualitativen Auswertung in Kategorien gruppiert.

In Abbildung 3-2 ist der Ablauf nochmal an einem Beispiel erläutert. Dabei sind die paraphrasierten und generalisierten Antworten von Transportunternehmen 5 (TU_05) in der linken Spalte dargestellt, welche zu den in der rechten Spalte aufgezählten Kategorien führten. Der Punkt Be- und Entladen wurde in diesem Fall gestrichen, da diese Antwort nur von diesem einen Interviewpartner erwähnt wurde und da sich das Be- und Entladen hier auch speziell auf die Baggertransporte des Unternehmens bezogen und keine allgemeine Relevanz hatten.

Beispiel:

„Wo sehen Sie die größten organisatorischen Herausforderungen im Betrieb?“

- | | | |
|-------|--|---|
| TU_05 | <ul style="list-style-type: none"> • Disposition so, dass keine Leerfahrten • Fahrzeitenorganisation (Lenkzeiten) • Be- und Entladen der Bagger • Zuteilung der Fahrzeuge zu den Baggertransporten (wegen Größe und Gewicht) | <ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeug (Einteilung) • Fahrer (Einteilung) • Gesetz (Lenkzeit) • Be- und Entladen • Fahrzeug (Einteilung) |
|-------|--|---|

Abbildung 3-2: Beispiel Kategorienfindung

Führt man diese Methodik nun für alle Antworten von allen Interviewpartnern auf die Beispielfrage aus, ergeben sich mehrmals genannte Kategorien. Kategorien, die nur einmal genannt wurden oder in einem sehr speziellen Zusammenhang stehen (wie z. B. hier das Be- und Entladen der Bagger) wurden vernachlässigt.

Dieser Ablauf wurde für jede qualitative Frage in tabellarischer Form durchgeführt. Die Ergebnisse und die gefundenen Kategorien sind in Kapitel 3.5 abgebildet.

3.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der quantitativen Auswertung werden in tabellarischer Form oder über Diagramme (meist Ringdiagramme) dargestellt. Bei der Darstellung der qualitativ ausgewerteten Fragen wurde zuerst eine Aufteilung der Antworten nach der Unternehmensgröße (größere

Transportunternehmen > 500 Fahrzeuge; kleinere Transportunternehmen < 500 Fahrzeuge) vorgenommen. Dies wurde bei der gegebenen Stichprobengröße als zielführend erachtet, da große Unternehmen aufgrund ihrer Struktur andere Einstellungen und Ansichten zu den Fragen aufwiesen als kleinere Unternehmen. Als Diagrammtyp wurde das Polardiagramm gewählt, da hier alle bei der Auswertung gefundenen Kategorien übersichtlich aufgetragen und Tendenzen sehr eindeutig abgelesen werden können. In Abbildung 3-3 ist diese Auswertungsvariante beispielhaft für die Frage nach den größten organisatorischen Herausforderungen dargestellt. Der Nullpunkt jeder Achse liegt im Zentrum. Die Kategorien werden außen angeordnet und auf den jeweiligen Achsen die Anzahl der Nennungen einer Kategorie im Verhältnis zur Anzahl der befragten Unternehmen in Prozent aufgetragen. Es lassen sich aus dieser Darstellung relativ einfach die Herausforderungen von kleineren beziehungsweise größeren Unternehmen ableiten. So sieht man, dass bei größeren Unternehmen die Fahrerakquise ein großes Problem darstellt, da diese Kategorie von ca. 80 % der befragten größeren Unternehmen (von 6 Befragten) von sich aus genannt wurde. Dies lässt sich sicherlich auch durch den höheren Bedarf an Fahrern in diesen Unternehmen erklären. Bei kleineren Unternehmen spielt die Fahrerakquise kaum eine Rolle. Hier ist eher die Disposition der Fahrer und der Fahrzeuge eine Herausforderung.

Organisatorische Herausforderungen

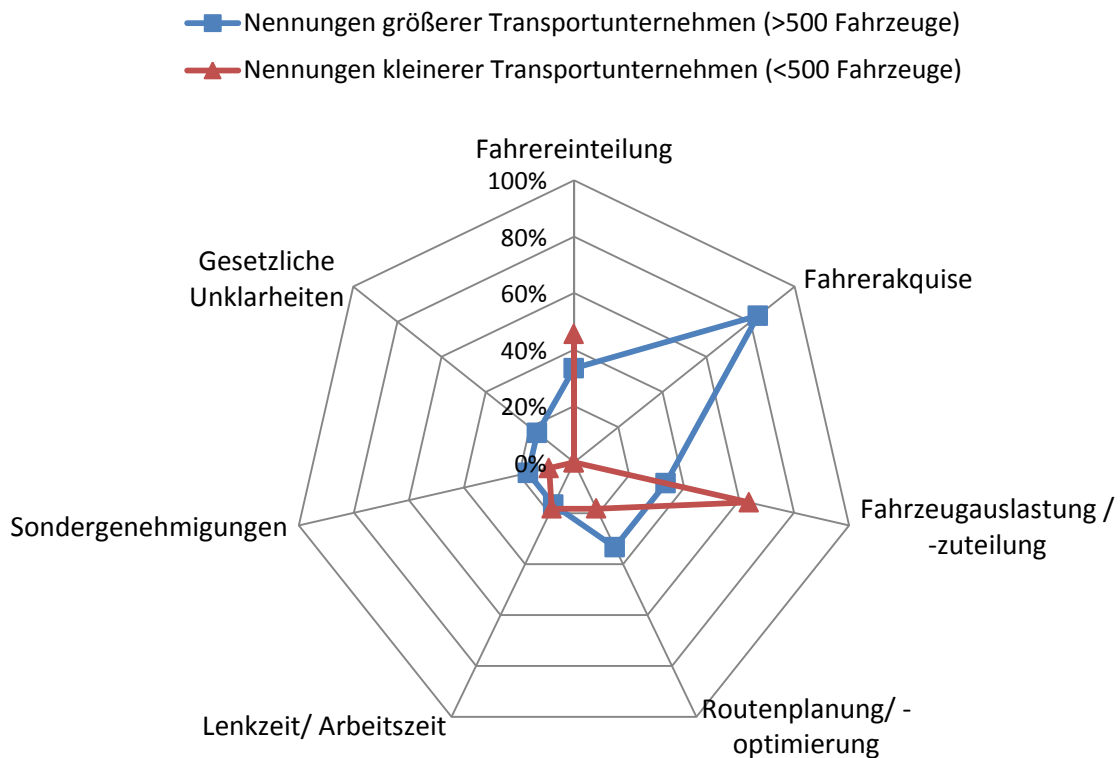


Abbildung 3-3: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 1)

Nachteilig an dieser Darstellungsvariante ist, dass Busunternehmen nicht explizit herausgearbeitet werden. Auf Anraten des Auftraggebers wurde nicht anhand der Anzahl der Fahrzeuge im Unternehmen unterschieden, sondern wie folgt:

- Unternehmen vorwiegend im Fernverkehr
- Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr
- Busunternehmen

Des Weiteren wurde vom Auftraggeber auch der Vorschlag eingebracht, die Nennungen der einzelnen Kategorien direkt darzustellen (als Anzahl der Nennungen). Die Aufbereitung der Ergebnisse in dieser Form ist in Abbildung 3-4 abgebildet.

Organisatorische Herausforderungen

- ◆ Anzahl der Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Fernverkehr (von 4 Befragten)
- Anzahl der Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr (von 7 Befragten)
- ▲ Anzahl der Nennungen bei Busunternehmen (von 3 Befragten)

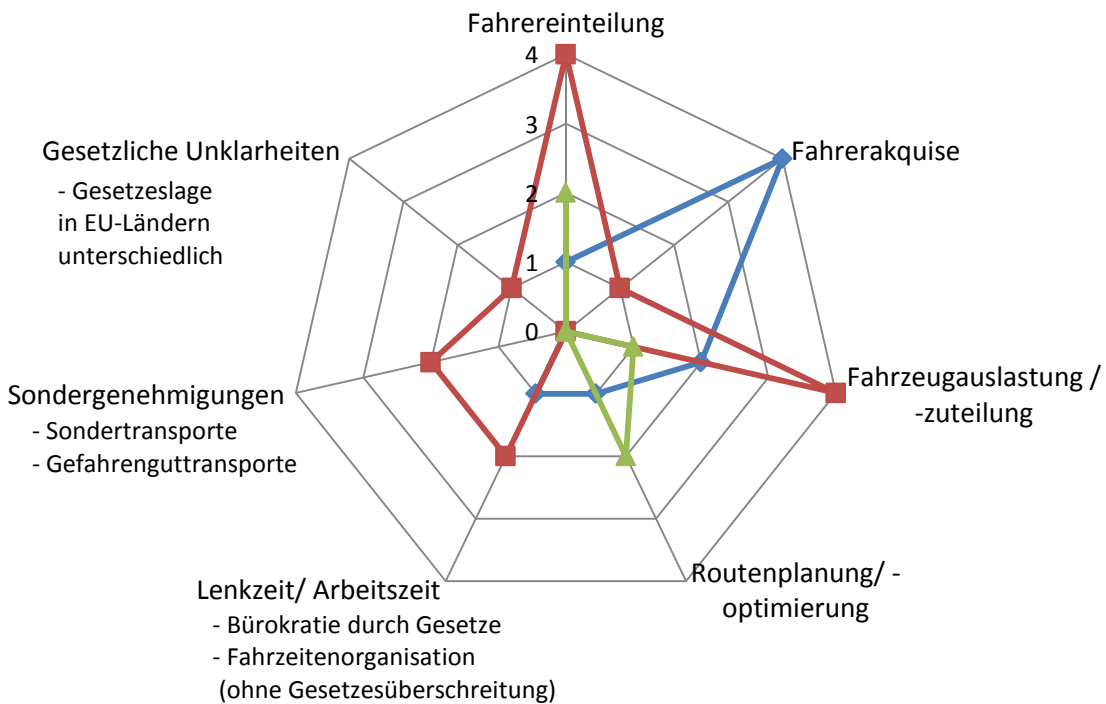


Abbildung 3-4: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 2)

Durch die Darstellung über die Anzahl der Nennungen wird der Stichprobenumfang klar abgebildet. Es sind ähnliche Tendenzen wie in Abbildung 3-3 ersichtlich, trotz der Verwendung der neuen Gruppen Nah- und Fernverkehr statt der Fahrzeuganzahl. Vorteilhaft ist, dass nun auch Busunternehmen separat abgebildet werden.

Nachteilig ist jedoch, dass bei dieser Darstellungsform die Nennungen von Unternehmen aus dem Nahverkehr gleich gewichtig wirken wie die der Unternehmen aus dem Fernverkehr, obwohl im ersten Fall sieben und im zweiten Fall nur vier Unternehmen befragt wurden. So gibt es zum Beispiel

von Nahverkehrs-Unternehmen vier Nennungen in den Kategorien Fahrer- und Fahrzeugdisposition, genauso viele Nennungen wie von Fernverkehrs-Unternehmen in der Kategorie Fahrerakquise. Dadurch wirken die Nennungen des Nahverkehrs im Verhältnis zum Fernverkehr zu stark gewichtet.

Aus diesem Grund wurde die Gewichtung aus Anzahl der Nennungen zu Anzahl der Befragten wieder in Prozent eingeführt, siehe Abbildung 3-5. Dadurch haben auch die Nennungen der Busunternehmen eine entsprechende Gewichtung.

Organisatorische Herausforderungen

- ◆ Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Fernverkehr (von 4 Befragten)
- Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr (von 7 Befragten)
- ▲ Nennungen bei Busunternehmen (von 3 Befragten)

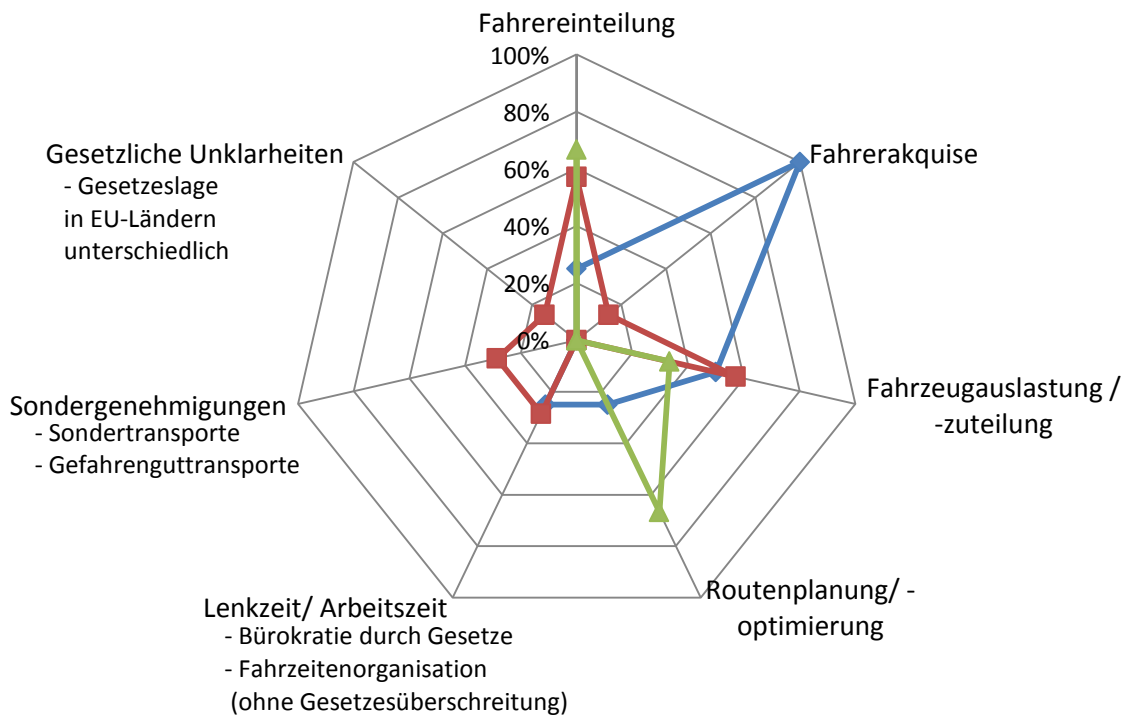


Abbildung 3-5: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 3)

Diese Darstellungsmethode wurde in weiterer Folge für die Aufbereitung der gesamten qualitativen Ergebnisse verwendet. Es sei darauf verwiesen, dass Ergebnisse unter 35 % als wenig aussagekräftig behandelt werden sollten.

In dieser Darstellung sind nur diese Stakeholder berücksichtigt, die selbst Gütertransporte und Personenbeförderung durchführen sowie logistische Dienstleistungen erbringen. Um auch die restlichen Stakeholder zu berücksichtigen, wird zusätzlich ein Diagramm mit den Nennungen aller Teilnehmer der Studie bei den Ergebnissen abgebildet, siehe exemplarisch Abbildung 3-6.

Organisatorische Herausforderungen

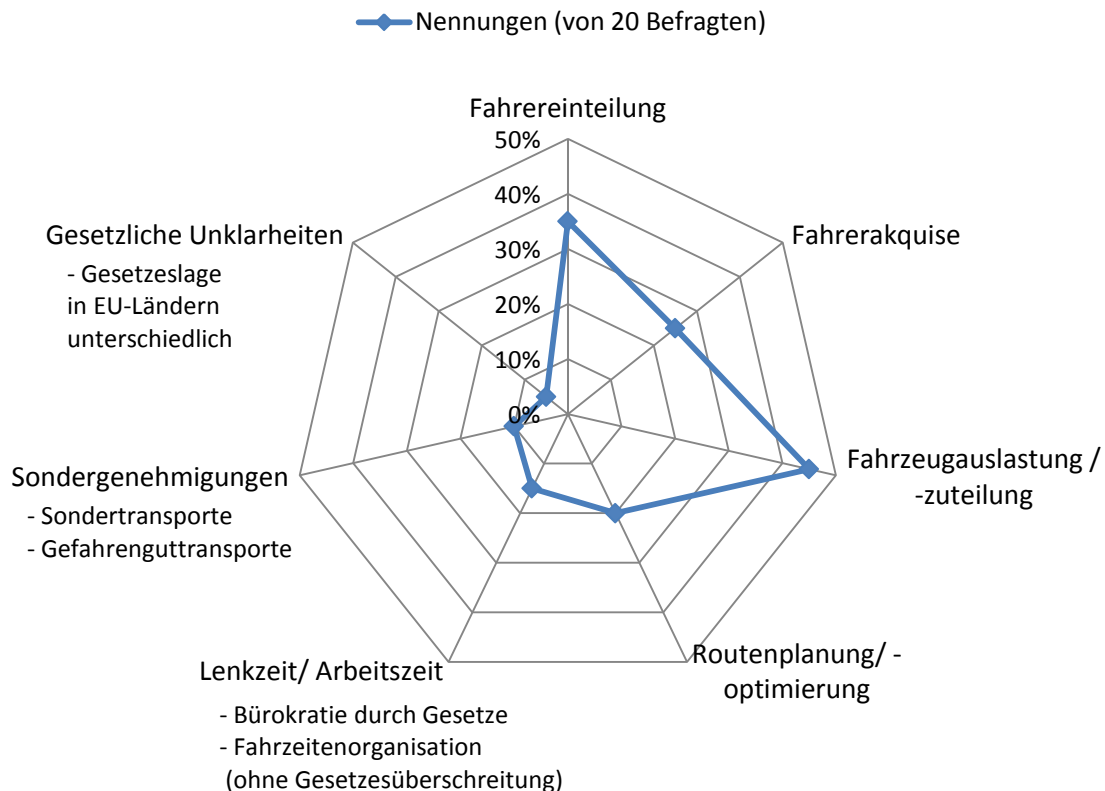


Abbildung 3-6: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 4)

3.5 Ergebnisse der Interviews

In diesem Abschnitt werden die ausgewerteten Ergebnisse der Interviews dargestellt und diskutiert. Es sei nochmals bemerkt, dass die Auswahl der Interviewpartner zum Ziel hatte, ein möglichst breites Spektrum an Anwendern abzudecken. Bei einem Stichprobenumfang von 20 Interviewpartnern können daher nur Tendenzen abgeleitet werden, eine Generalisierung über die gesamte Branche ist aufgrund der geringen Repräsentativität nicht gegeben.

Die Ergebnisse im Detail sowie die der Kategorienfindungsprozess sind in tabellarischer Form Anhang B bis D zu entnehmen.

3.5.1 Transportierte Güter (quantitative Auswertung)

Tabelle 3-3 stellt die in den Unternehmen anteilmäßig transportierten Güter dar. Zur einfacheren Darstellung werden auch „Personen“ unter dem Punkt „Transportgut“ mit berücksichtigt, was in keiner Form als Wertung gelten soll.

Tabelle 3-3: Anteilsmäßig transportierte Güter in den Unternehmen

Interview-partner	Distanz	Transportgut							
		P	S	K	C	F	G	GF	V
TU_01	N		5%				95%		
TU_02	N					70%	30%		
TU_03	N		10%	90%					
TU_04	N		10%	40%		50%		50%	
TU_05	N			15%			85%		
TU_06	N		100%					18%	35%
TU_07	N	99%	1%						
TU_08		-	-	-	-	-	-	-	-
TU_09	N		100%						100%
TU_10	N	100%							
TU_11				10%	90%				
TU_12	F		90%			10%		5%	k.A.
TU_13		-	-	-	-	-	-	-	-
TU_14		-	-	-	-	-	-	-	-
TU_15	N	100%							
TU_16	F		70%	30%					
TU_17	F		90%	10%				10%	40%
TU_18		-	-	-	-	-	-	-	-
TU_19	F			100%					
TU_20		-	-	-	-	-	-	-	-

P... Personen S... Stückgut K... Kompaktgut C... Container F... Flüssig G... Granulat
 GF... gefährliche Güter (vom Gesamtanteil) V... Verderbliche Güter (vom Gesamtanteil)

Bei der in Tabelle 3-3 unten aufgeführten Legende sind unter Stückgut Paletten und Gitterboxen zu verstehen. Bei Kompaktgut handelt es sich um kompakte Maschinen (z. B. PKW, Forstmaschinen, Bagger). Mit Container werden alle ISO-Container für die Verladung auf Schiffen und Zügen bezeichnet. Wechselaufbauten, Absetzcontainer, Hakenliftcontainer und dergleichen zählen nicht zu diesem Punkt. Zu Granulat zählen alle Arten von Granulaten wie zum Beispiel Sand, Kies, Gestein, Hackgut, Pellets, etc.

3.5.2 Transportaufgabe (quantitative Auswertung)

Die Transportaufgabe wurde in Nahverkehr, Mittelstrecke und Fernverkehr unterteilt. Im Durchschnitt bewegen sich die befragten Unternehmen zu 47 % im Nahverkehr, zu 31 % auf Mittelstrecken (max. Taged Touren mit 8 Stunden) und zu 22 % im Fernverkehr (siehe Abbildung 3-7). Der große Nahverkehrsanteil ist auf die hohe Anzahl an kleineren Unternehmen in der Studie zurückzuführen, die ihre Tätigkeit eher in Nischen im Nahverkehr durchführen. Die Befragten Busunternehmen waren zu 50 % im Nahverkehr tätig, der Fernverkehrsanteil lag unter 25 %. Bei den kleinen Unternehmen lag der Fernverkehrsanteil unter 10 %.

Transportaufgabe in %

■ Nahverkehr ■ Mittelstrecke ■ Fernverkehr

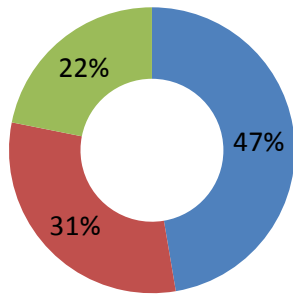


Abbildung 3-7: Transportaufgabe in % (Durchschnitt über alle Unternehmen)

Zurückgelegte Kilometer in %

■ Stadt ■ Überland ■ Autobahn

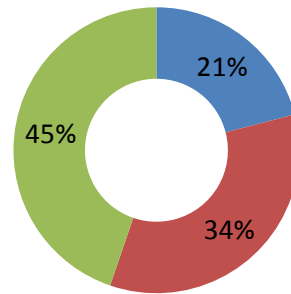


Abbildung 3-8: Zurückgelegte Kilometer in % (Durchschnitt über alle Unternehmen)

Der Durchschnitt der pro Fahrer und Tag zurückgelegten Kilometer liegt bei 362,5 km und variiert je nach Tätigkeitsbereich des Unternehmens von 175 km bis 600 km. Diese Kilometer werden zu 44,7 % auf Autobahnen zurückgelegt (siehe Abbildung 3-8).

3.5.3 Beladung (quantitative Auswertung)

Die Be- und Entladung der Fahrzeuge erfolgt in den Unternehmen zu ca. 76 % durch die Fahrer selbst. Im Durchschnitt wird nur ca. ein Viertel der Ladung durch externes Verladepersonal be- und entladen, siehe Abbildung 3-9. Je nach Tätigkeitsbereich der Unternehmen variiert der Anteil der Beladung durch den Fahrer jedoch stark zwischen 20 % und 100 %. Die Transportauslastung ist bei 65 % der Aufträge durch das Gewicht limitiert, siehe Abbildung 3-10. Auch hier ist, je nach Transportgut, eine starke Varianz unter den interviewten Stakeholdern gegeben. Weitere Ergebnisse können Anhang B entnommen werden.

Beladung durch ... in %

■ Fahrer ■ Lade-Personal

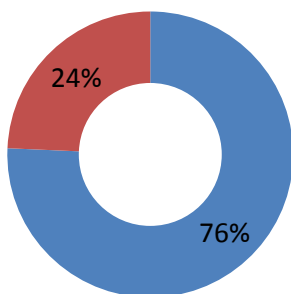


Abbildung 3-9: Beladung erfolgt meist durch Fahrer

Limitierender Faktor in %

■ Volumen ■ Gewicht

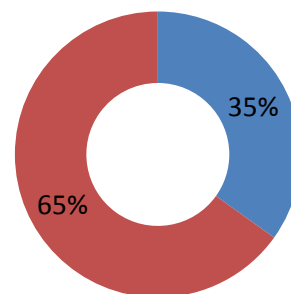


Abbildung 3-10: Gewicht als limitierender Faktor

Im Mittel aller durchgeführten Fahrten der Unternehmen ergeben sich nach eigener Aussage 23 % teilbeladene Fahrten und ca. 20 % Leerfahrten.

3.5.4 Transportablauf (quantitative Auswertung)

Die Interviewpartner wurden gebeten, den typischen Transportablauf beim Güterumschlag prozentuell zu bewerten. Durch ungünstige Fragestellung ergaben sich keine eindeutigen Kategorien beziehungsweise Überschneidungen und die erfassten Antworten sind nicht vergleichbar. Aus diesem Grund wurde diese Kategorie nicht ausgewertet. Fragestellung und die vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten sind in Anhang A dargestellt.

3.5.5 Fuhrpark (quantitative Auswertung)

Hier wurde nach der Anzahl der Fahrzeuge, der Zusammensetzung, Besitzverhältnissen und dem Alter der Fahrzeuge im Fuhrpark (z. B. zwei-, drei- oder vierachsige Fahrzeuge, Sattelzugmaschinen, Anzahl der Anhänger und Auflieger), die bereits im Unternehmen verwendeten Fahrerassistenzsysteme und der Anzahl der Fahrer gefragt.

Die Anzahl der Fahrzeuge in den einzelnen Fuhrparks der Unternehmen war je nach Größe des Unternehmens sehr unterschiedlich, wie in Tabelle 3-4 ersichtlich ist. Bei den Unternehmen TU_06, TU_12 und TU_16 sind die genannten Fahrzeuge nicht oder nicht ausschließlich aus dem unternehmenseigenen Fuhrpark, sondern beinhalten auch Fahrzeuge, die vom Unternehmen disponiert werden. Eine detaillierte Übersicht über die Zusammensetzung der Fuhrparks wird in Anhang C gegeben.

Aus Tabelle 3-4 lässt sich erkennen, dass bei den kleineren Transportunternehmen (vor allem TU_01 bis TU_05) tendenziell mehr Fahrzeuge vorhanden sind als Fahrer beschäftigt werden. Dies kann durch die Tätigkeit der kleineren Unternehmen in speziellen „Nischen“ der Transportbranche erklärt werden. Abhängig vom Auftrag kommen hier oft sehr unterschiedliche, spezialisierte Nutzfahrzeuge mit Sonderaufbauten zum Einsatz. Bei größeren Unternehmen sind mehr Fahrer als Fahrzeuge vorhanden, um eine entsprechende Fahrzeugauslastung zu erreichen. Dies ist auch bei den Busunternehmen der Fall. Die tägliche Einsatzzeit der Fahrzeuge im Linienverkehr ist verhältnismäßig lang.

Tabelle 3-4: Anzahl der Fahrzeuge und der Fahrer in den Unternehmen

Interview-partner	Art des Unternehmens	Anzahl Fahrzeuge (ohne Anhänger)	Fahrer
TU_01	Transportunternehmen (Sägerestholz)	18	16
TU_02	Kanalreinigung/Kanalinspektion	14	11
TU_03	Transportunternehmen (Sondertransporte)	3	2
TU_04	Transportunternehmen (Gefahrgut)	48	42
TU_05	Transportunternehmen (Bautransporte)	76	75
TU_06	Logistikunternehmen (Palettenstückgut)	10010	15000
TU_07	Busunternehmen (Schülerbeförderung)	10	12
TU_08	Fahrzeugaufbauer (Kipper und Rungen)	0	-
TU_09	Produktionsbetrieb Fleischwaren (Kühltransporte)	7	10
TU_10	Busunternehmen (Linienverkehr)	910	1100
TU_11	Terminalbetreiber (Containerumschlag)	0	7
TU_12	Logistikunternehmen (Palettenstückgut)	2300	k.A.
TU_13	Nutzfahrzeugvermietung	218	-
TU_14	Gesamtfahrzeughersteller (Auflieger)	0	-
TU_15	Busunternehmen (Verkehrsbetrieb)	163	400
TU_16	Transportunternehmen (Palettenstückgut)	523	750
TU_17	Transportunternehmen (Palettenstückgut)	1700	2100
TU_18	Dienstleister Automobilbranche (Werksverkehr)	0	-
TU_19	Transportunternehmen (Gesamtfahrzeuge)	700	930
TU_20	EDV-Dienstleister (Holzindustrie)	0	-

Anhänger sind in den Unternehmen im Durchschnitt 1,5 Jahre älter als die Zugfahrzeuge (siehe Abbildung 3-11). Auch bei den ältesten noch einsatzfähigen Fahrzeugen handelte es sich meistens um Anhänger, oft mit Spezialaufbauten.

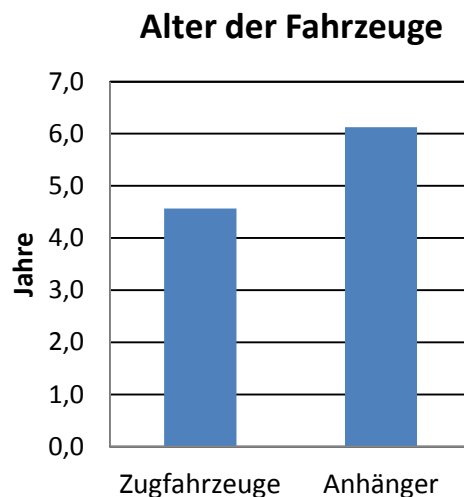


Abbildung 3-11: Durchschnittliches Alter der Fahrzeuge

Das Durchschnittsalter der Fahrzeuge ist bei kleineren Unternehmen höher als bei Unternehmen mit großen Fuhrparks. Der „jüngste“ Fuhrpark war jener von TU_13 (Fahrzeugvermietung) mit einem durchschnittlichen Alter der Zugfahrzeuge von 1,5 Jahren.

Eine Auflistung der bereits in den Fuhrparks eingesetzten Fahrerassistenzsysteme ist in Anhang C gegeben. Es hat sich gezeigt, dass in Unternehmen mit geringerem Durchschnittsalter der Fahrzeuge der Anteil an eingesetzten Fahrerassistenzsystemen tendenziell steigt.

Die Besitzanteile der Fahrzeuge setzten sich, über alle Unternehmen gemittelt, wie in Abbildung 3-12 und in Abbildung 3-13 dargestellt zusammen. Daraus lässt sich erkennen, dass Anhänger zu einem geringeren Anteil geleast werden als Zugfahrzeuge. Bei großen Unternehmen mit geringerem Fahrzeugdurchschnittsalter ist der Leasinganteil höher als bei kleinen.

**Besitzanteile der
Zugfahrzeuge in %**

■ Eigentum ■ Leasing

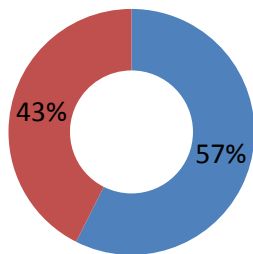


Abbildung 3-12: Besitzanteile bei Zugfahrzeugen

**Besitzanteile der
Anhänger in %**

■ Eigentum ■ Leasing

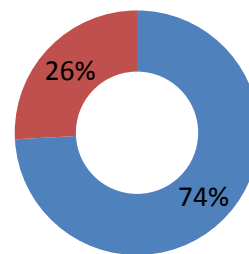


Abbildung 3-13: Besitzanteile bei Anhängern

3.5.6 Teilautomatisierung und autonomes Fahren (quantitative Auswertung)

Hier wurde nach erwarteten Veränderungen in der Branche und nach Auswirkungen auf die Unternehmen gefragt. Allgemein kann festgehalten werden, dass die Transportbranche dem Thema Automatisierung und Vernetzung eher konservativ gegenüber steht, da man sich dadurch nur geringe/kaum positive Aspekte erwartet. Jedoch zeigen Abbildung 3-14, Abbildung 3-15 und Abbildung 3-16, dass die Unternehmen trotzdem von starken Veränderungen durch Automatisierung im Güterverkehr und in der Personenbeförderung ausgehen. So erwarten sich fast 90 % der Befragten, dass sich die Transportbranche in Zukunft durch die steigende Automatisierung verändern wird. Auch innerhalb eines kürzeren Zeitintervalls (im Hinblick auf die nächsten Jahre) erwarten sich 75 % der Unternehmen einen Einfluss durch Teilautomatisierung auf ihre Tätigkeiten. Innerhalb der nächsten Jahrzehnte wird auch von fast drei Viertel die Einführung von autonomen Fahrzeugen erwartet. Weitere 21 % denken, dass autonomes Fahren innerhalb der nächsten Jahrzehnte in Teilbereichen (z. B. auf eigenen Fahrstreifen oder in abgegrenzten Arealen) eingeführt wird. Lediglich 5 % glauben nicht an die Einführung von autonomen Fahrzeugen in diesem Zeithorizont.

Wird sich Transportbranche ändern?

■ Ja ■ Nein

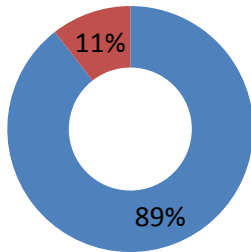


Abbildung 3-14: Wird sich Transportbranche verändern?

Wird Teilautomatisierung eine spürbare Rolle spielen?

■ Ja /eher Ja ■ Nein / eher Nein

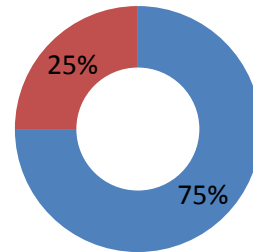


Abbildung 3-15: Teilautomatisierung - spürbare Rolle für Unternehmen?

Kommt autonomes Fahren?

■ Ja ■ in Teilbereichen ■ Nein

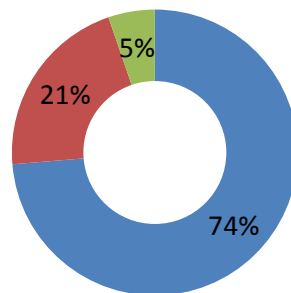


Abbildung 3-16: Kommt autonomes Fahren?

3.5.7 Nutzen zukünftiger Systeme (quantitative Auswertung)

Für die Frage nach dem erwarteten Nutzen von zukünftigen Systemen wurde den Interviewpartnern eine Liste mit verschiedenen Systemen vorgelegt, die sie bewerten sollten. Sie konnten Punkte zwischen eins und vier vergeben, wobei ein Punkt einem hohen erwarteten Nutzen in ihrem Unternehmen entspricht. In Abbildung 3-17 sind die Mittelwerte für die drei aufgeteilten Gruppen (Fern, Nah, Bus) dargestellt. Die Darstellung wurde so gewählt, dass das Zentrum des Diagramms keinem bzw. einem geringen Nutzen (Wert 4) entspricht. Je höher der erwartete Nutzen, desto größer ist die radiale Ausdehnung beim jeweiligen System.

Ein hoher Nutzen wird bei den Systemen erwartet, die der Vermeidung von Unfallfolgen für Fahrer und andere Verkehrsteilnehmer dienen, sowie im Bereich der Schadensbegrenzung und -vermeidung an Fahrzeug und Ladung.

Bei den Unternehmen, die vorwiegend im Fernverkehr tätig sind, ist der erwartete Nutzen bei höher automatisierten Fahrfunktionen tendenziell etwas höher als bei den vorwiegend im Nahverkehr

tätigen Unternehmen. Das automatisierte Fahren auf der Autobahn wurde bei allen drei befragten Gruppen mit einem hohen Nutzen bewertet. Erwartungsgemäß wird durch Platooning in Unternehmen mit ausgeprägtem Fernverkehr ein Nutzen erwartet. Eine Assistenz bei der Ladungsverteilung würde bei Unternehmen in Fern- und Nahverkehr einen guten Nutzen erwarten lassen. Dies trifft erwartungsgemäß nicht bei Busunternehmen zu.

Da für Busunternehmen Systeme für automatisiertes Be- und Entladen nicht zweckmäßig sind, wurde diese Frage in diesem Fall nicht gestellt. Im Diagramm ist deshalb auf den entsprechenden Achsen kein Bewertungspunkt vorhanden. Umgekehrt wurden die beiden Punkte „Teilautomatisierter Stadtverkehr“ und „Automatisiertes Ein- und Ausfahren bei Haltestellen“ nur Busunternehmen zur Bewertung vorgelegt. Darum ist hier bei den zwei anderen Gruppen im Diagramm kein Bewertungspunkt eingetragen.

Mit „Automatisierter Werksverkehr“ ist ein System gemeint, welches nach Eintreffen des Fahrers mit dem Fahrzeug im Werk fahrerlos unterwegs ist. Den Interviewpartnern wurde erklärt, dass der Fahrer dadurch Pause haben oder anderen Tätigkeiten nachkommen könnte, während das Fahrzeug am Werksgelände fahrerlos zur richtigen Stelle fährt und dort be- und entladen wird. Rein werksinterner Verkehr ist damit nicht gemeint. Von einem Busunternehmen wurde der automatisierte Werksverkehr als System angesprochen, obwohl diese Frage bei Busunternehmen ausgelassen wurde. Für dieses Unternehmen wurde die Automatisierung im Bereich von Tanken und Waschen im Betriebsgelänge als wichtiger Faktor angesprochen. Unter dem Punkt automatisierter Werksverkehr wurde bei der Befragung eigentlich die fahrerlose Fahrt eines „Standard“-LKW innerhalb eines Betriebsgeländes verstanden. Der Fahrer hätte dadurch Pause oder könnte mit einem anderen LKW weiterfahren.

Der Nutzen der sicherheitsrelevanten Systeme fiel bei allen befragten Gruppen höher aus als bei den Fragen nach gezielten, höher automatisierten Fahrfunktionen, siehe Abbildung 3-18. Ausnahmen bilden das automatisierte Fahren auf der Autobahn und die Ladungsverteilungsoptimierung. Dieser hohe erwartete Nutzen der sicherheitsrelevanten Systeme der Transportunternehmer darf nicht als relevant für eine Kaufentscheidung interpretiert werden. Dies ist durch die Art der Fragestellung nicht möglich. Bei Neuanschaffungen kann davon ausgegangen werden, dass Faktoren wie *Total Cost of Ownership* (TCO) ausschlaggebend sind. Dies wurde jedoch nicht im Interview erhoben.

Eine mögliche Erklärung für die hohe Bewertung des Sicherheitsaspektes im Vergleich zu anderen Systemen soll in diesem Absatz gegeben werden. Das Bild, welches aktuell in der Öffentlichkeit gezeichnet wird, ist stark geprägt vom Sicherheitsaspekt und wenig durch mögliche Effizienz bei Kraftstoff oder Verkehrsfluss. Sicherheitsrelevante Systeme wie das Elektronische Stabilitätsprogramm und der Notbremsassistent sind außerdem gewohnte Systeme für die Anwender. Dass sich höher automatisierte Funktionen oft erst in Entwicklung befinden und oft nur als Schlagwort bekannt sind, kann eine mögliche Erklärung für die schlechtere Bewertung dieser Systeme sein.

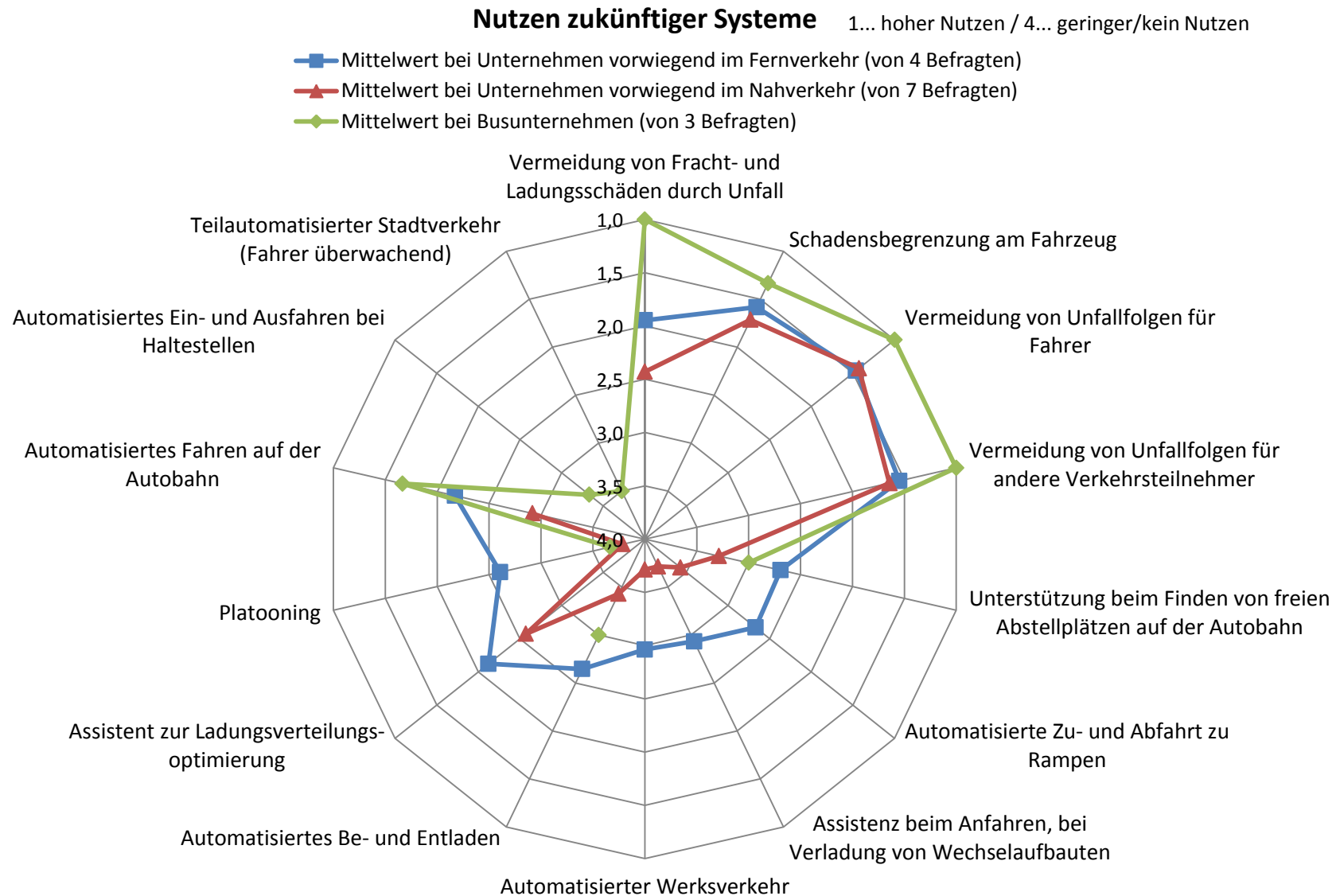


Abbildung 3-17: Nutzen zukünftiger Systeme

Nutzen zukünftiger Systeme

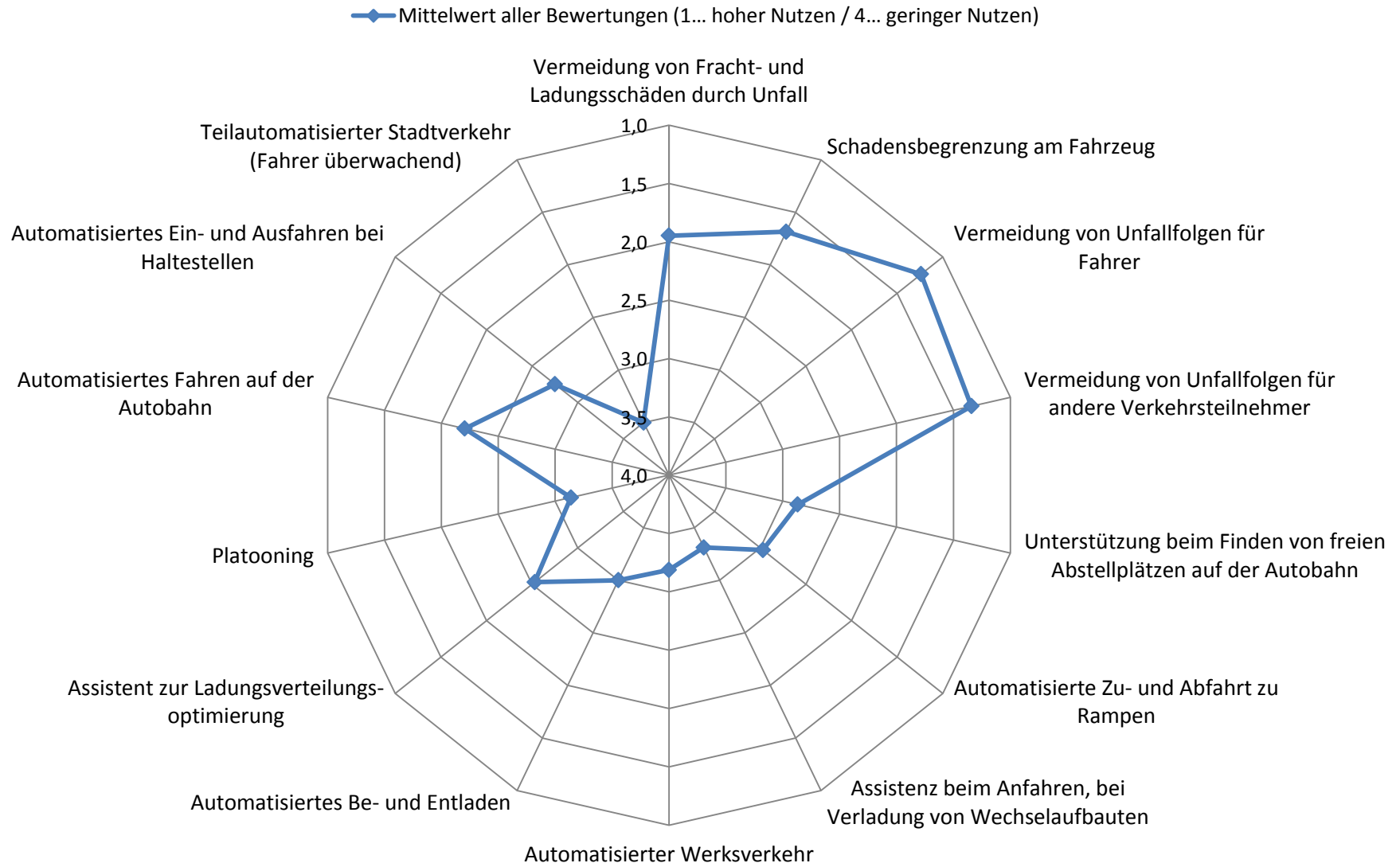


Abbildung 3-18: Nutzen zukünftiger Systeme

Gut integrierbare Systeme

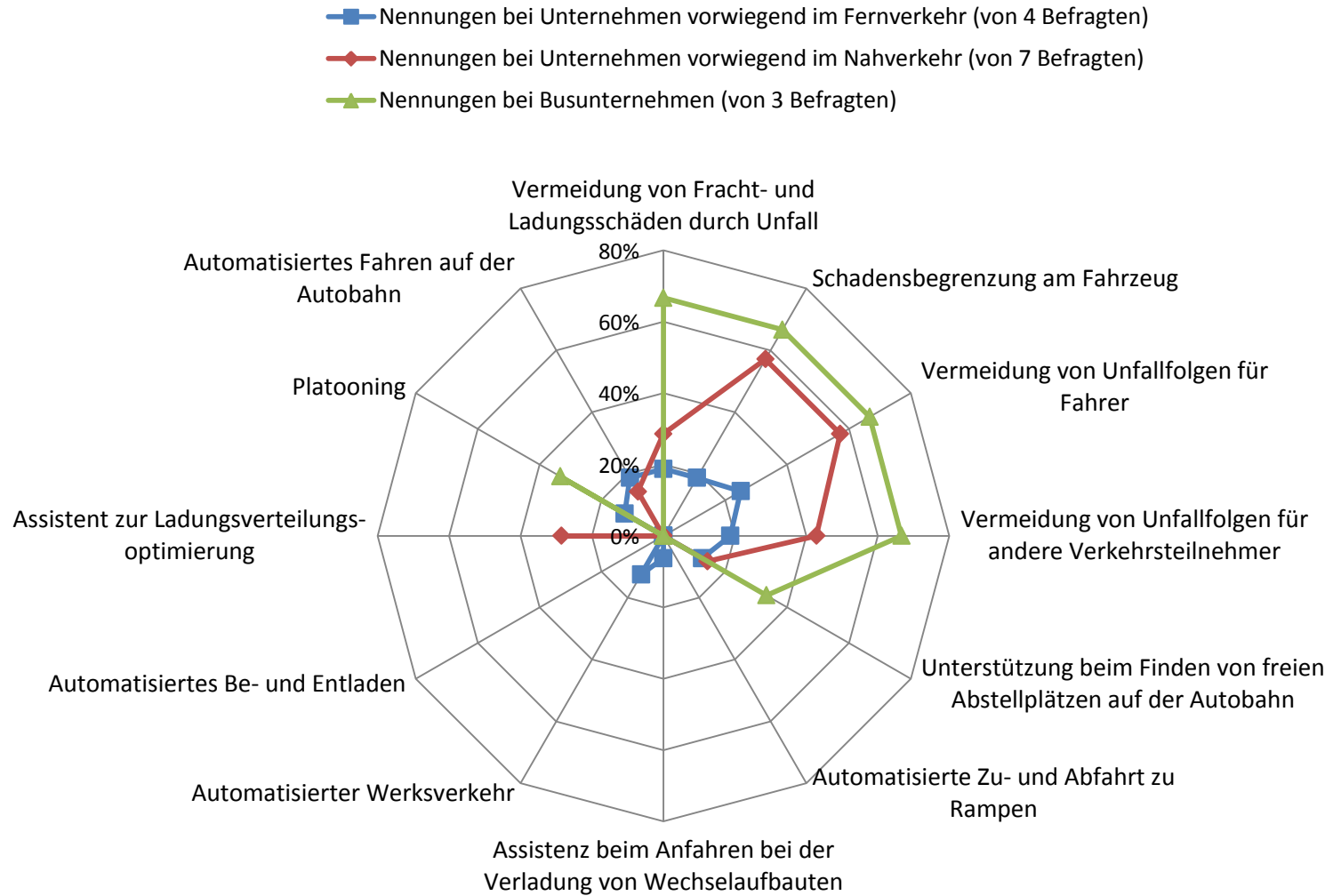


Abbildung 3-19: Gut integrierbare Systeme

Gut integrierbare Systeme

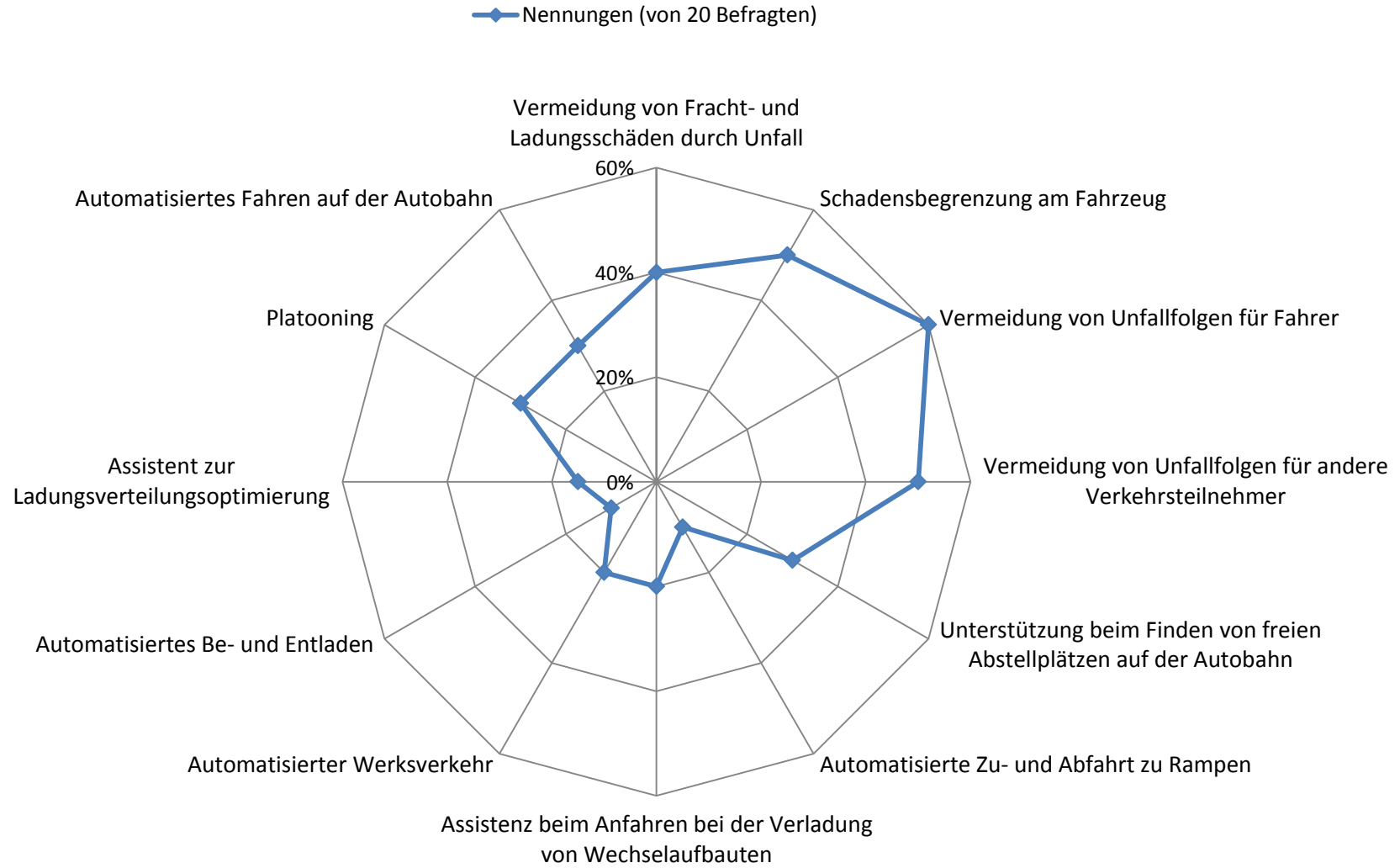


Abbildung 3-20: Gut integrierbare Systeme

3.5.8 Gut integrierbare Systeme (qualitative Auswertung)

Bei der Frage nach Systemen, die sich nach Auffassung der Interviewpartner gut in der Praxis in die Unternehmen integrieren lassen würden, konnten alle in Kapitel 3.5.7 genannten Systeme ausgewählt werden.

Im Vergleich mit den Ergebnissen in Kapitel 3.5.7 zeigt sich in Abbildung 3-20, dass den Systemen, von denen ein hoher Nutzen erwartet wird, auch eine gute Integrierbarkeit im Betrieb zugesprochen wird. Dies betrifft vor allem die sicherheitsrelevanten Systeme sowie automatisiertes Fahren auf der Autobahn und Platooning. In auffallend vielen Interviews merkten die Interviewpartner an, dass sie sich die Integrierbarkeit nur dann vorstellen können, wenn einwandfreie Funktion der Systeme vorausgesetzt werden kann.

Die Aufteilung nach Unternehmen mit vorwiegend Fern- oder Nahverkehr sowie Busunternehmen ist in Abbildung 3-19 dargestellt. Es lässt sich erkennen, dass Unternehmen mit vorwiegend Fernverkehr tendenziell zurückhaltend sind bei der Nennung von gut integrierbaren Systemen. Bei Unternehmen im Nahverkehr und auch Busunternehmen lässt sich wieder die Tendenz zu den sicherheitsrelevanten Systemen erkennen. Bei Unternehmen im Nahverkehr ist auch die Assistenz zur Ladungsverteilung von fast 30 % der Befragten als gut integrierbar erwähnt worden. Der hohe Wert beim Platooning bei Busunternehmen mit 33 % ist durch nur eine Nennung (von 3 Befragten) entstanden. Bei diesem Fall handelt es sich um ein Busunternehmen im innerstädtischen Linienverkehr, welches unter Platooning die Koppelung von zwei Bussen mit nur einem Fahrer aufgefasst hat (elektronische bzw. virtuelle Deichsel). Dieses System würde laut Interviewpartner die Fahrereinteilung zu Stoßzeiten im Personentransport stark vereinfachen.

3.5.9 Probleme bei der praktischen Umsetzung (qualitative Auswertung)

Analog zur Fragestellung in Kapitel 3.5.8 wurde hier nach den vorgegebenen Systemen gefragt, bei denen Probleme bei der praktischen Integration in die Unternehmen erwartet werden. Zusätzlich wurde gefragt, welche Probleme das konkret aus Sicht der Interviewpartner sein könnten.

Die Antworten auf die Frage nach den Systemen zeigte eine große Varianz. Auch wurden bei denselben Systemen sehr unterschiedliche Gründe genannt. Unabhängig von bestimmten Systemen konnten aber Kategorien für erwartete Gründe gefunden werden, welche in Abbildung 3-21 und Abbildung 3-22 dargestellt sind. Um Fehlinterpretationen in einzelnen Fällen zu vermeiden, wurde zur gewählten Kategorie auch ein Auszug der gegebenen Antworten angeführt.

Abbildung 3-21 zeigt die Ergebnisse aller Befragten. Hier zeigen zwei Kategorien eine häufige Nennung, nämlich die Fahrerakzeptanz/Fahrerzumutbarkeit und der Typ des Transportgutes. So gaben einige Unternehmen an, ihr Transportgut sei bei jeder Transportaufgabe so unterschiedlich, dass Automatisierbarkeit nicht möglich sei. Auch die hohen erwarteten Anschaffungskosten neuer Systeme wurden genannt.

Bei der Aufteilung in drei Gruppen (Fern, Nah, Bus) in Abbildung 3-22 zeigt sich, dass bei Unternehmen, die vorwiegend im Nahverkehr tätig sind und auch bei Busunternehmen eine ähnliche Gewichtung in einigen Kategorien vorliegt. Ein großer Unterschied zwischen diesen beiden Gruppen besteht aber beim mangelnden Bedarf der Systeme sowie dem Umgang mit anderen Verkehrsteilnehmern. Der mangelnde Bedarf im Unternehmen wurde vor allem von den kleineren Unternehmen angesprochen, die aufgrund ihrer Struktur und Größe oft keinen Bedarf für neue Systeme oder Funktionen sehen. Das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer (Unachtsamkeit,

unbewusstes Fehlverhalten wegen der Unkenntnis der speziellen Anforderungen von Nutzfahrzeugen, etc.) ist bei Busunternehmen vor allem wegen der vielen, in der Stadt zurückgelegten Kilometer und den damit häufigen Interaktionen mit anderen Verkehrsteilnehmern ein häufig genannter Problemfaktor. Auch die Kategorie der Kundenakzeptanz ist ein Problem, welches sich hauptsächlich bei Busunternehmen ergeben kann, da sich hier die Fahrgäste (Kunden) eventuell bei fahrerlosen Fahrzeugen nicht sicher oder wohl fühlen könnten.

Unternehmen, die vorwiegend im Fernverkehr unterwegs sind, nannten vorrangig die zwei Kategorien Fahrerakzeptanz und Fahrerzumutbarkeit sowie das immer unterschiedliche Transportgut als Problemfaktoren.

Probleme bei der praktischen Umsetzung

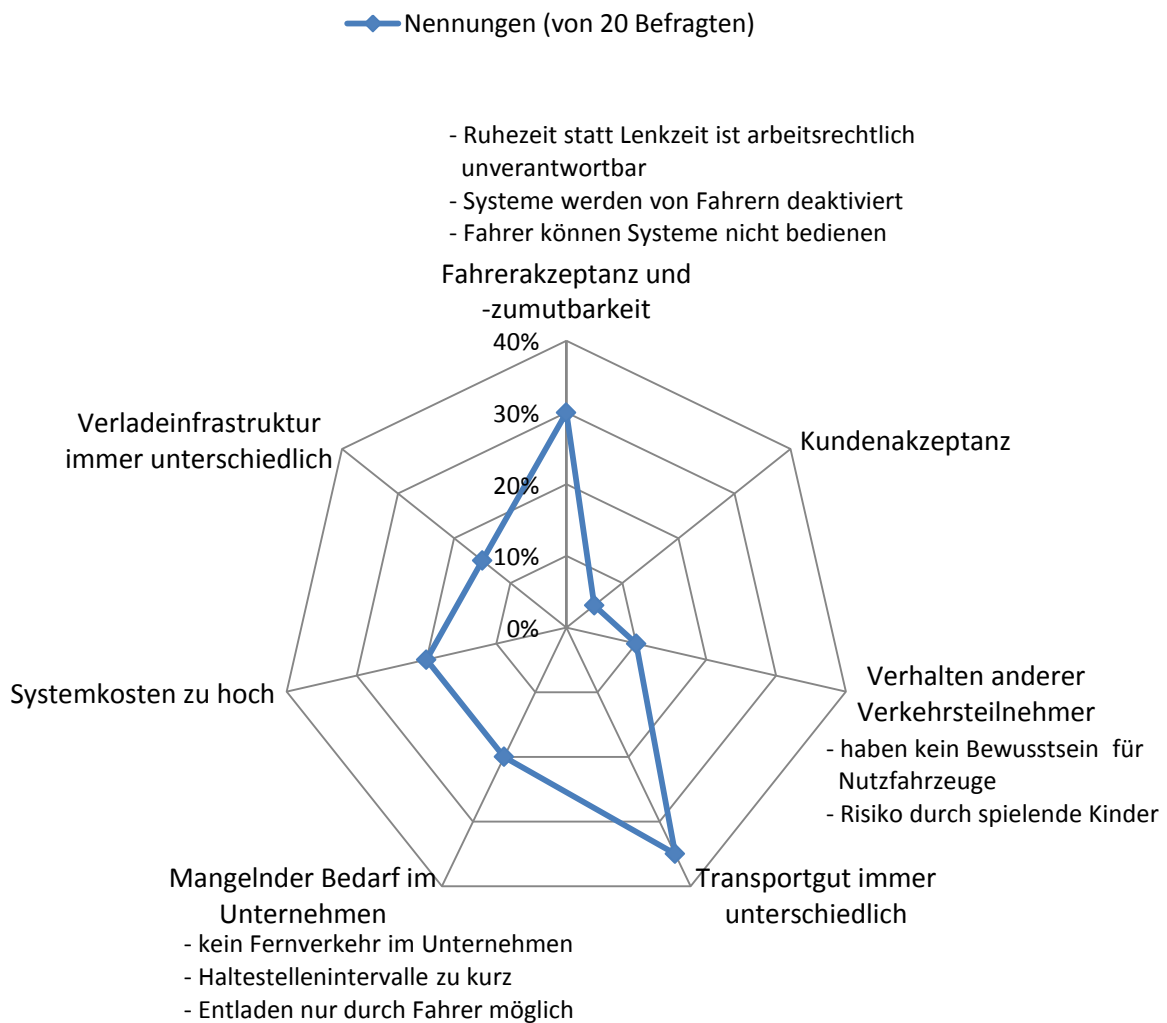


Abbildung 3-21: Probleme bei der praktischen Umsetzung

Probleme bei der praktischen Umsetzung

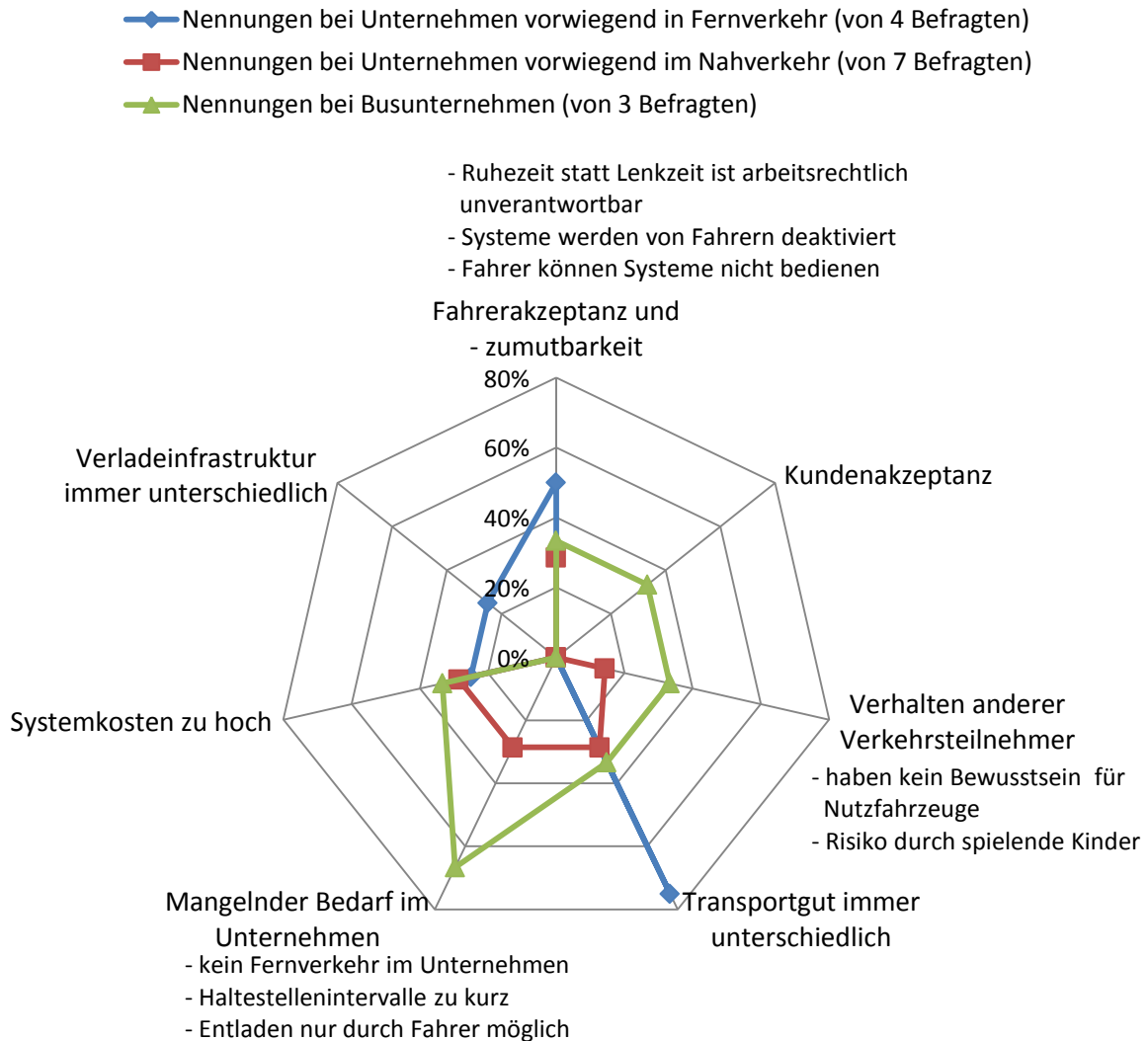


Abbildung 3-22: Probleme bei der praktischen Umsetzung

3.5.10 Verweigerungsgründe für Fahrer (qualitative Auswertung)

In den Interviews wurde nicht nur nach Verweigerungsgründen, sondern auch nach Nutzungsgründen für Fahrer gefragt. Tendenziell nannten die Gesprächspartner mehr Verweigerungsgründe als Nutzungsgründe. Für die Kategorienbildung wurden die wenigen genannten Nutzungsgründe in Verweigerungsgründe umgewandelt. So wurde zum Beispiel genannt, dass Fahrer Systeme nur dann verwenden würden, wenn sie einen Vorteil für sich selbst darin sehen. Umgewandelt würde das bedeuten, dass Fahrer Systeme verweigern würden, wenn sie keinen Vorteil für sich darin sehen.

Somit konnte wieder eine gemeinsame Kategorienfindung durch Zusammenfassung für alle Verweigerungsgründe (genannte oder übergeführte Gründe) durchgeführt werden. Die Ergebnisse aller Befragten sind in Abbildung 3-23 zusammengefasst. Es wurden hier zwei Kategorien bei allen Befragten sehr häufig genannt. Erstens war dies die Skepsis der Fahrer gegenüber neuen Systemen

und zweitens, dass eine Verweigerung durch die Fahrer dann eintreten kann, wenn sie keinen Vorteil für sich in der Verwendung der Systeme sehen.

Verweigerungsgründe für Fahrer

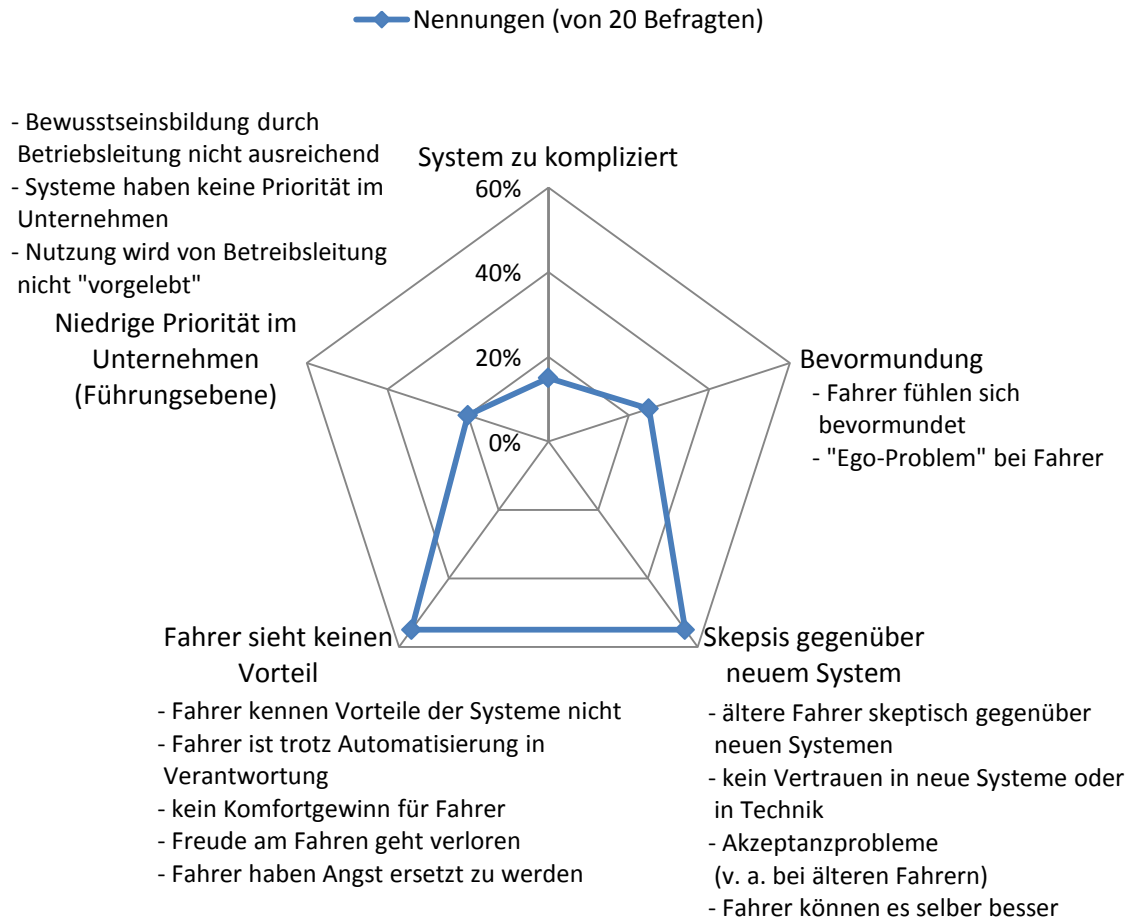


Abbildung 3-23: Verweigerungsgründe für Fahrer

Die Aufteilung in die drei Gruppen ergab, dass alle Nennungen in der Kategorie „System ist zu kompliziert“ von Unternehmen kamen, die vorwiegend im Fernverkehr ihre Tätigkeit ausüben (siehe Abbildung 3-24). Dies kann mit dem von dieser Art von Unternehmen oft angesprochenen Fahrermangel zusammenhängen, siehe Kapitel 3.5.12. Durch den Fahrermangel sind die Unternehmen auch auf Fahrer mit geringer Qualifikation angewiesen. Die mögliche Bevormundung der Fahrer durch neue Systeme wurde von dieser Befragtengruppe nicht als Verweigerungsgrund genannt. Diese Kategorie wurde nur bei Busunternehmen und Unternehmen mit vorwiegend Nahverkehr erwähnt. Für diese war das Thema Fahrermangel nachrangig. In diesen Unternehmen müssen Fahrer oft verantwortungsvolle und/oder anspruchsvolle Nebentätigkeiten, die höhere Qualifikation erfordern, ausführen.

Zusätzlich wurde nach einer prozentuellen Abschätzung gefragt, wie viele der Fahrer neue Systeme benutzen würden. Im Durchschnitt aus allen Befragten ergab sich eine geschätzte Nutzungsquote von knapp über 50 %.

Verweigerungsgründe für Fahrer

- ◆ Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Fernverkehr (von 4 Befragten)
- Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr (von 7 Befragten)
- ▲ Nennungen bei Busunternehmen (von 3 Befragten)

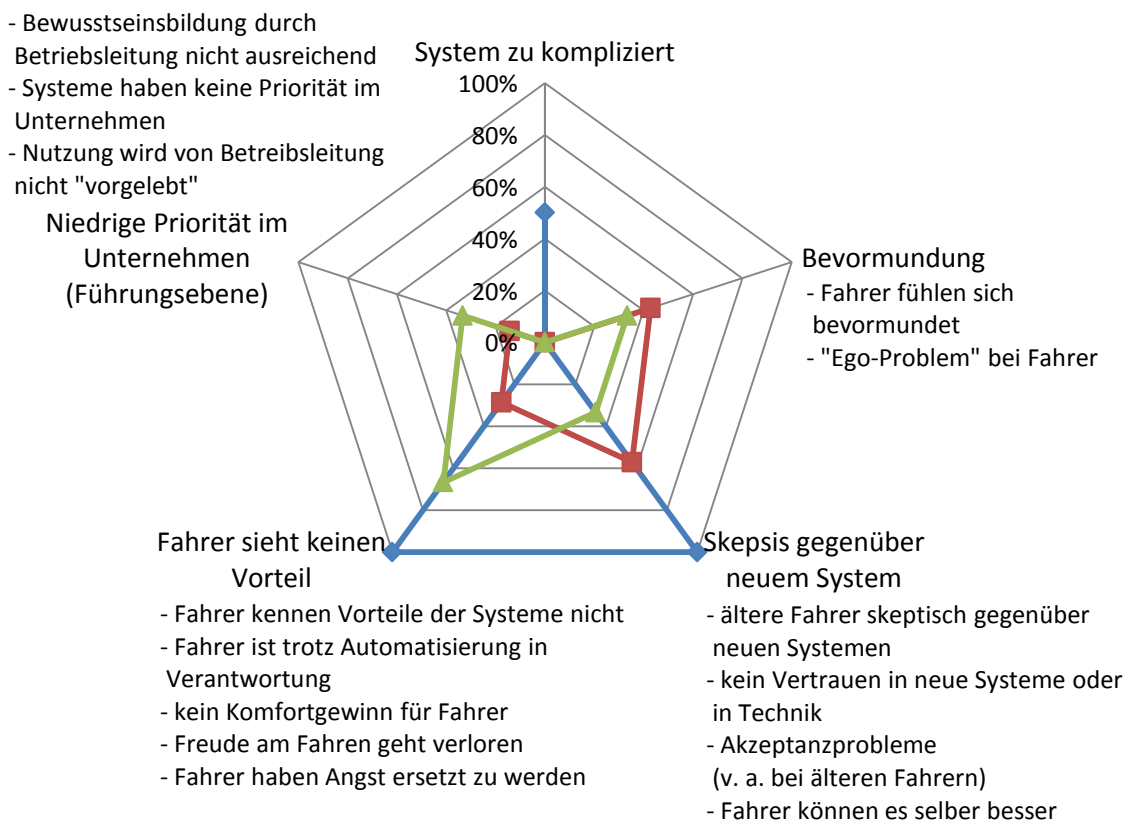


Abbildung 3-24: Verweigerungsgründe für Fahrer

3.5.11 Besondere Anforderungen durch Transportgut (qualitative Auswertung)

Die Fahrerschulung auf das Transportgut (Gefahrgutschulung, Schulung für das Be- und Entladen von speziellen Gütern, Tarifschulungen bei Bussen, etc.) und eine Ausstattung der Fahrzeuge für den Einsatzzweck (für den Transport der entsprechenden Güter) wurden hier am häufigsten als Anforderung genannt, siehe Abbildung 3-25. Auch Sicherheitsschulungen für Fahrer stellen in den Unternehmen zum Teil eine Anforderung, die durch das Transportgut entsteht, dar. Eine Aufteilung in die drei Gruppen wird in Abbildung 3-26 dargestellt.

Besondere Anforderungen durch Transportgut

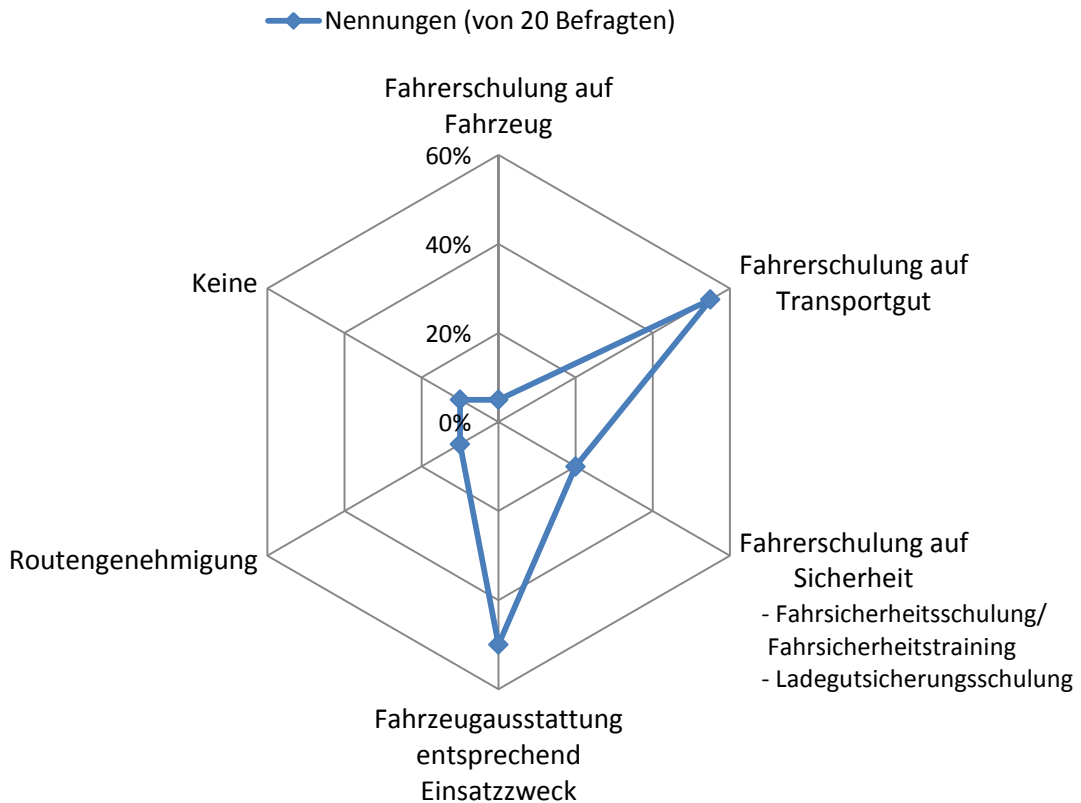


Abbildung 3-25: Besondere Anforderungen durch das Transportgut

Besondere Anforderungen durch Transportgut

- ◆ Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Fernverkehr (von 4 Befragten)
- Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr (von 7 Befragten)
- ▲ Nennungen bei Busunternehmen (von 3 Befragten)

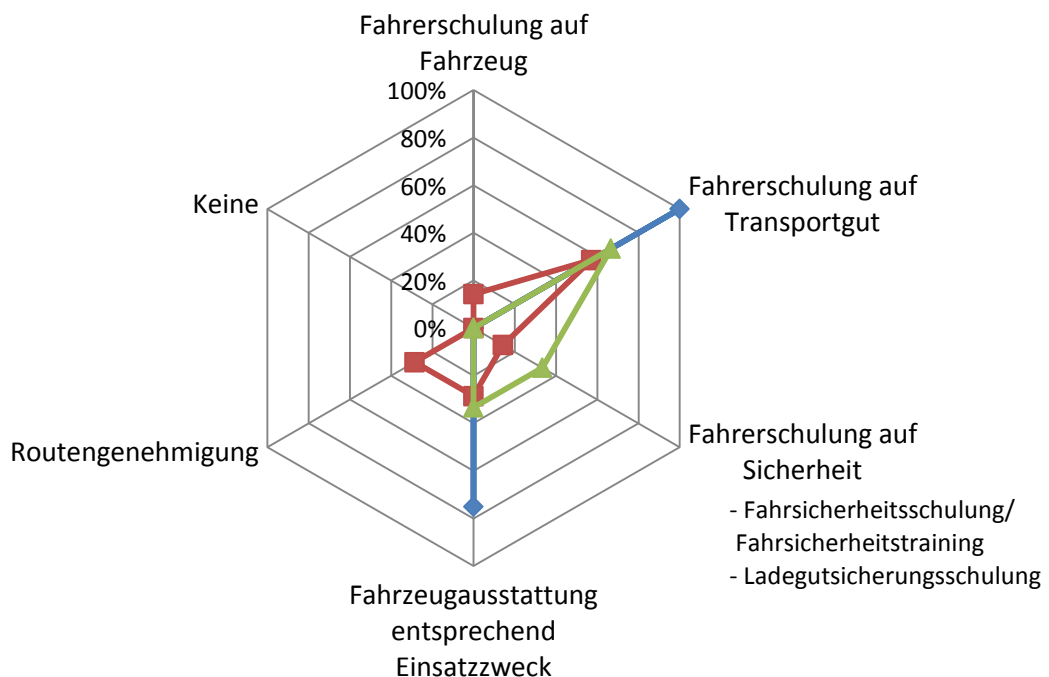


Abbildung 3-26: Besondere Anforderungen durch das Transportgut

3.5.12 Organisatorische Herausforderungen (qualitative Auswertung)

Die genannten organisatorischen Herausforderungen der Unternehmen werden in Abbildung 3-27 dargestellt. Es ist erkennbar, dass die drei Kategorien Fahrereinteilung, Fahrerakquise und die Auslastung und Zuteilung der Fahrzeuge die größten Herausforderungen sind.

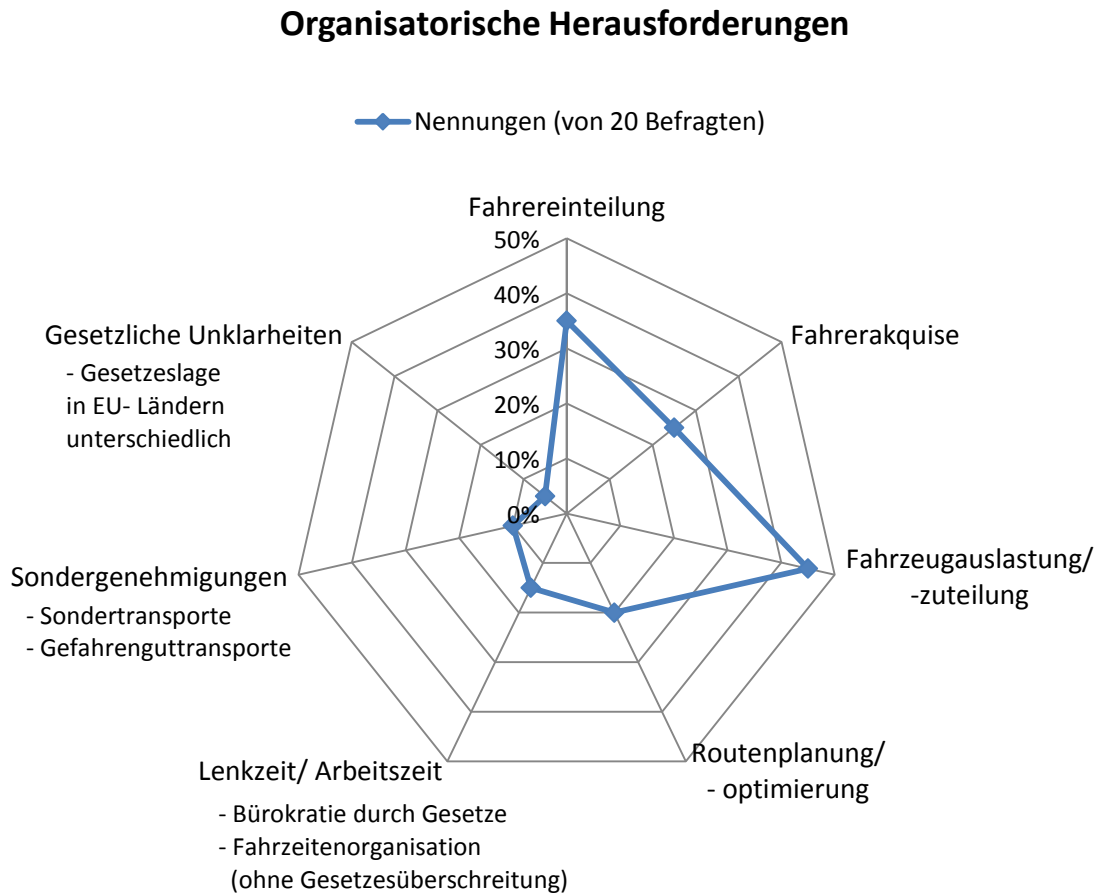


Abbildung 3-27: Organisatorische Herausforderungen

Bei genauerer Betrachtung und Aufteilung in die drei Gruppen zeigen sich je nach Gruppe sehr unterschiedliche Ausprägungen. Aus Abbildung 3-28 wird ersichtlich, dass für Fernverkehrsunternehmen die Fahrerakquise eine sehr große Herausforderung darstellt. Das Finden von Fahrpersonal wird nach Aussage dieser Unternehmen immer schwieriger und das Qualifikationsniveau sinkt. Bei der Anstellung neuer Fahrer wird immer weiter in den Osten ausgewichen. Da diese Unternehmen tendenziell auch einen großen Fuhrpark aufweisen, werden viele Fahrer benötigt. Für die beiden anderen Gruppen stellt dies kaum ein Problem dar. Sehr oft wird auf zentraleuropäisches Personal gesetzt.

Für Unternehmen, die vorwiegend im Nahverkehr unterwegs sind, ist hingegen die Fahrereinteilung und eine entsprechende Fahrzeugauslastung bzw. Fahrzeugeinteilung eine große Herausforderung. Diese Unternehmen haben oft Fahrer, die für spezielle Nebentätigkeiten ausgebildet sind, und Fahrzeuge mit Spezialaufbauten, die nicht universell einsetzbar sind. Die Auftragserteilung und

Abwicklung erfolgt oft sehr kurzfristig. Bei Busunternehmen ist nicht so sehr die Fahrzeugauslastung, sondern die Routenplanung und -optimierung herausfordernd.

Organisatorische Herausforderungen

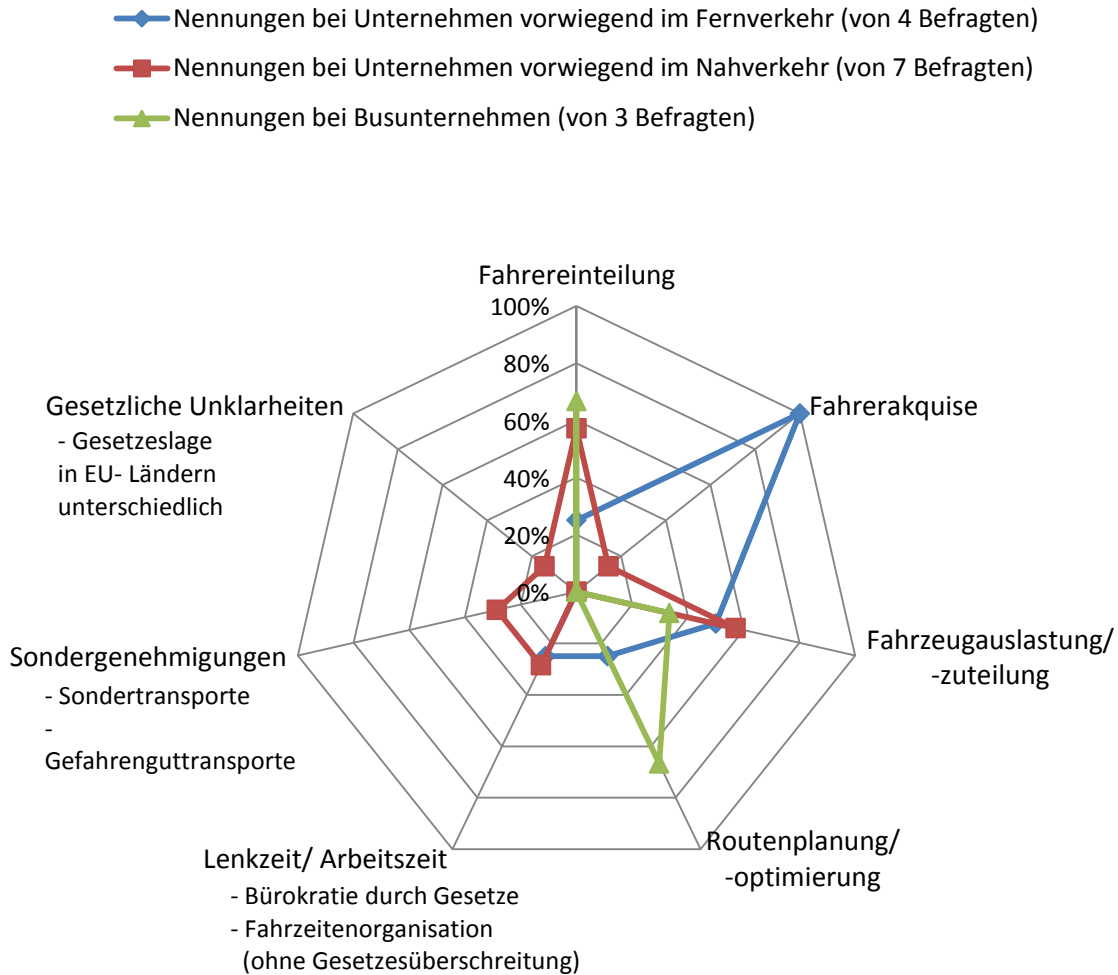


Abbildung 3-28: Organisatorische Herausforderungen

3.5.13 Größte Unfallrisiken (qualitative Auswertung)

Wie in Abbildung 3-29 ersichtlich, besteht laut den Interviewpartnern vor allem beim Be- und Entladen der Fahrzeuge ein hohes Unfallrisiko. Hier sind es vor allem leichtere Verletzungen der Fahrer durch Fehlritte. Auch Stress, Übermüdung und Ablenkung können der Grund für Unfälle in den Unternehmen sein.

Aus Abbildung 3-30 lässt sich ablesen, dass Stress und Übermüdung bei Unternehmen im Nahverkehr und Ablenkung bei Unternehmen im Fernverkehr als mögliche Unfallrisiken genannt werden. Entgegen der Erwartungen wurde Übermüdung im Fernverkehr selten genannt.

Bei Busunternehmen wurde das Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer (Einhalten von zu wenig Sicherheitsabstand, etc.) häufig als Unfallrisiko genannt.

Größte Unfallrisiken

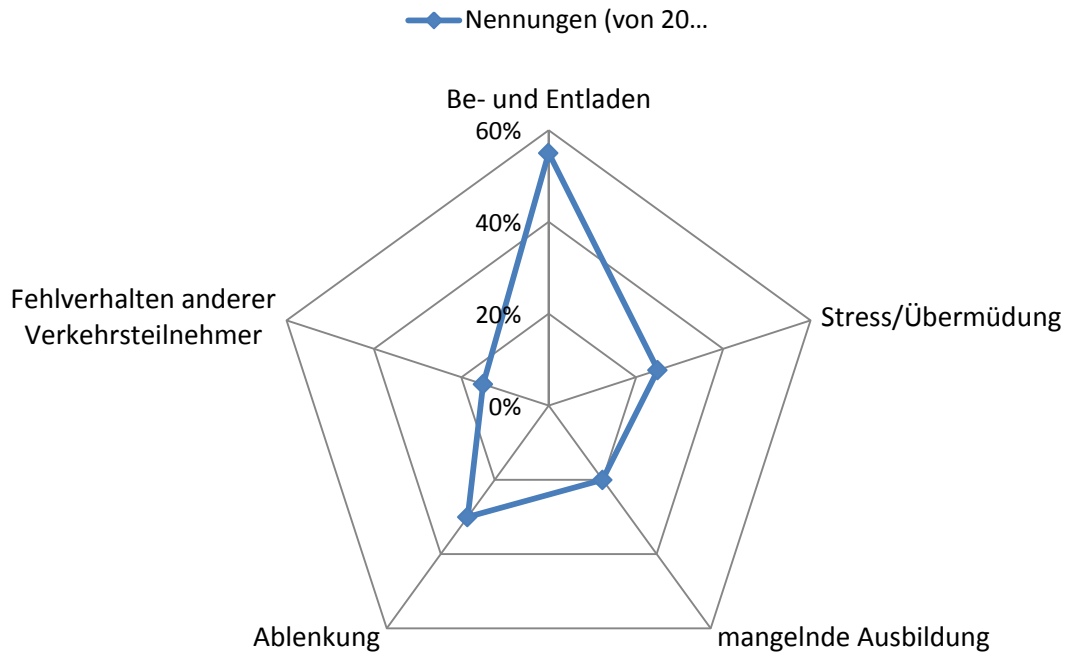


Abbildung 3-29: Größte Unfallrisiken

Größte Unfallrisiken

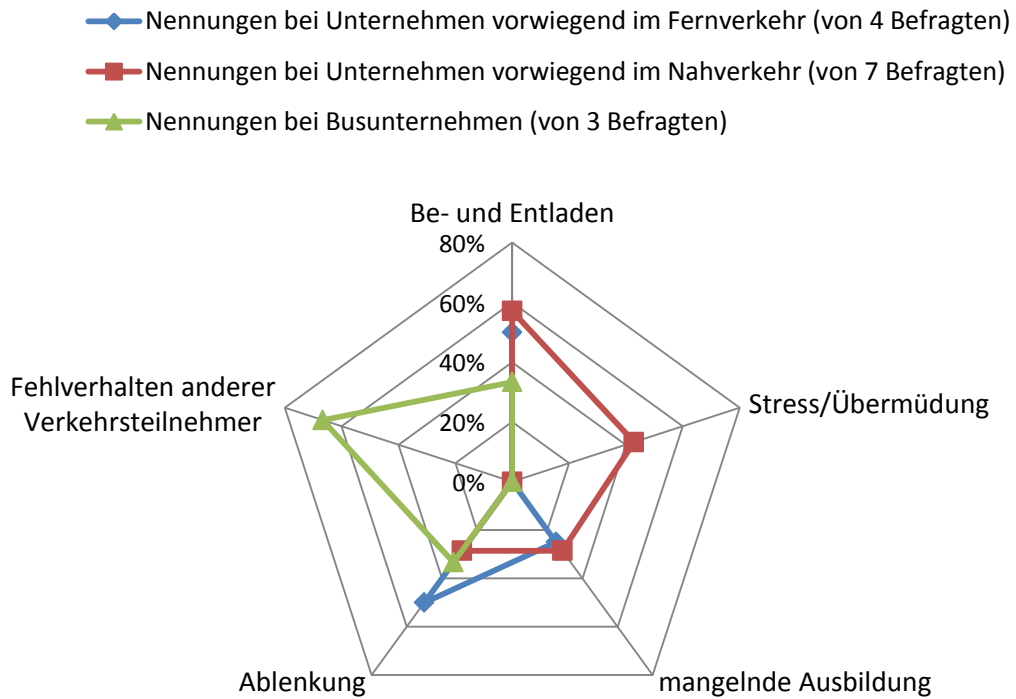


Abbildung 3-30: Größte Unfallrisiken

3.5.14 Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren (qualitative Auswertung)

Bei den realistischen Einsatzgebieten für automatisiertes oder autonomes Fahren zeigten sich sehr deutliche Tendenzen unter den befragten Unternehmen. So nannten fast 90 % aller Befragten die Autobahn als mögliches Einsatzgebiet, siehe Abbildung 3-31. Auch in abgeschlossenen Werken oder in Werksbereichen können sich die Befragten einen realistischen Einsatz von automatisierten oder autonomen Fahrzeugen vorstellen. Busunternehmen nannten zusätzlich noch bestimmte Stadtgebiete und Nahverkehrsunternehmen bestimmte Fahrbahnbereiche als realistischen Einsatzort, siehe Abbildung 3-32.

Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren

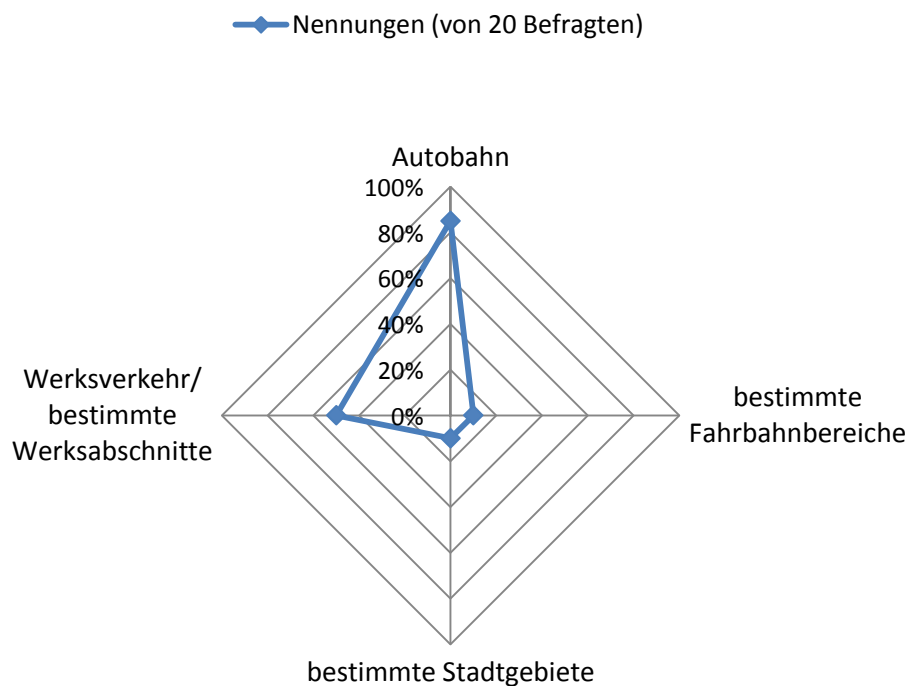


Abbildung 3-31: Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren

Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren

- ◆— Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Fernverkehr (von 4 Befragten)
- Nennungen bei Unternehmen vorwiegend im Nahverkehr (von 7 Befragten)
- ▲— Nennungen bei Busunternehmen (von 3 Befragten)

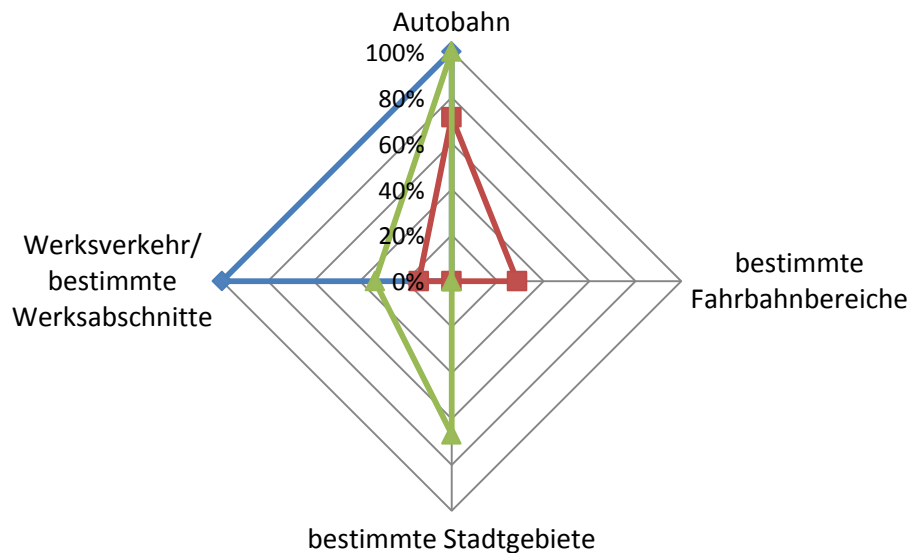


Abbildung 3-32: Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren

3.5.15 Veränderungen in der Transportbranche (qualitative Auswertung)

Wie schon in Kapitel 3.5.6 erwähnt, erwarten sich fast 90 % der Befragten eine Veränderung in der Transportbranche. Was sich dabei nach Ansicht der Interviewpartner konkret verändern könnte, wird in Abbildung 3-33 dargestellt. Veränderung wird vor allem für die Fahrer (Arbeitsbedingungen und Ausbildung) erwartet. Weniger häufig wurden die Kategorien Kosten und Infrastruktur genannt. Aus Abbildung 3-34 ist ersichtlich, dass sich ein Teil der Nahverkehrsunternehmen und der Busunternehmen Veränderungen im Bereich der Infrastruktur erwarten. Unternehmen im Fernverkehr erwarten sich im gleichen Maß wie solche im Nahverkehr, dass der Kostendruck innerhalb der Branche steigen wird, wenn die Betriebskosten für alle in der Branche sinken.

Veränderungen in der Transportbranche

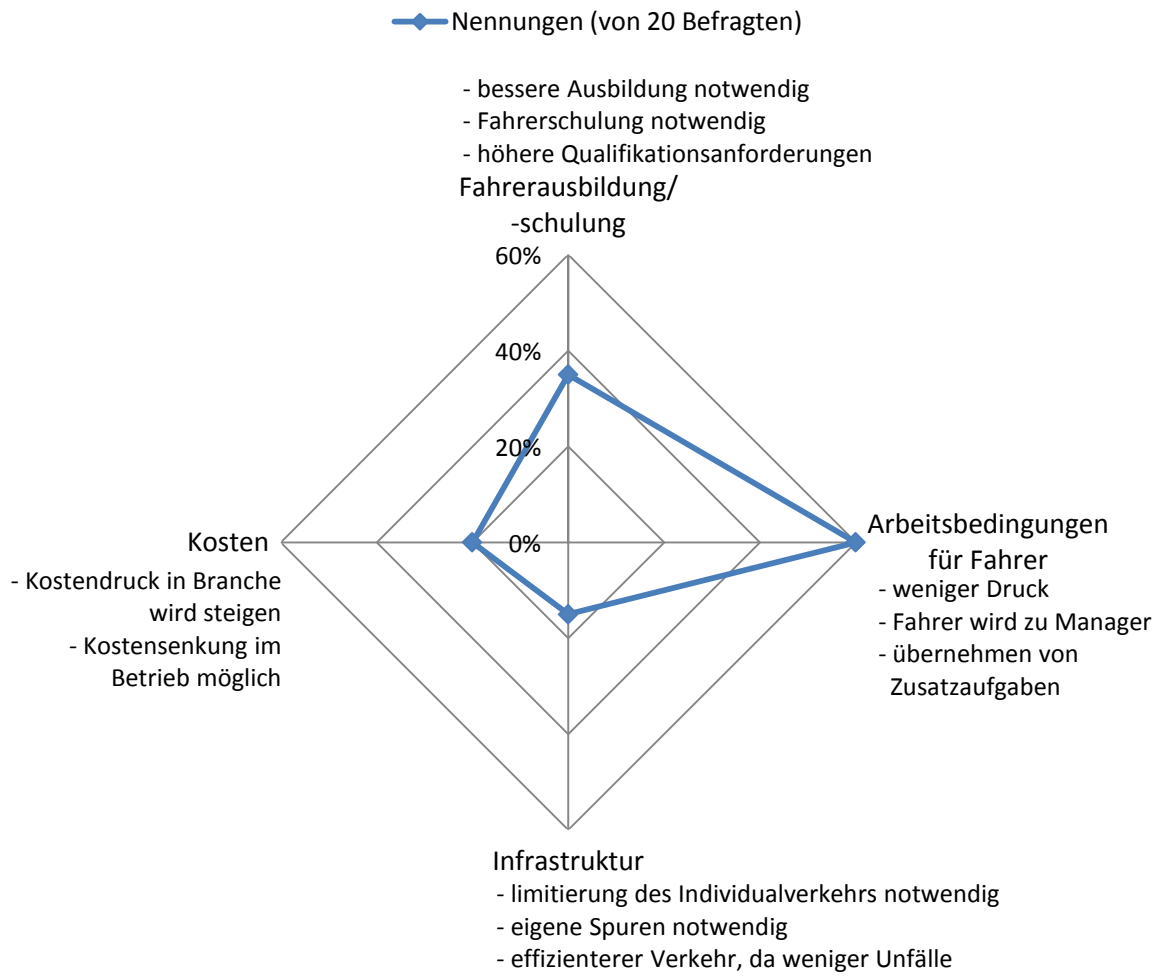


Abbildung 3-33: Erwartete Veränderungen in der Transportbranche

Veränderungen in der Transportbranche

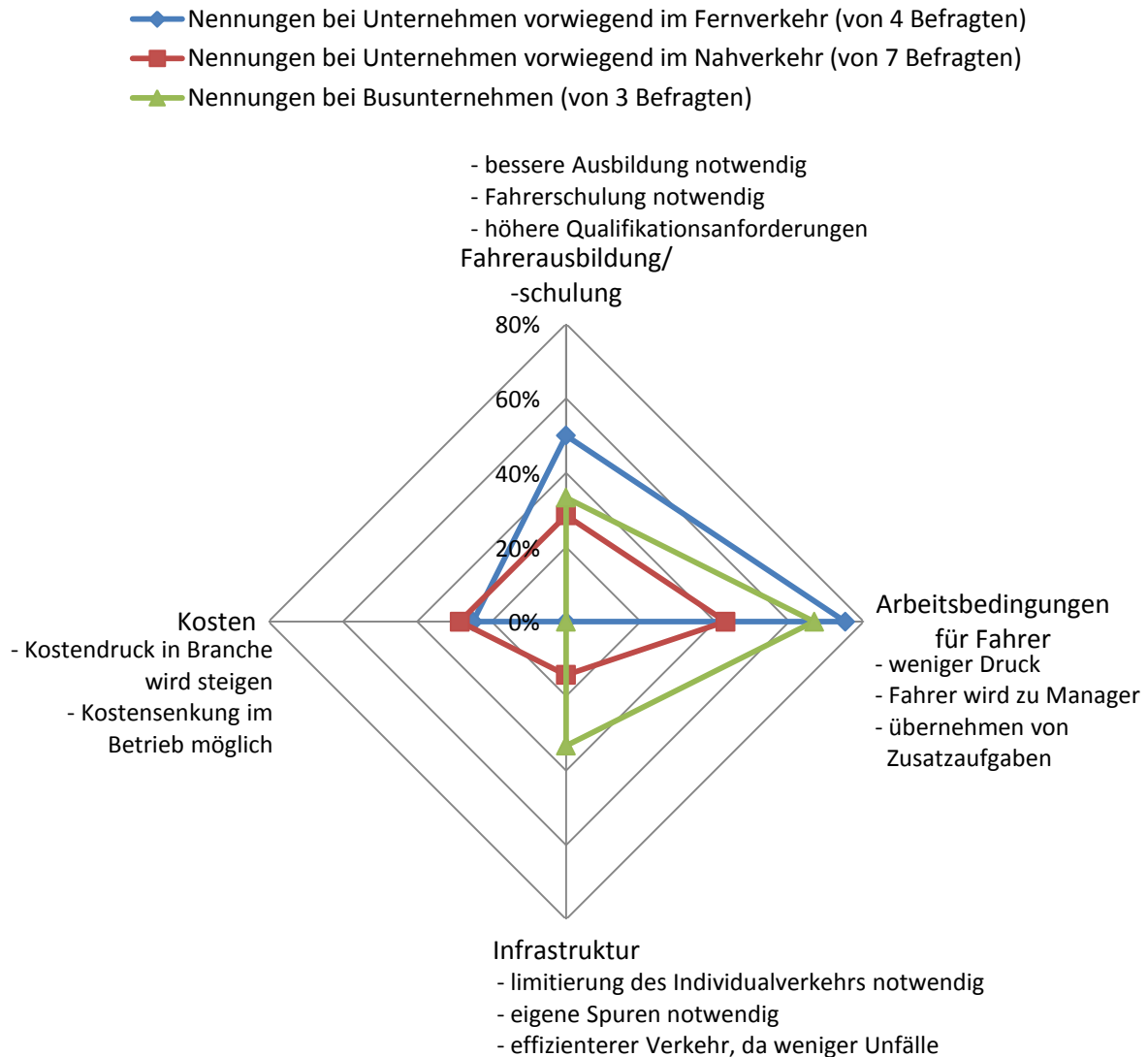


Abbildung 3-34: Erwartete Veränderungen in der Transportbranche

3.6 Diskussion der Ergebnisse

Bei der Auswertung der Ergebnisse bestätigt sich die im Vorfeld getroffene Annahme, dass die Transportbranche stark differenziert ist. Je nach Tätigkeitsbereich der Unternehmen gibt es andere Prioritäten und Ansichten. Dabei spielen Faktoren wie die Anzahl der Fahrzeuge, das Tätigkeitsfeld und die notwendigen Qualifikationen der Mitarbeiter eine große Rolle. Für eine hohe Repräsentativität sind mehr Interviewpartner nötig, trotz des kleinen Stichprobenumfangs lassen sich aber einige Tendenzen erkennen.

Die Gestaltung des Fragebogens lässt außerdem nur das Ableiten von Tendenzen zu. Für die im Projekt zu untersuchenden Inhalte ist die offene Fragestellung zielführend, da so möglichst viele Kategorien gefunden werden konnten. Diese gefundenen Kategorien können in einer weiteren Umfrage verwendet werden, wo nur noch geschlossene Fragen ohne freie Antwortmöglichkeit gestellt werden. Diese Ergebnisse lassen sich somit direkt vergleichen.

Sehr eindeutig zeichnet sich die Meinung unter den Transportunternehmern und den anderen Stakeholdern ab, dass neue Systeme einen sehr starken Einfluss auf den Fahrer haben werden. Wie der Übergang vom assistierten Fahren zum fahrerlosen Betrieb aussehen wird, lässt sich aus heutiger Sicht von Praktikern schwer einschätzen. Dies führt zu großen Vorbehalten gegenüber höher automatisierten Fahrfunktionen.

4 Potentialanalyse

In diesem Kapitel wird die Identifikation von Anwendungsfällen für automatisiertes Fahren im Gütertransport und für die Personenbeförderung vorgestellt. Zusätzlich werden Bewertungskriterien ermittelt, um in einem nächsten Schritt das Potential der Anwendungsfälle hinsichtlich ihres erwarteten Nutzens bewerten zu können.

4.1 Identifikation der Anwendungsfälle

Eines der Ziele des Forschungsprojekts war die Identifikation von realitätsnahen Anwendungsfällen für automatisierte Fahrfunktionen im Bereich des Gütertransports und der Personenbeförderung. Die Anwendungsfälle wurden auf Basis der Literaturrecherche in Kapitel 2 und der Ergebnisse der Stakeholder-Interviews in Kapitel 3 abgeleitet. Die Vorgangsweise wird im Folgenden beschrieben.

Abbildung 4-1 zeigt schematisch eine Matrix mit den Achsen Fahrzeugtyp, Einsatzgebiet und Interessensgruppe (Stakeholder), anhand derer die Anwendungsfälle abgeleitet werden sollten. In einem ersten Schritt wurden die Einzelsysteme, die in der Literaturrecherche in Kapitel 2 gefunden wurden, den Feldern der Matrix zugeordnet. Als Stakeholder wurden Verteilerzentren, große und kleine Transportunternehmen, Unternehmen mit Personentransport, Infrastrukturbetreiber und die Gesellschaft im Allgemeinen berücksichtigt.

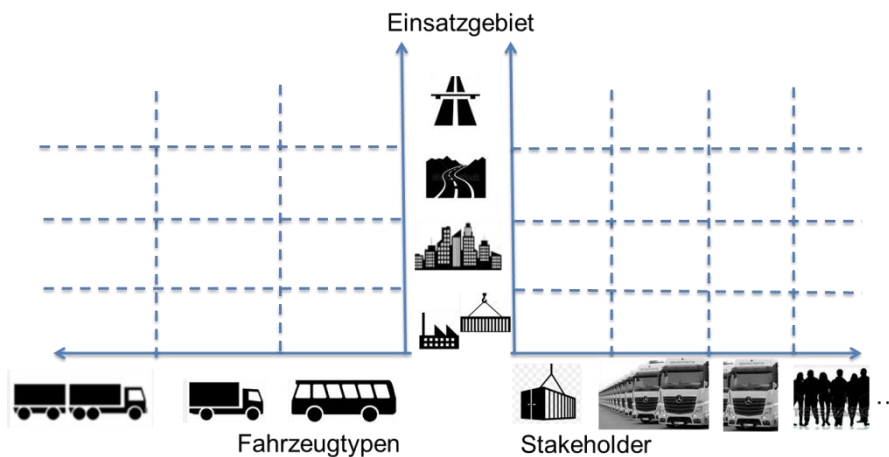













Abbildung 4-1: Strukturierungsmatrix zur Identifikation von Anwendungsfällen

Legende:

	... Autobahn		... Fahrzeug-kombination		... Logistikunternehmen
	... Überlandstraße		... Singlefahrzeug		... Große Gütertransportunternehmen
	... Ortsgebiet/Stadt		... Bus		... Kleine Gütertransportunternehmen
	... Werksgelände/ Verteilerzentrum				... Gesellschaft, weitere Stakeholder (z. B. Infrastrukturbetreiber, Personentransportunternehmer)

Ziel dieses Vorgehens war es, die Systeme nicht nur nach den bereits angedachten Anwendungsbereichen zu klassifizieren, sondern erweiterte Anwendungsbereiche der Systeme zu finden. Aus den Stakeholder-Interviews wurde zum Beispiel die Idee übernommen, dass für den Linienverkehr zu Stoßzeiten die elektronische (bzw. virtuelle) Deichsel in einer städtischen Anwendung für die Kombination zweier Busse mit nur einem Fahrer zielführend sein kann. Dies führte zum Anwendungsfall „Platooning in städtischen Anwendungen“.

Ein weiteres Beispiel ist auch die Zuordnung des Erweiterten Notbremsassistenten zum Einsatzgebiet „Werk/Verteilerzentrum“. Ein Notbremsassistent, der auch auf Personen reagiert, kann nicht nur in der Stadt, sondern auch auf Werksgeländen zielführend sein. Abbildung 4-2 stellt dieses Vorgehen der Systemzuordnung schematisch dar.

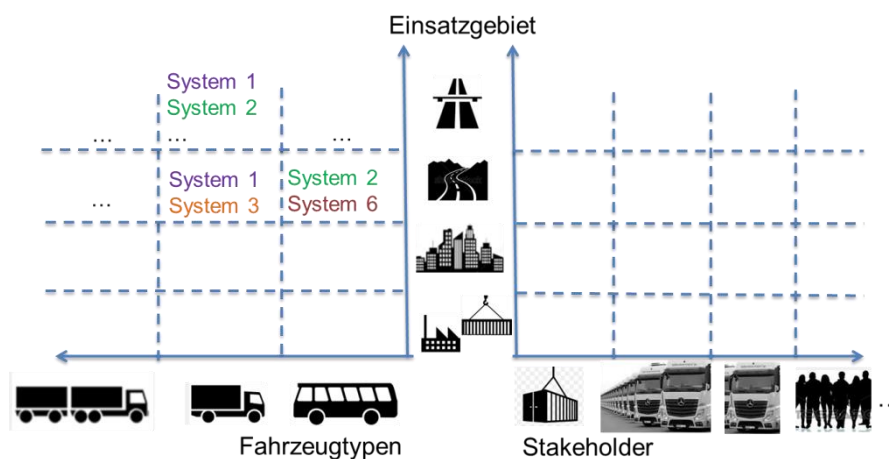


Abbildung 4-2: Exemplarische Darstellung der befüllten Matrix

Während der Strukturierung stellte sich heraus, dass die Zuordnung von Systemen zu Gruppen von Stakeholdern, wie in Abbildung 4-2 rechts dargestellt, einerseits schwierig ist, da die Interessen auch innerhalb einer Gruppe sehr unterschiedlich sein können (z. B. aufgrund der unterschiedlichen Tätigkeitsstrukturen der Unternehmen einer Gruppe). Andererseits konnten aus dieser Zuweisung auch keine neuen Anwendungsfälle generiert werden. Darum wurde von dieser Zuordnung abgesehen.

Als Alternative wurde darum innerhalb der Darstellung von Fahrzeugtypen über dem Einsatzgebiet, siehe Abbildung 4-2 links, der Automatisierungsgrad als weitere Unterscheidung eingefügt. Für den Fahrzeugtyp „Single-LKW“ im Einsatzgebiet „Autobahn“ wurden beispielhaft ein assistierendes System (Stufe 0 bis 1) und ein pilotierendes System (Stufe 4) eingeführt.

Die Systeme weisen grundsätzlich unterschiedliche Automatisierungsgrade auf (assistierende, teilautonome, autonome Systeme sowie Platooning und autonome Infrastruktur als separate „Automatisierungsgrade“). Daraus ergibt sich die Anordnung der Systeme innerhalb der Matrix zu Gruppen ähnlicher Automatisierungsgrade, was in Abbildung 4-3 schematisch dargestellt wird.

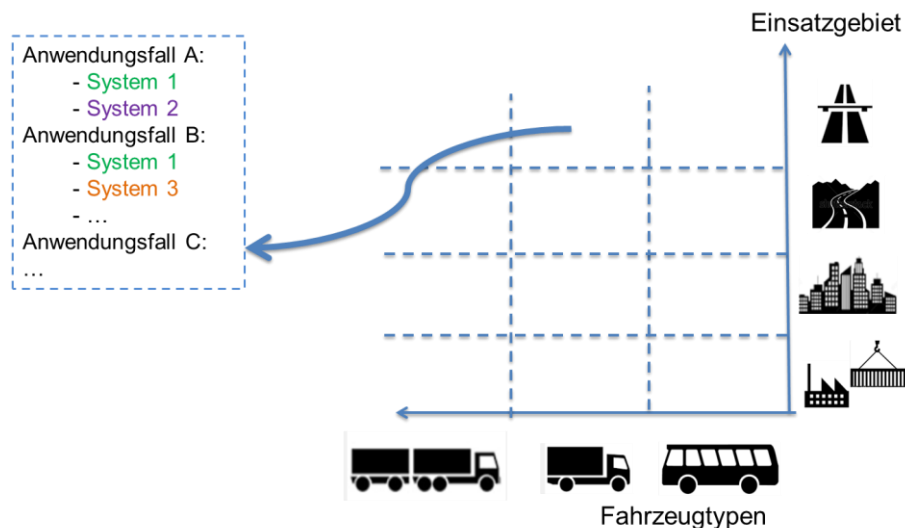


Abbildung 4-3: Strukturierung der Systeme zu Gruppen ähnlicher Automatisierungsgrade

Als Ergebnis dieser Zuordnung wurde festgestellt, dass sich Systeme für ein Einsatzgebiet für unterschiedliche Fahrzeugtypen nur geringfügig ändern. So brauchen Single-LKW und Omnibusse beispielsweise keine Truck-Trailer-Kommunikation im Gegensatz zu Lastzügen. Für alle drei Fahrzeugtypen aber haben zum Beispiel auf Überlandstraßen unterschiedliche Automatisierungsgrade für die praktische Anwendung, vom assistierten (Stufe 0-1) über das chauffierte Fahren (Stufe 3) bis zum pilotierten Fahren (Stufe 4), Relevanz. Darum wurden in weiterer Folge die Anwendungsfälle so formuliert, dass diese für alle Fahrzeugtypen gleichermaßen gelten, siehe Kapitel 4.2.

4.2 Vorstellung der Anwendungsfälle

Im Folgenden werden die 13 Anwendungsfälle diskutiert, welche sich aus dem Vergleich des Einsatzgebietes und dem Automatisierungsgrad mit geringfügigen Abweichungen für unterschiedliche Fahrzeugtypen ergeben haben. Zusätzlich wird die Stufe des Automatisierungsgrads angegeben. Da ausschließlich Anwendungsfälle für abgeschlossene Einsatzgebiete untersucht werden, gibt es keinen Anwendungsfall mit der Stufe 5.

Anwendungsfall 1: Autobahnassistent (Stufe 1–2)

Der Autobahnassistent dient zur Unterstützung des Fahrers von LKW-Zügen, Sattelzügen und Bussen auf der Autobahn. Der Fahrer ist immer in die Fahraufgabe eingebunden, er wird in seiner Fahraufgabe durch die Assistenzsysteme unterstützt. Diese warnen den Fahrer oder helfen ihm, die Fahrsituation besser einzuschätzen und übernehmen maximal in manchen Fahrbahnbereichen die Längsführung und die Querverführung.

Komponenten für diesen Anwendungsfall können Unterstützung in den folgenden Bereichen umfassen: Abstandsregeltempomat, Spurhaltesystem, Assistenz für ökonomisches Fahren, Assistenz beim Spurwechsel, Warnung bei detektierter Müdigkeit, Unterstützung bei der Disposition und dem Finden von Abstellplätzen (v. a. für den Gütertransport), Informationen von anderen Verkehrsteilnehmern und der Infrastruktur (V2X), fahrzeugangepasste Navigation (berücksichtigt zum Beispiel Straßenbeschränkungen für Nutzfahrzeuge), gibt zum Beispiel witterungsabhängige Fahrempfehlungen, etc.

Anwendungsfall 2: Autobahnchauffeur (Stufe 3)

Die Fahraufgabe wird innerhalb eines Fahrstreifens auf der Autobahn vom Fahrzeug übernommen. Der Fahrer muss die Fahrsituation überwachen und gegebenenfalls die Fahraufgabe innerhalb einer gewissen Übernahmezeit nach rechtzeitiger Übernahmeaufforderung vom System wieder aufnehmen können. Ein Eingriff des Fahrers kann in speziellen Fällen erforderlich sein, zum Beispiel bei Baustellen oder bei schwierigen Witterungsbedingungen. In jedem Fall ist ein Eingriff des Fahrers erforderlich, wenn die Spur gewechselt werden muss wie zum Beispiel für Überholvorgänge oder beim Ausweichen. Er wird dabei aber wie auch beim Autobahnassistenten (Anwendungsfall 1) unterstützt.

Aufgaben, die vom Fahrzeug übernommen werden, können beinhalten: Spurführung innerhalb des Fahrstreifens in Längs- und Querrichtung inklusive Anpassung an Geschwindigkeitsbeschränkungen, Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an den vorausfahrenden Verkehr, Anpassung des Fahrzustandes durch Informationen von anderen Verkehrsteilnehmern und der Infrastruktur (V2X), Überwachung von sicherheitsrelevanten Fahrzeugparametern, Überwachung des Straßenzustandes und eine Kommunikation von Anhängern/Aufliegern mit dem System des Zugfahrzeuges (im Fall von Lastzügen).

Anwendungsfall 3: Platooning (Stufe 2–3)

Beim Platooning können mehrere Fahrzeuge einem manuell gesteuerten Zugfahrzeug in sehr engem Abstand folgen. Der Automatisierungsgrad des Zugfahrzeuges kann unterschiedlich sein, hier wird mindestens ein Autobahnassistent angenommen. Die Formierung der Platoons passiert dabei zufällig auf der Autobahn und wird von den Fahrern der einzelnen Fahrzeuge selbst initiiert. Nach der Formierung wird die Bahnführung durch V2V-Kommunikation der Fahrzeuge unterstützt. Die zeitlichen Anforderungen an die V2V-Kommunikation sind hier wegen der kurzen Abstände besonders groß. Die Fahrer der Folgefahrzeuge sind nicht mehr in der Fahrverantwortung. Vor der Ausgliederung aus dem Platoon übergibt das Fahrzeug die Fahraufgabe an den Fahrer. Wenn das Führungsfahrzeug das Platoon verlässt, muss die Führungsaufgabe definiert an das erste Folgefahrzeug übergeben werden.

Anwendungsfall 4: Autobahnpiilot (Stufe 4)

Der Autobahnpiilot übernimmt die gesamte Fahraufgabe in allen Situationen auf der Autobahn. Das System beinhaltet alle Funktionalitäten des Autobahnchauffeurs und kann zusätzlich selbsttätig die Spur wechseln. Auf der Autobahn kann der Fahrer andere Tätigkeiten durchführen und auch schlafen. Kann das System die Fahraufgabe in speziellen Situationen nicht erfüllen, zum Beispiel wegen schlechten Witterungsbedingungen, wird das Fahrzeug automatisch in einen sicheren Zustand (z. B. Anhalten an geeigneter Stelle) übergeführt. In diesen Ausnahmesituationen übernimmt der Fahrer aus dem sicheren Zustand heraus die Fahraufgabe.

Anwendungsfall 5: Überlandassistent (Stufe 1–2)

Dieser Anwendungsfall ist vergleichbar mit dem Autobahnassistenten (Anwendungsfall 1), kann aber zusätzlich auch noch in Verkehrssituationen unterstützen, die auf Überlandstraßen im Gegensatz zu Autobahnen auftreten können.

Dies beinhaltet: Unterstützung beim Anfahren (vor allem auf Steigungen), Umgebungserfassung beim Abbiegen mit entsprechenden Warnungen und die Unterstützung von anderen Verkehrsteilnehmern bei Überholvorgängen (z. B. durch Warnung bei Gegenverkehr).

Anwendungsfall 6: Überlandchauffeur (Stufe 3)

Dieser Anwendungsfall ist vergleichbar mit dem Autobahnchauffeur (Anwendungsfall 2), der die Fahraufgabe innerhalb einer Richtungsspur übernimmt, wie es auch für längere Abschnitte auf Überlandstraßen denkbar ist. Zusätzlich kann das System über nicht ampelgeregelte Kreuzungen mit Vorrang autonom geradeaus steuern. Beim Abbiegen und auf ampelgeregelten Kreuzungen wird die Fahraufgabe früh genug an den Fahrer übergeben. Dieser ist auch hier immer in einer überwachenden Position und kann jederzeit eingreifen. Bei vorausfahrenden Fahrzeugen wird die Fahrzeuglängsführung an diese angepasst.

Anwendungsfall 7: Überlandpilot (Stufe 4)

Der Überlandpilot übernimmt alle Fahraufgaben auf Überlandstraßen inklusive aller Aufgaben bei Kreuzungen. Der Fahrer ist für dispositive Aufgaben im Fahrerhaus anwesend (Be- und Entladen, Übergabe und Verwahrung der Transportpapiere, etc.) sowie wenn das Einfahren in ein Stadtgebiet oder ein Werksgelände notwendig ist. In kritischen Situationen wird das Fahrzeug, wie beim Autobahnpielen (Anwendungsfall 4), vom System in einen sicheren Zustand gebracht, aus dem es der Fahrer übernehmen kann.

Anwendungsfall 8: Stadtassistent (Stufe 1–2)

Ziel ist die Unterstützung des Fahrers in der Stadt. Der Stadtassistent enthält alle Funktionen des Überlandassistenten (Anwendungsfall 5) und wird durch folgende Funktionen erweitert:

Notbremsassistent mit Fußgängerabsichtserkennung, Grüne-Welle-Empfehlungen, Rangierassistent für Wendemanöver und Assistenz bei der Routenwahl (Berücksichtigung von Abbiegeradien und Kreuzungsgröße/-beschaffenheit). Der Fahrer soll so unterstützt werden, dass Unfälle mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern (Fußgänger, Radfahrer) und Unfälle mit Sachschäden vermieden werden können.

Anwendungsfall 9: Stadtchauffeur (Stufe 3)

Der Stadtchauffeur ist als Erweiterung des Überlandchauffeurs (Anwendungsfall 6) zu verstehen, mit zusätzlichen Funktionen wie kraftstoffverbrauchsoptimierter Längsführung, zum Beispiel dem Grüne-Welle-Assistenten. Des Weiteren können auch busspezifische Funktionen wie das automatisierte Ein- und Ausfahren bei Haltestellen und die Türsteuerung übernommen werden. Dieser Anwendungsfall ist für Stadtbusse und Verteiler-LKW relevant und weniger für Lastzüge. Der Fahrer muss das System überwachen und nach Übernahmeaufforderung (etwa 10 Sekunden) die Fahrzeugführung übernehmen können.

Anwendungsfall 10: Platooning für städtische Anwendung (Stufe 2 bis eventuell 3)

Ziel des Anwendungsfalles ist die Kopplung von zwei Fahrzeugen im Stadtverkehr. Diese werden bereits vor Fahrtbeginn gekoppelt und das Folgefahzeug folgt immer dem gleichen Führungsfahzeug. Das Führungsfahzeug wird manuell (mit Stadtassistent) von einem Fahrer gelenkt, im Folgefahzeug befindet sich kein Fahrer. Dieser Anwendungsfall soll vor allem den

innerstädtischen Personentransport unterstützen (virtuelle Kopplung eines zweiten Busses an einen ersten, die Kombination agiert ähnlich einem Gelenkbus), indem bei Bedarf die Beförderungskapazität verdoppelt wird (z. B. in Stoßzeiten), ohne einen zusätzlichen Fahrer einzusetzen. Auch im logistischen Verteilerverkehr kann, nach Bedarf, ein zweites Verteilerfahrzeug an ein Führungsfahrzeug gekoppelt werden.

Anwendungsfall 11: Werksassistent (Stufe 1–2)

Dieser Anwendungsfall umfasst die Fahrerunterstützung bei Be- und Entladestellen vor allem innerhalb von Werken und Verteilerzentren. Der Fahrer wird nicht nur bei der Vorwärtsfahrt, sondern auch bei der Navigation am Gelände, beim Rangieren und beim Anfahren von Rampen, Wechselaufbauten und Anhängern/Aufliegern unterstützt. Eine erweiterte Umgebungserfassung erkennt Personen und Gegenstände im Gefahrenbereich und warnt den Fahrer beziehungsweise betätigt die Bremsen.

Die Unterstützung kann folgende Bereiche umfassen: Rückraumüberwachung, 360°-Rundumsicht, Rangierassistent (über Tablet; siehe ZF (16)) und erweiterter Notbremsassistent (reagiert auch auf Personen vor dem Fahrzeug).

Anwendungsfall 12: Werkspilot (Stufe 4)

Der Werkspilot ermöglicht werksexternen Fahrzeugen die autonome Navigation innerhalb von Werksgeländen (Industrie, Verteilerzentren, etc.). Dabei wird am Werksgelände selbst kein Fahrer mehr benötigt, der das Fahrzeug überwacht. Das Fahrzeug kann im Übergabebereich abgestellt werden und wird dann autonom zu der/den entsprechenden Be- und Entladestelle(n) bewegt, dockt dort an die Verladeinfrastruktur an und wird be- beziehungsweise entladen. Hier wird nicht näher auf den Automatisierungsgrad des Be- und Entladens eingegangen; dies könnte vollautomatisiert, aber auch manuell zum Beispiel durch Stapler erfolgen. Im Falle des Transports von Wechselaufbauten oder Containern werden diese an den geforderten Stellen autonom abgestellt oder aufgenommen. Während sich das Fahrzeug am Werksgelände bewegt, hat der Fahrer Pause oder kann im Übergabebereich ein anderes Fahrzeug übernehmen und weiterfahren. Des Weiteren kann der Werkspilot auch abgestellte Fahrzeuge des Fuhrparks eines Transportunternehmens selbsttätig am Betriebsgelände zur Reinigung und zum Betanken bewegen (nach Befehlerteilung durch einen Fahrer oder Fuhrparkmitarbeiter).

Anwendungsfall 13: Autonome Infrastruktur (Stufe 4)

Bei diesem Anwendungsfall wird die Transportaufgabe autonom von fahrerlosen Fahrzeugen auf einer vom Individualverkehr abgegrenzten Verkehrsfläche durchgeführt. Es kann sich dabei um eigene Spuren auf bestehenden Straßen, eigene Straßenabschnitte oder auch um eigene Tunnelsysteme handeln, auf/in denen der Transport stattfindet. Die autonome Infrastruktur kann sowohl in der Stadt, auf Überlandstraßen, auf Autobahnen oder im Werk (interner Werksverkehr) eingerichtet werden.

Anwendungsbeispiele können sein: Autonome Transport zwischen großen Verteilerzentren über weitere Entfernungen, innerstädtischer Verteilerverkehr zu den Endkunden (Firmenkunden), innerstädtische Personenbeförderung oder interner Werksverkehr (z. B. Fahrzeuge liefern Waren zwischen den einzelnen Fertigungsgebäuden hin und her).

4.3 Auswahl der Bewertungskriterien

Um in weiterer Folge den erwarteten Nutzen bewerten zu können, sind Kriterien nötig, nach denen die verschiedenen Anwendungsfälle bewertet werden können. Auf Basis der Literaturrecherche, siehe Kapitel 2 und der Stakeholder-Interviews, siehe Kapitel 3, wurden Kriterien gesucht, die den erwarteten Nutzen von automatisierten Fahrfunktionen beschreiben.

Dazu wurden Kriterien in den folgenden drei Gruppen identifiziert:

- Erhöhung der Verkehrssicherheit
- Finanzieller Nutzen für den Transportunternehmer
- Komfortgewinn und Entlastung für den Fahrer

Im Bereich der Verkehrssicherheit kann unterschieden werden, ob ein System Potential zur Unfallvermeidung und Unfallschwerereduktion für den Fahrer von Nutzfahrzeugen und/oder andere Verkehrsteilnehmer liefert. Des Weiteren gibt es Systeme, die darauf ausgerichtet sind, die Beschädigung von Ladung beziehungsweise Ladungsverlust zu reduzieren oder Beschädigungen am Fahrzeug selbst zu minimieren.

Im Bereich des finanziellen Nutzens für den Transportunternehmer kann dieser in erster Linie durch Einsparung von Kraftstoff oder Reduktion der Arbeitszeit des Fahrers erfolgen, da Kraftstoff und Fahrerkosten mit jeweils ca. 30 % die zwei größten Anteile der TCO ausmachen, siehe (36). Auch das Ermöglichen von zusätzlichen Tätigkeiten für den Fahrer kann finanziellen Nutzen bringen und wird in das Kriterium der Arbeitszeitreduktion mit aufgenommen. Als drittes Kriterium kann sich ein Wettbewerbsvorteil und damit finanzieller Nutzen durch die schnellere Erledigung der Transportaufgabe ergeben.

Damit ergeben sich die in Tabelle 4-1 dargestellten acht Kriterien für die Potentialanalyse. Die gewählte Nummerierung und Reihenfolge der Kriterien ist zufällig und stellt weder eine Reihung noch eine Priorisierung dar.

Tabelle 4-1: Kriterien für die Potentialanalyse

Kriterien-Nr.	Name des Kriteriums
1	Erhöhung der Verkehrssicherheit für den Fahrer
2	Erhöhung der Verkehrssicherheit für andere Verkehrsteilnehmer
3	Erhöhung der Verkehrssicherheit für die Ladung
4	Erhöhung der Verkehrssicherheit für das Fahrzeug
5	Finanzieller Nutzen durch Kraftstoffeinsparung
6	Finanzieller Nutzen durch Arbeitszeitreduktion bzw. zusätzliche Tätigkeiten
7	Finanzieller Nutzen durch Zeitersparnis (Wettbewerbsvorteil)
8	Komfortgewinn für den Fahrer, Fahrerentlastung

4.4 Potentialbewertung der Anwendungsfälle

Nachdem die Kriterien zur Bewertung der Anwendungsfälle festgelegt wurden, konnten nun die einzelnen Anwendungsfälle auf deren Potential zur Erfüllung der Kriterien bewertet werden. Bei der Bewertung wurde darauf geachtet, die Punktevergabe möglichst mit Literatur oder Statistiken nachvollziehbar zu belegen. Dies war bei einigen Anwendungsfällen und Kriterien (v. a. bei der Bewertung der Verkehrssicherheit) sehr gut möglich, bei manchen mussten jedoch Annahmen zur Abschätzung des Potentials getroffen werden.

Die Punktevergabe erfolgt auf einer Skala von 1 – 10, wobei 10 dem höchsten zu erreichenden Wert entspricht. Dadurch ist es möglich, den Erfüllungsgrad der Anwendungsfälle innerhalb einer Kategorie qualitativ zu bewerten. Es muss darauf hingewiesen werden, dass die zugewiesenen Potentialwerte für sich allein wenig Aussagekraft haben, sondern den Erfüllungsgrad verschiedener Anwendungsfälle untereinander für ein Kriterium vergleichbar machen. Die vergebenen Punkte der Potentialanalyse sind in Kapitel 4.5 dargestellt.

Um das Potential jedes Anwendungsfalles für jedes Kriterium bewerten zu können, erfolgte bei der Bewertung eine Aufteilung nach Automatisierungsgrad und Einsatzort für jedes Kriterium. Wie auch bei der Erstellung der Anwendungsfälle hat sich diese Aufteilung als zielführend für die Bewertung herausgestellt. Zuerst wurde beurteilt, wie gut ein Assistent, Chauffeur, Platooning oder Pilot ein Kriterium erfüllt. Im zweiten Schritt wurde bewertet, bei welchem Einsatzort (Autobahn, Überland, Stadt/Ort/Werk) das höchste Potential zur Erfüllung des Kriteriums besteht. Im dritten Schritt konnten die Einzelwertungen wieder zum entsprechenden Anwendungsfall kombiniert werden. So ergibt zum Beispiel die Kombination der Bewertung des Kriteriums „Erhöhung der Verkehrssicherheit für den Fahrer“ für den Automatisierungsgrad „Pilot“ und das Einsatzgebiet „Autobahn“ die Gesamtbewertung für die Erhöhung der Verkehrssicherheit für den Fahrer beim Autobahnpiloten.

Dieser Bewertungsvorgang wurde für alle Anwendungsfälle durchgeführt und ergibt das Gesamtpotential in Punkten der einzelnen Anwendungsfälle. Die detaillierte Vorgehensweise wird in den nachfolgenden Kapiteln für jedes Kriterium beschrieben.

4.4.1 Bewertung der Verkehrssicherheitskriterien nach Automatisierungsgrad

Für die Bewertung der Kriterien der Verkehrssicherheit (Kriterien 1 – 4) nach verschiedenen Automatisierungsgraden wurde die Untersuchung des Sicherheitspotentials von automatisierten Fahrzeugen von Winkle herangezogen, (37). So gibt Winkle zum Beispiel den erwarteten Rückgang von verletzten Personen durch bereits verfügbare Assistenzsysteme zur Vermeidung von Verkehrsunfällen mit 27 % an. Durch vollautomatisiertes (fahrerloses) Fahren wird bis zum Jahr 2070 im Mischbetrieb von autonomen und nicht autonomen Fahrzeugen von einer vollständigen Vermeidbarkeit von Unfällen durch autonome Fahrzeuge ausgegangen. Trotzdem kann in diesem Mischbetrieb nicht davon ausgegangen werden, dass auch alle Kollisionen vermieden werden können, die durch andere Verkehrsteilnehmer verursacht werden.

Auf Basis dieser Aussagen wurde für die Autonome Infrastruktur (kein Mischbetrieb, fahrerloser Verkehr) das höchste Potential zur Erhöhung der Verkehrssicherheit abgeleitet. Der Pilot wurde ebenfalls mit einem sehr hohen Potential und nur geringfügig kleiner als für die Autonome Infrastruktur beurteilt. Im Vergleich zum Piloten weist der Assistent deutlich weniger Potential auf, da hier sämtliche Eingaben nach wie vor von einem Fahrer erfolgen. Der Chauffeur sowie das Platooning weisen ein sehr ähnliches Potential auf, welches zwischen dem des Assistenten und dem

des Piloten liegt. Wegen der Unsicherheiten durch das Führungsfahrzeug, welches selbst jeden Automatisierungsgrad aufweisen kann, wurde hier das Potential von Platooning etwas geringer abgeschätzt als jenes des Chauffeurs.

4.4.2 Bewertung der Verkehrssicherheitskriterien nach Einsatzort

Die Bewertung der Verkehrssicherheit erfolgte für jeden Anwendungsfall nach Einsatzort, und dies getrennt für die Verkehrssicherheit für Fahrer, andere Verkehrsteilnehmer, Ladung und Fahrzeug.

Für die Bewertung der Verkehrssicherheit für den Fahrer wurden die Anzahl an Getöteten und schwerverletzten Insassen in Nutzfahrzeugen im Jahr 2014 in Deutschland herangezogen, (38).

Getötete Insassen von Güterkraftfahrzeugen

■ Ort ■ Überland ■ Autobahn

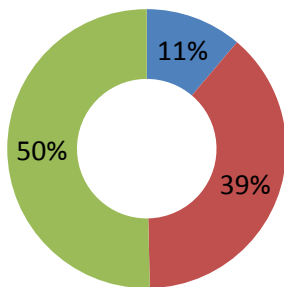


Abbildung 4-4: Getötete Insassen von Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38)

Schwerverletzte Insassen von Güterkraftfahrzeugen

■ Ort ■ Überland ■ Autobahn

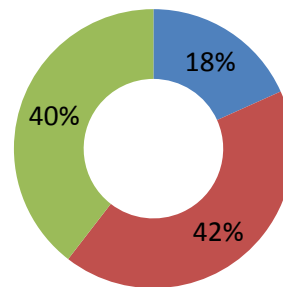


Abbildung 4-5: Schwerverletzte Insassen von Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38)

Aus Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 ist ersichtlich, dass auf der Autobahn die meisten Insassen getötet oder schwerverletzt werden. Auf Überlandstraßen ist der Anteil der Getöteten und Schwerverletzten ebenfalls hoch, vor allem im Vergleich zum Ortsgebiet. Daraus abgeleitet besteht das höchste Potential der Verkehrssicherheit für die Fahrer auf der Autobahn, gefolgt mit geringfügig kleinerem Potential auf Überlandstraßen. Innerhalb von Orten besteht geringes Potential.

Die Bewertung der Verkehrssicherheit für andere Verkehrsteilnehmer erfolgte ähnlich, jedoch wurde die Anzahl an Getöteten und Schwerverletzten bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen ohne Insassen herangezogen, (38). Die ausgewerteten Statistiken sind in Abbildung 4-6 und Abbildung 4-7 ersichtlich. Hier wurde für jeden Einsatzort ein sehr hohes Potential festgestellt, allerdings geringfügig höher für Überland vor der Autobahn und dem Ortsgebiet.

Getötete Personen bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen (ohne Insassen)

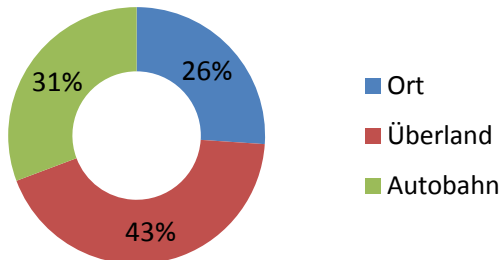


Abbildung 4-6: Getötete Personen bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38)

Schwerverletzte Personen bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen (ohne Insassen)

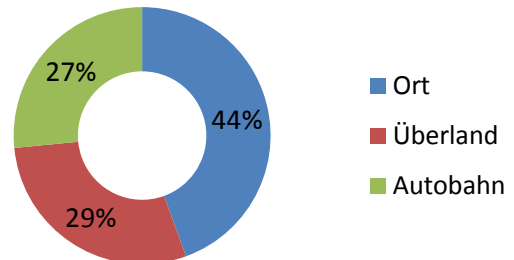


Abbildung 4-7: Schwerverletzte Personen bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38)

Für die Bewertung der Verkehrssicherheit für das Fahrzeug wurde die Anzahl an schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden im engeren Sinn herangezogen, (38). Diese umfassen solche Unfälle, bei denen das Kraftfahrzeug nach einem Unfall nicht mehr fahrbereit war beziehungsweise das Fahrzeug wegen Alkoholeinwirkung abgestellt werden musste, (40). Aus Abbildung 4-8 wurde das höchste Potential für das Ortsgebiet gewählt und Autobahn und Überland je mit der Hälfte des Potentials bewertet.

Unfälle mit Sachschaden

■ Ort ■ Überland ■ Autobahn

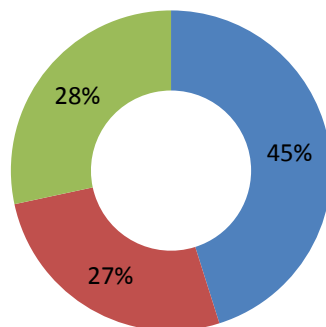


Abbildung 4-8: Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden mit Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38)

Für die Bewertung der Ladungssicherheit konnte keine direkte Statistik gefunden werden, da diese Daten vor allem bei Versicherungen vorliegen, die diese nicht der Öffentlichkeit zur Verfügung stellen. Es wurde angenommen, dass Ladungsverluste vor allem bei Auffahrunfällen mit hohen Geschwindigkeiten und Abkommensunfällen vorkommen. Diese sind in der Stadt sehr selten, darum wurde hier geringes Potential angenommen. Mit steigender Geschwindigkeit steigt das Risiko von Ladungsbeschädigung oder Ladungsverlust bei einem dieser Unfalltypen, darum wurde das höchste Potential auf Autobahnen und geringfügig kleineres Potential auf Überlandstraßen angenommen.

4.4.3 Bewertung des finanziellen Nutzens sowie Fahrerkomfort nach Automatisierungsgrad

Die Abschätzung des finanziellen Nutzens durch Kraftstoffeinsparung konnte teilweise anhand von Werten aus der Literatur vorgenommen werden. Abhängig vom Automatisierungsgrad des Systems wurden andere Annahmen getroffen.

Durch Platooning wurde ein Einsparungspotential von bis zu 15 % in der Literatur gefunden, (27). Es wird angenommen, dass dieses Potential auch das Maximum für die Autonome Infrastruktur darstellt, wenn die Fahrzeuge ebenfalls in Platoons betrieben werden. Bei der Bewertung der Potentiale wurde hier die höchste Bewertung für diese beiden Systeme gegeben.

Laut einer Untersuchung konnten durch ein Fahrsimulatortraining mit Fahrern Einsparungen zwischen 5 % und 10 % (Mittelwert 7,5 %) erreicht werden, (40). Es wird angenommen, dass durch die Unterstützung mit einem optimalen Assistenten der Fahrer diese Einsparungen ebenfalls im Betrieb erreichen kann. Da auch dieses Potential beachtlich ist, wurde dieser Automatisierungsgrad mit dem halben Potential von Platoons bewertet. Für den Chauffeur wurde ein geringfügig höherer Wert angenommen, da dieser einem optimalen Fahrer hinsichtlich Kraftstoffverbrauchs entspricht. Der Pilot liegt zwischen Chauffeur und Platooning, da er mindestens so gut wie der Chauffeur ist, aber mehr Situationen abdecken kann und daher öfters aktiv ist.

Der Komfortgewinn für den Fahrer beziehungsweise die Fahrerentlastung wird beim Assistenten sehr gering eingeschätzt. Es wird angenommen, dass sowohl Komfortgewinn wie auch Fahrerentlastung mit dem Automatisierungsgrad der Fahrfunktion steigen, da eine zunehmende Anzahl an Fahraufgaben an das System übergeben wird. Dementsprechend höhere Bewertung der Potentiale wurde bei hohen Automatisierungsgraden vergeben.

4.4.4 Bewertung des finanziellen Nutzens nach Einsatzort

Bei den Kriterien des finanziellen Nutzens (Nr. 5 bis 7) sowie des Komfortgewinnes (Nr. 8) wurde ein ähnliches Potential abhängig vom Einsatzort angenommen. Für diese Bewertung wurden die zurückgelegten Kilometer pro Einsatzort aus den Aussagen der Stakeholder-Interviews zu Grunde gelegt, siehe Kapitel 3.5.1. Dort ist ersichtlich, dass 45 % aller gefahrenen Kilometer der Stakeholder auf der Autobahn und der geringste Anteil in der Stadt zurückgelegt werden.

Es wird angenommen, dass das größte Potential dort liegt, wo auch die meisten Kilometer zurückgelegt und auch die meiste Fahr- und Arbeitszeit verbracht werden. Die Bewertung nach dem Einsatzort ergibt sich für diese Kriterien somit wie folgt: Höchstes Potential auf der Autobahn, geringfügig weniger auf der Überlandstraße und geringes Potential in der Stadt und in Ortschaften. Ausnahme ist der Werkspilot für das Kriterium des finanziellen Nutzens durch Arbeitszeitreduktion beziehungsweise zusätzliche Tätigkeiten, da der Fahrer hier für andere Tätigkeiten freigestellt ist.

4.5 Ergebnis der Potentialanalyse

Die Potentiale, die sich aufgrund der beschriebenen Annahmen ergeben, sind für jeden Anwendungsfall und jedes Kriterium in Tabelle 4-2 dargestellt.

Die Autonome Infrastruktur erhält zum Beispiel in fast allen Kategorien die höchste Bewertung, da sie das größte Potential hinsichtlich Verkehrssicherheit und Kostenersparnis in allen Kategorien aufweist. In der Kategorie „Finanzieller Nutzen durch Zeitersparnis“ ergibt sich nur ein Punkt, da für alle Mitbewerber dieselben Bedingungen gelten und hier kein Wettbewerbsvorteil besteht. In der Kategorie „Komfortgewinn und Entlastung für den Fahrer“ wird ebenfalls nur ein Punkt vergeben, da

hier kein Fahrer mehr benötigt wird und Arbeitsplätze verloren gehen. Das höchste Potential zur Kraftstoffersparnis zeigt neben der autonomen Infrastruktur auch das Platooning.

Tendenziell haben alle Systeme in der Stadt und im Werk niedrige Potentiale bei den Kriterien des finanziellen Nutzens, siehe Diskussion in Kapitel 4.4.4. Bei der Verkehrssicherheit sind die Potentiale ebenfalls gering, außer für andere Verkehrsteilnehmer, siehe Kapitel 4.4.3. Lediglich der Werkspilot zeigt hohes Potential beim Finanziellen Nutzen durch Arbeitszeitreduktion, da in der Zwischenzeit andere Tätigkeiten durchgeführt werden können. Bei der gesamten Zeitersparnis, siehe Kriterium „Finanzieller Nutzen durch Zeitersparnis“, bringt dies für die reine Lieferzeit aber keinen Vorteil. Das Kriterium „Finanzieller Nutzen durch Zeitersparnis“ hat für jeden anderen Anwendungsfall eine geringe Bewertung, da unabhängig vom Automatisierungsgrad und dem Einsatzort kein signifikanter Zeitgewinn identifiziert werden konnte.

Tabelle 4-2: Bewertete Potentiale in Punkten der verschiedenen Anwendungsfälle für die ausgewählten Kriterien

Kriterien	Anwendungsfälle												
	Autobahnassistent	Autobahnchauffeur	Platooning	Autobahn-pilot	Überlandassistent	Überlandchauffeur	Überlandpilot	Stadtassistent	Stadtchauffeur	Platooning städt. Anwendung	Werksassistent	Werkspilot	Autonome Infrastruktur
Erhöhung Verkehrssicherheit für Fahrer	3	6	5	9	3	5	8	1	2	2	1	3	10
Erhöhung Verkehrssicherheit für and. Verkehrsteilnehmer	2	5	4	7	3	6	9	3	6	5	3	9	10
Erhöhung Verkehrssicherheit für Ladung	3	6	5	9	3	5	8	1	2	1	1	2	10
Erhöhung Verkehrssicherheit für Fahrzeug	2	3	3	5	2	3	5	3	6	5	3	9	10
Finanzieller Nutzen durch Kraftstoffeinsparung	5	7	10	9	3	3	4	1	1	2	1	2	10
Finanzieller Nutzen durch Arbeitszeitreduktion bzw. zusätzliche Tätigkeiten	1	2	4	9	1	1	5	1	1	1	1	9	10
Finanzieller Nutzen durch Zeitersparnis	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Komfortgewinn für Fahrer, Fahrerentlastung	1	7	8	9	1	4	5	1	1	2	1	2	1
SUMME	18	36	40	57	14	28	43	12	20	18	12	36	62

Einen Vergleich der Potentiale der Anwendungsfälle liefert Abbildung 4-9, in welcher die Gesamtpunkte der Anwendungsfälle dargestellt sind. Hier zeichnen sich einerseits höhere Potentiale bei höheren Automatisierungsgraden und andererseits höhere Potentiale auf der Autobahn ab. Die Autonome Infrastruktur weist das höchste Gesamtpotential über alle Kategorien auf. Durch die Potentialanalyse werden aber auch andere Anwendungsfälle mit hohen Potentialen, wie zum Beispiel der Überlandassistent oder der Werkspilot ersichtlich.

Auf Basis der hier dargestellten Potentialanalyse konnte in einer weiteren Arbeit eine Nutzwertanalyse für die Anwendungsfälle durchgeführt werden, siehe (2). Bei der Nutzwertanalyse werden, im Vergleich zur Potentialanalyse, die Bewertungskriterien miteinander verglichen und nach Priorität gereiht. Je höher die Priorität eines Kriteriums ist, desto stärker geht es in die Bewertung der Anwendungsfälle ein.

Gesamtpunkte der Anwendungsfälle

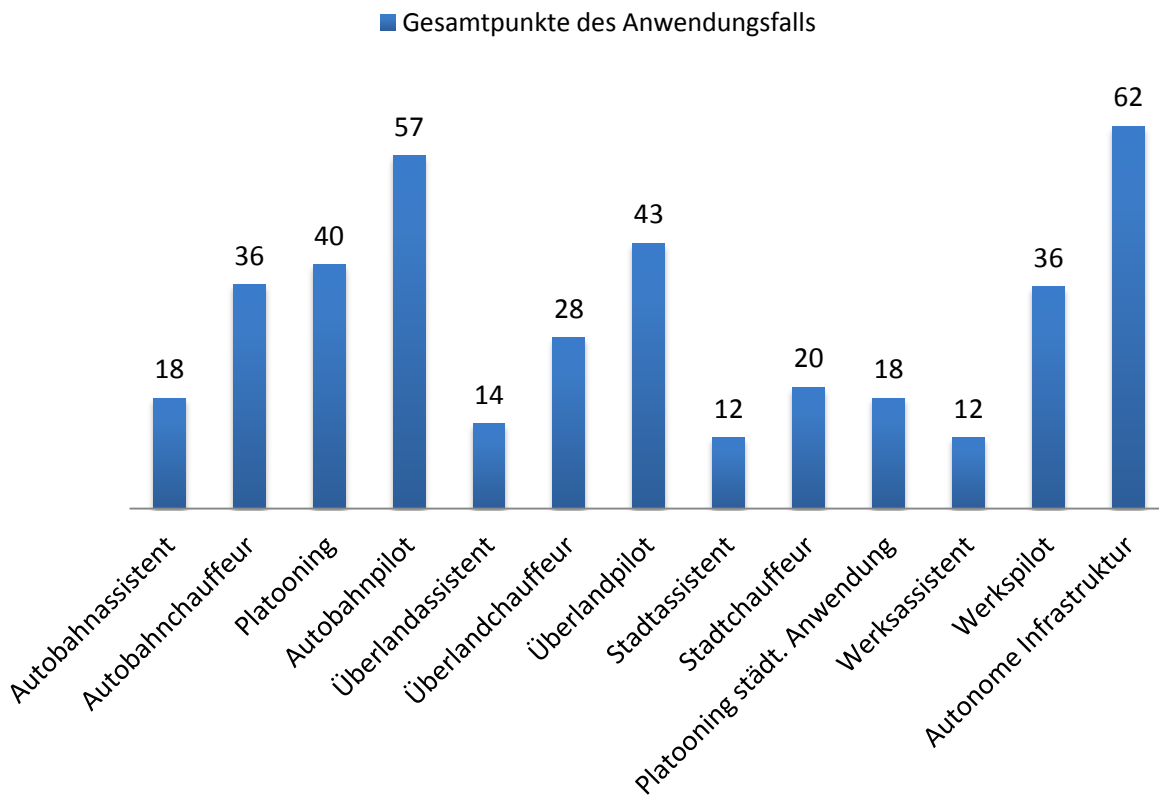


Abbildung 4-9: Gesamtpunkte der Anwendungsfälle

5 Handlungsfelder für vernetztes und automatisiertes Fahren

Die Ergebnisse der in (2) durchgeführten Nutzwertanalyse zeigen deutlich, dass die höchsten Nutzwerte bei höher automatisierten Fahrfunktionen zu finden sind, siehe Abbildung 5-1. Diese Anwendungsfälle zeigen sowohl bei Kriterien der Verkehrssicherheit wie auch des erwarteten finanziellen Nutzens den höchsten Nutzwert.

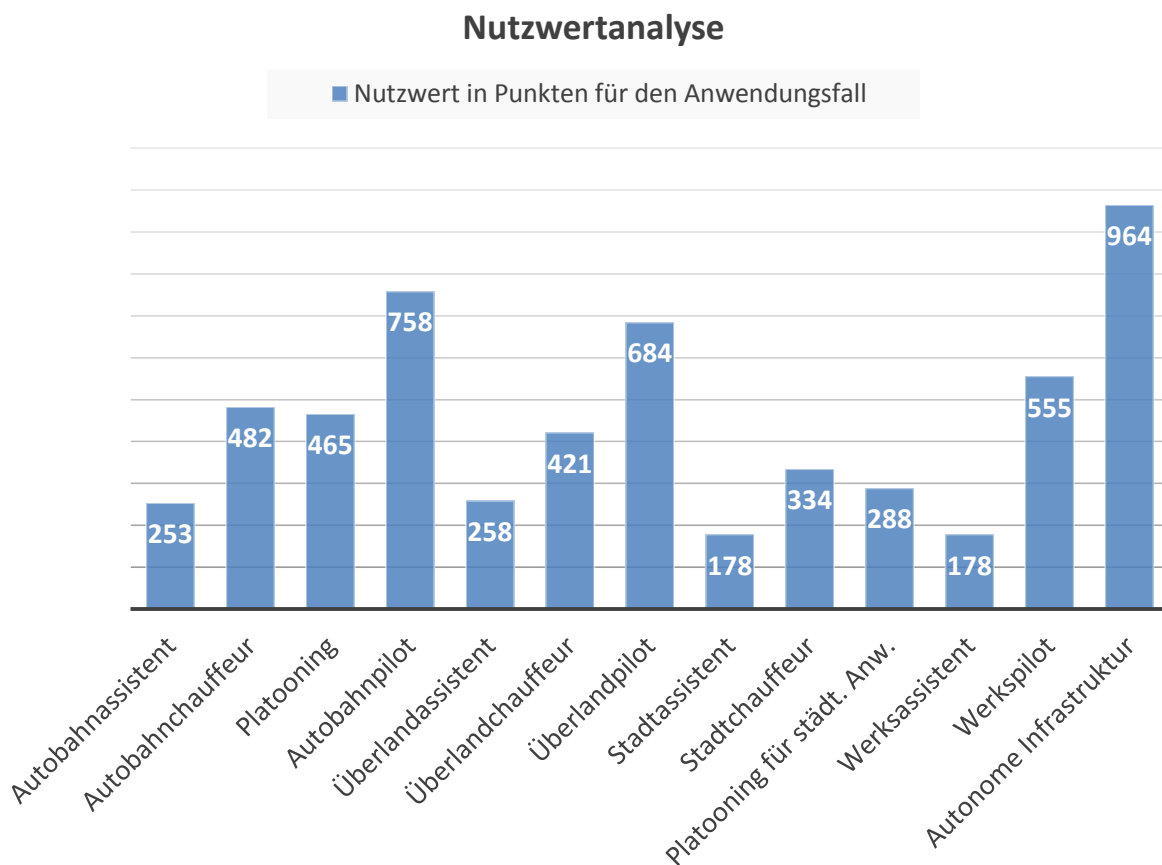


Abbildung 5-1: Ergebnisse der Nutzwertanalyse nach (2)

Um höher automatisierte Fahrfunktionen zu ermöglichen, besteht Forschungsbedarf bei den folgenden Handlungsfeldern, die in den nachfolgenden Kapiteln diskutiert werden:

- Neudefinition der Fahrerrolle
- Technische Standards
- Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung
- Gesetzliche Rahmenbedingungen
- Infrastrukturanforderungen

5.1 Handlungsfelder bei der Neudefinition der Fahrerrolle

Steigende Automatisierung im Gütertransport und bei der Personenbeförderung werden die Fahrerrolle zwangsweise stark verändern. Bereits in den letzten Jahren hat sich das Berufsbild des LKW-Fahrers verändert, wie mehrere Stakeholder berichteten. So war früher ein LKW-Fahrer jemand, der die Welt kennenlernen konnte und große Maschinen lenken durfte. Heute herrscht das Bild vor, dass dieser Job wenig anspruchsvoll ist, wenig Gestaltungsspielraum liefert und keine gute Ausbildung erfordert.

Die folgenden Punkte in Bezug auf die Fahrerrolle wurden von Stakeholdern explizit genannt:

- Für höher automatisierte Fahrfunktionen wird erwartet, dass die Fahrer für die richtige Bedienung besser ausgebildet sein müssen als bisher.
- In den letzten Jahren ist der Ausbildungsgrad bei den verfügbaren Fahrern gefühlt gesunken.
- Vor allem im Fernverkehr besteht jetzt schon akuter Fahrermangel.
- Die Arbeitsbedingungen für Fahrer (v. a. im Fernverkehr) sind aktuell teilweise schon prekär, es wird eher eine Verschlechterung durch Automatisierung erwartet (größerer Zeitdruck und mehr Überwachung der Fahrer, größerer Preisdruck für den Transportunternehmer, weniger Gestaltungsspielraum beim Transport für den Fahrer).

Weitere Automatisierung wird einen deutlichen Effekt auf die Arbeitsbedingungen und die Attraktivität des Berufes haben. Bei frühzeitiger Steuerung kann dies positive oder negative Effekte nach sich ziehen.

Die folgenden Handlungsfelder konnten im Bereich der Neudefinition der Fahrerrolle abgeleitet werden:

Fahrschulung:

- Wird eine Einschulung auf spezifische Systeme vor der Inbetriebnahme notwendig sein (vergleichbar mit der Zusatzausbildung für Fahrzeug- und Ladekräne)?
- Klärung der Zuständigkeiten für Ausbildung im Umgang mit automatisierten Fahrfunktionen. Liegt die Verantwortung bei der staatlichen Kontrolle, sollen Fahrschulen in diesem Bereich ausbilden? Gibt es internationale und EU-Relevanz bei Schulung und Überprüfung? Werden OEM auf ihre Systeme ausbilden müssen oder werden die Transportunternehmer für die Schulung ihrer Systeme verantwortlich gemacht werden?
- Standardisierung der Schulung
- Einführen von Schulungen in Fahrsimulatoren?

Informations-Standard im Cockpit:

- Mindest-Standard für Information im Cockpit (z. B. welche Systeme gibt es und welche sind aktiv, sowohl im Zugfahrzeug und in Anhängern/Aufliegern)
- Sicherheitsgewinn durch gewohnte Bedienung und einfacheres Umsteigen zwischen Fahrzeugen

Aktive Einflussnahme auf die Veränderung des Fahrer-Berufsbildes

- Eine Änderung des Berufsbildes wird sich nicht vermeiden lassen. Durch frühzeitiges Steuern lässt sich das Berufsbild positiv verändern, zum Beispiel durch flexiblere Arbeitszeitgestaltung für Fahrer, Änderung des Arbeitsgebietes (mehr

Verantwortung) und soziale Verbesserung. Es kann davon ausgegangen werden, dass die negativen Effekte überwiegen werden, wenn nicht gezielt eingegriffen wird.

5.2 Handlungsfelder bei technischen Standards

Diese Handlungsfelder umfassen notwendige technische Standards für die Umsetzung von automatisierten Fahrfunktionen, die über die Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung hinausgehen. Hier gibt es teilweise Überschneidungen mit Anforderungen von Personenkraftwagen.

Die folgenden Handlungsfelder konnten für notwendige technische Standards abgeleitet werden:

Standard für Truck-Trailer-Kommunikation

- Ein gemeinsamer Standard für die Kommunikation zwischen Zugfahrzeug und Anhänger oder Auflieger ist notwendig, um Systeme optimal nutzen zu können (z. B. Zugriff auf Rückfahrkameras, Rückfahrwarnung, etc.) und zukünftig die individuelle Gesamt-Fahrzeugkombination in der Auslösestrategie von automatisierten Fahrfunktionen berücksichtigen zu können (wie viele Achsen hat das System, Informationen über den Beladungszustand, etc.)

Standards zur Absicherung von Fahrfunktionen

- Die Absicherung von Fahrfunktionen im Gesamtfahrzeug liegt aktuell beim OEM. Mit zunehmender Anzahl von Subsystemen wird die Anzahl der Lieferfirmen steigen und damit der Aufwand der Absicherung von Fahrfunktionen in allen Betriebszuständen. Wie kann eine Absicherung mit allen möglichen Anhänger- und Aufliegerkombinationen unter allen Betriebszuständen erfolgen?
- Integration der Information von Sensoren unterschiedlicher Hersteller auf die automatisierte Fahrfunktionen (vom OEM und/oder anderen Lieferanten entwickelt) zugreifen müssen
- Homologation von automatisierten Fahrfunktionen: Wie muss die gesetzliche Zulassung für neue und neuartige Fahrfunktionen aussehen? Muss das Fahrerverhalten mit eingebunden werden?
- Besteht Gefahr durch Fehlbedienung von Systemen aufgrund des „Wildwuchses“ von herstellerspezifischen Namen? Bei Systemen wie Abstandsregeltempomat, Notbremsassistent und Spurverlassenswarnung gibt es bereits so etwas wie gängige Begriffe, darüber hinaus ist das nicht der Fall.

Hinweis: Dieser Punkt gilt teilweise auch für den PKW-Bereich. Mit dem Thema Absicherung und gesetzliche Zulassung beschäftigt man sich dort intensiv. In anderen Bereichen ist man noch nicht so weit, einen Standard für eine übergeordnete Regelung wie den Fahrzeugführungsrechner im Nutzfahrzeug-Bereich gibt es dort nicht.

Verstärktes Einbeziehen der Verkehrspsychologie

- Aspekte der Mensch-Maschine-Interaktion werden auch von der AG Forschung als Forschungsbedarf identifiziert, (41). Ein deutlicher Unterschied zwischen Assistenz und hochautomatisierten Fahren wird dort erkannt, wo unter anderem Herausforderungen bei der Übernahmeaufforderung des Systems an den Fahrer

bestehen sowie bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion. Welche Nebentätigkeiten können und dürfen erledigt werden? Wie wird im Mischverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern kommuniziert?

Hinweis: Auch dieser Punkt gilt teilweise für den PKW-Bereich. Für Nutzfahrzeuge ist der Punkt der erlaubten Nebentätigkeiten aber umso relevanter, da es sich um einen Arbeitsplatz für den Fahrer handelt.

Ermöglichen von automatisiertem Be- und Entladen

- Großes Verletzungspotential für Fahrer und Verladepersonal besteht beim Be- und Entladen (siehe auch Ergebnisse der Stakeholder-Interviews, Kapitel 3.5.13).
- Standardisierte Transportbehälter sind notwendig:
Gitterboxen und Transportpaletten erleichtern den Transport bereits, allerdings schränken sie nicht das Volumen ein (Transportgüter können darüber hinaus stehen). Standardisierte Transportbehälter mit vorgegebenen Volumen würden Abhilfe schaffen.

Datensicherheit

- Nicht nur beim Datenaustausch zwischen Zugfahrzeug und Auflieger bzw. Anhänger, sondern auch bei der Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern (Vehicle-to-X-Kommunikation) muss die Datensicherheit gewährleistet sein.

Hinweis: Dieser Punkt betrifft ebenso den PKW-Bereich (mit Ausnahme der Truck-Trailer-Kommunikation).

5.3 Handlungsfelder bei der Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung

Während dem Fahrbetrieb muss die Funktion des Fahrzeuges gewährleistet sein beziehungsweise technische Mängel erkannt und das Fahrzeug in einen sicheren Zustand übergeführt werden. Zusätzlich muss erkannt werden, wenn ein Fahrer einer Übernahmeaufforderung nicht nachkommen kann, zum Beispiel durch Ablenkung durch Nebentätigkeiten, Bewusstlosigkeit, etc.

Identifizierte Handlungsfelder für die Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung umfassen:

Fahrerzustandsüberwachung

- Sind Nebentätigkeiten für den Fahrer erlaubt, muss aber trotzdem einer Übernahmeaufforderung Folge geleistet werden, muss der Zustand des Fahrers berücksichtigt werden. Wie schnell ist der Fahrer zurück in seiner Fahraufgabe? Wie schnell wird sich der Fahrer der aktuellen Verkehrssituation bewusst? Wie lange braucht der Fahrer zur Entscheidungsfindung, welcher Eingriff zu setzen ist?
- Detektion von Müdigkeit, Sekundenschlaf und Bewusstlosigkeit (ist auch bei aktuellen Fahrerassistenzsystemen wie beispielsweise dem Tempomaten schon relevant)

Hinweis: Auch dieser Punkt gilt teilweise für den PKW-Bereich. Für Nutzfahrzeuge ist der Punkt der Nebentätigkeiten umso relevanter, da es sich um einen Arbeitsplatz für den Fahrer handelt.

Fahrbahnzustandsüberwachung

- Aktuell serienmäßig verfügbare Fahrfunktionen sind für die Anforderungen der Unfallvermeidung auf trockener Fahrbahn ausgelegt, es gibt keine Berücksichtigung des Fahrbahnzustandes (Ausnahme: Fahrdynamikregelungen, die im Grenzbereich aktiv sind). Die Verantwortung der Anpassung des Fahrzustandes und der Bedienung der automatisierten Systeme liegt beim Fahrer (z. B. Wahl der Geschwindigkeit, Abstand zu Vorderfahrzeugen, etc.).
- Bei höher automatisierten Fahrfunktionen geht die Verantwortung vom Fahrer auf das System über. Im Fall des Notbremsassistenten kann zwar zum Beispiel auf rutschiger Fahrbahn die Unfallschwere durch Geschwindigkeitsreduktion vor dem Aufprall gesenkt werden, aber wenn der Fahrer die Situation und den Straßenzustand richtig einschätzt, würde er schon weit vor dem Eingriff des Notbremsassistenten die Bremsung auf rutschiger Fahrbahn einleiten und könnte so einen Unfall eventuell vermeiden. Dieser frühzeitige Eingriff wird bei höher automatisierten Fahrfunktionen in Zukunft vom System zuverlässig bestimmt werden müssen.
- Welche Fahrfunktionen müssen wie an den Straßenzustand angepasst werden? Beispiel: Der Abstandsregeltempomat regelt im Komfortbereich, die vom ACC eingeregelter Verzögerungen und Beschleunigungen können üblicherweise auf rutschiger Fahrbahn erreicht werden. Die Fahrgeschwindigkeit und der gewählte Abstand zum Vorderfahrzeug werden bei unterschiedlichen Fahrbahnzuständen vom Abstandsregeltempomat angepasst werden müssen.
- Wie genau muss der Straßenzustand bekannt sein? Reicht hier eine grobe Klassifizierung des maximalen Reibwerts zwischen Reifen und Fahrbahn oder ist eine genaue Kenntnis erforderlich, vgl. (42).
- Wie können eingreifende Systeme reproduzierbar für verschiedene Straßenzustände überprüft werden? Dieses Problem wurde auch im PKW-Bereich noch nicht zufriedenstellend gelöst. Sämtliche Testverfahren gelten für trockene Fahrbahnbedingungen, zum Beispiel für Elektronische Stabilitätskontrolle oder Notbremsassistent.

Hinweis: Diese Problematik besteht auch im PKW-Bereich. Durch die Besonderheiten im Nutzfahrzeug besteht hier zusätzlicher Forschungsbedarf, so zeigen beispielsweise die Reifen deutlich anderes Verhalten und sind anderen Betriebsbedingungen ausgesetzt.

Ladungsverteilung und Schwerpunktshöhe

- Die Beladungsverteilung und im Speziellen die Schwerpunktshöhe spielen eine große Rolle für den sicheren und stabilen Fahrbetrieb, die Kenntnis dieser Größen erlauben eine erhebliche Optimierung von sicherheitsrelevanten automatisierten Fahrfunktionen.

Überwachung sicherheitsrelevanter Komponenten

- Die Funktionsfähigkeit von sicherheitsrelevanten Komponenten wie Reifen oder Bremse muss im Fahrbetrieb gewährleistet sein. Ist dies nicht mehr der Fall, muss ein hochautomatisiertes System das Fahrzeug in einen sicheren Zustand (z. B. sicheres

Anhalten am Fahrbahnrand) überführen oder ein früheres Eingreifen beziehungsweise eine Übernahme eines Fahrers fordern.

- Welche Komponenten müssen überwacht werden?
- Abschätzung der Kritikalität, Betrachtung von unterschiedlichen Versagensfällen

5.4 Handlungsfelder bei gesetzlichen Rahmenbedingungen

Anpassung der gesetzlichen Rahmenbedingungen für höher automatisierte Fahrfunktionen im Bereich Gütertransport und Personenbeförderung sind auf mehreren Ebenen notwendig. Einerseits geht die Gesetzgebung oft von einem Fahrer aus, der im Fahrzeug anwesend ist. Andererseits ist das Fahren mit höher automatisierten Fahrfunktionen im Straßenverkehr noch nicht rechtlich geregelt und auch Haftungsfragen im Falle von Unfällen mit beteiligten automatisierten Systemen sind zu klären.

Es ist zu beachten, dass gesetzliche Regelungen einen großen Einfluss auf die zukünftige Marktdurchdringung von automatisierten Fahraufgaben haben werden. Eine Kaufentscheidung wird nur dann getroffen, wenn ein großer Wettbewerbsvorteil erwartet wird, zum Beispiel durch deutliche Reduktion von Kosten oder Zeit. Für andere Systeme amortisieren sich die Kosten im Betrieb durch die in dieser Branche übliche geringe Gewinnspanne nur dann, wenn alle anderen Mitbewerber das System auch einsetzen müssen (gesetzliche Vorschreibung).

Handlungsbedarf besteht unter anderem bei den folgenden Gesetzen und Richtlinien (nicht vollständig)

- Wiener Konvention
Trotz der Anpassung der Wiener Konvention im Jahr 2014 ist höhere Automatisierung nach wie vor nicht zulässig, (43). Die Gültigkeit der Wiener Konvention erstreckt sich auf große Teile der Erde, hier sind große Vorlaufzeiten für Änderungen zu berücksichtigen.
- Straßenverkehrsordnung (StVO)
Diese legt die Pflichten des Fahrers fest, wie zum Beispiel die Aushändigung mitzuführender Gegenstände bei einer Fahrzeugkontrolle (§31bStVZO) oder das Aufstellen des Warndreiecks (§15 StVO). Diese Regelung geht davon aus, dass immer ein Fahrer im Fahrzeug anwesend ist.
- Strafgesetzbuch (StGB)
Diese legt die Pflichten von Fahrer im Falle eines Unfalles fest und geht ebenfalls von einem im Fahrzeug anwesenden Fahrer aus. Beispiel: Unfallflucht nach §142 StGB.
- Strafvollzugsgesetz (StVG)
Relevant für Fragen der Haftung.
- Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG)
Ebenfalls relevant für Fragen der Haftung.
- UN/ECE R79 (Lenkanlagen)
Derzeit sind keine rein pneumatischen, elektrischen oder hydraulischen Übertragungseinrichtungen zugelassen, (44).

Ethisches Dilemma für automatisierte Fahrfunktionen

- Wenn ein automatisiertes System zwischen mehreren Varianten eines Eingriffes wählen muss (z. B. Bremsen oder Ausweichen) und Unfallfolgen entweder für Fahrer oder andere Verkehrsteilnehmer nicht vermieden werden können, muss ein ethischer und gesetzlicher Standard als Rahmenbedingung für Entscheidung vorhanden sein. Dies ist nach wie vor nicht geregelt, gilt aber im gleichen Ausmaß für den PKW-Bereich.

Auswirkungen auf gesetzliche Arbeits- und Lenkzeiten

- Eine Änderung des Arbeitszeitgesetzes kann eine Flexibilisierung für Fahrer und Transportunternehmer bewirken und damit sowohl zu einer höheren Attraktivität für den Fahrerberuf wie auch zu mehr Spielraum im Wettbewerb für den Transportunternehmer führen. Dies kann aber durchaus auch negative Effekte haben (Ausnutzung der Grenzen durch Unternehmen oder Fahrer).
- Arbeitszeitregelungen für Omnibus-Fahrer auf Fernreisen: Aktuell gelten dieselben Regelungen wie im Güterverkehr, d. h. die Besichtigung von Sehenswürdigkeiten der Reisegruppe zählt für den Fahrer zur Arbeitszeit und limitiert die maximal mögliche Arbeitszeit.

5.5 Handlungsfelder bei Infrastrukturanforderungen

Noch nicht geregelt ist die Rolle der Infrastruktur für das automatisierte Fahren im Gütertransport und der Personenbeförderung. Aktuell liegt der Fokus in der Fahrzeugentwicklung auf der Entwicklung von Systemen, die mit der gegebenen Infrastruktur umgehen können. Eine Ausnahme bildet die Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation (Datenaustausch zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur). Andere Anpassungen in der Infrastruktur, wie zum Beispiel durchgängige Spurmarkierungen auf Autobahnen oder abgeschlossene Fahrspuren für automatisierte Fahrzeuge würden die Umsetzung von automatisierten Fahrfunktionen stark vereinfachen. Dieser Punkt wird auch von der AG Forschung als Forschungsbedarf identifiziert und ausführlich diskutiert, (41).

Notwendige Handlungsfelder im Bereich der Infrastruktur sind:

Anforderungen an Infrastruktur definieren

- Vergleich des Nutzens und des Aufwandes von Anpassungen der Straßeninfrastruktur im Vergleich zur Umsetzung der Systeme im Fahrzeug (v. a. Anforderungen an die Umgebungserfassung) zur Ermöglichung und Vereinfachung von automatisierten Fahrfunktionen von durchgängigen Straßenmarkierungen über standardisierte Position von Schildern bis zur Schaffung einer eigenen Infrastruktur.
- Abschätzung von Aufwand und erwartetem Nutzen durch Schaffung eigener Infrastruktur für den Gütertransport mit Nutzfahrzeugen.

Hinweis: Diese Problematik besteht teilweise auch im PKW-Bereich (Ausnahme: autonome Infrastruktur für Gütertransport)

6 Zusammenfassung

Automatisierte Fahrfunktionen unterstützen bereits heute den Fahrer in modernen Fahrzeugen bei seiner Fahraufgabe und informieren oder greifen gegebenenfalls aktiv ins Fahrgeschehen ein. Durch automatisierte Fahrfunktionen kann die Verkehrssicherheit erhöht und der Verkehrsfluss erleichtert werden. Im Bereich von Personenkraftwagen gibt es ein gemeinsames Verständnis im Verband der Automobilindustrie (VDA) sowie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), welche Handlungsfelder und welcher Forschungsbedarf auf dem Weg zum automatisierten Fahren notwendig sind. Diese können nicht direkt und ungeprüft auf den Bereich des Gütertransports und der Personenbeförderung mit Nutzfahrzeugen über 7,5 t übertragen werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der aktuelle Stand der Entwicklungen im Bereich des automatisierten Fahrens für den Gütertransport und die Personenbeförderung mit Nutzfahrzeugen über 7,5 t erhoben, Anwendungsfälle von automatisierten Funktionen mit hohem erwartetem Potential identifiziert und Handlungsfelder sowie Forschungsbedarf aufgezeigt.

Besonderheiten bei Nutzfahrzeugen über 7,5 t ergeben sich einerseits daraus, dass die Fahrzeugkombinationen sehr vielseitig sein können, von Solofahrzeugen über Lastzüge und Omnibusse bis hin zu Spezialaufbauten. Im Gegensatz zu Personenkraftwagen sind nicht nur OEM und ihre Zulieferer in die Fahrzeugentwicklung mit eingebunden, sondern im großen Ausmaß auch Hersteller von Fahrzeugaufbauten sowie von Anhängern und Aufliegern. Andererseits wird die Kaufentscheidung über ein Fahrzeug (und damit welche Fahrerassistenzsysteme implementiert werden) im Gütertransport und bei der Personenbeförderung selten vom Fahrer getroffen, sondern vom Transportunternehmer.

In einem ersten Schritt wurde der Stand der Technik für in Entwicklung befindliche Systeme erhoben. Dazu wurde eine Literaturrecherche über aktuell entwickelte Anwendungen wie Rückfahrassistenten und angedachte Anwendungen wie das autonome Fahren mit Straßenfahrzeugen in Werksgeländen durchgeführt. Die in der Literatur gefundenen Systeme wurden dann einerseits nach der übernommenen Fahraufgabe nach Donges und andererseits nach Charakteristiken wie der notwendigen Sensorik für die Umsetzung klassifiziert.

In einem weiteren Schritt wurden Interviews mit Stakeholdern durchgeführt, um die Erwartungen hinsichtlich Vorteile, Probleme und Risiken in der Anwendung von automatisierten Fahrfunktionen im Bereich des Güterverkehrs sowie der Personenbeförderung zu erheben. Dazu wurden 20 Stakeholder, größtenteils Transportunternehmer beziehungsweise Fuhrparkleiter aus Transportunternehmen, über einen Fragebogen befragt. Die Fragen umfassten dabei geschlossene Fragestellungen, die quantitativ ausgewertet wurden und andererseits offene Fragen, die qualitativ mit der Methode der Inhaltsanalyse nach Mayring untersucht wurden. Die Ergebnisse zeigten deutlich, dass sich trotz großer Vorbehalte in Bezug auf steigende Automatisierung der Großteil der Stakeholder eine Auseinandersetzung mit diesem Thema in naher Zukunft erwartet. Die Systeme, die bereits am Markt erhältlich sind und die teilweise schon vorgeschrieben sind, wurden durchwegs positiv bewertet. Bei anderen Systemen überwog in vielen Interviews Skepsis gegenüber neuen Systemen, vor allem wenn die konkrete Systemfunktion und die Umsetzbarkeit der Systeme im

Betrieb für die Stakeholder nicht ganz klar waren. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich dieser Aspekt in weitere Folge auch auf die Kaufentscheidung niederschlägt.

Auf Basis der Literaturrecherche und der Interviews wurden anschließend Anwendungsfälle für automatisierte Fahrfunktionen entwickelt. Diese wurden mit Hilfe einer Matrix abgeleitet, welche das Einsatzgebiet sowie verschiedene Automatisierungsgrade der Systeme umfasst. Des Weiteren wurden Kriterien erstellt, die eine Bewertung des Potentials der verschiedenen Anwendungsfälle ermöglichen. So konnten zielführende Anwendungsfälle für die Automatisierung von Nutzfahrzeugen identifiziert werden.

Auf Basis der Ergebnisse einer in einer weiteren Arbeit durchgeführten Nutzwertanalyse zu diesem Thema wurden schließlich Handlungsfelder und Forschungsbedarf für automatisiertes Fahren im Gütertransport und der Personenbeförderung aufgezeigt. Diese umfassen erstens die Neudefinition der Fahrerrolle, welche sich beispielsweise aus dem Ausbildungsbedarf für den Umgang mit automatisierten Systemen, aber auch aus der Attraktivität des Berufes (Stichwort Fahrermangel) ergibt. Im Bereich der notwendigen technischen Standards sind zum Beispiel die Standardisierung der Truck-Trailer-Schnittstelle sowie automatisiertes Be- und Entladen gewichtige Handlungsfelder. Forschungsbedarf bei der Umgebungs- und Fahrbetriebsüberwachung besteht unter anderem bei der Beobachtung der Aktivität des Fahrers, um die Übergabe einer Fahrfunktion vom System an den Fahrer sicher zu gestalten wie auch bei der Berücksichtigung des aktuellen Straßenzustandes in den Auslösestrategien der automatisierten Systeme. Des Weiteren wird auch der bestehende Handlungsbedarf bei gesetzlichen Rahmenbedingungen aufgezeigt. Abschließend werden Anforderungen an die Infrastruktur behandelt.

Die so identifizierten Handlungsfelder sollen als Basis für zukünftige Arbeiten im Bereich der Nutzfahrzeugautomatisierung dienen, aber auch auf die notwendige Zusammenarbeit und Koordination der verschiedenen beteiligten Stellen hinweisen.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Klassifizierung nach Stufen des Automatisierungsgrades von Fahrzeugen nach der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) in der Darstellung des Verbandes der Automobiltechnik (VDA), (1).....	3
Abbildung 3-1: Schematischer Ablauf der Inhaltsanalyse nach Mayring (35).....	17
Abbildung 3-2: Beispiel Kategorienfindung.....	17
Abbildung 3-3: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 1).....	18
Abbildung 3-4: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 2).....	19
Abbildung 3-5: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 3).....	20
Abbildung 3-6: Darstellungsmethodik der qualitativen Ergebnisse (Variante 4).....	21
Abbildung 3-7: Transportaufgabe in % (Durchschnitt über alle Unternehmen).....	23
Abbildung 3-8: Zurückgelegte Kilometer in % (Durchschnitt über alle Unternehmen).....	23
Abbildung 3-9: Beladung erfolgt meist durch Fahrer.....	23
Abbildung 3-10: Gewicht als limitierender Faktor.....	23
Abbildung 3-11: Durchschnittliches Alter der Fahrzeuge.....	25
Abbildung 3-12: Besitzanteile bei Zugfahrzeugen.....	26
Abbildung 3-13: Besitzanteile bei Anhängern.....	26
Abbildung 3-14: Wird sich Transportbranche verändern?.....	27
Abbildung 3-15: Teilautomatisierung - spürbare Rolle für Unternehmen?.....	27
Abbildung 3-16: Kommt autonomes Fahren?.....	27
Abbildung 3-17: Nutzen zukünftiger Systeme.....	29
Abbildung 3-18: Nutzen zukünftiger Systeme.....	30
Abbildung 3-19: Gut integrierbare Systeme.....	31
Abbildung 3-20: Gut integrierbare Systeme.....	32
Abbildung 3-21: Probleme bei der praktischen Umsetzung.....	34
Abbildung 3-22: Probleme bei der praktischen Umsetzung.....	35
Abbildung 3-23: Verweigerungsgründe für Fahrer.....	36
Abbildung 3-24: Verweigerungsgründe für Fahrer.....	37
Abbildung 3-25: Besondere Anforderungen durch das Transportgut.....	38
Abbildung 3-26: Besondere Anforderungen durch das Transportgut.....	38
Abbildung 3-27: Organisatorische Herausforderungen.....	39
Abbildung 3-28: Organisatorische Herausforderungen.....	40
Abbildung 3-29: Größte Unfallrisiken.....	41
Abbildung 3-30: Größte Unfallrisiken.....	41
Abbildung 3-31: Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren.....	42
Abbildung 3-32: Einsatzgebiet für automatisiertes/autonomes Fahren.....	43
Abbildung 3-33: Erwartete Veränderungen in der Transportbranche.....	44
Abbildung 3-34: Erwartete Veränderungen in der Transportbranche.....	45
Abbildung 4-1: Strukturierungsmatrix zur Identifikation von Anwendungsfällen.....	47
Abbildung 4-2: Exemplarische Darstellung der befüllten Matrix.....	48
Abbildung 4-3: Strukturierung der Systeme zu Gruppen ähnlicher Automatisierungsgrade.....	49

Abbildung 4-4: Getötete Insassen von Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38).....	55
Abbildung 4-5: Schwerverletzte Insassen von Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38).....	55
Abbildung 4-6: Getötete Personen bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38).....	56
Abbildung 4-7: Schwerverletzte Personen bei Unfällen mit Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38).....	56
Abbildung 4-8: Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden mit Güterkraftfahrzeugen nach Daten des Statistischen Bundesamts, (38).....	56
Abbildung 4-9: Gesamtpunkte der Anwendungsfälle	59
Abbildung 5-1: Ergebnisse der Nutzwertanalyse nach (2)	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Klassifizierung von in Entwicklung befindlichen Systemen aufgrund der Literaturrecherche, Darstellung der Kategorien 1 bis 5	11
Tabelle 2-2: Klassifizierung von in Entwicklung befindlichen Systemen aufgrund der Literaturrecherche, Darstellung der Kategorie 6	12
Tabelle 2-3: Klassifizierung von in Entwicklung befindlichen Systemen aufgrund der Literaturrecherche, Darstellung der Kategorien 7 bis 9	13
Tabelle 3-1: Tätigkeitsbereich der Interviewpartner	15
Tabelle 3-2: Größe der Unternehmen in Kombination mit der Transportdistanz	15
Tabelle 3-3: Anteilsmäßig transportierte Güter in den Unternehmen	22
Tabelle 3-4: Anzahl der Fahrzeuge und der Fahrer in den Unternehmen	25
Tabelle 4-1: Kriterien für die Potentialanalyse.....	53
Tabelle 4-2: Bewertete Potentiale in Punkten der verschiedenen Anwendungsfälle für die ausgewählten Kriterien	58

Literaturverzeichnis

1. **Verband der Automobilindustrie.** VDA. *Automatisiertes Fahren*. [Online] 2016. [Zitat vom: 30. 11 2016.] <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html>.
2. **Jäger, F.** *Automatisiertes Fahren für Nutzfahrzeuge (Arbeitstitel)*. Technische Universität Graz. 2017. Bachelorarbeit. [Veröffentlichung geplant für Februar 2017].
3. **Dörner, K., Hipp, E., Schwertberger, W.** Bahnführungsassistenz für Nutzfahrzeuge. [Buchverf.] H., Hakuli, S., Wolf, G. Winner. *Handbuch Fahrerassistenzsysteme*. Wiesbaden : Vieweg & Teubner, 2009.
4. **Donges, E.** Fahrverhaltensmodelle. [Buchverf.] Hakuli S., Wolf G. (Hrsg.) Winner H. *Handbuch Fahrerassistenzsysteme. Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Fahrsicherheit und Komfort*. Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2009.
5. **Bronsch, J.** ZF-Zukunftsstudie. *Alles im Blick mit dem Abbiege-Assistenten für Lkw*. [Online] 30. 11 2015. [Zitat vom: 07. 07 2016.] <http://www.zf-zukunftsstudie.de/alles-im-blick-mit-dem-abbiege-assistenten-fuer-lkw/>.
6. **Sauerbrey, J.** Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik TU München. *MAN Abbiegeassistent: Ein System zur Unfallvermeidung beim Rechtsabbiegen von LKW*. [Online] [Zitat vom: 03. 10 2016.] http://www.ftm.mw.tum.de/uploads/media/22_sauerbrey.pdf.
7. *Die Demonstratoren - Abschlusspräsentation*. **UR:BAN**. Düsseldorf : Urban, 2015.
8. **Samsung Electronics Co., Ltd.** Samsung. *Samsung Presents First "Samsung Safety Truck" Prototype*. [Online] 02 2016. [Zitat vom: 05. 06 2016.] <https://news.samsung.com/global/samsung-presents-first-samsung-safety-truck-prototype>.
9. **Hausmann, F.** ZF-Zukunftsstudie. *Automatischer Lenkeingriff in Gefahrensituationen*. [Online] 01. 07 2016. [Zitat vom: 05. 07 2016.] <http://www.zf-zukunftsstudie.de/automatischer-lenkeingriff-in-gefahrensituationen/#more-2717>.
10. **Geiger, J.** ZF-Zukunftsstudie. *Autonomer LKW zum Nachrüsten*. [Online] 20. 05 2016. [Zitat vom: 05. 07 2016.] <http://www.zf-zukunftsstudie.de/autonomer-lkw-zum-nachruesten/>.
11. **Steinmetz, K.** Time. *Inside Otto, Uber's New Self-Driving Truck Division*. [Online] 18. 08 2016. [Zitat vom: 25. 08 2016.] <http://time.com/4458507/otto-uber-deal-driverless-autonomous-trucks/>.
12. **Weinrich, R.** ZF-Zukunftsstudie. *Gütertransport unter der Erde*. [Online] 09. 02 2016. [Zitat vom: 07. 07 2016.] <http://www.zf-zukunftsstudie.de/guetertransport-unter-der-erde/>.
13. **Hofacker, A.** Springer Professional. *Daimler zeigt teilautomatisiert fahrenden Stadtbus Mercedes-Benz Future Bus*. [Online] 19. 07 2016. [Zitat vom: 20. 07 2016.] <https://www.springerprofessional.de/omnibusse/car-to-x/daimler-zeigt-teilautomatisierten->

mercedes-benz-future-bus/10501774?cm_mmc=ecircleNL-_-LM_sp_nl_automobil_motoren_2016-07-19-_-S_Mercedes-Benz+Future+Bus%3A+Stadtbus+mit+CityPilot+%7C+Multi-Mode-Getri.

14. **Kirschbaum, M.** *Highly Automated Driving for Commercial Vehicles*. München : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. DOI 10.1007/978-3-658-09711-0_2.
15. **Barrois, B. und Heine, U.** *Evolution of Emergency Braking Systems for Buses*. Eindhoven : VDI Wissensforum, 2015.
16. **Scania Corporate Relations.** Scania Österreich. *Scania führt autonomes Transportsystem vor*. [Online] 25. 05 2016. [Zitat vom: 12. 07 2016.] http://www.scania.at/Images/160510DE_Scania_f%C3%BChrt_autonomes_Transportsystem_vor_tcm114-597300.pdf.
17. **Weinmann, O., Bitzer, F. und Boos, N. et.al.** Lang-Lkw per Fernbedienung Rangieren. *ATZ Automobiltechnische Zeitschrift*. 2014, 116, S. 12-17.
18. **Goodbody, A.** Mining Magazine. *Komatsu AHS passes 300Mt landmark*. [Online] 21. 05 2015. [Zitat vom: 23. 08 2016.] <http://www.miningmagazine.com/management/fleet/komatsu-ahs-passes-330mt-landmark/>.
19. **Komatsu Ltd.** Komatsu. *Autonomous Haulage System (AHS)*. [Online] 2005. [Zitat vom: 20. 09 2016.] http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/product_supports/.
20. **CNH Industrial N.V.** CNH Industrial. *CNH Industrial stellt neu entwickeltes autonomes Traktorkonzept vor*. [Online] 30. 08 2016. [Zitat vom: 19. 09 2016.] <http://preview.thenewsmarket.com/Previews/CNHA/DocumentAssets/446677.pdf>.
21. **Demuth, R.** Götting KG. *Fahrerloser LKW in einer Molkerei*. [Online] 08. 06 2015. [Zitat vom: 28. 09 2016.] <http://www.goetting.de/news/2012/molkerei>.
22. **AGCO GmbH.** Fendt. *Fendt GuideConnect - zwei Traktoren, ein Fahrer*. [Online] 2013. [Zitat vom: 28. 09 2016.] http://www.fendt.at/pressebereich_pressemitteilungen_6991.asp.
23. **VolvoGroupVideos.** youtube.com. *Behind the Scenes - The world's first self-driving truck in an underground mine*. [Online] 07. 09 2016. [Zitat vom: 04. 10 2016.] <https://www.youtube.com/watch?v=DYMEI-1q0Qs>.
24. **RWTH Aachen.** *Verbundprojekt KONVOI: Entwicklung und Untersuchung des Einsatzes von elektronisch gekoppelten Lkw-Konvois*. Hannover : Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek Aachen, 2009. DOI: 10.2314/GBV:629521301.
25. **Chan, E. et al.** *SARTRE: Safe Road Trains for the Environment - Project Final Report*. s.l. : Ricardo UK, 2012.
26. **Bergheim, C., Shladover, S. und Coelingh, E.** *Overview of Platooning Systems*. Wien : Proceedings of the 19th ITS World Congress, 2012.
27. **Shladover, S.** Three-Truck Automated Platoon Testing. *Intellimotion*. 2010, 16, S. 7-9.

28. **Tsugawa, S.** *Results and Issues of an Automated Truck Platoon within the Energy ITS Project*. Dearborn, Michigan : IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2014. ISBN: 978-1-4799-3637-3.
29. **Fritz, H. et.al.** *CAUFFEUR Assistant - A Driver Assistance System for Commercial Vehicles based on Fusion of Advanced ACC and Lane Keeping*. Parma, Italien : IEEE Intelligent Vehicle Symposium, 2004.
30. **Cook, D.J. et.al.** *An Automated System for Persistent Real-Time Truck Parking Detection and Information Dissemination*. Hong Kong : IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA), 2014. ISBN: 978-1-4799-3685-4.
31. **Bosch.** Bosch Secure Truck Parking. [Online] 2016. [Zitat vom: 05. 09 2016.] <http://www.bosch-secure-truck-parking.de/#0>.
32. **FEHRL WoluweSt-Lambert.** Heavy Rout. *Intelligent Rout Guidance for Heavy Vehicles*. [Online] 2009. [Zitat vom: 18. 07 2016.] http://heavyroute.fehrl.org/?m=32&id_directory=1325.
33. **Hamburger Hafen und Logistik AG.** *So Funktioniert CTA*. [Online] [Zitat vom: 23. 08 2016.] <http://hhla.de/de/container/altenwerder-cta/so-funktioniert-cta.html>.
34. **Wolf, T. und Dieckmann, T.** *Transformation of driver assistance systems - communication in future commercial vehicles*. Eindhoven : VDI Wissensforum, 2015.
35. **Kober, W. und Hirschberg, W.** *On-Board Payload Identification for Commercial Vehicles*. s.l. : IEEE 3rd International Conference on Mechatronics, 2006. 1-4244-971 3-41061.
36. **Mayring, P.** *Qualitative Inhaltsanalyse - Grundlagen und Techniken*. Weinheim : Beltz Verlag, 2010. ISBN 978-3-407-25533-4.
37. **Roland Berger GmbH.** *Automated Trucks - The next big disruptor in the automotive industry?* Chicago/Munich : Roland Berger GmbH, 2016.
38. **Winkle, T.** Sicherheitspotenzial automatisierter Fahrzeuge: Erkenntnisse aus der Unfallforschung. [Buchverf.] M. et al. Maurer. *Autonomes Fahren - Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag GmbH, 2015.
39. **Statistisches Bundesamt.** *Verkehrsunfälle - Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr*. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt, 2014.
40. **Statistisches Bundesamt.** Destatis. *Schwerwiegende Unfälle mit nur Sachschaden im engeren Sinne*. [Online] 2016. [Zitat vom: 13. 12 2016.] <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/Glossar/SchwerwiegendeUnfaelle.html>.
41. **SiFat Road Safety GmbH.** [Online] 2016. [Zitat vom: 11. 07 2016.] <http://www.sifat-roadsafety.de/>.
42. **AG Forschung.** BMVI. *Bericht zum Forschungsbedarf. Runder Tisch Automatisiertes Fahren - AG Forschung*. [Online] 2016. [Zitat vom: 30. 11 2016.] http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/bericht-zum-forschungsbedarf-runder-tisch-automatisiertes-fahren.pdf?__blob=publicationFile.

43. **Lex, C.** *Estimation of the Maximum Coefficient of Friction between Tire and Road Based on Vehicle State Measurements*. Graz, AT : Technische Universität Graz, 2015. Dissertation.

44. **Rechtsinformationssystem.** *Übereinkommen über den Straßenverkehr, Fassung vom 12.07.2016.* [Online] [Zitat vom: 12. 07 2016.]

<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10011542/%C3%9Cbereinkommen%20%C3%BCber%20den%20Stra%C3%9Fenverkehr%2c%20Fassung%20vom%2012.07.2016.pdf>.

45. **Europäische Union.** *Regelung Nr. 79 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) - Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Fahrzeuge hinsichtlich der Lenkanlage.* 2008.

46. **Krause S., Motamedidehkordi N., Hoffman S., Busch F., Hartmann M., Vortisch P.** *Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur. Entwurf des Schlussberichts.* Berlin : Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT), 2016.

A. Anhang Fragebogen

Studie zum automatisierten Fahren für Nutzfahrzeuge

Am Institut für Fahrzeugtechnik der TU Graz wird eine Studie für die Forschungsvereinigung Automobiltechnik (FAT) des Verbands der Automobilindustrie (VDA) in Deutschland durchgeführt. Mit den Ergebnissen dieser Studie sollen realitätsnahe, nutzfahrzeug-spezifische Problemstellungen und daraus resultierender Forschungsbedarf identifiziert werden.

Mit Ihrer Unterstützung können realistische Anwendungsfälle sowie häufige Unfallpotentiale erkannt werden, die Verbesserungen für alle Beteiligten, von den Fahrern bis zum Unternehmer, bringen können.

Vielen Dank für Ihre Zeit und die gewissenhafte Beantwortung unserer Fragen!

Für die Durchführung der Studie ist Dr. Cornelia Lex an der TU Graz zuständig und steht für Rückfragen gerne zur Verfügung (cornelia.lex@tugraz.at, 0043 / 316 873 35260).

Datum:	
Interviewer (TU Graz):	

A) Fragen zum Unternehmen

Unternehmen, Standort	
Gesprächspartner, Position im Unternehmen	
Art des Unternehmens¹	

¹ z.B. Frächter, Logistiker, Verkehrsbetrieb, Reisebusunternehmen,...

B) Fragen zur Transportaufgabe

1. Wie schätzen Sie anteilmäßig (in Prozent) die Transportaufgaben im Unternehmen ein?

Nahverkehr: (Sammel-, Verteilerverkehr, etc.)	
Mittelstrecke: (bis max. Tagedstouren bzw. bis 8 Stunden Lenkzeit)	
Fernverkehr: (mehrtägig)	

2. Welche Streckenleistung (in Kilometer) fahren Ihre Fahrer durchschnittlich an einem Arbeitstag?

--

3. Wie groß ist der Anteil der zurückgelegten Kilometer in der Stadt, auf Überlandstraßen und Fernstraßen in etwa (in Prozent)?

Stadtanteil (in %)	Überlandstraßen (in %)	Fernstraßen (in %)

4. Welche Arten von Transportgut transportieren Sie anteilmäßig im Unternehmen (in Prozent)?

fest	Stückgut (z.B. in Gitterboxen, auf Paletten)	
	Kompaktgut (z.B. eine kompakte Maschine, etc.)	
	Container	
flüssig		
granular (z.B. Schüttgut)		

Gefährliche Güter (vom Gesamtanteil)	
---	--

Verderbliche Güter	
--------------------	--

(vom Gesamtanteil)	
--------------------	--

Ergeben sich durch spezielle Transportgüter besondere Anforderungen (an Fahrer, Fahrzeug oder administrativ)? Wenn ja welche?	
Haben sie oft mit firmeninternem Verladepersonal zu tun, oder ist der Fahrer meist allein beim Beladen?	
Wie groß schätzen Sie den Anteil an teilbeladenen Fahrten ein? (weder höchst zulässiges Gesamtgewicht noch Transportvolumen ausgeschöpft)	
Wie groß schätzen Sie den Anteil an Leerfahrten ein?	

5. Bei Vollbeladung, durch welche der beiden Einschränkungen wird Ihre Transportaufgabe anteilmäßig limitiert?

Transportvolumen	
Transportgewicht	

**6. Welchen Transportablauf bzw. welche Transporttätigkeiten haben Sie beim Güterumschlag in Ihrem Unternehmen?
(Wenn möglich mit grober Abschätzung des Anteils)**

Einzelladung (Ein Kunde pro Ladung)	
Sammel- und Verteilerverkehr (mehrere Kunden pro Ladung)	
Zugumladung (Kombinierter Verkehr)	
Verkehr mit Wechselaufbauten (Wechselbrücke)	
Anhängerzug	
Container	
Andere:	

C) Fragen zum Fuhrpark

Anzahl der Beschäftigten im Fuhrpark²

Wo treten die größten organisatorischen Herausforderungen im Betrieb auf? (im Zusammenhang mit Güterverkehr, Be- und Entladen, ...)

Wo sehen Sie die größten Unfallrisiken in Ihrem Betrieb? (im Zusammenhang mit Güterverkehr, Be- und Entladen, ...)

7. Anzahl der Fahrzeuge im Fuhrpark (in etwa):

LKW zweiachsig (unter 7.5 t hzG ³)	
LKW zweiachsig (7.5 bis 18t hzG)	
LKW dreiachsig (bis max. 26 t hzG)	
LKW vierachsig (bis 32 t hzG)	
Sattelzugmaschinen	
Deichsel-Anhänger	
Zentralachsen-Anhänger	
Auflieger	
Andere:	

² Fahrer, und wenn zutreffend Mechaniker oder administrative Tätigkeiten

³ hzG = höchst zulässiges Gesamtgewicht

--	--

8. Wie alt sind die Fahrzeuge in Ihrem Fuhrpark durchschnittlich?

LKW / Sattelzugmaschinen:	
Anhänger / Auflieger:	

Wie alt ist das älteste einsatzfähige Fahrzeug im Fuhrpark und um welche Art Fahrzeug handelt es sich? (LKW, Anhänger, Auflieger, ...)	
--	--

9. Wie groß ist der Anteil der Fahrzeuge in Ihrem Fuhrpark, der im Besitz oder geleast ist? (z.B. 70:30 %)

LKW / Sattelzugmaschinen:	
Anhänger / Auflieger:	

10. Sind in Ihren Fahrzeugen bereits Fahrerassistenzsysteme aus der folgenden Liste im Einsatz:

Antiblockiersystem (ABS)	
Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	
Abstandstempomat	
Abstandsregeltempomat (ACC)	
Abstandswarner	
Notbremsassistent	
Spurverlassenswarnung	
Spurhalteassistent	
Rangierhilfe, Rangierassistent	
Assistent für Rampenzufahrt, Andockassistent	
Totwinkelassistent	

<p>Sonstige:</p>	

**11. Wo sehen Sie den größten Nutzen für Ihr Unternehmen bei einem Fahrerassistenzsystem?
(Nutzen 1 ... hoch bis 4... niedrig)**

1. Vermeidung von Fracht- und Ladungsschäden durch Unfall	
2. Schadensbegrenzung am Fahrzeug	
3. Vermeidung von Unfallfolgen für Fahrer	
4. Vermeidung von Unfallfolgen für andere Verkehrsteilnehmer (Radfahrer, Fußgänger, PKW, andere LKW,)	
5. Unterstützung beim Finden von freien Abstellplätzen auf der Autobahn	
6. Automatisierte Zu- und Abfahrt zu Rampen	
7. Assistenz beim Anfahren bei Verladung von Wechselaufbauten, durch Containerkrane etc.	
8. Automatisierter Werksverkehr	
9. Automatisiertes Be- und Entladen	
10. Assistent zur Ladungsverteilungsoptimierung (inkl. opt.. Gewichtsverteilung, Ladungssicherung und Zeitmanagement)	
<u>11. Vision:</u> Platooning (Mehrere LKW's virtuell gekoppelt, „nur ein Fahrer“)	
<u>12. Vision:</u> Automatisiertes Fahren auf der Autobahn (Fahrer hätte z.B. Ruhezeit)	
<u>13. Weiterer Nutzen:</u>	

12. Bei welchem der genannten Systeme sehen Sie die wenigsten Probleme bei der praktischen Umsetzbarkeit bei Ihnen im Betrieb?

13. Bei welchem der genannten Systeme sehen Sie die größten Probleme bei der praktischen Umsetzbarkeit bei Ihnen im Betrieb und welche Probleme könnten das konkret sein?

14. Wie viele Ihrer Fahrer würden solche Systeme freiwillig benutzen (nach Ihrer Einschätzung)?

15. Welche Gründe haben Ihre Fahrer diese Systeme zu nutzen oder zu verweigern (nach Ihrer Einschätzung)?

16. Glauben Sie, dass Teilautomatisierung im Gütertransport für bestimmte Funktionen (z.B. beim Fahren auf Autobahnen, Andocken an Rampen,...) in den nächsten Jahren eine spürbare Rolle für Sie spielen wird?

17. Glauben Sie, dass autonomes Fahren im Gütertransport in den nächsten Jahrzehnten kommen wird?

**18. Wenn eine der beiden vorherigen Fragen positiv beantwortet wurde:
In welchen Bereichen könnte automatisiertes oder autonomes Fahren nach
Ihrer Einschätzung realistisch eingesetzt werden?**

**19. Glauben Sie, dass automatisiertes Fahren in den nächsten Jahrzehnten den
Gütertransport stark verändern wird?
(z.B. Arbeitsbedingungen für Fahrer, Auswirkungen auf Verkehrsinfrastruktur,
neue Handelsstrukturen, ...)**

Freie Anmerkungen:

Vielen Dank für Ihre Zeit und Unterstützung!

B. Anhang Detaillerggebnisse Transportaufgabe

Interview-partner	Vorwiegende Transportdistanz	# Fahrzeuge (ohne Anhänger)	Transportgut								Transportaufgabe in %			Streckenleistung Fahrer pro Tag in km	
			P	S	K	C	F	G	GF	V	Nahverkehr	Mittelstrecke	Fernverkehr		
TU_01	N	18		5%					95%			90	10	0	550
TU_02	N	14						70%	30%			30	70	0	200
TU_03	N	3		10%	90%							18	80	2	400
TU_04	N	48		10%	40%			50%		50%		20	70	10	500
TU_05	N	76			15%				85%			80	15	5	175
TU_06	N	10010		100%						18%	35%	40	40	20	350
TU_07	B	10	99%	1%								50	25	25	175
TU_08	S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70	20	10	-
TU_09	N	7		100%							100%	50	50	0	350
TU_10	B	910	100%									55	20	25	240
TU_11	S	0			10%	90%						-	-	-	-
TU_12	F	2300		90%				10%		5%	k.a.	40	5	55	400
TU_13	S	218	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_14	S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_15	B	163	100%									100			175
TU_16	F	523		70%	30%								1	99	440
TU_17	F	1700		90%	10%					10%	40%		10	90	600
TU_18	S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	50	0	-
TU_19	F	700			100%							50		50	520
TU_20	S	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	50	0	-
											Mittelwert	52,9	34,4	24,4	362,5
											Standardabweichung	23,6	25,9	32,4	149,7

P... Personen S... Stückgut K... Kompaktgut C... Container F... Flüssig G... Granulat
 GF... gefährliche Güter (vom Gesamtanteil) V... Verderbliche Güter (vom Gesamtanteil)

Interview-partner	Zurückgelegte Kilometer in %			Beladung durch ... in %		Anteil teilbeladene Fahrten in %	Anteil Leerfahrten in %
	Stadt	Überland	Autobahn	Fahrer	Lade-Personal		
	TU_01	0	20	80	70	30	0
TU_02	40	40	20	100	0	30	20
TU_03	5	65	30	100	0	0	55
TU_04	10	50	40	100	0	10	35
TU_05	5	85	10	100	0	5	10
TU_06	15,6	43,0	41,4	50	50		10
TU_07	5	90	5	-	-	7,5	15
TU_08	-	-	-	-	-	40	30
TU_09	10	0	90	50	50	10	10
TU_10	55	20	25	-	-	90	9
TU_11	-	-	-	80	20	0	30
TU_12	20	20	60	95	5	40	0
TU_13	-	-	-	-	-	-	-
TU_14	-	-	-	-	-	-	-
TU_15	100	0	0	-	-	-	-
TU_16	5	5	90	20	80	35	7,28
TU_17	3	12	85	20	80	15	9,8
TU_18	-	-	-	99	1	k.A.	0
TU_19	20	30	50	100	0	55	20
TU_20	-	-	-	-	-	7,5	40
MW	21,0	34,3	44,7	75,7	24,3	23,0	19,8
SABW	27,5	29,5	31,9	30,9	30,9	25,5	15,4

Interview-partner	Limitierender Faktor in %		Transportablauf in %							welcher andere Ablauf
	Volumen	Gewicht	Einzelladung	Sammel- und Verteilerverkehr	Zugumladung	Wechselaufbauten	Anhängerzug	Container	Andere	
TU_01	im Sommer	im Winter	100	0	0	0	0	0	0	sammeln und ausladen Betonpumpen
TU_02	0	100	0	0	0	0	0	0	100	
TU_03	0	100	95	0	5	0	0	0	0	
TU_04	0	100	50	20	0	0	30	0	0	
TU_05	0	100	90	0	0	0	5	3	2	
TU_06	95	5	0	95	2	3	0	0	0	
TU_07	von Fahrzeug abhängig									
TU_08	20	80								
TU_09	100	0	70	30	0	0	0	0	0	
TU_10	0	100								
TU_11	-	-	10	0	5	10	0	75	0	
TU_12	k. A.	k. A.	23	16	1	30	30	0	0	
TU_13	-	-								
TU_14	-	-								
TU_15	-	100								
TU_16	20	50	80	20						
TU_17	0	100	70	15	15					
TU_18	100	0	100							
TU_19	100	0	85	15						
TU_20	20	80								
MW	35,0	65,4	59,5	17,6	2,8	4,8	7,2	8,7	11,3	
SABW	45,0	44,3	38,4	26,5	4,7	10,0	13,0	24,9	33,3	

C. Anhang Detailergebnisse Fuhrpark

	LKW zweiachsig (unter 7.5 t hzG)	LKW zweiachsig (7.5 bis 18t hzG)	LKW dreiachsig (bis max. 26 t hzG)	LKW vierachsig (bis 32 t hzG)	Sattelzugmaschinen	Deichsel-Anhänger	Zentralachsen-Anhänger	Auflieger	Fahrzeuge zur Personenbeförderung bis 8 Personen (M1)	Fahrzeuge zur Personenbeförderung größer 8 Personen und hzG bis 5 t (M2)	Fahrzeuge zur Personenbeförderung größer 8 Personen und hzG größer 5 t (M3)	Andere
	Anzahl der Fahrzeuge im Fuhrpark											
Interview-partner												
TU_01			2		14	2		14				
TU_02	9	2	3									1
TU_03					3			10				
TU_04	4	9			35	8		65				2
TU_05	1	2	30	25	8	25		15				2
TU_06	103	2446	k. A.	k. A.	4647	k. A.	k. A.	k. A.				2814
TU_07							3		4	1	5	
TU_08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_09					7			11				
TU_10							15		30	20	860	3
TU_11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_12		32	27		7		39	36				
TU_13		40	39		139	25	1	125				20
TU_14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_15											163	
TU_16					523			590				
TU_17					1700			2300				
TU_18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_19		650			50		650	50				
TU_20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Interview-partner	Beschäftigte im Fuhrpark		Zugfahrzeuge	Anhänger	Besitzanteile in %					
			Alter der Fahrzeuge							
	Fahrer	Sonstige	(in Jahren)		Alter des ältesten Fahrzeuges (in Jahren)		Zugfahrzeuge		Anhänger	
TU_01	16	8	9	12,5	20	Anhänger	50	50	80	20
TU_02	11	4	4	-	8	Sprinter	86	14	-	-
TU_03	2	3	6,5	7	12	Anhänger	100	0	100	0
TU_04	42	8	8	12	28	Anhänger	70	30	95	5
TU_05	75	5	7	10	15	Anhänger	100	0	100	0
TU_06	15000	k. A.	3,5	6	12	Standby-FZG	10	90	k. A.	k. A.
TU_07	12	1	3	5	6	Anhänger	80	20	100	0
TU_08	-	-	-	-	-	-	30	70	30	70
TU_09	10	3	4	5	10	Anhänger	20	80	60	40
TU_10	1100	160	4	k. A.	13	Überlandbus	100	0	100	0
TU_11	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_12	100	350	3,5	4,5	12	Zugmaschine	k. A.	k. A.	100	0
TU_13	-	5	1,5	2	8	Anhänger	10	90	50	50
TU_14	-	-	-	-	-	-	-	-	50	50
TU_15	400	k. A.	6,5	-	14	Bus	100	0	-	-
TU_16	750	k. A.	2	2	3	Auflieger	0	100	40	60
TU_17	2100	1300	2,5	4	6	Motorwagen	100	0	100	0
TU_18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_19	930	100	3,5	3,5	10	Zugmaschine	33	67	33	67
TU_20	-	-	-	-	-	-	30	70	-	-
MW			4,6	6,1	11,8		57,4	42,6	74,1	25,9
SABW			2,3	3,6	6,1		38,2	38,2	28,6	28,6

Interview-partner	In Fahrzeugen bereits eingesetzte Systeme										
	Antiblockiersystem (ABS)	Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP)	Abstandstempomat	Abstandsregeltempomat (ACC)	Abstandswarner	Notbremsassistent	Spurverlassenswarnung	Spurhalteassistent	Rangierhilfe, Rangierassistent	Assistent für Rampenzufahrt, Andockassistent	Totwinkelassistent
TU_01	x	x	x	x	x	x	x				x
TU_02	x	x				x			x		
TU_03	x	x							x		
TU_04	x	x	x	x	x	x	x	x			x
TU_05	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TU_06	x	x	x	x	x	x	x		x		
TU_07	x	x							x		x
TU_08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_09	x	x									
TU_10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TU_11		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_12	x	x	x	x	x	x	x		x		
TU_13	x	x		x		x	x				
TU_14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_15	x	x				x					
TU_16	x	x		x		x	x				
TU_17	x	x				x	x				
TU_18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TU_19	x	x		x	x	x	x				
TU_20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

D. Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:									
Ergeben sich durch spezielle Transportgüter besondere Anforderungen (an Fahrer, Fahrzeug oder administrativ)?									
			Reduzierte Kategorien						
			Fahrer			Fahrzeug	Route		
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Fahrerschulung auf Fahrzeug	Fahrerschulung auf Transportgut	Fahrerschulung auf Sicherheit	Fahrzeugausstattung entsprechend Einsatzzweck	Routen-genehmigung	Keine	
TU_01	- Pellets dürfen nicht nass werden - Verunreinigungen von Hackgut beim Beladen vermeiden	-Transportgut (nass, verunreinigt) => Fahrerverantwortung (Fahreranweisung)		x					
TU_02	- Fahrerschulung durch Spezialaufbauten für Gerätebedienung	-Fahrerschulung (durch Fahrzeugausstattung)	x			x			
TU_03	- Routengenehmigungen durch Sondertransporte - für Sondertransporte entsprechend ausgerüstete Fahrzeuge	- Routengenehmigung - Fahrzeugausstattung dem Einsatzzweck angepasst				x	x		
TU_04	- Fahrerschulung wegen Gefahrgut - Ladegutsicherungskurse	- Fahrerschulung (wegen Transportgut) - Sicherheitsschulung		x	x				
TU_05	- Fahrerschulung für Baggertransporte (- Ladungssicherungskurse) - Routengenehmigung für Baggertransporte - Begleitmaßnahmen für Baggertransporte	- Fahrerschulung (wegen Transportgut) - Routengenehmigung (- Begleitmaßnahmen)		x			x		
TU_06	- Lebensmittel und gefährliche Güter nicht zusammen transportiert (Firmeninterne Vorschrift) - Fahrerschulungen für Gefahrgut	- Fahrerschulung (wegen Transportgut) (- Transportgut (nicht alles zusammen))		x					
TU_07	- Sicherheitsanforderungen an Fahrzeuge hoch (Firmeninterne Regel) - Fahrerschulung (Fahrtechnik- und Fahrsicherheitstraining) - Fahrerschulung bei Bus alle 5 Jahre	- Fahrerschulung (Fahrtechnik und -sicherheit) - (Fahrerschulung bei Bus) - Fahrzeugausstattung dem Einsatzzweck angepasst			x	x			
TU_08	- lokale Anforderungen => Fahrzeuge dementsprechend ausgestattet	- Fahrzeugausstattung dem Einsatzzweck angepasst				x			
TU_09	- Überprüfung aller Fahrdaten aufwendig (wird im Unternehmen durchgeführt)	(- Überwachung der Fahrdaten)							
TU_10	- Fahrerschulungen (vor allem in richtung komfortables Fahren)	- Fahrerschulung wegen "Transportgut")		x					

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:								
Ergeben sich durch spezielle Transportgüter besondere Anforderungen (an Fahrer, Fahrzeug oder administrativ)?								
			Reduzierte Kategorien					
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Fahrer			Fahrzeug	Route	Keine
			Fahrerschulung auf Fahrzeug	Fahrerschulung auf Transportgut	Fahrerschulung auf Sicherheit	Fahrzeugausstattung entsprechend Einsatzzweck	Routen-genehmigung	
TU_11	- Nein	- Keine						x
TU_12	-Gefahrgut ist große Herausforderung -> Richtlinien, Fahrerschulungen, Fahrzeugausstattung - Transport von sperrigen Gütern	- Fahrerschulung (wegen Gefahrgut) - Fahrzeugausstattung für Gefahrgut - Transportgut macht Probleme		x		x		
TU_13	- Nicht wirklich	- Nein						x
TU_14	- Beim Transport von Lebensmittel: Anforderungen an Fahrer und Fahrzeugausstattung - Ladungssicherung ist immer ein Thema	- Fahrerschulung (wegen Transportgut) - Fahrzeugausstattung - Ladungssicherung		x	x	x		
TU_15	- Fahrerschulungen (Tarifschulungen, Untersuchungen, Teste...)	- Fahrerschulung (wegen Transportgut)		x				
TU_16	- Sicherheitstransporte (administrativer Aufwand und Anforderungen an Fahrer) - Abfalltransporte (Genehmigungen)	-administrativer Aufwand - Fahrervorschreibungen - Genehmigungen		x				
TU_17	- Fahrzeugausstattung (v.a. bei Lebensmitteln) - Fahrerschulung für Gefahrgut - Fahrerschulung die von Kunden vorgeschrieben werden	- Fahrzeugausstattung - Fahrerschulung (wegen Gefahrgut) - Fahrerschulung (von Kunden vorgeschrieben)		x		x		
TU_18	- GPS-Ortung der Fahrzeuge	- Fahrzeugausstattung				x		
TU_19	- Fahrzeugausstattung speziell für Ganzfahrzeugtransport - Fahrerschulungen für das Be- und Entladen	- Fahrzeugausstattung - Fahrerschulung (wegen Transportgut)		x		x		
TU_20	- Ladegutsicherung - Fahrzeugausstattung (Sonderaufbau für Holz, Kran)	- Ladegutsicherung - Fahrzeugausstattung (wegen Transportgut)			x	x		

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:									
Wo sehen Sie die größten organisatorischen Herausforderungen im Betrieb?									
			Reduzierte Kategorien						
			Fahrer		Fahrzeug	Route	Gesetz		
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Fahrer-einteilung	Fahrer-akquise	Fahrzeug-auslastung / -zuteilung	Routen-planung/ -optimierung	Lenkzeit/ Arbeitszeit	Sonder-genehmigungen	Gesetzliche Unklarheiten
TU_01	-Fahreinteilung -Bürokratie (Lenkzeit) -teure Wartezeiten (Be- und Entladen) -Beteiligte/Personen (Fahrer und firmen internes Personal)	-Fahrer (Einteilung) -Gesetz (Lenkzeit) -Be- und Entladen (Wartezeiten)	x				x		
TU_02	-Routenplanung (welche Fahrer, welche Baustelle, welches Fahrzeug)	-Fahrer (Einteilung) -Fahrzeug (Einteilung)	x		x				
TU_03	-Genehmigung der Sondertransporte (v.a. im Ausland)	-Gesetz (Genehmigung Sondertransporte)						x	
TU_04	-Organisation der Arbeit für den nächsten Tag (Fahrer und Fahrzeuge) -keine Fixgeschäfte	-Fahrer (Einteilung) -Fahrzeug (Einteilung)	x		x				
TU_05	-Disposition (so, dass keine Leerfahrten) -Fahrzeitorganisation (Lenkzeit) -Be- und Entladen Bagger - Zuteilung der Fahrzeuge zu den Baggertransporten (wegen Größe und Gewicht)	-Fahrer (Einteilung) -Fahrzeug (Einteilung) -Gesetz (Lenkzeit) -Be- und Entladen (bei Bagger)	x		x		x		
TU_06	- Personalaquise (Nachwuchsmangel) - Gesetzeslage (EU-Weit unterschiedlich) - Gesetzeslage "Gefahrgut" in EU (Übergangsfristen der Länder => Planung schwierig)	-Fahrer (Fahrergewinnung) -Gesetz (Gesetzeslage in EU unterschiedlich)		x				x	x
TU_07	- Routenplanung (Fahrer- und Fahrzeugeinteilung) - Optimierung der Schülertransportrouten	-Fahrer (Einteilung) -Fahrzeug (Einteilung) -Routenplanung/ -optimierung	x		x	x			
TU_08	-	-							
TU_09	- fixe Routen aber nicht fixe Bestellungen (Ziel bekannt)	-Fahrzeug (Einteilung)			x				
TU_10	- Disposition (v.a. mobil bleiben bei kurzfristigen Lenkerausfällen) - kosteneffiziente Verkehrsplanung	-Fahrer (Einteilung) -Routenplanung/ -optimierung	x			x			

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung: Wo sehen Sie die größten organisatorischen Herausforderungen im Betrieb?									
			Reduzierte Kategorien						
			Fahrer		Fahrzeug	Route	Gesetz		
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Fahrer-einteilung	Fahrer-akquise	Fahrzeug-auslastung / -zuteilung	Routen-planung/ -optimierung	Lenkzeit/ Arbeitszeit	Sonder-genehmigungen	Gesetzliche Unklarheiten
TU_11	-gibt's eigentlich keine - maximal in Disposition...	-							
TU_12	- Fahrermangel, Finden von qualifiziertem Personal - Disposition der Sendungen (Einteilung von Fahrern und Fahrzeugen) - Arbeitszeiten, Arbeitszeitgesetz	- Fahrer (Fahrermangel) - Fahrer (Einteilung) - Gesetz (Arbeitszeit)	x	x	x		x		
TU_13	- Disposition der Fahrzeuge	-Fahrzeug (Einteilung zu Standort)			x				
TU_14	-	-							
TU_15	k.A.	k.A.							
TU_16	- Fahrermangel - Wirtschaftlichkeit des Unternehmens - hoher Administrativer Aufwand (für Kundeninformation)	- Fahrermangel - Wirtschaftlichkeit - Kundeninformation		x					
TU_17	- Fahrermangel	- Fahrermangel		x					
TU_18	- Disposition der Transporte	- Fahrzeug (Disposition)			x				
TU_19	- Disposition der Ladung (Ladungszusammenstellung, Lieferzeiten) - Ladungssicherung - Routenoptimierung - Schäden am Ladegut vermeiden (v.a. beim Be- und Entladen) - Fahrermangel (finden von qualifiziertem Personal)	- Fahrzeugauslastung -Ladungssicherung - Routenplanung/ - optimierung - Be- und Entladen - Fahrermangel		x	x	x			
TU_20	- Digitale Kommunikation (Wo ist Transportgut wann verfügbar, ist Fahrweg (Waldweg) befahrbar...)	- Routenplanung				x			

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:							
Wo sehen Sie die größten Unfallrisiken in Ihrem Betrieb?							
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Reduzierte Kategorien				Andere Verkehrsteilnehmer
			Be- und Entladen	beim Fahrer		Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer	
			Be- und Entladen	Stress / Übermüdung	mangelnde Ausbildung	Ablenkung	
TU_01	- Ein- oder Aussteigen LKW (Fuß umknöcheln) - runterspringen vom Podest (Fuß umknöcheln) - klettern auf LKW (Fuß umknöcheln)	- Be- und Entladen (leichte Personenschäden)	x				
TU_02	- Menschliche Fehler durch Zeitdruck bei Notfalleinsätzen (Fahrzeugschäden)	- Bedienfehler (durch Stress)		x			
TU_03	- Menschliches Fehlverhalten beim Fahren (Lenkbare Achsen) - Trittfehler beim Verladen	- Bedienfehler - Be- und Entladen			x		
TU_04	- Auf der Straße (Unfälle)	- Auf der Straße					
TU_05	- Ablenkung vor und/oder während der Fahrt - Bedienfehler durch mangelnde Schulungen	- Ablenkung (vor oder während der Fahrt) - Bedienfehler (mangelnde Ausbildung/Schulung)			x	x	
TU_06	- beim Verladen (Stauchung, Quetschung, Fahrzeugkollisionen) - leichte Unfälle im Stadtverkehr - schwere eher auf Autobahn (Ablenkung, Übermüdung)	- Be- und Entladen (leichte Personen- /Fahrzeugschäden) - Ablenkung - Übermüdung	x	x		x	
TU_07	- Bei Haltestellen (Ein- und Aussteigen)	- Be- und Entladen (Ein- Aussteigen, Einfahrt in Haltestelle)	x				
TU_08	- Unsachgemäße Benutzung des Gerätes durch unzureichende Ausbildung - beim Verladen / Ladegutsicherung	- Bedienfehler (mangelnde Ausbildung/Schulung) - Be- und Entladen	x		x		
TU_09	- beim Rangieren im Be- und Entladebereich (Rampenandockung) - Ladegutsicherung - Staplerfahren	- Be- und Entladen (Rangieren) - mangelnde Ausbildung/Schulung - Be- und Entladen	x		x		
TU_10	- wenn Achtsamkeit durch kleine menschliche Fehler nicht gegeben (kleinere Blechschäden, meist innerstädtisch) - Achtsamkeit (Unachtsamkeit) anderer Verkehrsteilnehmer	- Ablenkung (während der Fahrt) - Ablenkung anderer Verkehrsteilnehmer				x	x
TU_11	- Be- und Entladen	- Be- und Entladen	x				
TU_12	- Be- und Entladen (Fahrer verletzt sich)	- Be- und Entladen	x				
TU_13	- beim Fahrer -> Übermüdung	- Fahrer (Übermüdung)		x			
TU_14	- Fahrer (Unaufmerksamkeit, Übermüdung, Stress) - Fahrer (Beladefehler)	- Fahrer (Unaufmerksamkeit, Übermüdung, Stress) - Fahrer (Beladefehler)	x	x		x	
TU_15	- Streifungen - Auffahren des Folgeverkehrs	- Streifungen - Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer					x
TU_16	- Fahrer (mangelnde Ausbildung wegen Fahrermangel)	- Fahrer (mangelnde Ausbildung)			x		
TU_17	- Fahrer (Unachtsamkeit)	- Fahrer (Unachtsamkeit)				x	
TU_18	- Interaktion von Fußgängern und PKW-Verkehr mit LKWs am Gelände	-Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer					x
TU_19	- Be- und Entladen (Schäden an der Ladung) - Fahrer (Fahrfehler)	- Be- und Entladen - Fahrer (Fahrfehler)	x			x	
TU_20	- Fahren auf unbefestigten Straßen	- Beladen	x				

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:														
Bei welchen Systemen sehen Sie die wenigsten Probleme bei der praktischen Umsetzbarkeit bei Ihnen im Betrieb?														
	Vermeidung von Fracht- und Ladungsschäden durch Unfall	Schadensbegrenzung am Fahrzeug	Vermeidung von Unfallfolgen für Fahrer	Vermeidung von Unfallfolgen für andere Verkehrsteilnehmer	Unterstützung beim Finden von freien Abstellplätzen auf der Autobahn	Automatisierte Zu- und Abfahrt zu Rampen	Assistenz beim Anfahren bei der Verladung von Wechsellaufbauten	Automatisierter Werksverkehr	Automatisiertes Be- und Entladen	Assistent zur Ladungsverteilungsoptimierung	Platooning	Automatisiertes Fahren auf der Autobahn	Automatisiertes Ein- und Ausfahren bei Haltestellen	Teilautomatisierter Stadtverkehr (Fahrer überwachend)
Interviewpartner	Systeme													
TU_01		x	x	x										
TU_02	x	x	x											
TU_03	x	x	x	x	x					x				
TU_04		x	x	x										
TU_05										x		x		
TU_06	keine näheren Angaben													
TU_07	x	x	x	x	x									
TU_08			x	x	x	x	x	x			x	x		
TU_09	keine näheren Angaben													
TU_10	keine näheren Angaben													
TU_11						x	x							
TU_12			x		x		x					x		
TU_13	x	x	x	x	x		x			x	x	x		
TU_14	keine näheren Angaben													
TU_15	x	x	x	x							x		x	
TU_16	x	x	x	x				x			x	x		
TU_17	x	x	x	x										
TU_18								x	x		x			
TU_19	x	x	x	x	x			x			x	x		
TU_20										x				
Summe	8	10	12	10	6	2	4	4	2	3	6	6	0	1
	Bemerkung													
	da Ihn als Aufbauhersteller diese Systeme eigentlich nicht betreffen bei allen Systemen die bei neuanschaffung Verbaut sind alle Systeme bei denen Fahreingriff nicht merkbar ist wären gut integrierbar													
	Problem: SCHNITTSTELLE zwischen Truck und Trailer													

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:										
Bei welchem der genannten Systeme sehen Sie die größten Probleme bei der praktischen Umsetzbarkeit bei Ihnen im Betrieb und welche Probleme könnten das konkret sein?										
Interview-partner	Antworten			Reduzierte Kategorien	Reduzierte Kategorien					
	Systeme	Grund			Personenbezogene Gründe		Betriebliche Struktur			
					Fahrer-akzeptanz und -zumutbarkeit	Kunden-akzeptanz	Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer	Transportgut immer unterschiedlich	Mangelnder Bedarf im Unternehmen	Systemkosten zu hoch
TU_01	12	ist unter realen Bedingungen arbeitsrechtlich unverantwortlich (Ruhezeit statt Lenkzeit), LKW-Fahrer müssen jetzt schon viel zu viele Stunden arbeiten um genug zu verdienen		- Zumutbarkeit für Fahrer nicht gegeben	x					
TU_02	4	weil andere Verkehrsteilnehmer oft Rücksichtslos, haben keinen Bezug zu LKW		- Mangelndes Bewusstsein von anderen Verkehrsteilnehmern für LKW-Erfordernisse			x			
TU_03	9	wegen Sondertransporte (immer alles "sonder"!)		- Transportgut ist immer unterschiedlich (Maschinen)				x		
TU_04	10 11 12	weil jedes Transportgut (Kompaktgut) immer anders ist und Verteilung der Ladung nach Kunden (Abladeorten) wegen Gewichten oft schwierig, kein Fernverkehr im Unternehmen, Mensch reagiert in Notsituation besser (z.B. Reifenplatzer), Wenn Fahrer trotzdem überwachend muss bringt es für Arbeitszeit nichts		- Transportgut ist immer unterschiedlich (v.a. bei Kompaktgut: Ladungsverteilung ist schwierig) - Umsetzbarkeit im Betrieb nicht gegeben (kein Fernverkehr) - Mensch reagiert in Ausnahmesituation besser als System - Fahrerarbeitszeit: bringt keinen Vorteil, da beschränkt	x			x	x	
TU_05	11	wegen Entladen auf einzelnen Baustellen		- Mangelnder Bedarf im Unternehmen (mehrere Baumaschinen)					x	
TU_06		Kosten (Systeme zu teuer)		- Systemkosten zu hoch						x
TU_07	9 13 11	da müssten alle Koffer gleich sein Unfallrisiko zu hoch zu wenige Fahrten in gleiche Richtung mit mehreren Fahrzeugen		- Transportgut ist immer unterschiedlich (Koffer) - Personengefährdung (spielende Kinder im Haltestellenbereich) - Mangelnder Bedarf im Unternehmen (Schulkinder)			x	x	x	
TU_08	1 2 9 10 11	bei allen nicht wirklich Probleme, eher Handlungsbedarf im Betrieb (Personalschulungen, neue Systeme, neue Konstruktionen)		-						
TU_09	8 9	beide wegen hohen Investitionskosten		- Systemkosten zu hoch						x
TU_10	11	bei allen Systemen bei denen ein Fahreingriff merkbar ist und die deaktiviert werden können (werden dann von Fahrer deaktiviert), wegen Kundenwahrnehmung schwierig umsetzbar		- keine/geringe Fahrerakzeptanz erwartet	x	x				
TU_11	8 1 Phantasie	Betrieblichen Systeme sind für die Umsetzung solcher Systeme nicht geeignet, übersteigt Phantasie		- Techn. Integration in bestehenden Betrieb problematisch						
TU_12	1 2 4 6 8 9 10 11	keine Vorstellung über Funktion kleine Schäden können nie ganz vermieden werden in Praxis eher schwer umsetzbar Rampen und Tore immer unterschiedlich; (oft von hinten, oft von der Seite beladen, Höhen unterschiedlich) nur in "abgesicherten Bereichen" vom Werk weil Ladung immer unterschiedlich zu teuer		- Verladeinfrastruktur (Rampen, Tore,...) zu unterschiedlich - Transportgut ist immer unterschiedlich - Systemkosten zu hoch				x		x x
TU_13	6 8 9	Rampen zu unterschiedlich und LKW auch unterschiedlich groß; nur möglich wenn alle Rampen gleich wären technisch noch nicht ausgereift		- Verladeinfrastruktur (Rampen, Tore,...) zu unterschiedlich - Transportgut immer unterschiedlich				x		x
TU_14		bei allen Systemen die eine oder mehrere Kommunikationsschnittstellen aufweisen; Wenn keine einheitliche Schnittstelle können Daten nicht übertragen werden (Truck Trailer Kommunikation)		- Schnittstellen (Truck-Trailer)						
TU_15	7	Haltestellenintervalle zu kurz Systeme zu teuer		- Mangelnder Bedarf im Unternehmen - Systemkosten zu hoch					x	x
TU_16	9 5	weil Ware immer anders ist System ist zu kompliziert, Fahrer können es nicht bedienen Systeme bei denen Infrastruktur geändert werden muss		- Transportgut ist immer unterschiedlich - Systemausführung zu kompliziert - Infrastrukturänderungen	x			x		
TU_17		bei allen Systemen die einen zu hohen Automatisierungsgrad aufweisen => Fahrerberuf wird		- Systemausführungen machen Fahrerberuf unattraktiv	x					
TU_18	k.A.	Fahrerberuf muss aufgewertet werden (Arbeitsbedingungen)		- Fahrerberuf muss aufgewertet werden (Arbeitsbedingungen)	x					
TU_19	9	wegen hohen Anforderungen beim Be- und Entladen der Gesamtfahrzeuge		- Transportgut zu komplex				x		
TU_20	k.A.	beim Laden immer unterschiedliche Umstände (Orte, Lagen, Licht- und		- Verladeinfrastruktur immer unterschiedlich						x

Anhang weitere Detailergebnisse

<u>Systeme:</u>
1. Vermeidung von Fracht- und Ladungsschäden durch Unfall
2. Schadensbegrenzung am Fahrzeug
3. Vermeidung von Unfallfolgen für Fahrer
4. Vermeidung von Unfallfolgen für andere Verkehrsteilnehmer (Radfahrer, Fußgänger, PKW, andere LKW,)
5. Unterstützung beim Finden von freien Abstellplätzen auf der Autobahn
6. Automatisierte Zu- und Abfahrt zu Rampen
7. Assistenz beim Anfahren bei Verladung von Wechsellaufbauten, durch Containerkrane etc.
8. Automatisierter Werksverkehr
9. Automatisiertes Be- und Entladen
10. Assistent zur Ladungsverteilungsoptimierung (inkl. opt.. Gewichtsverteilung, Ladungssicherung und Zeitmanagement)
11. Vision: Virtuelle Deichsel (Zwei LKWs virtuell gekoppelt, nur ein Fahrer)
12. Vision: Automatisiertes Fahren auf der Autobahn (Fahrer hätte z.B. Ruhezeit)
13. Automatisiertes Ein- und Ausfahren bei Haltestellen (inkl. Türsteuerung)
14. Teilautomatisierter Stadtverkehr (Fahrer überwachend)
15. Weiterer Nutzen

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung: Wie viele Ihrer Fahrer würden solche Systeme freiwillig benutzen? Welche Gründe haben Fahrer die Systeme zu nutzen oder zu verweigern?										
Interview-partner	Fahrernutzung in %	Antworten Gründe für Nutzung und/oder Verweigerung	Reduzierte Kategorien	Nutzungsgründe übergeführt in Verweigerungsgründe	Verweigerungsgründe reduziert	Reduzierte Kategorien				
						System zu kompliziert	Bevormundung	Skepsis gegenüber neuem System	Fahrer sieht keinen Vorteil	Niedrige Priorität im Unternehmen (Führungsebene)
TU_01	30	- Nutzung aus technischem Interesse - Bewusstseinsbildung durch Betriebsleiter entscheidend für Verwendung	- Nutzung aus technischem Interesse - Betriebliche Integration der Systeme für Nutzung notwendig	- geringes technisches Interesse - Systeme nicht ausreichen in Betrieb integriert	- geringes technisches Interesse - Niedrige Priorität im Unternehmen					x
TU_02	70	-Keine Gründe für Verweigerung	- Keine Verweigerungsgründe	- Keine	- Keine					
TU_03	50	- wenn Fahrer das System "nicht spürt" verwendet er es eher - geringe Motivation der Fahrer für wirtschaftliches und kraftstoffsparendes Fahren ("weil Sie den Sprit nicht Zahlen...") - "Ego-Problem" der Fahrer spricht gegen Nutzung ("ich bin stärker, schneller...") - Verwendung nur wenn Fahrer dadurch länger arbeiten kann und dadurch besser verdient	- Verwendung der Systeme eher wenn Eingriffe nicht Merkbar - geringer Bezug der Fahrer zum Nutzen der Systeme - Ego-Probleme der Fahrer - Nutzung wenn Fahrer Vorteil dadurch hat	- Eingriff merkbar	- Eingriffe merkbar - kein Bezug zum Nutzen - Bevormundung (Ego)		x		x	
TU_04	20	- Alter der Fahrer, sind skeptisch beim Einsatz wegen Ihrer Berufserfahrung - Fahrer fühlen sich oft auch bevormundet ("Sind der Meinung, dass gewisse Eingriffe nicht notwendig sind...")	- Fahrer fühlen sich bevormundet - ältere Fahrer eher skeptisch		- Bevormundung - Skepsis gegenüber neuen Systemen		x	x		
TU_05	15	- eher jüngere Fahrer würden Systeme nutzen - ältere Fahrer haben kein Vertrauen in Systeme (fühlen sich nicht so sicher oder haben Angst)	- ältere Fahrer eher skeptisch		- Skepsis gegenüber neuen Systemen			x		
TU_06	50	- Fahrer sind skeptisch den Systemen gegenüber da Sie sie noch nicht kennen - niedrige Akzeptanz weil man Vorteile der Systeme noch nicht kennt	- Fahrer sind skeptisch (kennen Systeme noch nicht) - Fahrerakzeptanz (kennen Vorteile der Systeme noch nicht)		- Skepsis gegenüber neuen Systemen - keine Vorteile für Fahrer			x	x	
TU_07	100	- abgeben eines Teils der Verantwortung ans System als Nutzungsgrund - Fahrer denken Sie können Situation selbst besser einschätzen	- Nutzung wenn Fahrer dadurch Vorteil hat - Fahrer sind skeptisch (können Situation selbst besser einschätzen)	- kein Vorteil für Fahrer	- keine Vorteile für Fahrer - Skepsis gegenüber neuen Systemen			x	x	
TU_08	50	- Fahrer wollen sich nicht verändern	- Veränderungsresistenz		- Skepsis gegenüber neuen Systemen			x		
TU_09	30	- Alter der Fahrer und Ihre Routine => fühlen sich bevormundet ("ich kann's selber eh besser...")	- Fahrer fühlen sich bevormundet - ältere Fahrer eher skeptisch		- Bevormundung - Skepsis gegenüber neuen Systemen		x	x		
TU_10	50	- Nutzung wenn Komfortgewinn für Fahrer (Erleichterung der täglichen Arbeit) - Fahrer fühlt sich bevormundet - Subjektives Empfinden ohne System schneller zu sein	- Nutz wenn Vorteil für Fahrer - Fahrer fühlen sich bevormundet - ohne System ist man schneller	- kein Vorteil für Fahrer - kein Vorteil für Fahrer	- kein Vorteil für Fahrer - Bevormundung - kein Vorteil für Fahrer		x		x	
TU_11	100	- alle wenn Systeme in Betrieb integriert werden und von Betriebsleitung "vorgelebt" werden - Fahrentlastung als Nutzungsgrund - keine Gründe der Verweigerung ("Verweigerung ist Entlassungsgrund")	- Betriebliche Integration der Systeme für Nutzung notwendig - Nutzung wenn Vorteil für Fahrer	- Systeme nicht ausreichend in Betrieb integriert - kein Vorteil für Fahrer	- System nicht ausreichend in Betrieb integriert - kein Vorteil für Fahrer				x	x
TU_12	40	- Akzeptanzprobleme aufgrund des Alters der Fahrer - Systeme die "nerven" werden eher deaktiviert - Systeme müssen "idiotensicher sein"	- ältere Fahrer akzeptanzproblem - Fahrer sieht keinen Nutzen - System zu kompliziert	- kein Vorteil für Fahrer	- Skepsis gegenüber neuen Systemen - kein Vorteil für Fahrer - System zu kompliziert	x		x	x	
TU_13	70	- Systeme sind zu kompliziert, v.a. für ältere Fahrer - System muss Vorteil für Fahrer bringen - Nutzung wenn Fahrer motiviert wird (z.B. Bonuszahlungen)	- System zu kompliziert - Nutzung nur wenn Vorteil für Fahrer - Nutzung nur wenn Vorteil für Fahrer	- kein Vorteil für Fahrer	- System zu kompliziert - kein Vorteil für Fahrer	x			x	
TU_14	35	- Bevormundung - kein Vertrauen in Technik (können es selbst besser)	- Fahrer fühlen sich bevormundet - Fahrer skeptisch		- Bevormundung - Skepsis gegenüber neuen Systemen		x	x		
TU_15	100	- Fahrernutzung durch interne Schulungen verbessert	- Betriebliche Integration der Systeme für Nutzung notwendig	- Systeme in Betrieb nicht ausreichend integriert	- System nicht ausreichend in Betrieb integriert					x
TU_16	60	- Fahrer können es selber besser - Fahrer haben Angst, dass sie ersetzt werden - Systeme zu kompliziert	- Fahrer skeptisch - Fahrer haben Angst, dass sie ersetzt werden - System zu kompliziert	- kein Vorteil für Fahrer	- Fahrer skeptisch - kein Vorteil für Fahrer - System zu kompliziert	x		x	x	
TU_17	80	- Freude am Fahren geht verloren (ständig überwacht und reglementiert) - Fahrer können es selber besser	- kein Vorteil für Fahrer - Fahrer skeptisch		- kein Vorteil für Fahrer - Fahrer skeptisch			x	x	
TU_18	k.A.	- Nutzug von Priorität im Unternehmen abhängig	- Betriebliche Integration der Systeme für Nutzung notwendig	- Systeme in Betrieb nicht ausreichend integriert	- System nicht ausreichend in Betrieb integriert					x
TU_19	50	- Leidenschaft für Beruf (Fahrer wollen selber Fahren) - Fahrer können es selber besser - Fahrer haben Angst den Job zu verlieren	- kein Vorteil für Fahrer - Fahrer skeptisch - kein Vorteil für Fahrer		- kein Vorteil für Fahrer - Fahrer skeptisch - kein Vorteil für Fahrer			x	x	
TU_20	0	- Fahrer "alteingesessen" (wollen selber Fahren) - Fahrer bewegen sich mit Fahrzeug im Grenzbereich => kaum automatisierbar	- kein Vorteil für Fahrer						x	

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:							
Glauben Sie, dass Teilautomatisierung im Gütertransport/Personentransport für bestimmte Funktionen in den nächsten Jahren eine spürbare Rolle für Sie spielen wird?							
		Reduzierte Kategorien					
		Ja		Nein			
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien		Ja	eher Ja	eher Nein	Nein
TU_01	- eher Ja, durch Druck der Industrie (Preise weiter senken)	- eher Ja			x		
TU_02	- für mich eher nicht, wenn dann auf Autobahn	-eher Nein				x	
TU_03	- eher nicht, wenn dann nur langsam wegen Sondertransport	- eher Nein				x	
TU_04	- Ja, aber nur geringe Rolle	- eher Ja			x		
TU_05	- Für unser Unternehmen kaum	- eher Nein				x	
TU_06	- Ja, v.a. wegen innerstädtischen Verordnungen	- Ja		x			
TU_07	- Ja bestimmt, wenn Systeme ausgereift	- Ja		x			
TU_08	- hofft/glaubt nicht, weil zuerst im Fernverkehr und Unternehmen eher Nahverkehrskunden	- eher Nein				x	
TU_09	- Nein	- Nein					x
TU_10	- Ja!	- Ja		x			
TU_11	- Ja	- Ja		x			
TU_12	- Ja, v.a. bei Wechselbrücken	- Ja		x			
TU_13	- Ja	- Ja		x			
TU_14	- Ja	- Ja		x			
TU_15	- eher nicht/Ja	- eher ja			x		
TU_16	- Ja	- Ja		x			
TU_17	- Ja	- Ja		x			
TU_18	- Ja	- Ja		x			
TU_19	- Ja	- Ja		x			
TU_20	- Ja	- Ja		x			

Fragestellung:					
Glauben Sie, dass autonomes Fahren im Gütertransport/Personentransport in den nächsten Jahrzehnten kommen wird?					
			Reduzierte Kategorien		
			Ja	in Teilbereichen	Nein
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Ja	in Teilbereichen	Nein
TU_01	- auf der Autobahn, sonst eher nicht	- Ja, in Teilbereichen		x	
TU_02	- Ja	- Ja	x		
TU_03	- Ja partiell	- Ja, in Teilbereichen		x	
TU_04	- Ja, sicher	- Ja	x		
TU_05	- wäre Notwendig (wegen Umwelt), großes Hindernis wird Politik	- ?			
TU_06	- auf Teiletappen unter bestimmten Bedingungen, immer Überwacht	- Ja, in Teilbereichen		x	
TU_07	- Ja, aber nicht im Individualverkehr, eher im Linienverkehr	- Ja, in Teilbereichen		x	
TU_08	- Ja, ist vorstellbar aber großes Risiko mit 40to	- Ja	x		
TU_09	- Nein	- Nein			x
TU_10	- Ja, hoffe schon, wäre wünschenswert	- Ja	x		
TU_11	- Ja	- Ja	x		
TU_12	- Ja	- Ja	x		
TU_13	- Ja	- Ja	x		
TU_14	- Ja	- Ja	x		
TU_15	- Ja	- Ja	x		
TU_16	- Ja	- Ja	x		
TU_17	- Ja, glaubt schon	- Ja	x		
TU_18	- Ja	- Ja	x		
TU_19	- Ja	- Ja	x		
TU_20	- Ja	- Ja	x		

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:						
In welchen Bereichen könnte automatisiertes oder autonomes Fahren nach Ihrer Einschätzung realistisch eingesetzt werden?						
			Reduzierte Kategorien			
			Autobahn	geeigneten/vorgesehenen Bereiche		
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Autobahn	bestimmte Fahrbahnbereiche	bestimmte Stadtgebiete	Werksverkehr/ bestimmte Werksabschnitte
TU_01	- Autobahn - Rückwärtsfahren eingeschränkt wegen unterschiedlichen Fahrzeugkombinationen	- Autobahn - in geeigneten Bereichen	x			x
TU_02	- Autobahn - Schnellstraßen	- Autobahn - Schnellstraßen (bestimmte Straßen)	x	x		
TU_03	- auf Transitstrecken, Autobahn - am ehesten bei Leerfahrten (wegen Sondertransporten)	- Autobahn	x			
TU_04	- im Fernverkehr - abschnittsweise auf gewissen Straßen	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (bestimmte Straßen)	x	x		
TU_05	- im Fernverkehr	- Autobahn	x			
TU_06	- k.a.					
TU_07	- auf der Autobahn - im Linienverkehr	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Linienverkehr)	x		x	
TU_08	- auf Autobahn (Fernverkehr und Containerverkehr)	- Autobahn	x			
TU_09	- k.a.					
TU_10	- am Betriebshof für tägliches Fahrzeughandling - auf Autobahn - autonomie in der Stadt in dieser Reihenfolge Umsetzbarkeit denkbar	- in geeigneten Bereichen (Betriebshof => Werksverkehr) - Autobahn - in geeigneten Bereichen (innerstädtisch)	x		x	x
TU_11	- auf Autobahn - beim andocken an Rampen - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (andocken an Rampe) - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_12	- auf Autobahn - in geeigneten Weksbereichen	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_13	- auf Autobahn - im Linienverkehr (immer gleiche Routen)	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Linienverkehr)	x			
TU_14	- auf Autobahn - im Werk	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_15	- bei Spurbundenen Fahrzeugen - auf Autobahn	- Autobahn	x			
TU_16	- auf Autobahn - beim Werksverkehr	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_17	- auf Autobahn - beim Werksverkehr	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_18	- auf Autobahn - beim Werksverkehr	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_19	- auf Autobahn - beim Werksverkehr	- Autobahn - in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)	x			x
TU_20	- in standardisierter Umgebung	- in geeigneten Bereichen (Werksverkehr)				x

Anhang weitere Detailergebnisse

Fragestellung:								
Glauben Sie das automatisiertes Fahren in den nächsten Jahrzehnten den Gütertransport stark verändern wird?								
Interview-partner	Antworten (paraphrasiert + generalisiert)	Reduzierte Kategorien	Ja	Nein	Reduzierte Kategorien			
					Fahrer		Infrastruktur	Kosten
					Fahrer ausbildung /-schulung	Arbeitsbedingungen für Fahrer	Infrastruktur	Kosten
TU_01	- Ja: - andere Fahrerausbildung notwendig (Zielkonflikt: "besser und billiger") - Kostendruck wird weiter Steigen wenn durch Systeme einsparungen erzielt werden können	- Fahrer (Ausbildung/Schulung) - Kostendruck größer	x		x		x	
TU_02	- Ja, ins Positive: - weniger Druck für Fahrer - bessere Arbeitsbedingugnen	- Fahrer (bessere Bedingugnen)	x			x		
TU_03	- nicht wirklich			x				
TU_04	- Ja: - Arbeitsbedingugnen für Fahrer - Verkehrsinfrastruktur (eigene Spur...)	- Fahrer (Arbeitsbedingungen) - Verkehrsinfrastruktur	x			x	x	
TU_05	- wäre wünschenswert zur: - Kostensenkung - mit einem Fahrer große Kapazitäten...	- Fahrer (Arbeitsbedingungen)				x	x	
TU_06	- eher Ja: (- Betriebs interne Automatisierung wird vorantreiben) - Fahrerschulungen notwendig (- Mensch trotzdem unverzichtbar wegen Unfällen/Pannen))	- Fahrer (Ausbildung/schulung)	x		x			
TU_07	- Ja, nur wenn privates Fahren eingeschränkt wird	- Verkehrsinfrastruktur	x				x	
TU_08	- Ja, aber schwer zu beurteilen		x					
TU_09	- Nein, weil immer jemand überwachen muss ("Fahrer")			x				
TU_10	- Fahreraufgaben verschieben sich - Qualifikationsniveau der Fahrer verschiebt sich - Zusätzliche Aufgaben werden von Fahrern übernommen werden müssen	- Fahrer (Ausbildung/Schulung) - Fahrer (Zusatzaufgaben => Arbeitsbedingungen)	x		x	x		
TU_11	- leicht bis mittel - Fahrerentlastung => Auswirkungen auf Arbeitsbedingungen	- Fahrer (Fahrerentlastung/ Arbeitsbedingungen)	x			x		
TU_12	- Fahrerentlastung - Schaffung neuer Märkte	- Fahrer (Fahrerentlastung)	x			x		
TU_13	- weniger Unfälle => weniger Staus => effizienterer Verkehr - Fahrer eher Regional und nicht mehr im Fernverkehr	- indirekt für Infrastrucktur - Fahrer (Arbeitsbedingungen)	x			x	x	
TU_14	- Fahrer wird zusätzliche Aufgaben übernehmen => höhere Qualifikationsanforderungen an Fahrer	- Fahrer (Zusatzaufgaben -> Arbeitsbedingungen) - Fahrerausbildung (Qualifikation)	x		x	x		
TU_15	- Ja, auf Fahrer	- Fahrer (Arbeitsbedingugnen)	x			x		
TU_16	- Auswirkungen für Fahrer (Lenk- und Ruhezeiten...) - Arbeitsbedingungen werden besser - Fahrer werden (hoffentlich) besser ausgebildet - negativ für Bahn	- Fahrer (Arbeitsbedingungen) - Fahrerausbildung - negativ für Bahn	x		x	x		
TU_17	- Preisdruck wird steigen	- Preisdruck größer	x				x	
TU_18	-Ja -Transportdisposition einfacher und effektivität höher	- Kosten	x				x	
TU_19	- Arbeitsbedingungen für Fahrer (Ausbildung, zusätzliche Aufgaben)	- Fahrer (Arbeitsbedingungen) - Fahrer (Ausbildung)	x		x	x		
TU_20	- Transport in Zukunft modular - Fahrer wird zu Manager - Fahrer in zukunft höhere Qualifikationsanforderungen	- Fahrer (Arbeitsbedingungen) - Fahrer (Ausbildung)	x		x	x		