GDV
Unfallforschung
der Versicherer

FORSCHUNGSBERICHT NR. 90

Unfallrisiko von Traktoren

Marcel Borrack
David Unger
Thomas Behl
Rainer Hegerfeld
Matthias Kühn

GDV
Unfallforschung
der Versicherer

im Auftrag der Unfallforschung der Versicherer (UDV)
Forschungsbericht Nr. 90

Unfallrisiko von Traktoren

Bearbeitet durch:
AZT Automotive GmbH
Allianz Zentrum für Technik

Allianz

Marcel Borrack
David Unger
Thomas Behl

Mit Unterstützung durch:
Landwirtschaftlicher Versicherungsverein Münster

LVM VERSICHERUNG

Rainer Hegerfeld

Projektleitung bei der UDV:
Dr. Matthias Kühn

Herausgeber
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.
Unfallforschung der Versicherer
Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin
Tel. 030 / 20 20 - 50 00, Fax 030 / 20 20 - 60 00
www.gdv.de, berlin@gdv.de
www.udv.de, unfallforschung@gdv.de
www.facebook.com/unfallforschung
@unfallforschung
www.youtube.com/unfallforschung

Redaktion
Dr. Matthias Kühn

Bildnachweis
Die Nutzungsrechte der in dieser Broschüre abgebildeten Fotos liegen bei der Unfallforschung der Versicherer

Erschienen
07/2023

ISBN-Nr.:
978-3-948917-21-0

Alle Ausgaben
auf UDV.de

Disclaimer
Die Inhalte wurden mit der erforderlichen Sorgfalt erstellt. Gleichwohl besteht keine Gewährleistung auf Vollständigkeit, Richtigkeit, Aktualität oder Angemessenheit der darin enthaltenen Angaben oder Einschätzungen.

0.1 Inhaltsverzeichnis

0.1 Inhaltsverzeichnis 4

1 Kurzfassung – Abstract 8

2 Literaturrecherche 19

2.1 Definition: Landwirtschaftliche Zugmaschine 19

2.2 Typgenehmigung 21

2.3 Straßenverkehrsordnung & Straßenverkehrszulassungsordnung 22

2.3.1 Zulassung 22

2.3.2 Fahrerlaubnisklassen und Besonderheiten im Fahrerlaubnisrecht 23

2.3.3 Versicherung und Kennzeichnung von lof-Fahrzeugen 23

2.3.4 Hauptuntersuchung und Sicherheitsüberprüfung 24

2.3.5 Fahrzeugabmessungen 24

2.3.6 Fahrzeugmasse 25

2.3.7 Beleuchtung und Markierung 26

2.3.7.1 lof-Zugmaschinen 26

2.3.7.2 lof-Anhänger & -Geräte 27

2.3.7.3 Seitliche Kenntlichmachung 29

2.3.7.4 Rundumleuchte 30

2.3.8 Bremsanlage 31

2.3.9 Lenkung 32

2.3.10 Reifen 32

2.3.11 Spiegel 33

2.3.12 Unterfahrschutz 33

2.3.13 Sicherheitsgurt 34

2.3.14 Sicherungs- und Warneinrichtungen 35

2.3.15 Ladungssicherung 35

2.3.16 Besonderheiten bei Anhängern, Geräten und Frontanbauten 36

2.3.17 Straßenverschmutzung 37

2.3.18 Personenbeförderung auf lof-Anhängern 37

2.3.19 Brauchtumsveranstaltungen 37

2.3.20 Akzeptanzfördernde Maßnahmen 39

2.4 Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Sicherheitshinweise 39

2.5 Optionale Sicherheitsausstattung und Schutzmaßnahmen 40

2.5.1 ABS und ESP 40

2.5.2 Bremssysteme für lof-Anhänger....41
2.5.3 Frontzapfwellenbremse....42
2.5.4 Fahrwerksoptimierung....42
2.5.5 Lenkungsauslegung....42
2.5.6 Kamerasysteme....43
2.5.7 Lenkassistent....43
2.6 Bestehende Unfallanalysen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen....44
2.6.1 Europa....44
2.6.2 Italien....45
2.6.3 Niederlande....45
2.6.4 Österreich – Statistik....47
2.6.5 Österreich – Tödliche Traktorunfälle....48
2.6.6 Schweden....48
2.6.7 Vereinigte Staaten von Amerika – North Carolina....50
2.6.8 Vereinigte Staaten von Amerika – Ohio....51
2.6.9 Zusammenfassung bestehender Unfallanalysen....53
3 Amtliche Statistik zum Unfallgeschehen von LZM in Deutschland....54
3.1 Entwicklung der amtlichen Unfallzahlen....55
3.2 Mittlere Verunglücktenrate nach Verletzungsschwere....63
4 Versicherungs- und Versicherungsschadenstatistik....67
5 LZM-Unfalldatenbank....71
5.1 Aufbau und Struktur der Datenbank....71
5.1.1 Selektion der Schadenfälle....71
5.1.2 Merkmale und Ausprägungen....71
5.1.3 Füllungsgrad....72
5.1.4 Landwirtschaftliche Zugmaschinen der Datenbank....73
5.1.5 Verteilung der Unfallorte....74
5.1.5.1 Postleitzahlgebiete....74
5.1.5.2 Landwirtschaftsflächenanteil des Landkreises....76
5.1.5.3 Verteilung der Unfälle und Unfallrate....78
5.1.5.4 Alter und Leistung der verunfallten landwirtschaftlichen Zugmaschinen....78
5.2 Auswertung allgemeiner Unfallmerkmale....78
5.2.1 Polizeiliche Meldung des Unfalls....79
5.2.2 Fahrergeschlecht und Fahreralter....80
5.2.3 Ortslage und Lichtverhältnisse....81

5.2.4 Witterungseinflüsse 83
5.2.5 Unfallmonat 83
5.2.6 Unfallwochentag 84
5.2.7 Unfalluhrzeit 85
5.2.8 Unfallart 85
5.2.9 Unfalltyp 87
5.2.10 Unfallursache 91
5.2.11 Unfallgegner 93
5.2.12 Unfallgegner Pkw – Außenfarbe 94
5.2.13 Mithaftung des Geschädigten 95
5.2.14 Unfallkategorie 96
5.2.15 Verletzungsfolge 97
5.2.16 Collision Deformation Classification (CDC) Richtung 98
5.2.17 Charakteristik der Unfallstelle 99
5.2.18 Traktorspezifische Auswertung 100
5.2.18.1 LZM – Motorleistung und Nutzungsart 100
5.2.18.2 Anbaugeräte und Fahrzeugkonfiguration 102
5.2.18.3 Position des Frontladers 104
5.2.18.4 Technische Mängel und Fahrtrichtungsanzeiger 105
5.3 Auswertung der Unfälle mit Schwerstverletzten (MAIS 3+) 106
5.3.1 Allgemeine Unfalldaten 107
5.3.2 Daten zum Fahrer der LZM 109
5.3.3 Daten zur landwirtschaftlichen Zugmaschine 109
5.3.4 Unfallortslage und Unfallzeitpunkt 110
5.3.5 Unfallart und Unfalltyp 112
5.3.6 Unfallursachen 114
5.3.7 Unfallgegner der LZM 116
5.3.8 Anstoß zwischen LZM und Zweirad 116
5.4 Auswertung nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners 116
5.4.1 Unfälle zwischen LZM und Pkw 117
5.4.1.1 Unfalltyp 30x und 32x (n = 170) 118
5.4.1.2 Unfalltyp 202 (n = 93) 119
5.4.1.3 Unfalltyp 68x (n = 47) 120
5.4.2 Unfälle zwischen LZM und motorisierten Zweirädern 120
5.4.2.1 Unfalltyp 202 (n = 42) 122
5.4.2.2 Unfalltyp 30x und 32x (n = 33) 123
5.4.2.3 Unfalltyp 211 (n = 14) 123

5.4.3 Unfälle zwischen LZM und Radfahrern 124
5.4.3.1 Unfalltyp 30x/32x und 34x (n = 13) 125
5.4.3.2 Unfalltyp 22x und 24x (n = 7) 126
5.4.3.3 Unfalltyp 68x (n = 7) 126
5.4.4 Unfälle zwischen LZM und Fußgängern 127
5.4.5 Unterschiede und Gemeinsamkeiten 127
5.5 Kurzfazit Auswertung LZM-Unfalldatenbank 128

6 Ableitung von Schadenverhütungsmaßnahmen bei LZM-Unfällen auf öffentlichen Straßen 129
6.1 Übersicht über die Adressierbarkeit von Schadenverhütungsmaßnahmen bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen 129
6.2 Beschreibung der SV-Maßnahmen bei LZM 133
6.2.1 Fahrerassistenzsysteme bei LZM 133
6.2.2 Sichtbarkeit der LZM und Anhänger bzw. Geräte 143
6.2.3 Passive Schutzeinrichtungen bei LZM 146
6.2.4 Sonstige Schadenverhütungsmaßnahmen bei LZM 148
6.2.5 Fahrzeugvernetzung 148
6.3 Beschreibung sonstiger Schadenverhütungsmaßnahmen 150
6.3.1 Infrastrukturelle Maßnahmen 150
6.3.2 Weitere Maßnahmen 150

Zusammenfassung 153
A.1 Abbildungsverzeichnis 157
A.2 Abkürzungsverzeichnis 160
A.3 Bildnachweise 163
A.4 Literaturverzeichnis 164
A.5 Tabellenverzeichnis 174

1 Kurzfassung – Abstract

Motivation

In einem Vorgängerprojekt hat die Unfallforschung der Versicherer (UDV) zusammen mit der Allianz Versicherungs-AG und dem Landwirtschaftlichen Versicherungsverein Münster a.G. (LVM) Personenschadenunfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen (LZM) untersucht. Dazu wurde eine Unfalldatenbank mit 1.010 Unfällen der Jahre 2006 bis 2008 aus ganz Deutschland aufgebaut und analysiert.

Erste Auswertungen der nationalen Statistik sowie der Unfalldatenbank der Versicherer (UDB) lassen darauf schließen, dass sich das Unfallgeschehen mit LZM seitdem verändert hat. Auch deuten größere und schnellere Traktoren auf ein verändertes Unfallgeschehen hin. Eine Kurzauswertung der amtlichen Statistik bezüglich der Entwicklung von LZM-Unfällen zwischen 2009 und 2018 zeigte unter anderem, dass die Zahl der Unfälle mit Beteiligung von LZM insgesamt leicht gestiegen ist. Die Entwicklung der Zahl der dabei Getöteten unterliegt starken Schwankungen, scheint aber insgesamt gesehen leicht rückläufig zu sein. Auch die Kollisionen mit Personenkraftwagen (Pkw) sind gegenüber 2009 gestiegen und machen 46 % aller Unfälle mit LZM aus. Die Zahl der Kollisionen mit Radfahrern[1] ist ebenfalls deutlich gestiegen. Eine besonders starke Zunahme ist zudem bei Alleinunfällen von LZM zu verzeichnen.

Analog zum Vorgängerprojekt sollen belastbare Erkenntnisse und Erklärungsmuster für diese Entwicklungen auf der Basis von Schadenakten der Versicherer erarbeitet werden. Das Projekt soll aufzeigen, welche Faktoren das Unfallgeschehen in den letzten Jahren beeinflusst haben und welche Ansätze zur positiven Entwicklung des Unfallgeschehens beitragen können.

Dazu sollen Handlungsempfehlungen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit abgeleitet werden.

Amtliche Statistik zum Unfallgeschehen von LZM in Deutschland

Die Zahl der Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung landwirtschaftlicher Zugmaschinen ist weiterhin in etwa auf dem Niveau des Jahres 2008. Unter Berücksichtigung des stetig steigenden Fahrzeugbestandes ist jedoch positiv festzustellen, dass dieser insgesamt nicht mit einem Anstieg der Personenschadenunfälle einherging. Die detaillierte Auswertung der amtlichen Verkehrsunfallstatistik weist jedoch auf die besondere Schwere der Unfälle mit LZM hin. Für die Statistikjahre 2005 bis 2021 zeigt sich eine sehr geringe Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen an Personenschadenunfällen in Deutschland (min.: 0,56 %; max.: 0,71 %). Demgegenüber steht eine überproportionale Beteiligung von LZM an Unfällen mit Getöteten (min.: 1,29 %; max.: 2,63 %) und

[1] Ausschließlich zum Zwecke einer besseren Lesbarkeit und leichteren Verständlichkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen beziehungsweise einer geschlechtsspezifischen Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen in diesem Dokument sind somit geschlechtsneutral zu verstehen. Das gewählte generische Maskulin ist im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes nicht als geschlechtsspezifisch zu betrachten und bezieht daher immer gleichermaßen weibliche oder diverse Personen mit ein.

Schwerverletzten (min.: 0,86 %; max.: 1,15 %). Auch wenn insbesondere der Anteil an Unfällen mit Todesfolge starken Schwankungen unterliegt, ist im Zeitverlauf für die Beteiligung von LZM an schwerwiegenden Unfällen ein ansteigender Trend zu erkennen. Zudem werden LZM in circa 60 % der Unfälle mit Personenschaden als Hauptverursacher ausgewiesen.

Verunglücktenrate

Wie schwerwiegend Unfälle mit LZM-Beteiligung ausfallen, zeigt sich auch anhand der fahrleistungsbezogenen Verunglücktenrate deutlich. Diese wurde anhand der amtlichen Statistik und vorliegenden Informationen zur Fahrleistung von LZM auf öffentlichen Straßen für die Jahre 2017 bis 2020 ermittelt. Auf dieser Basis ist das Risiko für einen Todesfall bei Unfällen mit LZM-Beteiligung um den Faktor 56 höher als bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung.

Unfalldatenbank

Um aktuelle Erkenntnisse diesbezüglich zu gewinnen und Schadenverhütungsmaßnahmen ableiten zu können wurde analog zum Vorgängerprojekt eine Unfalldatenbank mit Kraftfahrzeughaftpflichtschäden mit Personenschaden der Versicherungen Allianz und LVM aufgebaut. Es wurde eine Vielzahl von Informationen zum Unfallablauf sowie zu den beteiligten Personen und Fahrzeugen erfasst und ausgewertet. Die Datenbank enthält 978 Unfälle aus den Jahren 2017 bis 2020 mit einem Schadenaufwand von mindestens 4.000 €, von denen 905 im öffentlichen Straßenverkehr geschahen und für die weiteren Auswertungen verwendet wurden. Diese 905 Unfälle weisen eine hohe polizeiliche Meldequote von 90 % auf. Somit fließt der überwiegende Anteil auch in die amtliche Unfallstatistik ein und die in die Datenbank aufgenommenen Unfälle bilden in erster Näherung das Unfallgeschehen landwirtschaftlicher Zugmaschinen in Deutschland ab.

Als landwirtschaftliche Zugmaschine können neben Traktoren beispielsweise auch Mähdrescher, Hoflader oder Lkw zugelassen werden. Dementsprechend sind unterschiedliche Fahrzeuge in der Datenbank enthalten, wobei Traktoren mit 93 % den größten Anteil stellen. Das Durchschnittsalter der beteiligten LZM beträgt 16 Jahre. Knapp zwei Drittel der LZM-Unfälle geschehen außerhalb geschlossener Ortschaften und fast 90 % bei Tageslicht. Unfälle außerorts sind für die beteiligten Personen zudem oftmals mit schwerwiegenderen Folgen verbunden. Hauptsächlich spielt sich das Unfallgeschehen mit LZM-Beteiligung mit anteilig mehr als 80 % in den Monaten April bis Oktober ab, was mit dem Unfallgeschehen motorisierter Zweiräder korreliert und sich auch in der Art der Verkehrsbeteiligung gegnerischer Fahrzeuge, besonders bei schwerwiegenden Unfällen, zeigt. Pkw stellen insgesamt mit anteilig knapp zwei Drittel die größte Gruppe der Unfallgegner, gefolgt von motorisierten Zweirädern mit fast 20 % sowie Radfahrern (8 %).

Mit anteilig 97 % sind die LZM-Fahrzeugführer überwiegend männlich. Jeder fünfte ist zudem unter 25 Jahre alt, wobei eine Korrelation zwischen Alter und Unfallschwere nicht festgestellt werden konnte.

Als häufigste Kollisionskonstellationen stellten sich Zusammenstöße mit einbiegenden oder kreuzenden Fahrzeugen, mit vorausfahrenden oder wartenden Fahrzeugen sowie mit entgegenkommenden Fahrzeugen heraus. Diese drei Unfallarten stellen über alle Ortslagen gesehen mehr als 80 % der Unfälle dar. Häufigste Konfliktsituationen sind die Unfalltypen „Abbiege-Unfall“ (35 %), „Einbiegen-/Kreuzen-Unfall“ (28 %) und „Unfall im Längsverkehr“ (19 %). Wie im Vorgängerprojekt besitzt die Konfliktsituation zwischen einer nach links abbiegenden LZM und einem überholenden Fahrzeug (Unfalltyp „202“) mit anteilig 20 % den größten Anteil. In der Altersgruppe der LZM-Fahrer bis 29 Jahre treten Fahrunfälle sowie Unfälle im Längsverkehr überdurchschnittlich häufig auf, bei Fahrern älter als 75 Jahre überwiegen Unfälle beim Einbiegen oder Kreuzen. Als Unfallursachen können den LZM-Fahrzeugführern sehr häufig „Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Ausfahren“ (38 %) sowie Fehler in Verbindung mit „Vorfahrt, Vorrang“ (24 %) zugeordnet werden. In 32 % der Unfälle tragen auch die Unfallgegner zum Hergang bei, in mehr als der Hälfte dieser Fälle handelt es sich um Situationen mit abbiegenden LZM. Seitens Unfallgegner können dabei überwiegend Fehler beim Überholen beobachtet werden.

Dem hohen Anteil von Unfällen in Situationen beim Abbiegen, Einbiegen oder Kreuzen entsprechend, sind die häufigsten Unfallstellen Einmündungen (50 %) sowie Kreuzungen (20 %). Außerorts kann insbesondere der Straßenschnittpunkt „Feldweg – übergeordnete Straße“ als Unfallschwerpunkt identifiziert werden, vor allem für Unfälle mit Schwerstverletzten.

Die unfallbeteiligten LZM führen überwiegend mindestens einen Anhänger mit sich (60 %) oder waren mit einem Anbaugerät am hinteren Dreipunktkraftheber ausgestattet (14 %). Ohne Anhänger oder Anbaugeräte sind die LZM an 22 % der Unfälle beteiligt. Bei verbautem Frontlader befindet sich dieser in jeweils der Hälfte der Fälle in der oberen bzw. unteren Position. Mit anteilig 7 % tragen technische Mängel an der LZM oder am landwirtschaftlichen Gespann verhältnismäßig oft zum Unfallhergang bei. Vor allem bei Abbiegeunfällen kann ein hoher Anteil funktionsuntüchtiger Fahrtrichtungsanzeiger (14 %) beobachtet werden.

Unfälle mit Schwerstverletzten

Für die tiefgehende Analyse von Unfällen mit Schwerstverletzten wurden die Verletzungsfolgen nach AIS klassifiziert und die Unfälle mit einem MAIS-Wert von mindestens „3“ identifiziert und ausgewertet. 157 Unfälle (17 %) auf öffentlichen Straßen wiesen Unfallbeteiligte mit dieser Verletzungsschwere auf. Verglichen mit dem Gesamtunfallgeschehen zeigen sich nun teilweise deutliche Unterschiede. Motorisierte Zweiräder stellen bei MAIS 3+ Unfällen mit anteilig 45 % annähernd jeden zweiten Unfallgegner. Radfahrer sind ebenfalls an schwerwiegenden Unfällen deutlich häufiger beteiligt (19 %), wogegen der Anteil beteiligter Pkw sich gegenüber allen Unfällen mehr als halbiert (24 %). Hier wird einmal mehr das Risiko schwerster Verletzungsfolgen für ungeschützte Verkehrsteilnehmer deutlich.

Das hohe Gefährdungspotenzial von Verkehrssituationen mit abbiegenden LZM wird besonders bei Unfällen mit Schwerstverletzten deutlich: nahezu jeder zweite dieser Unfälle ist ein Abbiege-Unfall (45 %). Auch hier tritt der Konflikt zwischen einer nach links abbiegenden

LZM und einem überholenden Fahrzeug (Unfalltyp 202) am häufigsten auf. Bei motorisierten Zweirädern stellt dieser Unfalltyp 48 % der Situationen dar, bei Pkw als Unfallgegner 38 %. Folgende Konstellationen können bei den Abbiegeunfällen als charakteristisch beobachtet werden: Konflikt schneller Unfallgegner mit langsam fahrender LZM; Kollision des Unfallgegners mit Reifen oder Anhänger der LZM; Kollision mit Bäumen infolge Konfliktszenario. „Fehler beim Abbiegen“ (41 %) sind dementsprechend die überwiegenden Unfallursachen seitens LZM-Fahrer, für die Unfallgegner werden besonders häufig „Fehler beim Überholen“ (30 %) sowie „nicht angepasste Geschwindigkeit“ (12 %) festgestellt.

Schadenverhütungsmaßnahmen

Zur weiteren Reduktion der Unfallzahlen und deren Folgen wurden auf Basis der Erkenntnisse aus dem Unfallgeschehen Schadenverhütungsmaßnahmen mit Fokus auf den öffentlichen Straßenverkehr diskutiert und mit Hilfe der LZM-Unfalldatenbank hinsichtlich der Adressierbarkeit bewertet. Dazu sind seitens LZM technische Maßnahmen wie Fahrerassistenzsysteme zu zählen, wie sie zum Teil aus anderen Kraftfahrzeugklassen bereits bekannt sind, oder auch Schutzeinrichtungen die im Kollisionsfall das Verletzungsrisiko der Unfallgegner minimieren sollen. Darüber hinaus kommen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit auch infrastrukturelle Maßnahmen in Frage sowie positive Veränderungen im individuellen Verhalten der Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr.

Bezüglich der potenziellen Fahrerassistenzsysteme für LZM wurden generische Funktionalitäten, angelehnt an heute bereits in anderen Kraftfahrzeugklassen (Pkw, Nutzfahrzeuge) verfügbare beziehungsweise seitens Gesetzgeber vorgeschriebene Fahrerassistenzsysteme, definiert. Die Auswertungen zeigen deutlich, dass eine Übertragung der folgenden Fahrerassistenzsysteme auf LZM einen großen Beitrag zur Vermeidung schwerer Straßenverkehrsunfälle unter Beteiligung von LZM leisten könnte, sofern die technische Umsetzbarkeit gegeben ist. Diesbezüglich wurde zudem eine Einschätzung hinsichtlich des jeweiligen Umsetzungshorizontes (basierend auf Technologieverfügbarkeit und Abschätzung der Komplexität der Übertragung auf LZM) vorgenommen.

Eine kurzfristige Umsetzung für LZM ist denkbar für:

- Front-/Vorbaukamerasysteme zur Unterstützung beim Hereintasten in Einmündungsbereiche, insbesondere bei vorhandenen Sichteinschränkungen. Durch diese technische Maßnahme lassen sich 17 % der Unfälle mit 18 % der Getöteten und Schwerverletzten adressieren.
- Mittels Optimierung des Signalbildes (z. B. Konturmarkierungen aus reflektierenden Folienstreifen) soll die Wahrnehmbarkeit von landwirtschaftlichen Zugmaschinen, deren Anhängern sowie Anbaugeräten für andere Verkehrsteilnehmer verbessert werden. Dadurch lassen sich 6 % der Unfälle und 9 % der Getöteten und Schwerverletzten adressieren.
- Die Sicherstellung der Funktionsfähigkeit der Fahrtrichtungsanzeiger von LZM sowie Anhänger ist insbesondere in Abbiegesituationen für nachfolgende Verkehrsteilnehmer von grundlegender Bedeutung. Durch entsprechende Maßnahmen (z. B. schlag- und stoßgeschützte Gehäuse, robuste

Kabelverbindungen) können 4 % der Unfälle sowie 5 % der Getöteten und Schwerverletzten adressiert werden.

- Mit Rückfahrkamerasystemen zur Unterstützung beim Rückwärtsfahren können bis zu 3 % der Unfälle mit 1 % der Getöteten und Schwerverletzten adressiert werden.

Eine mittelfristige Umsetzung für LZM ist unter anderem denkbar für:

- Spurwechselassistenzsysteme, wie sie beispielsweise aus Pkw bekannt sind. Diese können den LZM-Fahrer über herannahende, überholende Fahrzeuge informieren und zur Kollisionsvermeidung bei Abbiegevorgängen beitragen. Ein solches Assistenzsystem besitzt bei LZM-Unfällen ein sehr großes Vermeidungspotenzial (22 % der Unfälle und 30 % der Getöteten und Schwerverletzten).
- Automatische Notbremsassistenzsysteme zur Vermeidung von Auffahrunfällen und zusätzlich mit Fußgänger- und Radfahrererkennung können 9 % der Unfälle sowie 1 % der Getöteten und Schwerverletzten adressieren. Vergleichbare Systeme gehören in anderen Fahrzeugklassen (Pkw, Lkw) heute bereits zur Pflichtausstattung.

Eine vermutlich langfristige Umsetzung für LZM ist unter anderem denkbar für:

- Zur Unterstützung des LZM-Fahrers beim Einbiegen auf bzw. Kreuzen von übergeordneten Straßen kann der Einbiegen-/Kreuzen-Assistent beitragen. Dieser kann mittels entsprechender Sensoren über Querverkehr informieren und auslegungsabhängig mit automatischen Bremseingriffen Kollisionen vermeiden helfen. Mit diesem Fahrerassistenzsystem lassen sich jeweils 27 % der Unfälle sowie Getöteten und Schwerverletzten adressieren.
- Durch ein Assistenzsystem, dass beim Linksabbiegen entgegenkommende Verkehrsteilnehmer detektieren, den LZM-Fahrer warnen und im besten Fall auch mit einer automatischen Bremsung eingreifen kann, lassen sich je 6 % der Unfälle sowie Getöteten und Schwerverletzten adressieren.
- Darüber hinaus wird von der zukünftigen Fahrzeugvernetzung ein hoher Beitrag zur Verkehrssicherheit erwartet. Für LZM sind im Zuge der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation unter anderem folgende Anwendungsszenarien vorstellbar: Information anderer Verkehrsteilnehmer über vorausfahrende oder einbiegende LZM, über Abbiegeabsicht der LZM oder über liegengebliebene LZM. Für die Fahrzeugvernetzung lässt sich eine sehr hohe Adressierbarkeit von 70 % der Unfälle ermitteln. Aufgrund der unter anderem noch andauernden Entwicklung geeigneter Kommunikationstechnologien oder des Zeitbedarfs für die Durchdringung des Fahrzeugbestandes mit dieser Technologie, wird die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation in naher Zukunft noch keinen nennenswerten Beitrag zur Reduktion der Unfallzahlen leisten können.

Weitere technische Maßnahmen auf Seiten der LZM sind passive Schutzeinrichtungen (Frontunterfahrschutz, seitliche Unterfahrschutzsysteme), die zur Minderung der Verletzungsfolgen auf Seiten der Unfallgegner von LZM beitragen können.

Zur Reduktion des Gefahrenpotenzials von Ein- und Abbiegesituationen wurden auch infrastrukturelle Maßnahmen diskutiert. Eine großflächige kurz- oder mittelfristige Umsetzung ist aufgrund des jeweiligen Kosten–Nutzen–Verhältnisses jedoch schwer vorstellbar. Daher sind die folgenden Maßnahmen als Anregungen zu verstehen:

- Anordnung von Überholverboten und/oder Geschwindigkeitsbeschränkungen
- aufgeweitete Aufstellfläche für LZM zur Erhöhung der Sicherheit beim Linksabbiegen
- Lage von Feldzufahrten auf Sichtverhältnisse bzgl. des Straßenverlaufs prüfen, optimieren und ggf. bündeln
- Brücken, Kreisverkehre, Beschleunigungsstreifen für LZM.

Über die technischen Empfehlungen hinaus kann abschließend zudem von nachfolgenden Ansätzen ein positiver Einfluss auf das individuelle Verhalten der Verkehrsteilnehmer und somit auf das Unfallgeschehen erwartet werden:

- Konsequente Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften durch LZM-Fahrzeugführer
- Fahrsicherheitstrainings für LZM-Fahrzeugführer
- Sensibilisierung aller Verkehrsteilnehmer für die besonderen Gefahren von landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Straßenverkehr.

Motivation

In a previous project, the German Insurers Accident Research (Unfallforschung der Versicherer – UDV), together with the insurance companies Allianz Versicherungs-AG and Landwirtschaftlicher Versicherungsverein Münster a.G. (LVM), investigated accidents with agricultural vehicles (AVs) involving personal injury. For this purpose, an accident database with 1,010 accidents of the years 2006 to 2008 in Germany was set up and analysed.

First analyses of the German Federal Statistical Office (Destatis) as well as the insurers' accident database (UDB) suggest that the accident occurrence involving AVs has changed since then. Also, larger and faster tractors indicate a change in accident occurrence. A brief analysis of the federal statistics regarding the development of accidents involving AVs between 2009 and 2018 showed, among other things, that the number of accidents involving AVs has increased slightly overall. The development of the number of fatalities is subject to strong fluctuations, but appears to be slightly declining overall. Collisions with passenger cars have also increased compared to 2009 and account for 46 % of all accidents with AVs. The number of collisions with cyclists has also increased significantly. A particularly strong increase was also recorded in the case of single-vehicle accidents.

Similar to the previous project, reliable findings and explanatory patterns for these developments are to be developed on the basis of insurers' claims files. The project is to show which factors have influenced the accident occurrence in recent years and which approaches can contribute to the positive development of the accident occurrence.

To this end, recommendations for action to increase road safety are to be derived.

Federal statistics on traffic accidents involving AVs in Germany

The number of accidents with personal injury involving agricultural tractors is still at about the same level as in 2008. Taking into account the steadily increasing number of vehicles, however, it is positive to note that this was not accompanied by an overall increase in accidents involving personal injury. The detailed analyses of the federal traffic accident statistics, however, points to the particular seriousness of accidents with AVs. For the statistical years 2005 to 2021, the involvement of agricultural vehicles in personal injury accidents in Germany is very low (min.: 0.56 %; max.: 0.71 %). In contrast, there is a disproportionately high involvement of agricultural tractors in accidents with fatalities (min.: 1.29 %; max.: 2.63 %) and serious injuries (min.: 0.86 %; max.: 1.15 %). Even though the proportion of fatal accidents in particular is subject to strong fluctuations, an increasing trend can be seen over time for the involvement of AVs in serious accidents. In addition, AVs are identified as the main cause in approximately 60 % of accidents involving personal injury.

Casualty rate

The seriousness of accidents involving AVs is also clearly shown by the mileage-related casualty rate. This was determined on the basis of federal statistics and available information on the mileage of AVs on public roads for the years 2017 to 2020. On this basis, the risk of a

fatality in accidents involving AVs is higher by a factor of 56 than in accidents involving passenger cars.

Accident database

In order to gain up-to-date knowledge in this regard and to be able to derive loss prevention measures, an accident database with motor third party liability claims involving personal injury reported to the insurance companies Allianz and LVM was set up in analogy to the previous project. A large amount of information on the course of the accident as well as on the persons and vehicles involved was recorded and evaluated. The database contains 978 accidents from the years 2017 to 2020 with a claims expenditure of at least €4,000, of which 905 happened on public roads and were used for the further evaluations. These 905 accidents have a high police reporting rate of 90 %. Thus, the majority of them are also included in the federal accident statistics and, as a first approximation, the accidents included in the database provide an overview of the accident occurrence of agricultural vehicles in Germany.

In addition to tractors, combine harvesters, farm loaders or trucks can also be registered as agricultural vehicles. Accordingly, different vehicles are included in the database, with tractors making up the largest share with 93 %. The average age of the AVs is 16 years. Almost two-thirds of the accidents involving AVs occur outside built-up areas and almost 90 % during daylight hours. Accidents outside built-up areas often have more serious consequences for the persons involved. The majority of accidents involving AVs (more than 80 %) occur between April and October, which correlates with the accident occurrence of motorized two-wheelers and is also reflected in the category of road users of opposing vehicles, especially in the case of serious accidents. Passenger cars make up the largest group of the other party, accounting for almost two thirds, followed by motorized two-wheelers with almost 20 % and cyclists (8 %).

With a proportion of 97 %, the drivers of AVs vehicles are predominantly male. One in five is also under 25 years old, however, a correlation between age and accident severity could not be found.

The most frequent collision constellations were collisions with turning or crossing vehicles, with vehicles ahead or waiting, and with oncoming vehicles. These three kind of accidents account for more than 80 % of all accidents in all localities. The most frequent conflict situations are the accident types "turning accident" (35 %), "crossing accident" (28 %) and "accident in longitudinal traffic" (19 %). As in the previous project, the conflict situation between a vehicle turning left and an overtaking vehicle (accident type "202") has the largest share of 20 %. In the group of drivers up to 29 years of age, driving accidents and accidents in longitudinal traffic occur with above-average frequency; for drivers older than 75 years of age, crossing accidents predominate. As causes of accidents, drivers of AVs can very often be attributed "mistakes when turning, reversing, entering" (38 %) as well as mistakes in connection with "priority, precedence" (24 %). In 32 % of the accidents, the other party also contributed to the cause of the accident, in more than half of these cases it was a situation with turning AVs. On the part of the other party, mistakes in overtaking can be observed for the most part.

In accordance with the high proportion of accidents in situations when turning, turning into or crossing, the most frequent accident locations are side road intersections (50 %) and junctions (20 %). Outside built-up areas, the road intersection "farm track – major road" can be identified as an accident black spot, especially for accidents with serious injuries.

Most of the AVs involved in accidents were carrying at least one trailer (60 %) or were equipped with an attachment on the rear three-point hydraulic lift (14 %). AVs without trailers or attachments are involved in 22 % of the accidents. If a front loader is fitted, it is in the upper or lower position in equal proportions. At 7 %, technical defects on the AVs are relatively often responsible for the cause of the accident. A high proportion of inoperable indicators (14 %) can be observed in turning accidents in particular.

Accidents with serious injuries

For the in-depth analysis of accidents with severe injuries, the injury consequences were classified according to AIS and the accidents with a MAIS value of at least "3" were identified and evaluated. 157 accidents (17 %) on public roads involved participants with this injury severity. Compared to the total number of accidents, there are now some clear differences. Motorized two-wheelers account for 45 % of MAIS 3+ accidents, almost every second accident. Cyclists are also involved in serious accidents much more frequently (19 %), whereas the proportion of cars involved is more than halved compared to all accidents (24 %). This once again highlights the risk of serious injuries for vulnerable road users.

The high hazard potential of traffic situations with turning AVs is particularly evident in accidents with serious injuries: almost every second of these accidents is a turning accident (45 %). Here, too, the conflict between a left-turning AV and an overtaking vehicle (accident type 202) occurs most frequently. In the case of motorized two-wheelers, this accident type represents 48 % of the situations, and 38 % in the case of passenger cars. The following constellations can be observed as characteristic for turning accidents: Conflict between a fast moving opponent and a slow moving AV; collision of the opponent with tyres or trailer of the AVs; collision with trees as a result of conflict scenario. "Mistakes made when turning" (41 %) are accordingly the predominant causes of accidents on the part of the driver of the AVs, while "Mistakes made when overtaking" (30 %) and "inappropriate speed" (12 %) are observed particularly frequently for the other party involved in the accident.

Loss prevention measures

In order to further reduce the number of accidents and their consequences, loss prevention measures with a focus on public road traffic were discussed on the basis of the findings from the accident occurrence and evaluated with regard to addressability with the help of the AVs accident database. On the part of AVs, these include technical measures such as driver assistance systems, which are already known in part from other vehicle classes, or protective devices that are intended to minimise the risk of injury to the other party in the event of a collision. In addition, infrastructural measures as well as positive changes in the individual behaviour of road users in road traffic can also be considered to increase road safety.

With regard to potential driver assistance systems for AVs, generic functionalities were defined, based on driver assistance systems already available today in other vehicle classes (passenger cars, commercial vehicles) or prescribed by the legislator. The evaluations clearly show that a transfer of the following driver assistance systems to AVs could make a major contribution to avoiding serious road accidents involving AVs, provided that the technical feasibility is given. In this regard, an assessment was also made with regard to the respective implementation horizon (based on technology availability and estimation of the complexity of the transfer to AVs).

Short-term implementation for AVs is conceivable for:

- Front camera systems to assist when approaching junctions, especially where visibility is restricted. This technical measure can address 17 % of accidents with 18 % of fatalities and serious injuries.
- By optimising the signal image (e.g. contour markings made of reflective foil strips), the visibility of agricultural vehicles, their trailers and attachments for other road users is to be improved. In this way, 6 % of accidents and 9 % of fatalities and serious injuries can be addressed.
- Ensuring the functionality of the indicators of AVs as well as trailers is of fundamental importance for following road users, especially in turning situations. Appropriate measures (e.g. impact and shock-protected housings, robust cable connections) can address 4 % of accidents and 5 % of fatalities and serious injuries.
- With reversing camera systems to support when reversing, up to 3 % of accidents with 1 % of fatalities and serious injuries can be addressed.

Medium-term implementation for AVs is conceivable for, among others:

- Lane change assistance systems, such as those known from passenger cars. These can inform the AVs driver about approaching, overtaking vehicles and contribute to collision avoidance during turning manoeuvres. Such an assistance system has a very high avoidance potential in AVs accidents (22 % of accidents and 30 % of fatalities and serious injuries).
- Autonomous emergency braking systems to avoid rear-end collisions and additionally with pedestrian and cyclist detection can address 9 % of accidents and 1 % of fatalities and serious injuries. Comparable systems are already mandatory in other vehicle classes (cars, trucks).

A presumably long-term implementation for AVs is conceivable for, among others:

- The Turning into/Crossing Assistant can help support the AVs driver when turning into or crossing major roads. By means of appropriate sensors, it can inform the driver about cross-traffic and, depending on the design, help to avoid collisions with autonomous braking interventions. This driver assistance system can address 27 % of accidents, fatalities and serious injuries.
- An assistance system that detects oncoming road users when turning left, warns the driver and, in the best case, can also intervene with autonomous

braking, can address 6 % of accidents as well as fatalities and serious injuries.

- In addition, future vehicle networking is expected to make a major contribution to road safety. In the course of vehicle-to-vehicle communication, the following application scenarios are conceivable for AVs: Information about AVs driving ahead or turning into, about the intention of AVs to turn or about broken-down AVs. For vehicle networking, a very high addressability of 70 % of accidents can be determined. Due to the still ongoing development of suitable communication technologies or the time required for the penetration of the vehicle fleet with this technology, vehicle-to-vehicle communication will not be able to make a significant contribution to reducing the number of accidents in the near future.

Further technical measures on the part of AVs are passive protective devices (front underrun protection, side underrun protection), which can help to reduce the consequences of injuries on the part of the opponents of AVs in accidents.

Infrastructural measures have also been discussed to reduce the hazard potential of entry and turning situations. However, large-scale implementation in the short or medium term is difficult to imagine due to the respective cost-benefit ratio. Therefore, the following measures are to be understood as suggestions: overtaking bans and/or speed restrictions; widened turning area for AVs to increase safety when turning left; check the location of entry to farm tracks for visibility with regard to the course of the road, optimise and bundle if necessary; bridges, roundabouts, acceleration lanes for AVs.

In addition to the technical recommendations, the following approaches can be expected to have a positive influence on the individual behaviour of road users and thus on the occurrence of accidents:

- Consistent compliance with accident prevention regulations by AVs vehicle drivers
- Driving safety trainings for driver of AVs
- Raise awareness among all road users of the particular dangers of agricultural vehicles in road traffic.

2 Literaturrecherche

2.1 Definition: Landwirtschaftliche Zugmaschine

In der Versicherungswirtschaft wird allen Fahrzeugen eine Wagniskennziffer (WKZ) zugeordnet. Diese WKZ werden zur Erstellung von Versicherungs- und Schadenstatistiken und zur Risikobewertung genutzt. Für landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Raupenschlepper ist dabei die WKZ 451 vergeben worden. Im Folgenden soll nun dargelegt werden, welche Fahrzeuge in der WKZ 451 erfasst werden können.

Unter dem Begriff einer landwirtschaftlichen Zugmaschine (LZM) versteht man ein Kraftfahrzeug, dass dem Ziehen von Anhängern, Geräten oder Ähnlichem für landwirtschaftliche Zwecke dient. Derartige Tätigkeiten sind beispielsweise Ackerbau, Viehzucht und Waldwirtschaft. Um den Anforderungen gerecht zu werden, müssen die Zugmaschinen verschiedene bauliche Eigenschaften, wie etwa eine Anhängerkupplung oder eine Zapfwelle, aufweisen [1].

Die Definition von landwirtschaftlichen Zugmaschinen kann der Verordnung (EU) Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. Februar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen (Verordnung des Europäischen Parlaments, 2013) [2] entnommen werden und dient somit als Quelle für alle in diesem Kapitel genannten Daten. Diese Verordnung enthält neben der Definition auch alle wichtigen Regularien, die durch die Fahrzeughersteller beachtet werden müssen, um eine EU-Typgenehmigung für ihre landwirtschaftliche Zugmaschine zu erlangen. Mit dieser Genehmigung können die Fahrzeughersteller ihre Produkte europaweit verkaufen, ohne zusätzlich die Einhaltung von nationalen Vorschriften prüfen zu müssen. Eine „landwirtschaftliche Zugmaschine“ ist laut deutscher Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO), Anlage XXIX, Abschnitt 3 [3], über die EG-Fahrzeugklassen in der Europäischen Union, die auf oben genannter EU-Verordnung Nr. 167/2013 basiert, wie folgt definiert:

Klasse T: alle Zugmaschinen auf Rädern; jeder Klasse von Zugmaschinen auf Rädern wird je nach ihrer Auslegungsgeschwindigkeit am Ende ein Index *a* oder *b* hinzugefügt:

a) *a* für Zugmaschinen auf Rädern mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit (bbH) von höchstens 40 km/h,

b) *b* für Zugmaschinen auf Rädern mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit über 40 km/h.

Klasse T1: Zugmaschinen auf Rädern mit einer Spurweite der dem Fahrer am nächsten liegenden Achse von mindestens 1.150 mm, einer Leermasse in fahrbereitem Zustand von mehr als 600 kg und einer Bodenfreiheit bis 1.000 mm.

Klasse T2: Zugmaschinen auf Rädern mit einer Mindestspurweite von weniger als 1.150 mm, einer Leermasse in fahrbereitem Zustand von mehr als 600 kg, einer Bodenfreiheit bis 600 mm; wenn der Quotient aus der Höhe des Schwerpunkts der Zugmaschine über dem Boden und

der mittleren Mindestspurweite der Achsen mehr als 0,90 beträgt, ist die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h begrenzt.

Klasse T3: Zugmaschinen auf Rädern mit einer Leermasse in fahrbereitem Zustand bis 600 kg.

Klasse T4: Zugmaschinen auf Rädern mit besonderer Zweckbestimmung.

Klasse T4.1: (Stelzradzugmaschinen):
Zugmaschinen, die für den Einsatz in hohen Reihenkulturen, zum Beispiel Rebkulturen, ausgelegt sind. Sie sind durch ein überhöhtes Fahrgestell oder einen überhöhten Fahrgestellteil gekennzeichnet, so dass sie parallel zu den Pflanzenreihen über diese hinweg fahren und dabei eine oder mehrere Reihen zwischen ihre Räder nehmen können. Sie sind zur Beförderung oder zum Antrieb von Geräten konzipiert, die vorn, zwischen Achsen, hinten oder auf einer Plattform angebracht sind. Befindet sich die Zugmaschine in Arbeitsposition, ist die Bodenfreiheit, gemessen in der Vertikalen der Pflanzenreihen, größer als 1.000 mm. Beträgt der Quotient aus der Höhe des Schwerpunkts der Zugmaschine über dem Boden (bei normaler Bereifung) und der mittleren Mindestspurweite der Achsen mehr als 0,90, so ist die bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h begrenzt.

Klasse T4.2: (überbreite Zugmaschinen):
Zugmaschinen, die durch ihre großen Abmessungen gekennzeichnet und speziell zur Bearbeitung großer landwirtschaftlicher Flächen bestimmt sind.

Klasse T4.3: (Zugmaschinen mit geringer Bodenfreiheit):
Zugmaschinen mit Vierradantrieb, deren auswechselbare Geräte für den Einsatz in der Land- und Forstwirtschaft bestimmt sind, mit einem Tragrahmen, einer oder mehreren Zapfwellen, einer technisch zulässigen Masse von höchstens 10 t und einem Verhältnis technisch zulässige Masse / maximale Leermasse in fahrbereitem Zustand unter 2,5 sowie mit einem Schwerpunkt (bei normaler Bereifung) von weniger als 850 mm über dem Boden.

Klasse C: Zugmaschinen auf Gleisketten, die über die Gleisketten oder über eine Kombination von Rädern und Gleisketten angetrieben werden (Definition der Unterklassen analog zu Klasse T).

Anhand der Fahrzeugzulassungsverordnung (FZV) § 2 sind land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen als „Kraftfahrzeuge, deren Funktion im Wesentlichen in der Erzeugung einer Zugkraft besteht und die besonders zum Ziehen, Schieben, Tragen und zum Antrieb von auswechselbaren Geräten für land- oder forstwirtschaftliche Arbeiten oder zum Ziehen von Anhängern in land- oder forstwirtschaftlichen Betrieben bestimmt und geeignet sind, auch

wenn sie zum Transport von Lasten im Zusammenhang mit land- oder forstwirtschaftlichen Arbeiten eingerichtet oder mit Beifahrersitzen ausgestattet sind“ [4] definiert.

Nachfolgende Auflistung gibt zur besseren Veranschaulichung einen (nicht vollständigen) Überblick der verschiedenen land- oder forstwirtschaftlichen Zwecke, bei denen lof-Zugmaschinen und deren Anhänger eingesetzt werden dürfen:

- Betrieb von Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Weinbau, Gartenbau, Obstbau, Baumschulen, Tierzucht, Tierhaltung, Fischzucht, Fischerei oder Imkerei
- Park-, Garten-, Böschungs- und Friedhofspflege einschließlich des Winterdienstes
- landwirtschaftliche Nebenerwerbstätigkeit
- Betrieb von lof-Lohnunternehmen und andere überbetriebliche Maschinenverwendung
- Lehranstalten für Landwirtschaft
- Betrieb von Werkstätten zur Reparatur, Wartung und Prüfung von Fahrzeugen im oben genannten Zusammenhang (z. B. Landmaschinenwerkstätten).

Fazit:

Unter dem Begriff „landwirtschaftliche Zugmaschine“ sind verschiedene lof-Fahrzeuge zusammengefasst. Im Wesentlichen sind dies Traktoren, Mähdrescher und selbstfahrende Arbeitsmaschinen (SAM) wie Rüben- oder Kartoffelvollernter oder Selbstfahrer zur Gülleausbringung.

Darüber hinaus können auch Fahrzeuge wie Quads oder Lastkraftwagen (Lkw) als LZM zugelassen werden. Bei Lkw ist zu beachten, dass diese sowohl als Option für die Arbeit auf dem Feld (beispielsweise der Unimog von Mercedes-Benz) oder auch nur für Transportaufgaben (beispielsweise Einsatz „klassischer“ Sattelschlepper, teils mit entsprechender Bereifung) eingesetzt werden können, in beiden Fällen aber eine Zulassung als LZM möglich ist.

2.2 Typgenehmigung

Ohne eine entsprechende Typgenehmigung darf kein Fahrzeug in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) zugelassen werden.

Um in der EU eine Typgenehmigung als land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschine, Anhänger oder gezogene auswechselbare Maschine zu erhalten, muss dazu die Verordnung Nr. 167/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates erfüllt werden. In vorgenannter Verordnung vom 5. Februar 2013 wird die Genehmigung und Marktüberwachung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen geregelt.

In Anbetracht des Umfangs und der Komplexität wird an dieser Stelle darauf verzichtet, Inhalte der EU-Verordnung Nr. 167/2013 auch nur auszugsweise wiederzugeben. Da davon ausgegangen werden kann, dass ein versichertes Fahrzeug über eine entsprechende Typgenehmigung verfügt, ist dies für den Forschungszweck der Analyse des Unfallgeschehens von

landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Straßenverkehr zur Ableitung von Erkenntnissen zur Schadenverhütung von begrenzter Relevanz.

2.3 Straßenverkehrsordnung & Straßenverkehrszulassungsordnung

In diesem Kapitel soll auf die Vorschriften bei der Nutzung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Straßenverkehr in Deutschland eingegangen werden. Da dieser Themenkomplex sehr umfassend ist, erfolgt lediglich eine Thematisierung der wichtigsten Regularien, die im Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen stehen. Hierdurch sollen die geltenden Rahmenbedingungen dargelegt werden, um daraus gegebenenfalls Unfallverhütungsmaßnahmen identifizieren zu können.

2.3.1 Zulassung

Gemäß § 16 StVZO sind alle Fahrzeuge zum Verkehr zugelassen, wenn sie den Vorschriften der Straßenverkehrs-Ordnung entsprechen [3].

Bis auf einige wenige Ausnahmen benötigt jedes Fahrzeug, das auf öffentlichen Straßen in Deutschland bewegt werden soll, eine Zulassung (§ 3 Abs. 2 FZV) [4]. Eine Zulassung ist nicht erforderlich für:

- einachsige Zugmaschinen für lof-Zwecke oder selbstfahrende Arbeitsmaschinen (SAM)
- Anhänger hinter Zugmaschinen oder SAM in lof-Betrieben für lof-Zwecke mit bbH ≤ 25 km/h (Kennzeichnung der Höchstgeschwindigkeit erforderlich)
- land- oder forstwirtschaftliche Arbeitsgeräte
- Sitzkarren hinter lof-einachsigen Zug- oder Arbeitsmaschinen

Gemäß § 3 Abs. 1 FZV erfolgt die Zulassung eines Fahrzeuges nur dann, wenn eine Typgenehmigung und ein Nachweis über eine bestehende Kraftfahrzeughaftpflichtversicherung vorliegen. Alle zugelassenen Fahrzeuge erhalten eine Zulassungsbescheinigung und Kennzeichen mit Stempel und Hauptuntersuchungsplakette.

Zulassungsfreie landwirtschaftliche Fahrzeuge und ihre Anhänger (außer Sitzkarren hinter einachsigen lof-Zug- oder Arbeitsmaschinen und Arbeitsgeräte mit zulässigem Gesamtgewicht (zGG) ≤ 3 t) müssen nach § 4 Abs. 1 FZV eine gültige Typgenehmigung vorweisen um am öffentlichen Straßenverkehr teilnehmen zu dürfen.

Weiterhin sind für einachsige Zugmaschinen für lof-Zwecke oder SAM mit einer bbH > 20 km/h Kennzeichen für eine Inbetriebsetzung obligatorisch (§ 4 Abs. 2 S.1 FZV).

Hingegen müssen an einachsigen Zugmaschinen für lof-Zwecke oder SAM mit einer bbH ≤ 20 km/h für die Teilnahme am öffentlichen Verkehr entsprechend § 4 Abs. 4 FZV Informationen zum Fahrzeughalter angebracht sein [4].

2.3.2 Fahrerlaubnisklassen und Besonderheiten im Fahrerlaubnisrecht

Grundsätzlich bedarf es laut § 1 Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV) zum Führen von Kraftfahrzeugen auf öffentlichen Straßen in Deutschland einer geeigneten Fahrerlaubnis [5].

Ausgenommen sind gemäß § 4 Abs. 1 Satz 3 FeV „Zugmaschinen, die nach ihrer Bauart für die Verwendung land- oder forstwirtschaftlicher Zwecke bestimmt sind, selbstfahrende Arbeitsmaschinen (SAM), Stapler und andere Flurförderzeuge jeweils mit einer durch die Bauart bestimmten Höchstgeschwindigkeit von nicht mehr als 6 km/h […]“. Das Mindestalter der Fahrzeugführer beträgt jedoch 15 Jahre [5].

Seit dem 19. Januar 2013 berechtigen die neu definierten Fahrerlaubnisklassen „L“ und „T“ in Deutschland zum Fahren von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen und einigen Arbeitsmaschinen. Das Mindestalter beträgt jeweils 16 Jahre.

Die Fahrerlaubnisklasse „L“ umfasst Zugmaschinen für Land- oder Forstwirtschaft mit einer bbH von 40 km/h (mit Anhänger: 25 km/h) und selbstfahrende Arbeitsmaschinen oder Futtermischwagen, Stapler und andere Flurförderfahrzeuge bis maximal 25 km/h bbH mit oder ohne Anhänger.

Die Fahrerlaubnisklasse „T“ erlaubt Personen das Führen von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen mit oder ohne Anhänger mit einer bbH von 60 km/h (unter 18 Jahre: bbH bis 40 km/h), land- und forstwirtschaftlichen selbstfahrenden Arbeitsmaschinen und selbstfahrenden Futtermischwagen bis maximal 40 km/h bbH mit oder ohne Anhänger [6].

Die für die Fahrerlaubnisklassen „L“ und „T“ bestimmten Einsatzzwecke ergeben sich aus § 6 Abs. 5 FeV. Dazu zählen neben dem Betrieb von Landwirtschaft, Weinbau, Forstwirtschaft, Tierhaltung, Garten- oder Parkpflege auch der Betrieb von Werkstätten zur Reparatur von Fahrzeugen und der Winterdienst [5].

Wie auch für andere Fahrerlaubnisklassen kann gemäß § 74 FeV für die Klasse „T“ eine Sondergenehmigung und damit das Herabsetzen des Mindestalters für den Erwerb des Führerscheins beantragt werden [5].

Fahrten auf, zu öffentlichen Verkehrsorten räumlich klar abgegrenzten, privaten Wegen und Grundstücken unterliegen weder der Straßenverkehrs- noch der Fahrerlaubnisverordnung und bedürfen daher keiner gültigen Fahrerlaubnis und auch keinem Mindestalter.

2.3.3 Versicherung und Kennzeichnung von Iof-Fahrzeugen

Nach § 23 und § 24 der FZV [4] ist der Abschluss einer Kraftfahrzeug-Haftpflichtversicherung Grundvoraussetzung, um das Fahrzeug für den öffentlichen Straßenverkehr zulassen zu können (siehe auch Kapitel 2.3.1). Die Versicherung kann den eigentlichen Unfall nicht verhindern, soll jedoch die Folgeschäden der Unfallopfer durch die Kostenübernahme von notwendigen Behandlungen sowie von Sachschäden so gering wie möglich halten. Zulassungsfreie Anhänger werden nach [4] durch die Versicherung der Zugfahrzeuge mit abgedeckt. Nachdem die Zulassung erfolgte sind die Fahrzeuge nach § 10 FZV mit den entsprechenden Kennzeichen zu versehen. Diese müssen gut sichtbar und ohne

Verschmutzungen an den Fahrzeugen angebracht werden. Ein angebrachter Schutz oder eine Abdeckung gegen Verschmutzung aus Folie, Glas oder anderen Materialien ist laut [4] nicht zulässig.

Besonderheiten bei den Kennzeichen gibt es bei den zulassungsfreien Anhängern mit bbH ≤ 25 km/h. An diesen Anhängern muss ein Wiederholungskennzeichen einer zugelassenen Zugmaschine angebracht sein, welches den gesetzlichen Vorgaben entsprechen muss und nicht selbst angefertigt sein darf. Zusätzlich müssen die 25 km/h-Anhänger, wie auch alle anderen mehrspurigen Fahrzeuge die langsamer als 60 km/h fahren, nach [3] mindestens ein Geschwindigkeitsschild besitzen. Die Position und alle Sonderregeln in Bezug auf die Geschwindigkeitsschilder sind in § 58 StVZO aufgeführt.

2.3.4 Hauptuntersuchung und Sicherheitsüberprüfung

In Deutschland sind für den Betrieb von zugelassenen Fahrzeugen auf öffentlichen Straßen regelmäßige Kontrollen der Fahrzeuge nach § 29 StVZO vorgeschrieben, um die Betriebssicherheit der jeweiligen Fahrzeuge zu überprüfen [3]. Demnach sind die Fahrzeughalter gesetzlich verpflichtet, ihre zugelassenen Fahrzeuge in einem vorgeschriebenen Intervall auf technische Mängel überprüfen zu lassen. Ausgenommen hiervon sind Kraftfahrzeuge mit einer maximalen Geschwindigkeit von 6 km/h, selbstfahrende Arbeitsmaschinen (Teleskoplader, Mähdrescher, Feldhäcksler, …) mit einer bbH von 20 km/h, sowie zulassungsfreie land- oder forstwirtschaftliche Anhänger (sogenannte 25 km/h-Anhänger).

Die Hauptuntersuchung befasst sich laut [1] mit der Überprüfung der Fahrzeuge im Hinblick auf Mängel, die die Verkehrssicherheit und/oder die Umweltverträglichkeit betreffen. Bei der Sicherheitsüberprüfung werden Bauteile des Fahrgestells/Fahrwerks, der Lenkung und deren Verbindungseinrichtung, Räder, Reifen und Bremsanlage auf Funktionstüchtigkeit überprüft. Dies kann wie in [1] beschrieben als einfache Sichtprüfung oder auch als komplexere Funktionsprüfung erfolgen.

Die Vorschriften bezüglich der zu untersuchenden Bauteile und der einzuhaltenden Intervalle sind in der Anlage VIII und Anlage IX der StVZO [3] für die jeweiligen Untersuchungen aufgeführt.

Grundlegend bestehen die Überprüfungsintervalle aus halbjährlichen, jährlichen oder zweijährlichen Fahrzeuguntersuchungen, so dass ein hohes Maß an Sicherheitsstandards in Deutschland vorliegt.

2.3.5 Fahrzeugabmessungen

Sämtliche Richtlinien zu den Fahrzeugabmessungen sind in der StVZO unter § 32 aufgeführt.

Demnach beträgt die maximale Breite für die LZM und deren Anhänger 2,55 m. Sofern die Zugmaschine mit Breitreifen oder Gummiketten ausgestattet ist und für land- oder forstwirtschaftliche Zwecke genutzt wird, kann mit einer Sondergenehmigung die maximale

Breite auf 3 m erweitert werden. Dies stellt jedoch das absolute Maximum dar und entspricht somit annähernd der einheitlich angestrebten Fahrstreifenbreite von 3,5 m auf deutschen Landstraßen der Entwurfsklassen eins bis drei der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) [7].

Bei den Grenzmaßen für die Länge wird bei den Zugmaschinen unterschieden, ob das Fahrzeug einen Anhänger mitführt oder nicht. Demnach dürfen Alleinfahrzeuge mit Geräten (Anbauten ohne Achse) eine maximale Länge von 12,0 m besitzen. Dabei wird von der Vorderkante bis zur Hinterkante gemessen, sodass ein montierter Frontlader oder ein Mähwerk am Heck mitberücksichtigt werden.

Besitzt die Zugmaschine einen oder mehrere Anhänger, beträgt die maximale Länge 18,75 m. Handelt es sich jedoch bei dem Zugfahrzeug um eine selbstfahrende Arbeitsmaschine verringert sich der Wert auf 18,0 m.

Die maximale Fahrzeughöhe beträgt 4 m.

2.3.6 Fahrzeugmasse

Die maximal zulässige Achslast bei Einzelachsen an LZM und deren Anhängern beträgt nach § 34 StVZO 10 t beziehungsweise darf 11,5 t betragen, wenn die Achse angetrieben ist.

Bei Starrdeichselanhängern mit mehreren Achsen hängt die einzelne Achslast gemäß [3] vom Abstand zwischen den Achsen ab. In dieser Quelle sind auch die maximal zulässigen Gesamtgewichte aufgeführt, die wichtigsten Kennzahlen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Fahrzeugkonfiguration	zGG / t
Fahrzeug (Traktor, Anhänger, …) besitzt zwei Achsen	18,0
Dreiachsanhänger	24,0
Traktoren mit vier Achsen oder Gleisketten	32,0
Zug (Traktor mit Anhänger, …) mit drei Achsen oder weniger	28,0
Zug (Traktor mit Anhänger, …) mit vier Achsen	36,0
Zug (Traktor mit Anhänger, …) mit fünf Achsen oder mehr	40,0

Tabelle 1: Zulässiges Gesamtgewicht nach Fahrzeugkonfiguration nach [3].

Die angegebenen Werte gelten jedoch nicht für Sattel- und Starrdeichselanhänger. Darüber hinaus kann laut [1] für übergroße Maschinen eine Ausnahmegenehmigung für die zulässige Gesamtmasse beantragt werden.

2.3.7 Beleuchtung und Markierung

Sämtliche Vorschriften für Beleuchtungseinrichtungen an Fahrzeugen, Anhängern und Geräten im öffentlichen Straßenverkehr in Deutschland sind in § 49a bis § 54 StVZO definiert [3]. In den nachfolgenden Unterkapiteln wird ein kleiner Überblick über wichtige Vorschriften gegeben, die die Fahrzeugsicherheit durch Erhöhen der Kenntlichmachung beeinflussen.

2.3.7.1 lof-Zugmaschinen

Laut StVZO müssen Traktoren zwei gleich helle Scheinwerfer an der Front besitzen, die weißes Licht ausstrahlen. Da diese Scheinwerfer oftmals nah beieinander in der Frontmaske verbaut sind und somit die Breite der Zugmaschinen für andere Verkehrsteilnehmer schwer erkennbar ist, sind zusätzlich zwei vordere Begrenzungsleuchten zu montieren. Arbeitsscheinwerfer, welche dem Ausleuchten der Arbeitsfläche dienen, dürfen in mehrfacher Anzahl am Fahrzeug vorhanden sein [1]. Gleichzeitig wird in § 52 StVZO beschrieben, dass diese Leuchtmittel jedoch nur während des Arbeitseinsatzes eingeschaltet werden dürfen. Zusätzlich muss unter allen Bedingungen ausgeschlossen werden, dass andere Verkehrsteilnehmer durch die Arbeitsscheinwerfer geblendet werden.

Am Fahrzeugheck sind für die ausreichende Absicherung nach hinten zwei rote Schlussleuchten, zwei rote Bremslichter, zwei nicht dreiecksförmige rote Rückstrahler (Reflektoren) und die Kennzeichenbeleuchtung vorgeschrieben.

Eine detaillierte Darstellung über die Beleuchtungseinrichtungen und deren mögliche Positionen ist in Abbildung 1 zu finden.

Besonderheiten gibt es bei den Fahrtrichtungsanzeigern: Sofern der Ackerschlepper nicht breiter als 1,6 m und kürzer als 4 m ist, genügt nach § 54 StVZO ein gelber Fahrtrichtungsanzeiger je Seite. Werden die Maße überschritten, sind jeweils Fahrtrichtungsanzeiger an Front und Heck der Zugmaschine anzubringen.

Sofern die LZM über eine Ausnahmegenehmigung für Fahrzeugbreiten von über 2,55 m verfügt, bedarf es nach den Vorgaben der StVZO einer zusätzlichen Kennzeichnung der erhöhten Fahrzeugbreite. Demnach ist die Montage von Park-Warntafeln (rot-weiß gestreift) an der Vorder- und Rückseite des Fahrzeuges/Zuges zur seitlichen Kenntlichmachung der Überbreite (ab 2,75 m) nach § 51c StVZO verpflichtend. Für die Anbringung gilt nach [1], dass die Warntafeln maximal 100 mm von der jeweiligen Außenkante des Fahrzeuges (LZM, Anhänger, Gerät) montiert werden müssen und die Streifen der nach DIN 11030 genormten Warntafel nach außen unten zu verlaufen haben.

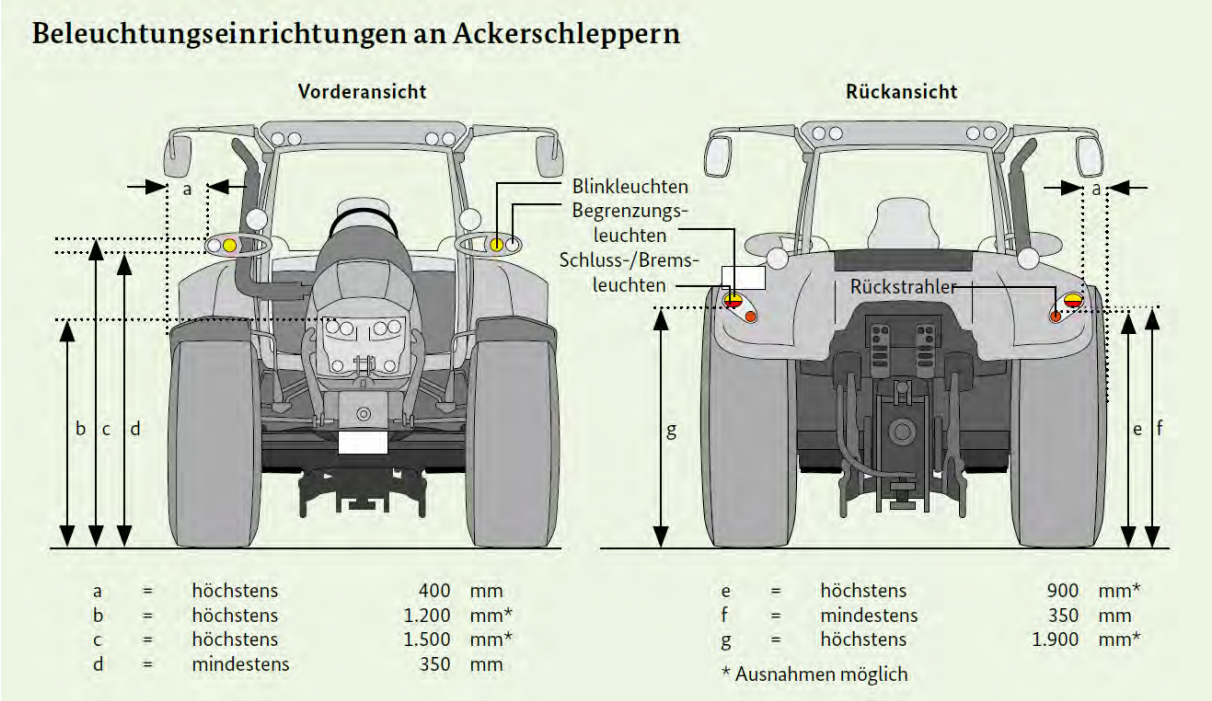


Abbildung 1: Vorgaben über Art und Position der Beleuchtungseinrichtung an Ackerschleppern [1] – Copyright BLE 2020.

2.3.7.2 lof-Anhänger & -Geräte

In § 53 StVZO sind alle Vorgaben bezüglich der Beleuchtung und Markierungen aufgeführt, die für die Nutzung von Anhängern auf öffentlichen Straßen in Deutschland gelten. Da es analog zu den Ackerschleppern konkrete Vorgaben zu den Positionen der Beleuchtungseinrichtungen gibt, erfolgt eine detaillierte Darstellung der Bestimmungen in Abbildung 2.

Demnach sind für jeden Anhänger zwei rote Rückstrahler in Dreiecksform mit der Spitze nach oben vorgeschrieben. Außerdem muss ein Anhänger zwei rote Schlussleuchten und Bremslichter besitzen. Weiterhin sind je Fahrzeugseite ein gelber Fahrtrichtungsanzeiger sowie eine Kennzeichenbeleuchtung vorgeschrieben [3].

Werden zwei Anhänger hinter dem Traktor mitgeführt und ist die Höchstgeschwindigkeit auf 25 km/h beschränkt, benötigt lediglich der hintere Anhänger Fahrtrichtungsanzeiger [1]. Wird die Geschwindigkeit von 25 km/h überschritten, sind an jedem Anhänger Blinkleuchten vorgeschrieben. Zusätzlich muss die Funktion der Warnblinkanlage ebenfalls am Anhänger vorhanden sein. Die beschriebenen Beleuchtungseinrichtungen dürfen aus einem abnehmbaren Leuchtenträger bestehen, sofern der Anhänger in einem land- oder forstwirtschaftlichen Zusammenhang nach § 49a Abs. 9 StVZO betrieben wird. Handelt es sich um solch einen beschriebenen Leuchtenträger, dürfen zusätzlich zwei Rückstrahler verbaut sein, welche keine Dreiecksform besitzen [3].

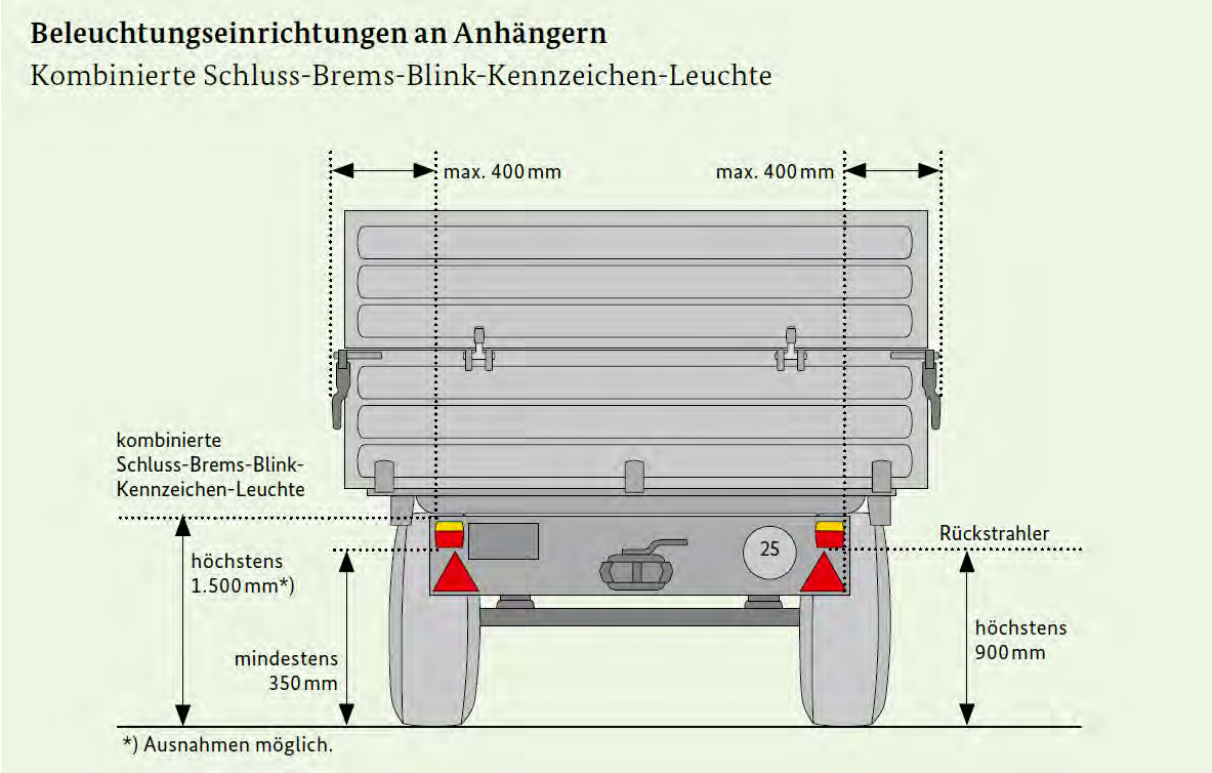


Abbildung 2: Vorgaben über Art und Position der Beleuchtungseinrichtung an lof-Anhängern [1] – Copyright BLE 2020.

Falls Teile des Anhängers mehr als 400 mm über die Schlussleuchten des Anhängers oder die Begrenzungsleuchten des Zugfahrzeuges hinausragen, ist die Anbringung einer Begrenzungsleuchte an der Vorderseite des Anhängers notwendig. Für die Begrenzungsleuchten gelten die gleichen Vorschriften in Bezug auf deren Höhe, wie bei den in Abbildung 2 gezeigten kombinierten Schluss-Brems-Blink-Kennzeichen-Leuchten. Darüber hinaus ist eine Kennzeichnung bei überbreiten Anhängern oder überragender Ladung analog zu den Zugmaschinen (siehe Kapitel 2.3.7.1) mittels Warntafel ab einer Breite von 2,75 m vorgeschrieben [3]. Wenn die Ladung nach hinten übersteht, wird ab einem Überhang von 1 m die Kenntlichmachung mittels 30 cm x 30 cm großer hellroter Fahne, gleichgroßem hellrotem Schild oder einem hellroten senkrecht montierten zylindrischen Körper mit einem Durchmesser von 35 cm und einer Länge von 30 cm vorgeschrieben [8]. Das verwendete Sicherungsmittel darf sich nach [1] nicht oberhalb von 1,5 m befinden, damit es für den nachfolgenden Verkehr noch gut wahrzunehmen ist. Sofern der Transport bei Dunkelheit erfolgt, ist zusätzlich an das Sicherungsmittel eine rote Leuchte anzubringen, sowie ein roter Rückstrahler in einer maximalen Höhe von 90 cm zu montieren. Ein generelles Anbringen eines roten Dreiecks zur Kenntlichmachung von langsamen Fahrzeugen, sowie das Verwenden einer zweiten Lichtleiste ist nicht vorgeschrieben, erhöht jedoch die Sicherheit im öffentlichen Straßenverkehr und ist somit empfehlenswert [1].

Die Regularien bei den landwirtschaftlichen Geräten ähneln denen der Anhänger sehr und sind zum einen in § 53 und § 54 StVZO als auch in der EU-Verordnung 167/2013 beschrieben.

Arbeitsgeräte unterliegen den gleichen Vorschriften wie Transportanhänger und müssen somit in gleicher Art und Weise beleuchtet werden: Sofern das Gerät mehr als 1.000 mm über die hintere Schlussleuchte hinausragt, werden eine zusätzliche Warntafel, Schlussleuchte und ein roter Rückstrahler notwendig, die möglichst weit hinten mittig am Gerät anzubringen sind. In gleicher Weise werden Warntafeln und Begrenzungsleuchten erforderlich, wenn das Arbeitsgerät seitlich mehr als 400 mm über die Zugmaschine herausragt. Die Warntafeln sind analog zu den Zugmaschinen und den Anhängern an allen vier Seiten anzubringen. Dabei ist ein maximaler seitlicher Versatz nach innen von 100 mm zulässig.

Nach § 53 StVZO dürfen die Rückstrahler bei Bodenbearbeitungsgeräten abnehmbar gestaltet sein [3].

Bezüglich der Fahrtrichtungsanzeiger und Bremslichter gelten folgende Vorgaben: verdeckt das Arbeitsgerät die Beleuchtungseinrichtungen der Zugmaschine, so sind diese am Arbeitsgerät durch einen Leuchtenträger zu wiederholen. In gleicher Weise verhält es sich mit den Scheinwerfern und den Begrenzungsleuchten. Verdeckt das Gerät am Frontanbau diese Beleuchtungseinrichtungen, so sind diese ebenfalls am Gerät oder an geeigneter Stelle zu wiederholen.

Außerdem müssen, sofern in den Rückstrahlern/Schlussleuchten vom Gerät Fahrtrichtungsanzeiger integriert sind, diese zwingend funktionieren und dürfen nicht außer Betrieb genommen werden.

Oftmals werden dazu sogenannte Lichtleisten verwendet. Diese müssen nach [3] nicht zwingend fest am Gerät verbaut werden und können bei Tag demontiert werden. Jedoch ist ein ständiges Mitführen in oder an der Zugmaschine vorgeschrieben, damit jederzeit auf sich verändernde Sichtverhältnisse reagiert werden kann. Ausgenommen von dieser Regel sind Brems- und Blinkleuchten, diese müssen auch bei Tag montiert sein, falls die entsprechenden Leuchten der Zugmaschine durch das Gerät verdeckt werden.

2.3.7.3 Seitliche Kenntlichmachung

Mit den Vorschriften zu der seitlichen Kenntlichmachung von Fahrzeugen befasst sich die StVZO in § 51a. Demnach wurden, wie in [1] beschrieben, für neu zugelassene Fahrzeuge ab dem 01.01.1981 in der Bundesrepublik Deutschland und ab 01.01.1991 auch in den neuen Bundesländern ab einer Länge von mehr als 6 m gelbe nicht-dreieckförmige Rückstrahler zur seitlichen Kenntlichmachung verpflichtend. Gleiches gilt für Anhänger, die das Grenzmaß von 6 m Länge überschreiten.

Bezüglich der Positionen bestehen folgende Vorschriften:

- Ein Reflektor muss sich mindestens im mittleren Drittel des Fahrzeuges befinden.
- Der Abstand zwischen vorderster Fahrzeugkante und erstem Reflektor darf nicht größer als 3 m sein.
- Der maximale Abstand zwischen zwei seitlichen Rückstrahlern darf 3 m betragen.

- Die letzte seitliche Markierung darf maximal einen Meter von der letzten Kannte des Fahrzeuges entfernt sein.

Eine zusätzliche bildliche Darstellung der aufgeführten Grenzwerte ist in Abbildung 3 zu finden. Demnach sind die Seitenmarkierungen in einer maximalen Höhe von 900 mm anzubringen, sofern dies bauartbedingt möglich ist. Andernfalls kann dieser Wert mittels Ausnahmegenehmigung auf 1.500 mm erhöht werden. Die genannten Vorschriften gelten in gleicher Weise bei der Verwendung von Anbaugeräten.

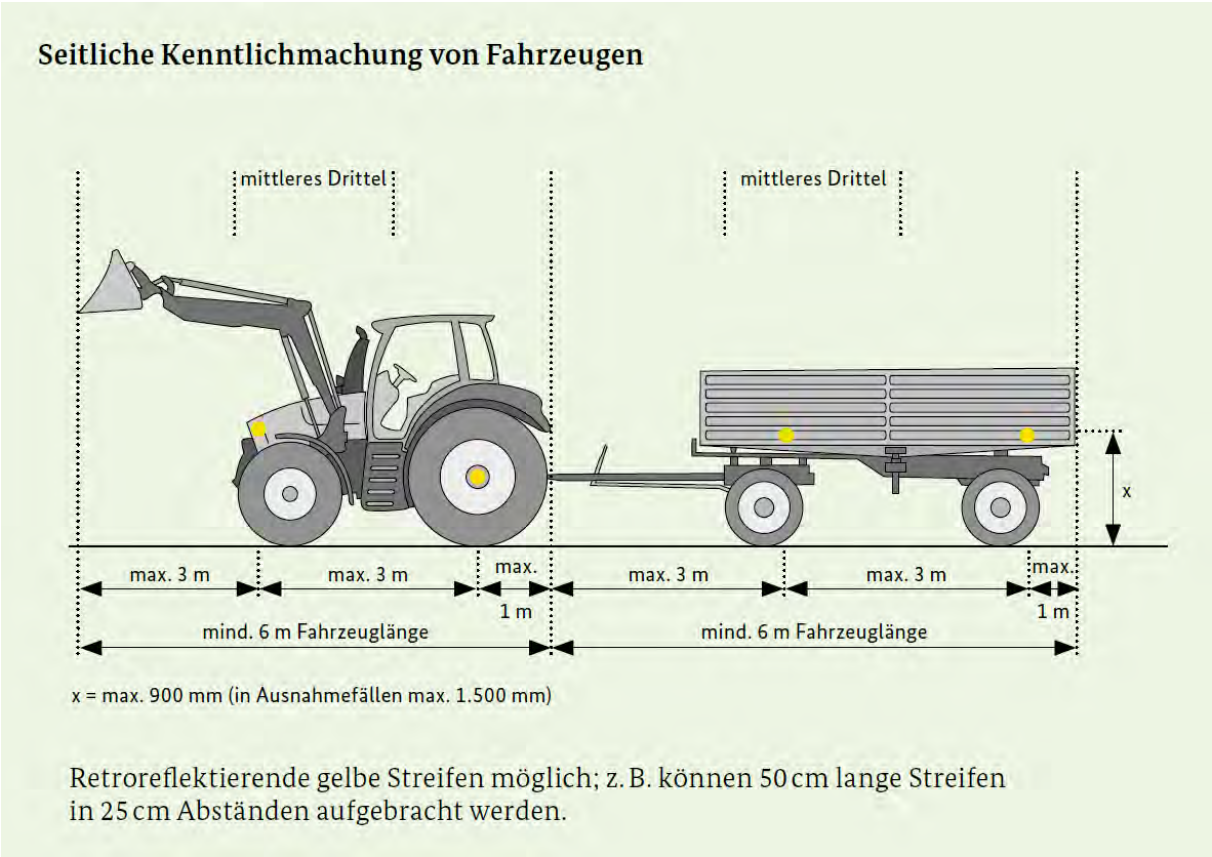


Abbildung 3: Vorgaben zur Positionierung von seitlichen Kenntlichmachungen an Fahrzeugen nach § 51a StVZO [1] – Copyright BLE 2020.

Für alle Fahrzeuge (Zugmaschinen, Anhänger, …), die vor den Stichtagen (BRD: 01.01.1981; neue Bundesländer: 01.01.1991) zugelassen wurden, besteht keine Nachrüstpflicht. Dies wird jedoch aus Sicherheitsgründen empfohlen, da ansonsten ein Gerät oder Anhänger bei Nacht von der Seite erst sehr spät erkennbar ist [1].

2.3.7.4 Rundumleuchte

Alle Kriterien zur Nutzung einer Rundumleuchte im öffentlichen Straßenverkehr sind in § 52 StVZO aufgeführt und werden nachfolgend beschrieben. Sofern alle gesetzlichen

Rahmenbedingungen ohne Ausnahmegenehmigung von der LZM eingehalten werden, ist der Einsatz einer Rundumleuchte grundsätzlich nicht gestattet. Eine Rundumleuchte darf nur fest verbaut werden, wenn eine Ausnahmegenehmigung nach § 70 StVZO erfolgte [3].

Dies kommt nur vor, sofern die Nutzung der LZM eines der in § 38 Abs. 3 StVO genannten Kriterien erfüllt. Demnach dürfen Fahrzeuge nach der StVO [8] die Rundumleuchte nur zum Warnen vor Gefahr benutzen. Dazu gehört die Absicherung von Arbeits- und Unfallstellen und die Warnung anderer Verkehrsteilnehmer vor „ungewöhnlich langsam fahrenden Fahrzeugen“ [8]. Zugleich dürfen Fahrzeuge mit Übermaßen in Breite, Länge oder Höhe die gelbe Rundumleuchte benutzen, da sie ein Verkehrshindernis darstellen. Einhergehend damit bedarf es laut [1] einer Mitteilung an die Zulassungsbehörde nach § 13 FZV falls sich durch die fest montierte Rundumleuchte die Fahrzeughöhe verändert.

2.3.8 Bremsanlage

Nach den in § 41 StVZO genannten Richtlinien muss jedes Fahrzeug mit zwei Bremsanlagen ausgerüstet sein, welche voneinander unabhängig wirken. Alternativ ist auch eine Bremsanlage ausreichend, die mit zwei voneinander redundanten Bedienvorrichtungen betätigt wird. Ziel dieser Vorschrift ist es, im Fall des Ausfalls eines Bremssystems das Fahrzeug noch sicher zum Stillstand bringen zu können. Dadurch wird die Verkehrssicherheit erheblich erhöht, da das Risiko deutlich reduziert werden kann, dass Kraftfahrzeuge auf Grund eines Bremsendefekts unkontrollierbar werden. Bei der überwiegenden Zahl der Kraftfahrzeuge wird dies laut [1] durch die Betriebsbremse und die Feststellbremse realisiert. Als einzige Ausnahme dürfen nach [3] einachsige Arbeitsmaschinen mit lediglich einer Betriebsbremse ausgerüstet sein.

Als Besonderheit gegenüber normalen Pkw besitzen Traktoren zur Minimierung des Wendekreises bei Arbeiten auf dem Feld oftmals eine sogenannte Einzelradbremse. Bei diesem Verfahren kann das kurveninnere Rad abgebremst werden, wodurch sich der Kurvenradius verringert. Dieses Verfahren stellt jedoch bei höheren Geschwindigkeiten eine Gefahr für die Fahrstabilität auf Grund der ungleichmäßig verteilten Bremskräfte des Fahrzeuges dar. Deshalb ist die Einzelradbremse im öffentlichen Straßenverkehr nach den Vorgaben der StVZO zu koppeln, sodass eine homogene Bremswirkung erzielt wird.

Darüber hinaus sind weitere sehr detaillierte Vorgaben über die Funktion und Wirkungsweise von Bremsanlagen an LZM in der Ergänzung der EU-Verordnung 167/2013 aufgeführt. Diese sollen jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter erläutert werden.

Gemäß den Vorschriften zur EU-Typgenehmigung von LZM müssen lof-Fahrzeuge der Klasse „T“ mit einer bbH von mehr als 60 km/h ein Antiblockiersystem (ABS) der Klasse 1 besitzen. Gleiches gilt für Zugmaschinen mit einer Höchstgeschwindigkeit zwischen 40 und 60 km/h, die entweder nach dem 01.01.2020 als neuer Fahrzeugtyp genehmigt oder nach dem 01.01.2021 als Neufahrzeug zugelassen wurden [2].

Zusätzlich ist nach § 41 StVZO für jedes Kraftfahrzeug mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über 4 t das Mitführen eines Unterlegkeils vorgeschrieben, damit das abgestellte Fahrzeug

gesondert gegen Wegrollen abgesichert werden kann. Ausgenommen davon sind Fahrzeuge mit Gleisketten [3].

Für entsprechende Vorschriften zur Bremsanlage von lof-Anhängern sei auf die zuvor bereits für landwirtschaftliche Zugmaschinen erwähnten Regelungen verwiesen, in denen auch Anhänger entsprechend berücksichtigt sind. Insbesondere bei lof-Anhängern existieren dabei zahlreiche Sonderregelungen in Abhängigkeit von zGG und bbH von Zugmaschine und Anhänger(n). Mangels Relevanz für das Forschungsthema werden diese nicht näher aufgeschlüsselt. Grund hierfür ist, dass anhand der zu den Schadenfällen vorliegenden Informationen keine Ableitung der erforderlichen Daten möglich ist um diese mit den geltenden Regeln abgleichen und daraus Rückschlüsse ziehen zu können.

2.3.9 Lenkung

Die Lenkeinrichtung eines Fahrzeuges ist ein sicherheitsrelevantes Bauteil, da mit dieser die Steuerung des Fahrzeuges sichergestellt wird. Demnach muss die Lenkung nach § 38 StVZO jederzeit unabhängig vom Beladungszustand des Fahrzeuges und Betriebszustand der Lenkhilfe durch den Fahrzeugführer leichtgängig und sicher bedient werden können. Darüber hinaus ist der Fahrer verpflichtet eine ausreichend hohe Belastung der gelenkten Achse sicherzustellen, damit sich das Fahrzeug spurgetreu verhält. Hierfür gibt [1] eine Mindestbelastung der gelenkten Achse von 20 % des Fahrzeugleergewichtes an. Wird dieser Richtwert infolge der Fahrzeugkonfiguration nicht eingehalten, so ist eine Justierung mittels Zusatzgewichten notwendig. Dies kann zum Beispiel durch Frontgewichte, Felgengewichte oder mit Wasser befüllten Reifen erfolgen. Zu beachten ist, dass das zulässige Gesamtgewicht der Zugmaschine nicht überschritten wird.

Das Nachrüsten eines Lenkrad-Drehknopfes zur Verbesserung des Rangierverhaltens ist zulässig, bedarf jedoch nach § 19 StVZO einer Eintragung in die Betriebserlaubnis [1].

2.3.10 Reifen

Da die Reifen den einzigen Kontakt zwischen Fahrzeug und Fahrbahn bilden, bedarf es Regularien, die der Fahrsicherheit und somit der Verkehrssicherheit aller Fahrzeuge dienen. Reifen von Kraftfahrzeugen besitzen unterschiedliche Dimensionen mit sehr verschiedenen Eigenschaften, weshalb es auch in diesem Bereich entsprechende Bestimmungen erfordert. Diese sind in § 36 StVZO sowie den dazugehörigen Anlagen beschrieben [3].

Grundsätzlich trifft die Aussage zu, dass die Reifen für einen sicheren Betrieb der landwirtschaftlichen Fahrzeuge den Angaben in der Zulassungsbescheinigung entsprechen müssen. Darüber hinaus gilt, dass das Bauteil, welches im Kontakt mit der Fahrbahn steht, so beschaffen sein muss, dass eine Beschädigung der Fahrbahn ausgeschlossen werden kann. Nur so kann auch eine Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen werden. Dies kann zum Beispiel durch abgerundete Kanten bei eisernen Reifen oder Gleisketten erreicht werden. Sind an den Fahrzeugen (Zugmaschine und Anhänger) Luftreifen verbaut, muss das

Hauptprofil (mittleres $^{3}/_{4}$) des Reifens eine Mindestprofiltiefe von 1,6 mm aufweisen, um auch bei nasser Fahrbahn eine ausreichend hohe Fahrstabilität sicherzustellen.

Zusätzlich wird in § 36a StVZO die Abdeckung der Räder vorgeschrieben, welche für alle Reifentypen gilt. Durch die Abdeckung der Reifen soll der Personenschutz erhöht werden, indem zum Beispiel das Einziehen eines Fußgängers in das Radhaus verhindert werden soll. Laut [3] sind demnach die Räder bei Fahrzeugen (Zugmaschine, Anhänger) ab einer bbH > 25 km/h zu verkleiden. Als ausreichende Abdeckung wird in [1] ein Minimum von $^{2}/_{3}$ der Reifenbreite angegeben, wenn das Fahrzeug eine Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h besitzt. Einen optimalen Schutz bietet jedoch nur eine Abdeckung über die gesamte Breite der Reifen. Die $^{2}/_{3}$ gelten außerdem bei der Vergrößerung der Fahrzeugbreite mittels Breitreifen und Sondergenehmigung. Sofern die ausreichende Radabdeckung nicht sichergestellt ist, verringert sich die zulässige Höchstgeschwindigkeit der Zugmaschine oder des Gespanns auf 25 km/h [3].

2.3.11 Spiegel

Analog zu den Reifen und Bremsanlagen bedarf es bei den Spiegeln Vorschriften beispielsweise über deren Größe und Anbringung, damit eine bestmögliche Rundumsicht für den Fahrzeugführer sichergestellt werden kann. Diese sind in § 56 StVZO aufgeführt und beschreiben die Spiegel als Einrichtung, die eine indirekte Sicht auf verdeckte Bereiche ermöglicht und somit der optimalen Verkehrsbeobachtung dient. Außenspiegel sind nach der StVZO lediglich bei einachsigen Zugmaschinen/Arbeitsmaschinen und Elektrokarren mit einer bbH ≤ 25 km/h nicht verpflichtend. Für eine bessere Verkehrssicherheit wird dies jedoch in [1] empfohlen. Bei lof-Zugmaschinen bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h ist ein linker Außenspiegel ausreichend. Da jedoch eine bessere Übersicht mit zwei Außen- und einem Innenspiegel erreicht wird, werden diese oftmals von den Herstellern von LZM serienmäßig verbaut [1].

Nach [2] sind an neuen lof-Zugmaschinen ab dem 01.01.2018 zur Verbesserung der Sicht entsprechende Weitwinkelspiegel an beiden Seiten zu verbauen. Ferner ist aufgeführt, dass zusätzliche Spiegel an den Fahrzeugen, die zum Beispiel der besseren Sicht in Kreuzungsbereichen dienen, jederzeit verbaut werden dürfen. Einzige Vorgaben sind, dass diese Zusatzspiegel der Erhöhung der Sicherheit dienen und eine Gefährdung durch das Blenden anderer Verkehrsteilnehmer ausgeschlossen wird. Sofern ein zusätzlicher Spiegel montiert wurde, bedarf es keiner erneuten Fahrzeugabnahme. Jedoch müssen die jeweiligen Montagevorgaben der Hersteller berücksichtigt werden, damit diese Spiegel sich während der Fahrt nicht verstellen oder lösen.

2.3.12 Unterfahrschutz

Eine weitere wichtige Schutzeinrichtung ist der Unterfahrschutz, welcher in vorderen, hinteren und seitlichen Unterfahrschutz unterteilt werden kann. Mit diesen soll nach [9] verhindert werden, dass ein Fahrzeug unter das andere rutscht und die Insassen schwer eingeklemmt werden können.

In § 32b StVZO sind die Regularien für die Verpflichtung eines hinteren oder vorderen Unterfahrschutzes aufgeführt. Demnach müssen Anhänger mit einer bbH > 25 km/h und einem Abstand zwischen Lichtleiste und letzter Fahrzeugachse von mehr als 1.000 mm einen hinteren Unterfahrschutz besitzen, sofern gleichzeitig das Fahrgestell in unbeladenem Zustand eine lichte Höhe von 550 mm über der Fahrbahn aufweist [3].

Richtlinien, die die Form und Beschaffenheit des Unterfahrschutzes definieren, sind in § 32b StVZO genannt. Ausgenommen von den Regularien für einen hinteren Unterfahrschutz sind Anhänger mit einer bbH ≤ 25 km/h sowie lof-Zugmaschinen und -Fahrzeuge (Kraftfahrzeuge und Anhänger) bei denen sich deren Nutzung/Verwendung nicht mit den Maßnahmen des Unterfahrschutzes vereinbaren lässt (z. B. Heuladewagen). Die letztgenannte Ausnahme ist laut [3] so zu verstehen, dass ein Unterfahrschutz nicht nötig ist, wenn er den Verwendungszweck des Fahrzeuges beeinträchtigt.

Ein vorderer Unterfahrschutz ist bei Fahrzeugen ab einer bbH > 25 km/h und einer zulässigen Gesamtmasse von über 3,5 t vorgeschrieben. Auch hier gilt, analog zum hinteren Unterfahrschutz, gleichermaßen die Ausnahmeregelung bezüglich des Verwendungszweckes.

Der seitliche Unterfahrschutz wird in § 32c StVZO beschrieben. Jedoch gelten an dieser Stelle dieselben Ausnahmeregelungen, wie bei den vorhergehenden Unterfahrschutzeinrichtungen.

Somit lässt sich festhalten, dass nach [3] für einen Großteil der in dieser Arbeit betrachteten landwirtschaftlichen Zugmaschinen ein Unterfahrschutz nicht verpflichtend vorgeschrieben ist, da dieser zu einer Beeinträchtigung des Verwendungszwecks führen kann.

2.3.13 Sicherheitsgurt

Nach § 35a Abs. 14 StVZO gilt: „Land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen, die gemäß § 32e Abs. 1 mit Überrollschutzstrukturen ausgerüstet sind, müssen entsprechend den im Anhang zu dieser Vorschrift genannten Bestimmungen mit Verankerungen zum Anbringen von Sicherheitsgurten und Sicherheitsgurten ausgerüstet sein.“ [3].

Übereinstimmend ist in [2] das Verbauen von Sicherheitsgurten auf dem Fahrer- und Beifahrersitz genannt.

Zusätzlich gilt nach § 21a StVO, dass Sicherheitsgurte verpflichtend benutzt werden müssen, sofern sie vorhanden sind [8].

Der hier zitierte Absatz der StVZO war jedoch nicht von Beginn an Bestandteil der Verordnung. So war der Absatz 14 in der Fassung der StVZO von 1988, welche bis zum 5. Mai 2012 die aktuelle Fassung darstellte, noch nicht enthalten [10]. Jedoch geht aus [11] hervor, dass seit 01.01.2010 die Hersteller von Traktoren, die mit Umsturzvorrichtungen versehen sind, auch mit Sitzgurten ausgerüstet wurden. Ein explizites Nachrüsten von Gurten bei alten Fahrzeugen ist weder nach StVZO noch nach StVO vorgeschrieben.

Unbestritten dürfte sein, dass diese Schutzeinrichtung sowohl bei der Fahrt auf öffentlichen Straßen als auch bei der Feldarbeit Leben retten kann, wenn es zu einem Unfall kommt.

2.3.14 Sicherungs- und Warneinrichtungen

Allgemeine Vorschriften bezüglich Sicherungs- und Warneinrichtungen sind in der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) festgehalten.

Demnach gilt nach § 53a StVZO [3] für landwirtschaftliche Zugmaschinen die Pflicht zum Mitführen eines Warndreieckes und einer Warnweste.

Wird die Zugmaschine in einem land- oder forstwirtschaftlichen Zusammenhang betrieben, ist nach [1] das Vorhandensein eines Verbandkastens gemäß § 35h Abs. 3 StVZO nicht vorgeschrieben. Da jedoch gerade beim Umgang mit schweren Maschinen die Verletzungsgefahr erhöht ist, ist es ratsam Erste-Hilfe-Material in der LZM mitzuführen.

Darüber hinaus wird in der StVZO definiert, wie mit gefährdenden Fahrzeugteilen umzugehen ist. Demnach sind laut [3] abgestellte Anhänger auf öffentlichen Straßen durch das Aufstellen eines Warndreiecks abzusichern. Sofern bei der Fahrt Teile eines Gerätes oder der Ladung über die Umrisse des Zugfahrzeuges herausragen, sind diese zu demontieren, wenn dies ohne großen Aufwand möglich ist. Andernfalls sind nach § 30c StVZO [3] spitze Gegenstände abzudecken und zusätzlich mit Warnschildern kenntlich zu machen.

Fahrzeugteile an der Front, welche sich oberhalb von zwei Metern befinden, werden in [1] als nicht verkehrsgefährdend definiert. Demnach sollten alle Fahrzeugführer von LZM darauf achten, dass der Frontlader und die an ihm befestigten Werkzeuge sich möglichst oberhalb von 2 m über der Radaufstandsfläche befinden, um eine zusätzliche Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer auszuschließen. Andernfalls ist die nach [3] zuvor beschriebene Kenntlichmachung und Abdeckung von scharfen Kanten und spitzen Gegenständen notwendig. Allgemein ist der Frontlader zum Transport von Gegenständen auf öffentlichen Straßen nach [1] nicht zugelassen, da es sich bei dem Gerät um eine Ladehilfe handelt.

2.3.15 Ladungssicherung

Alle wichtigen Richtlinien, die die Ladungssicherung betreffen sind in der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) unter § 22 aufgeführt [8]. Sie dienen der Sicherheit im Straßenverkehr, da sich das Fahrverhalten von Fahrzeugen und Anhängern bei verrutschter Ladung negativ verändern kann. Als Beispiel sei an dieser Stelle ein einachsiger Anhänger, dessen Schwerpunkt hinter der Achse liegt, genannt, was dazu führt, dass sich der Anhänger im Fahrbetrieb leicht aufschaukelt.

Demnach ist in [8] beschrieben, dass Ladung so gesichert sein muss, dass bei einer Vollbremsung oder einem Ausweichmanöver diese nicht verrutschen oder herum-/herabfallen kann.

Zu den etablierten Methoden der Ladungssicherung zählt nach [1] das Festzurren der Ladung mittels Spanngurten oder bei Schüttgütern ausreichend Platz zur Oberkante der Ladebordwand zu lassen.

2.3.16 Besonderheiten bei Anhängern, Geräten und Frontanbauten

Nach [1] besteht die Besonderheit bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen, dass Heckanbaugeräte mit einer zusätzlichen Anhängerkupplung ausgerüstet werden dürfen. Hierfür müssen folgende Regularien eingehalten werden:

- Das Anbaugerät darf eine Leermasse von nicht mehr als 400 kg besitzen und
- der Schwerpunkt nicht weiter als 600 mm vom letzten Punkt des unteren Lenkers des Dreipunktkrafthebers vom Zugfahrzeug entfernt sein.
- Darüber hinaus ist bei dieser Fahrzeugkombination die Höchstgeschwindigkeit auf 25 km/h beschränkt und
- der Anhänger muss für einen sicheren Betrieb auf der Straße mit einer Bremsanlage versehen sein.

Außerdem bestehen Regularien bezüglich der zulässigen Gesamtmasse, welche in Abhängigkeit des Zugfahrzeuges und des Anhängers variieren und in [1] detailliert aufgeführt sind.

Besonderheiten gibt es außerdem bei den Abmaßen der Ladung auf Anhängern und den Anbaugeräten an Zugmaschinen. Sofern diese im Zusammenhang mit einem land- oder forstwirtschaftlichen Einsatz genutzt werden, steigt die maximal zulässige Breite laut § 22 StVO auf 3 m und die Ladung auf dem Anhänger darf die maximale Höhe von 4 m überschreiten. Feste Fahrzeugteile, die der Sicherung der Ladung dienen, sind weiterhin auf 4 m Höhe begrenzt [8].

Die Zuglänge bleibt mit 18,75 m unverändert, doch darf die Ladung bis zu einer Gesamtlänge von 20,75 m überstehen, sofern der maximale Überhang von 3 m nicht überschritten wird [8].

Infolge der nochmals größeren Abmessungen der Fahrzeuge, wird in [1] beschrieben, dass es zu einer Sichteinschränkung nach hinten kommen kann, sodass eine optimale Spiegeleinstellung vorzunehmen ist.

Bei Frontanbauten gilt nach [12] die Regel, dass der waagerechte Abstand zwischen Mittelpunkt des Lenkrads und der Vorderkante des Anbaus nicht größer als 3,5 m sein darf. Gleichzeitig werden Anbauten oberhalb einer Höhe von 2 m nicht berücksichtigt, da sie nicht als verkehrsgefährdend angesehen werden. Grund der Begrenzung des Überhangs nach vorne auf 3,5 m ist, dass beim Einbiegen aus einem Grundstück bei starker Sichteinschränkung der Anbau auf die Fahrspur ragen kann und die Straße für den Fahrer der LZM im ungünstigsten Fall trotzdem noch nicht einsehbar ist. Daraus resultiert eine sehr hohe Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer, welche nach § 1 StVO zu verhindern ist. Wird der Grenzwert von 3,5 m dennoch überschritten, ist die Mitfahrt einer zweiten Person vorgeschrieben, die als Einweiser in Kreuzungsbereichen tätig wird [12]. Alternativ können auch Spiegelsysteme oder Kameratechnik am Frontanbau verbaut werden, um das Sichtfeld zu vergrößern. Laut [1] sind Seitenkameras bewährte Systeme. Derzeit werden diese Assistenzsysteme von den Traktorherstellern überwiegend optional angeboten, da sie kostenintensiv und nicht in der EU-Typgenehmigung [2] vorgeschrieben sind.

2.3.17 Straßenverschmutzung

Gegenüber den bisher genannten Regularien erfolgt in der StVO eine Handlungsvorschrift, wie öffentliche Straßen durch die Verkehrsteilnehmer zu benutzen sind. Demnach ist es nach § 32 StVO verboten die Straße unnötig zu verschmutzen oder Gegenstände auf der Fahrbahn zu verlieren und/oder zurückzulassen [8].

Da dies bei Erntearbeiten durch abfallende Erdrückstände nicht immer durch die Zugmaschinenführer vermieden werden kann, sind laut [8] die Verursacher verpflichtet, die Verschmutzung schnellstmöglich zu beseitigen. Denn gerade für motorisierte Zweiräder kann eine verunreinigte Fahrbahn in einer Kurve schnell zur Gefahrenquelle werden. Davon unabhängig ist laut [8], ob der Verursacher selbst die Fahrbahn säubert oder dies durch eine beauftragte Firma erledigen lässt. Wichtig ist jedoch nach § 32 StVO, dass solange der Umstand der verschmutzten Straße besteht, die Gefahrenstelle ausreichend kenntlich gemacht wird. Falls bei einem Ernteeinsatz eine Verschmutzung zu erwarten ist, sollte der Landwirt zuvor die Polizei oder die Straßenmeisterei darüber in Kenntnis setzen. Dies liegt darin begründet, dass laut [1] lediglich befugte Personen Verkehrsschilder beziehungsweise Warnschilder aufstellen dürfen. Obwohl angenommen werden könnte “Ein Schild ist besser als kein Schild“, ist das Aufstellen eines Warndreieckes nicht ausreichend [1].

2.3.18 Personenbeförderung auf lof-Anhängern

§ 21 StVO enthält neben allgemeinen Vorgaben zur Beförderung von Personen auf Kraftfahrzeugen auch ergänzende Aspekte, die für die Personenbeförderung auf lof-Anhängern gelten.

Auf land- oder forstwirtschaftlich eingesetzten Traktoren und SAM dürfen Personen nur auf geeigneten Sitzplätzen mitgenommen werden. Falls Sicherheitsgurte vorhanden sind, sind diese stets zu benutzen, unabhängig davon, ob im öffentlichen Straßenverkehr oder auf landwirtschaftlichen Flächen.

Generell ist die Mitnahme von Personen auf Ladeflächen verboten, jedoch gibt es eine Ausnahme für Anhänger, die für land- oder forstwirtschaftliche Zwecke verwendet werden. In diesen Fällen gilt, dass „Personen auf geeigneten Sitzgelegenheiten mitgenommen werden“ [8] dürfen. Als geeignete Sitzgelegenheit kann dabei die Ladefläche des lof-Anhängers selbst angesehen werden.

Ferner ist „das Stehen während der Fahrt [ist] verboten, soweit es nicht zur Begleitung der Ladung oder zur Arbeit auf der Ladefläche erforderlich ist“ [8].

2.3.19 Brauchtumsveranstaltungen

Land- oder forstwirtschaftliche Zugmaschinen mit einer bbH ≤ 60 km/h sowie an diesen Zugmaschinen mitgeführte lof-Anhänger sind gemäß der Zweiten Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften (StVOuaVsAusnV 2) von der Zulassungspflicht (§ 3 Abs. 1 FZV) ausgenommen, wenn diese:

- auf örtlichen Brauchtumsveranstaltungen,

- für nicht gewerbsmäßig durchgeführte Altmaterialsammlungen oder Landschaftssäuberungsaktionen,
- zu Feuerwehreinsätzen oder Feuerwehrübungen,
- von Feldgeschworenen im Rahmen ihrer Tätigkeit oder
- auf den An- oder Abfahrten zu Einsätzen entsprechend der vier vorgenannten Punkte

eingesetzt werden und für jede verwendete Zugmaschine ein eigenes Kennzeichen vorhanden ist [13].

Die Zweite Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften (StVOuaVsAusnV 2) regelt darüber hinaus bei den vorgenannten Einsatzzwecken entsprechende Abweichungen von FeV, StVO und StVZO, die nur in diesen Fällen Gültigkeit haben. Dies umfasst beispielsweise folgende Aspekte [13]:

- Die verwendeten Fahrzeuge benötigen eine Betriebserlaubnis bzw. Typgenehmigung und eine für diesen Einsatz passende Haftpflichtversicherung.
- Zugmaschinen benötigen ein eigenes amtliches Kennzeichen.
- Die Fahrzeuge dürfen bei An-und Abfahrt mit einer Geschwindigkeit von 25 km/h, auf den örtlichen Brauchtumsveranstaltungen selbst nur mit Schrittgeschwindigkeit, gefahren werden.
- Die Fahrzeuge können mit der Führerscheinklasse „L“ oder „T“ gefahren werden.
- Der Fahrzeugführer muss das 18. Lebensjahr vollendet haben.
- Fahrzeuge müssen mit Betriebs- und Feststellbremse entsprechend der StVZO ausgerüstet sein.
- Zulässige Abmessungen, Achslasten und Gesamtgewichte dürfen überschritten werden, wenn ein amtlich anerkannter Sachverständiger die Unbedenklichkeit und Verkehrssicherheit bescheinigt.
- Vorgeschriebene lichttechnische Einrichtungen müssen vollständig vorhanden und betriebsbereit sein.
- Ausrüstung von Fahrzeugen mit rutschfesten und sicheren Stehflächen, Haltevorrichtungen, Geländern bzw. Brüstungen und Ein- bzw. Ausstiegen entsprechend den Unfallverhütungsvorschriften, wenn Personen befördert werden.
- Alle Auf- bzw. Einbauten sowie Sitzbänke und Tische müssen fest mit dem Fahrzeug verbunden sein.
- Das Zugfahrzeug muss für Betrieb mit Anhänger geeignet sein, d.h. zGG, zulässige Hinterachs-, Anhänge- und Stützlast am Kupplungspunkt der Zugmaschine müssen ausreichend, die Anhängekupplung muss für die aufzunehmenden Lasten geeignet sein und die vorgeschriebenen Bremsverzögerungen erreicht werden.

Auf örtlichen Brauchtumsveranstaltungen dürfen also, mit Ausnahme von Zu- und Abfahrten, auf dafür eingesetzten lof-Anhängern Personen auf der Ladefläche mitgenommen werden. Bei

der Beförderung von Personen auf landwirtschaftlichen Fahrzeugen bei Brauchtumsveranstaltungen besteht keine klare Angabe der maximal zulässigen Anzahl der Mitfahrer. Ist der Fahrer im Besitz der Fahrerlaubnisklasse „B“ dürfen bis zu acht Personen mitfahren. Da die Fahrerlaubnisklasse „B“ jedoch nicht für den Einsatz bei Brauchtumsveranstaltungen vorgeschrieben ist und keine Angaben zur Anzahl der Sitzplätze bei landwirtschaftlichen Anhängern vorliegen, bewegt man sich bei der Personenbeförderung im Rahmen einer Brauchtumsveranstaltung in einer rechtlichen Grauzone, da dafür bisher keine Bedingungen gestellt wurden [9].

2.3.20 Akzeptanzfördernde Maßnahmen

Durch die größer und schneller werdenden Zugmaschinen, welche insbesondere durch Lohnunternehmen genutzt werden, sinkt nach [1] das Verständnis in der Bevölkerung für solch große Züge (LZM und Anhänger). Laut [1] empfinden Menschen, die in der Nähe eines solchen Betriebes leben, die Fahrzeugführer teilweise als rücksichtslose Personen, die mit ihren großen Maschinen durch kleine Ortschaften mit sehr hohen Geschwindigkeiten fahren. Demnach sollten sich die Fahrzeugführer solcher landwirtschaftlichen Fahrzeugkombinationen rücksichtsvoller innerhalb von Ortschaften, an Schulen und Kindergärten verhalten und ihre Geschwindigkeit anpassen. Dies senkt zum einen die Lärmbelastung durch ein leiseres Abrollen der Reifen und ein geringeres Motorengeräusch. Damit einhergehend sinkt zusätzlich die kinetische Energie des Zuges, was sich positiv auf den Bremsweg und im Falle eines Unfalls auf die Verletzungsschwere auswirken kann.

Des Weiteren führt [1] ergänzende akzeptanzfördernde Maßnahmen auf, zu denen neben dem Vorbeilassen von nachfolgenden Verkehrsteilnehmern an Ausweichstellen, welches in § 6 StVO geregelt ist, auch das Informieren der Bevölkerung über anstehende Erntearbeiten zählt. Fahrsicherheitstrainings und das Vermeiden von Feiertags- und Nachtarbeit wurden in diesem Zusammenhang ebenfalls genannt.

Darüber hinaus wurde im Jahr 2020 in § 9 StVO der Absatz 6 ergänzt, der vorschreibt, dass Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t maximal mit Schrittgeschwindigkeit nach rechts abbiegen dürfen, sofern mit fahrbahnüberquerenden Verkehrsteilnehmern gerechnet werden muss.

2.4 Berufsgenossenschaftliche Vorschriften und Sicherheitshinweise

Der zuständige gesetzliche Unfallversicherungsträger für Unternehmen der Land- und Forstwirtschaft ist die Berufsgenossenschaft der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG). Eine wesentliche Aufgabe der SVLFG ist die Verhütung von Arbeitsunfällen und die Abwendung von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren. Hierzu besteht ein sehr umfangreiches und vielfältiges Informationsangebot, welches auch die Nutzer von lof-Fahrzeugen adressiert.

Einerseits sind auf der Website der SVLFG Gesetze zum Arbeitsschutz in Deutschland und Unfallverhütungsvorschriften zu finden. Andererseits gibt die SVLFG den Versicherten

Hinweise und Empfehlungen, wie Arbeitsmittel sicher gestaltet und betrieben werden sollten. Beispiele hierfür sind:

- Unfallverhütungsvorschrift „Technische Arbeitsmittel“ (VSG 3.1) [14]
- LSV-Information T01 „Auswahl und Betrieb von Arbeitsplattformen an Traktoren“ [15]
- LSV-Information T02 „Auswahl und Betrieb von Hofladern“ [16]

Ergänzend dazu unterstützt die SVLFG die lof-Unternehmen beispielsweise durch Checklisten zur Beurteilung von Arbeitsverfahren wie:

- Checkliste „Transportarbeiten mit dem Traktor“ [17]
- Checkliste zur richtigen Ladungssicherung [18]

Somit steht lof-Unternehmen auch seitens der eigenen Sozialversicherung ein umfassendes Angebot an unterschiedlichsten Informationen zur Verfügung, die helfen sollen, die Sicherheit beim Betrieb von lof-Fahrzeugen zu gewährleisten beziehungsweise weiter zu erhöhen.

2.5 Optionale Sicherheitsausstattung und Schutzmaßnahmen

Sicherheitssysteme, die bereits allgemeingültig sind und als solche nicht mehr wahrgenommen werden, wie zum Beispiel der Sicherheitsgurt oder die Beleuchtung und Markierung wurden in den vorangegangenen Kapiteln bereits thematisiert und sollen an dieser Stelle nicht erneut beschrieben werden. Vielmehr soll in diesem Kapitel ein Ausblick über eventuelle zukünftige sowie noch nicht gesetzlich vorgeschriebene Schutzmaßnahmen gegeben werden, die der Unfallprävention dienen und in einzelnen lof-Fahrzeugen schon serienmäßig oder optional verfügbar sind.

2.5.1 ABS und ESP

Hochkomplexe Bremsassistenzsysteme bilden heutzutage den Stand der Technik bei Pkw und werden nach [19] bei vielen Fahrzeugen bereits serienmäßig verbaut. Dazu gehören unter anderem das Antiblockiersystem (ABS), das elektronische Stabilitätsprogramm (ESP) oder automatische Notbremsassistenzsysteme. Diese Assistenzsysteme finden jedoch nach [9] selten bis gar keine Anwendung bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen.

Ausnahme hiervon bildet das ABS, das vereinzelt und oftmals optional von einigen Herstellern angeboten wird, da dies nur bei Zugmaschinen mit einer bbH von über 60 km/h und unter bestimmten Bedingungen (siehe Kapitel 2.3.8) ab einer bbH von über 40 km/h vorgeschrieben ist.

Bei den elektronischen Stabilitätsprogrammen kommt erschwerend hinzu, dass diese Systeme nach [19] in der Lage sein müssen, jedes Rad einzeln abzubremsen. Dies gestaltet sich bei Landmaschinen, die einen starren Allradantrieb besitzen, schwierig, da es bei dieser Antriebsart dazu kommt, dass alle Räder bremsen, selbst wenn nur an einem Rad die Bremse betätigt wird. Demnach muss ein ESP in der Lage sein, den Antrieb im Regelungsfall zu

entkoppeln, was mit einem zusätzlichen Aufwand bei der Auslegung des Antriebskonzeptes und damit steigenden Kosten für dieses Assistenzsystem verbunden ist.

2.5.2 Bremssysteme für lof-Anhänger

Im Jahr 2012 wurde in [20] ein elektronisches Bremssystem (EBS) für die Ladewagen der Reihe ZX von Krone vorgestellt, welches nach [21] optional verfügbar ist. Mit diesem lassen sich Bremseingriffe rein elektronisch ohne die Betätigung des Bremspedals im Zugfahrzeug für jedes Rad einzeln realisieren. Somit konnten zusätzliche Systeme wie ein automatischer lastabhängiger Bremskraftregler (ALB), ein Antiblockiersystem (ABS) oder ein Roll-Stabilitäts-System (RSS) bei den Ladewagen der Reihe ZX verbaut werden. Das EBS wird dabei mit einer Spannung von 12 V von der Zugmaschine versorgt und der automatische lastabhängige Bremskraftregler erhält Informationen über den Beladungszustand des Ladewagens mittels zweier Drucksensoren, von denen je einer pro Seite am hydraulischen Ausgleich des Fahrwerkes verbaut ist. Somit kann die Bremskraft des Anhängers optimal dem Beladungszustand angepasst werden und nach [21] ein Überbremsen des leeren Anhängers oder das zu schwache Abbremsen eines beladenen Anhängers vermieden werden. Dieser Sachverhalt trägt zu einer deutlichen Steigerung der Fahrstabilität bei.

Bei dem Roll-Stabilitäts-System (RSS) von Krone, das in [20] beschrieben ist, soll die Kippgefahr des Anhängers in Kurven minimiert werden. Demnach werden am Anhänger die Raddrehzahl und die auftretende Querbeschleunigung gemessen. Nähern sich die Werte einem als kritisch definierten Bereich an, vollzieht das EBS an den kurveninneren Rädern eine geringfügige Testbremsung. Sofern im Rahmen dieser Testbremsung ein deutlicher Drehzahlunterschied zwischen allen Rädern auftritt, interpretiert das System dies als eine geringe Radaufstandskraft und somit als drohendes Kippen des Anhängers. Ist dies der Fall, wird durch das EBS eine “echte Bremsung“ am Anhänger ausgelöst, wodurch der Zug gerade gezogen wird und sich stabilisiert. Gleichzeitig verringert sich die Geschwindigkeit und somit sinkt die Kippgefahr.

Abschließend muss noch betont werden, dass dieses System lediglich für den größten Ladewagen von Krone vorgesehen ist und während des Konfigurierens durch den Käufer explizit als aufpreispflichtige Sonderausstattung ausgewählt werden muss.

In [20] wurde zudem ein Bremssystem der Marke Knorr zur Reduzierung der Auflaufkräfte am Zugfahrzeug vorgestellt, damit die Fahrstabilität der Zugmaschine durch den Anhänger nicht negativ beeinflusst wird. Die grundlegende Problemstellung ist, dass moderne Ackerschlepper mit bestimmten Motor/Getriebe-Kombinationen bereits beim Wechsel in den Schubbetrieb vergleichsweise stark abbremsen. Da die meisten lof-Anhänger jedoch auf Grund ihrer Gewichtseinschränkungen (siehe Kapitel 2.3.8) keine Auflaufbremse als Betriebsbremse besitzen, bremst der Anhänger in diesen Fällen nicht mit und schiebt auf das Zugfahrzeug auf. In besonderen Fällen, wenn zum Beispiel der Anhänger sehr schwer beladen und der Untergrund etwas rutschig ist, kann sich infolge des Auflaufens die Zugmaschine schrägstellen, was zum vollständigen Kontrollverlust über den Zug führen kann. Bei dem System von Knorr erfolgt eine Überwachung der nötigen Parameter (Fahrgeschwindigkeit,

Beschleunigung, …) aus den Steuergeräten (Getriebe-, Motorsteuergerät) über den CAN-Bus der Zugmaschine. Aus diesen Parametern wird die Zugkraft an der Anhängerkupplung berechnet und sofern eine beschriebene Gefahrensituation vorliegt, die Bremse des Anhängers selbstständig betätigt, sodass ein Auflaufen des Anhängers verhindert wird und sich somit der Zug fahrstabil verhält.

Artähnliche Systeme werden unter anderem von den Herstellern New Holland als “Intelligentes Bremssystem“ [22] oder durch Case IH als “Advanced Trailer Brake“ [23] angeboten.

2.5.3 Frontzapfwellenbremse

In [20] wurde eine dritte vom Fahrzeug unabhängige Bremse der Firma KL-Maschinenbau vorgestellt. Die Bremse wird dabei laut [24] an der Fahrzeugfront über den Drei-Punkt-Kraftheber aufgenommen und ist mechanisch mit der Zapfwelle verbunden, die wiederum mit dem Antriebsstrang gekoppelt ist. Die Bremswirkung wird mittels Wirbelstrombremse (sog. Retarder) erzeugt und kann bei diesem System das Fahrzeug mit vier verschiedenen Bremsstufen verzögern. Da sich das System der Funktion der Wirbelstrombremse bedient, arbeitet es im Vergleich zu den gängigen Betriebsbremsen nahezu verschleißfrei. Ziel dieser Anlage ist es, die Fahrzeugsicherheit beispielsweise bei langen Talfahrten sicherzustellen, indem ein Überhitzen der Betriebsbremse oder das Überdrehen des Motors durch die Motorbremse verhindert wird. Bei der Nutzung der Betriebsbremse, zum Beispiel vor scharfen Kurven, wird das System abgeschaltet, damit die Zugmaschine nicht stärker als der Anhänger bremst und somit der schiebende Anhänger den Schlepper nicht schräg stellt.

2.5.4 Fahrwerksoptimierung

Die am häufigsten auftretenden Achskonstruktionen an Traktoren bestehen laut [19] aus einer starren Hinterachse, die fest mit dem Motor verbunden ist und einer ebenfalls starren Vorderachse, die pendelnd am Vorderwagen aufgehängt ist. Daraus resultiert, dass die Wankabstützung allein über die nicht gefederte Hinterachse erfolgt, was in Kurvenfahrten bei höheren Geschwindigkeiten zu instabilen Fahrsituationen (Über-/Untersteuern) führen kann.

Daher entwickelte Fendt für den Traktor „Fendt 936 Vario“ eine Vorderachse mit einer hydropneumatischen Federung. Mit dieser Achskonstruktion kann eine zusätzliche Wankabstützung an der Vorderachse erreicht werden. Es erfolgt bei dem „Fendt Stability Control“ (FSC) genannten System eine Veränderung der Kopplung der Federzylinder ab einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h, womit sich die Wanksteifigkeit als auch die Federsteifigkeit zur Erreichung einer besseren Fahrstabilität bei höheren Geschwindigkeiten verbessern [19].

2.5.5 Lenkungsauslegung

Viele Zugmaschinen haben ein Lenkgetriebe mit einer festen Übersetzung, die bei ungefähr 14:1 liegt, verbaut [19]. Demnach benötigt es zwischen vier bis fünf Lenkradumdrehungen, um von einem Lenkanschlag zum anderen zu gelangen. Bei Pkw liegt der Wert nach [25] bei etwa

drei Umdrehungen. Die hohe Übersetzung bei lof-Zugmaschinen wurde wohl deshalb gewählt, um die Lenkkräfte für den Fahrer als auch für die Lenkunterstützung möglichst gering zu halten [19]. Gleichzeitig resultiert aus der hohen Übersetzung im Lenkgetriebe eine sehr hohe Genauigkeit bei Langsamfahrten auf dem Feld oder dem Rangieren. Dem steht gegenüber, dass bei höheren Geschwindigkeiten zum Ausweichen eines Hindernisses ein großer Lenkeinschlag erforderlich ist.

Durch den erhöhten Lenkweg muss die Lenkbewegung bei den Zugmaschinen gegenüber Pkw wesentlich schneller erfolgen, was zu Problemen führen kann, da der Fahrzeugführer an physische Grenzen stoßen kann. Dies kann zur Folge haben, dass der Lenkbefehl zu spät umgesetzt wird und es zu einem Unfall kommen kann. Daher bietet die Marke Fendt ein aktives Lenksystem an (Fendt VarioActive), welches die Lenkübersetzung in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit verändern kann und somit den Fahrzeugführer entlastet sowie die Fahrsicherheit erhöht [26].

2.5.6 Kamerasysteme

Die Traktorhersteller Fendt und John Deere haben auf der Agritechnica 2015 Kamerasysteme vorgestellt, mit denen die Zugmaschinen zum Beispiel aus der Vogelperspektive dargestellt werden können. Somit können Hindernisse beim Rangieren leichter und gegenüber nachrüstbaren Rückfahrkameras wesentlich besser erkannt werden [27].

Deutz-Fahr bietet mit dem “Driver Extended Eyes“ ein Kamerasystem mit Umfeldüberwachung an. Demnach identifiziert das System Personen, die sich zum Beispiel im toten Winkel vor dem Fahrzeug befinden und verhindert das Losfahren des Traktors [28].

Jedoch stehen solche Systeme oftmals lediglich bei den Topmodellen der Hersteller als kostenintensive optionale Ausstattung zur Verfügung. Kunden tendieren daher oftmals zum Nachrüsten von Zubehörkameras, da diese häufig um ein Vielfaches günstiger sind. Allerdings können Zusatzfunktionen wie die beschriebene Personenerkennung von Deutz-Fahr damit nicht realisiert werden.

2.5.7 Lenkassistent

Gerade in den Sommermonaten sind die sehr geraden Fahrspuren auf den Feldern zu beobachten. Die Anordnung ist nicht aus optischen Gründen gewählt, sondern dient mehreren Zwecken: Zum einen soll durch die Benutzung einer bestehenden Fahrspur die Bodenverdichtung so gering wie möglich gehalten werden. Zum anderen benötigt der Anbau der Kultur selbst die Einhaltung fester Abstände. Nicht zuletzt soll der Anbau durch die Maschinen und Geräte so effizient wie möglich erfolgen, sodass keine landwirtschaftliche Fläche verschwendet oder doppelt bearbeitet wird.

Dabei bedarf es Geschick und sehr viel Konzentration für das Spurhalten bei der Fahrt mit der Zugmaschine und den unterschiedlichen Anbaugeräten. Denn gerade durch Bodenunebenheiten kann es dazu kommen, dass der Traktor in eine Richtung abdriftet und der

Fahrzeugführer dementsprechend gegensteuern muss. Weitere erschwerende Arbeitsumstände sind die großen Abmessungen der Maschinen und Geräte, Staubentwicklung, Temperatureinwirkung sowie Sichteinschränkung infolge von Sonnenstrahlen. Aufgrund der Fülle von Einflussfaktoren wird diese Arbeit als sehr anstrengend beschrieben [19].

Dies hat jedoch in erster Linie nichts mit Unfällen auf öffentlichen Straßen zu tun. Da aber der Landwirt nach getaner Arbeit wieder nach Hause fahren muss, kann selbst ein Lenkassistent für das Feld die Sicherheit beim Betrieb auf öffentlichen Straßen unter gewissen Umständen erhöhen. Denn es gilt der Grundsatz, dass eine erschöpfte Person weniger aufmerksam ist und daher eher zu Fehlern neigt. Demnach sollte so ein Lenkassistenzsystem nach [19] die Funktionen „Automatisches Spurfahren“, „Hinderniserkennung“, „Automatische Werkzeugführung“ und „Automatisches Wendemanöver“ besitzen.

Die Funktionsweise solcher Lenksysteme und welche Sensoren und Aktoren für dieses benötigt werden, sind in [19] beschrieben und sollen nicht Bestandteil dieser Arbeit sein.

Wenn diese Lenkassistenzsysteme eine Wiederholgenauigkeit von ± 5 cm oder besser haben, könnte dieses System auch im Straßenverkehr für das Durchfahren von Engstellen genutzt werden. Da jedoch keine Höchstgeschwindigkeit für den Lenkassistenten angegebenen ist, muss vor der Erweiterung des Einsatzspektrums für Lenkassistenzsysteme die Tauglichkeit überprüft werden.

2.6 Bestehende Unfallanalysen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen

Belastbare und aktuelle Statistiken und Unfallanalysen zu Verkehrsunfällen mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen gibt es sowohl national als auch auf internationaler Ebene nur vereinzelt. Existierende Studien lassen sich aufgrund andersartiger Infrastruktur, abweichenden Straßenverhältnissen und dem allgemeinen Verkehrsgeschehen teils nur schwer vergleichen und erlauben daher allenfalls geringfügige Rückschlüsse. Wieder anderen Auswertungen liegen sehr alte Unfalldaten zu Grunde. Nichtsdestotrotz soll nachfolgend ein Überblick über verfügbare Daten zu Unfallanalysen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen gegeben werden.

2.6.1 Europa

Seitens des Europäischen Landmaschinenverbands CEMA wurde die Community Road Accident Database (CARE), eine zentrale Datenbank der Europäischen Union (EU) zu Verkehrsunfällen mit Verletzungs- oder Todesfolge, ausgewertet. Laut [29] ist das Risiko eines tödlichen Traktorunfalls abhängig vom Alter der landwirtschaftlichen Zugmaschine. 56 % der Verkehrsunfälle mit Verletzungsfolge und 69 % der Unfälle mit tödlichen Verletzungen ereignen sich mit LZM, die älter als 12 Jahre sind.

Im Gegensatz dazu scheint das durchschnittliche Risiko, in einen Straßenverkehrsunfall verwickelt zu werden, bei neuen Maschinen deutlich geringer zu sein. Unter Berücksichtigung, dass neue Traktoren durchschnittlich deutlich intensiver genutzt werden als die meisten älteren LZM, scheint das effektive Unfallrisiko pro Arbeitsstunde für neue, moderne Traktoren um gut 80 % pro Arbeitsstunde niedriger. Diese Ergebnisse werden als Fortschritt bei der

aktiven und passiven Sicherheit von neuen Traktormodellen, die in den letzten Jahren auf den Markt kamen, interpretiert.

Darüber hinaus könnte der Anstieg des Unfallrisikos mit zunehmendem Fahrzeugalter darauf hindeuten, dass der Reparatur- und Wartungsbedarf bei älteren Maschinen steigt und dadurch auch die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird.

2.6.2 Italien

[30] enthält eine Auswertung tödlicher Unfälle mit landwirtschaftlichen Traktoren in Italien im Zeitraum von 2008 bis 2019. Demnach geschehen jährlich zwischen gut 100 und knapp 150 Unfälle mit Todesfolge, der Trend ist dabei leicht sinkend. Insgesamt verunglückten in diesem Zeitraum gut 1.400 Personen bei Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen tödlich. Auffällig ist, dass dabei knapp 78 % der Altersgruppe ab 51 Jahren zugeordnet werden müssen.

Bei der monatlichen Verteilung der LZM-Unfälle zeigt sich eine Häufung zur Erntesaison. In den Sommermonaten fallen die Unfallzahlen deutlich höher aus als in den Wintermonaten November bis Februar. Die meisten Unfälle ereignen sich im Juni (14 %), die Monate Januar und Dezember haben den geringsten Anteil (je 3 %).

Fast drei Viertel der LZM-Unfälle mit tödlichem Ausgang passiert jedoch auf dem Feld, lediglich 27 % der Unfälle sind dem Straßenverkehr zuzuordnen.

Ferner enthält [30] eine Auswertung der tödlich verlaufenen Unfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen nach der Höhenlage des Unfallortes. Hierzu wurden drei Kategorien gebildet: Mit jeweils 48 % passieren gleiche große Anteile im Bereich von null bis 200 Meter über Normalhöhennull (NHN) sowie zwischen 201 und 600 m NHN. Einen geringen Anteil mit 4 % machen Traktorunfälle im Bereich von mehr als 600 m NHN aus.

Zudem ist über die Hälfte der tödlichen Traktorunfälle in Italien zwischen 2008 und 2019 auf Unfälle mit umkippenden und/oder sich überschlagenden Traktoren, die über keinerlei Roll-Over-Protective-Structure (ROPS) verfügten, zurückzuführen.

2.6.3 Niederlande

[31] untersuchten die Entwicklung der Unfallzahlen, der Unfallart und der Schwere bei Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen in den Niederlanden. Das Ziel war dabei, Einflussfaktoren zu identifizieren und präventive Maßnahmen zur Unfallverhütung zu entwickeln.

Für die Datenerhebung wurde auf die Unfallberichte der niederländischen Polizei zurückgegriffen und dabei der Zeitraum von 1987 bis 2010 betrachtet. In diesem Zeitraum sank die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden unter Beteiligung einer landwirtschaftlichen Zugmaschine in den Niederlanden. Jedoch ist die Zahl von tödlichen Unfällen nicht rückläufig.

Für die weitere Beurteilung der Unfallzahlen wurde der Begriff „Gravity“ in [31] definiert. Dieser beschreibt die Anzahl tödlicher Unfälle pro 100 Unfällen mit verletzten Personen und beträgt für den betrachteten Zeitraum 6,2. Der Gravity-Wert aller Unfälle in den Niederlanden lag

jedoch für den betrachteten Zeitraum bei 2,8. Somit ist festzuhalten, dass Unfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen gegenüber allen Verkehrsunfällen häufiger schwerwiegende Unfallfolgen nach sich ziehen.

Gleichermaßen verhält es sich mit der Unfallörtlichkeit: Zu 74 % liegen diese außerhalb von Ortschaften und sind mit einem Gravity-Wert von 7,0 gegenüber 3,9 in den niederländischen Städten deutlich folgenreicher.

Die Verteilung der Unfalluhrzeiten über den Tagesverlauf zeigt, dass 74 % der Unfälle in den Niederlanden bei Tageslicht und 17 % bei Dunkelheit geschahen. Die „Gravity“ betrug bei nächtlichen Unfällen im Mittel 9,0 und ist tendenziell ansteigend.

Zwei Drittel der Unfälle geschehen zwischen den Monaten April bis Oktober. Die Zugmaschine war in 60 % der Fälle Unfallverursacher. Häufigste Unfallgegner waren Pkw mit 43 %. Die Anteile von Fahrrädern/Mopeds liegen mit 15 % höher als der Anteil der Motorräder (8 %).

Die Verteilung der Schuldfrage bei ungeschützten Verkehrsteilnehmern ergibt, dass in 95 % der Fälle die LZM bei den Fußgängerunfällen in den Niederlanden der Unfallverursacher war. Bei den Rad- und Mopedfahrern lag dieser Wert bei ebenfalls hohen 71 %.

Zusammenfassend wurden zusätzlich folgende Schwerpunkte bezüglich der landwirtschaftlichen Zugmaschinen genannt:

- In 24 % der Fälle war die Sicht nach vorne oder hinten durch Anbaugeräte oder Ladung unfallbeeinflussend eingeschränkt.
- In 12 % der Fälle hatten scharfe Kanten der Anbaugeräte und
- in 5 % der Fälle das Gegengewicht einen Einfluss auf die Verletzungsschwere.

In den Niederlanden ist die Demontage von Geräten und Gegengewichten vorgeschrieben, sofern sie nicht zwingend benötigt werden. Jedoch soll es laut [31] gängige Praxis sein, diese Vorschrift auf Grund des hohen Zeitaufwandes für die Montage und Demontage zu missachten. In 13 % der Fälle wurde die maximale Breite überschritten. Zusätzlich sollen, ohne Angabe von Prozentwerten, in den Niederlanden häufig die Beleuchtungseinrichtungen der landwirtschaftlichen Maschinen nicht voll funktionsfähig gewesen sein.

Als fahrerbezogene Ursache wird seitens der Zugmaschine ein zu geringes Risikobewusstsein bei jungen Fahrern genannt. Demnach sollen sich lediglich 6 % der Fahrzeugführer an die Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h halten. Zusätzlich wurde jedoch einschränkend erwähnt, dass es schwierig ist, einen wissenschaftlich fundierten Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsüberschreitung und Unfallgeschehen zu erkennen, da oftmals die tatsächliche Geschwindigkeit auf Grund fehlender Bremsspuren sowie nicht vorgeschriebenem Fahrtenschreiber in den Zugmaschinen nicht bestimmt werden kann.

Des Weiteren sind Unfälle geschehen, bei denen die Nutzung der Traktoren in keinem Zusammenhang mit einer landwirtschaftlichen Tätigkeit geschah. Als Beispiel wurde das Bringen zu und Abholen von Kindern von der Schule genannt. Diese Art von Unfällen lässt sich nach [31] verhindern, indem dafür ein normaler Pkw genutzt wird.

Eine weitere genannte Maßnahme ist die Erhöhung des Gefahrenbewusstseins in Bezug auf die LZM im Straßenverkehr, beispielsweise durch Fahrertrainings oder auch Öffentlichkeitsarbeit. Diese Maßnahmen gelten für alle Verkehrsteilnehmer. Außerdem soll die Kontrolle der gefahrenen Geschwindigkeit intensiviert werden. Stationäre Geschwindigkeitsüberwachungsgräte sind laut [31] in diesem Fall nutzlos, da die Zugmaschinen in den Niederlanden zum damaligen Stand keine Nummernschilder besitzen mussten und somit der Aufwand der Verfolgung des Deliktes in keinem Verhältnis zur Strafe stand. Weitere Vorschläge beinhalteten die Kontrolle der Beleuchtungseinrichtung und Rückspiegel auf Funktion sowie die Einführung des Spurwechselassistenten. Als letzter Hinweis wurde das Tauschen von Feldern genannt, um die notwendigen Fahrstrecken auf der Straße zu minimieren.

2.6.4 Österreich – Statistik

Anhand von Daten [32] der österreichischen Bundesanstalt Statistik ist eine Untersuchung des Unfallgeschehens in Österreich möglich. Aus diesen Daten geht hervor, dass in den letzten Jahren die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden zurückgegangen ist. Lag der Wert im Jahr 2012 noch bei 40.831 Kollisionen, zählte er im Jahr 2019 ledig noch 35.736 Fälle. Pkw verunfallen am häufigsten, jedoch sind die absoluten Zahlen in ihrem Verlauf, wie für motorisierte Zweiräder ebenfalls, fallend. Demgegenüber steigen die Unfallzahlen der Lkw und Fahrräder an. Die Zugmaschinen bleiben im Verhältnis zur Gesamtunfallzahl mit rund einem Prozent Anteil auf einem konstant niedrigen Niveau.

Als Zugmaschinen wurden hier Traktoren, Motor- und Transportkarren, selbstfahrende Arbeitsmaschinen und Sonderkraftfahrzeuge zusammengefasst.

Da in der österreichischen Statistik nicht auf die Anzahl aller Verletzten (auch Unfallgegner) bei Unfällen mit Zugmaschinen eingegangen wurde, können lediglich Auswertungen zu den Insassen der Zugmaschinen erfolgen. Dies ergibt, dass die Anzahl der verletzten Insassen von Zugmaschinen in Österreich steigend ist. Die getöteten Insassen verbleiben jedoch auf einem sehr niedrigen Niveau. Allerdings geht aus den Daten hervor, dass sowohl die Zahl der Verletzten als auch der getöteten Insassen aller Fahrzeuge in Österreich insgesamt fallend ist. Durch diese konträre Entwicklung wird die Relevanz des Themas Traktorunfälle mit den Zahlen aus Österreich verdeutlicht.

Die Verteilung des Geschlechtes auf die verunfallten Insassen der Zugmaschinen ist eindeutig: 95,5 % der verunfallten Personen in Zugmaschinen sind männlich.

Auf die Beurteilung des Alters der Fahrer wird an dieser Stelle verzichtet, da die Daten in [32] sowohl Fahrer als auch Mitfahrer der Zugmaschinen berücksichtigten. Daher kommt es zu einer Verzerrung der Ergebnisse. Ferner werden Unfälle mit Kindern ausgewiesen, die definitiv auf Grund ihres Alters keine landwirtschaftliche Zugmaschine führen dürfen.

2.6.5 Österreich – Tödliche Traktorunfälle

Aus dem Jahr 2020 ist eine Studie über tödliche Traktorunfälle des Jahres 2019 in Österreich [33] veröffentlicht. Die Datenerhebung erfolgte mittels Literatur- und Internetrecherche. Analysiert wurden 24 Unfälle mit tödlichem Ausgang. Ausgenommen wurden plötzliche medizinische Notfälle der Traktorfahrer und Tod durch aktive Maschinenteile. Außerdem wurden in Traktorunfällen beteiligte getötete PKW- oder Motorradfahrer nicht in die Betrachtung einbezogen.

17 Fahrer verunglückten während der Fahrt, davon lediglich drei Personen während der Teilnahme am Straßenverkehr, neun weitere Personen auf Forst- und Feldwegen. Unfallursachen und Unfalltypen wurden jedoch nicht genauer analysiert.

Wichtigste Erkenntnis der Auswertung war: (Überroll)Schutzstruktur und (angelegter) Sicherheitsgurt hätten in rund 85 % der Unfälle den tödlichen Ausgang verhindern können.

2.6.6 Schweden

Eine Studie von Straßenverkehrsunfällen aus Schweden [34] wertete Unfälle mit Personenschaden von Traktoren, Mähdreschern, anderen selbstfahrenden landwirtschaftlichen Geräten sowie Pferden und pferdegezogenen Fahrzeugen der Jahre 1992 bis 2005 aus.

Die Daten der verwendeten Unfalldatenbank stammen aus den Unfallberichten der Polizei. Mit Hilfe der Akten der Polizei wurden unter anderem Informationen bezüglich des Unfalltyps, der Verletzungsschwere sowie der Fahrzeugdaten erfasst und hinsichtlich Auffälligkeiten ausgewertet. Von 2.542 erfassten Unfällen geschahen 70 % (1.793) mit Beteiligung von Traktoren, welche anschließend näher untersucht wurden.

Im jährlichen Mittel geschahen im betrachteten Zeitraum 128 Unfälle, bei denen durchschnittlich sieben Personen zu Tode kamen, 44 schwer verletzt wurden und 143 Beteiligte leichte Verletzungen erlitten. Die Anzahl der schwer verletzten Personen ist über den betrachteten Zeitraum rückläufig. Jedoch stieg die Anzahl der Leichtverletzten stark an. Die Anzahl tödlich Verunglückter blieb demgegenüber nahezu konstant.

Des Weiteren ist festzustellen, dass die Unfallzahlen unter Beteiligung von Zugmaschinen generell stiegen. Als Ursache wurden folgende Aspekte genannt: Zum einen erfolgte im betrachteten Zeitraum in Schweden eine Suburbanisierung, demzufolge zogen viele Personen wieder in ländliche Gebiete. Diese Personen aus den Städten hatten zuvor wenig Berührungspunkte mit großen landwirtschaftlichen Zugmaschinen und neigen daher zu einer Unterschätzung deren Gefahrenpotenzials. Außerdem wurde die Straßenbeschaffenheit in Schweden im betrachteten Zeitraum und über diesen hinaus besser, weshalb die gefahrenen Geschwindigkeiten der Verkehrsteilnehmer zunahmen. Als letzte Ursache wurde die Vergrößerung der landwirtschaftlichen Flächen je Landwirt genannt. Da diese lediglich die zur Verfügung stehenden Flächen pachten oder kaufen konnten, liegen diese oftmals weiter von den bestehenden Feldern entfernt. Somit steigt der Nutzungsanteil der Straße weiter an.

Zusätzlich wird darauf verwiesen, dass 1,3 % aller Verkehrstoten in Schweden durch Kollisionen mit Zugmaschinen hervorgerufen wurden.

Für die weitere Betrachtung der Fälle wurde die Art der landwirtschaftlichen Fahrzeuge ausgewertet. Demnach stellte sich heraus, dass sich unter den 1.793 Traktoren 324 Arbeitsgeräte befanden, die zu Fuß bedient werden (z. B. motorisierte Mähbalken mit einer Achse) oder aus umgebauten Pkw bestanden. In weiteren 471 Fällen waren gar keine Informationen zur Maschinenart vorhanden. Somit standen für weitere Analysen lediglich 990 Unfälle zur Verfügung.

Fahrzeugführer des Unfallgegners wurden überdurchschnittlich oft (80 %) verletzt, wohingegen die LZM-Fahrer lediglich in 30 % der Fälle einen Personenschaden erlitten, der zum überwiegenden Teil aus leichten Verletzungen (237 von 325 Personenschadenunfällen) bestand. Die Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners ist in Schweden zu 63,6 % ein Pkw, zweithäufigste Unfallgegner sind Lkw mit 7,1 %. Die Anteile der ungeschützten Verkehrsteilnehmer sind in Schweden erfreulicherweise mit maximal 6,5 % vergleichsweise niedrig.

Eine Auswertung des Alters der LZM-Fahrzeugführer führte zur Definition einer Risikogruppe der jungen Traktorfahrer (Alter: 12 bis 24 Jahre), da deren Anteil mit 20 % überdurchschnittlich hoch liegt.

Der Anteil der Alleinunfälle liegt bei 13,1 %, die jedoch überwiegend durch junge Fahrzeugführer (12 bis 24 Jahre) verursacht werden, welches mit der fehlenden Fahrpraxis in Verbindung gebracht wird.

Ferner haben Abbiege- und Kreuzungsunfälle einen sehr großen Anteil an allen betrachten Unfällen. Bei diesen beiden Unfalltypen steigt der Anteil an allen Unfalltypen mit dem Fahreralter leicht an.

Die Verteilung der Uhrzeiten der Unfälle zeigt, dass ein Großteil (ca. 80 %) im Bereich zwischen 8 und 19 Uhr, ohne signifikanten Rückgang um die Mittagsstunden, passiert. Zusätzlich zeigt sich, dass die meisten Unfälle mit je 17 % an einem Montag beziehungsweise Freitag geschehen.

Die Verteilung der ausgewerteten Unfälle auf die einzelnen Monate eines Jahres folgt den Mustern der Analysen aus den vorhergehenden Kapiteln. Die vier Monate mit den höchsten Anteilen in Schweden bilden dabei September (14 %), Oktober (12 %), Juni und August (je 10 %). Als Ursache wird hierfür neben dem häufigeren Einsatz der Maschinen in der Hauptsaison auch die höhere Belastung des Personals zu dieser Zeit genannt. Diese resultiert neben dem erhöhten Stresslevel zusätzlich aus den längeren Arbeitszeiten während der Erntesaison.

Analog zu den vorhergehenden Kapiteln erfolgten 80 % der Unfälle mit Schwerverletzten oder Getöteten in Schweden unter der Beteiligung von lof-Zugmaschinen außerhalb von Ortschaften. Bei 77 % der Unfälle herrschte Tageslicht und in 87 % der Fälle wurden keine witterungsbedingten Einflüsse berichtet.

2.6.7 Vereinigte Staaten von Amerika – North Carolina

Das Ziel der in diesem Unterkapitel untersuchten Quelle [35] war, landwirtschaftliche Betriebe, die in einem ausgewählten Zeitraum einen Unfall auf öffentlichen Straßen mit deren Fahrzeugen hatten, zu ermitteln und den Betrieben ohne Schadensereignis gegenüberzustellen. Hierbei sollte die Anzahl der Betriebe beider Gruppen für die Untersuchungen gleich groß sein. Dazu wurde aus einer Datenbank, in der über 40.000 landwirtschaftliche Betriebe und Besitzer von landwirtschaftlich nutzbaren Flächen in North Carolina mit Telefonnummer verzeichnet waren, 20.000 ausgewählt. Diese Personen wurden maximal dreimal an unterschiedlichen Tagen zu unterschiedlichen Zeiten für die Befragung angerufen. Sofern sie nicht erreicht wurden, schieden die Personen aus der Befragung aus. Falls es zu einer Befragung kam, mussten die Personen folgende Kriterien erfüllen, damit sie in die Datenerhebung aufgenommen wurden:

- die Betriebe müssen Zugmaschinen auf öffentlichen Straßen bewegen,
- die Person muss mindestens 18 Jahre alt sein und
- für die Kategorie “Betrieb mit Unfall“ musste dieser in der Zeitspanne 1992 bis 2003 erfolgt sein.

Diese große Zeitspanne wurde gewählt um eine möglichst große Datenerhebung sicherzustellen. Die finale Stichprobe beinhaltet jedoch lediglich 200 Unfallbetriebe und 185 Betriebe ohne Schadensereignis, da zum Beispiel einige Teilnehmer die Befragung nicht bis zum Schluss durchgeführt haben. In der Befragung, welche telefonisch oder per Brief erfolgte, wurden neben allgemeinen Angaben zum Betrieb, wie jüngster, ältester Mitarbeiter und Betriebsgröße, auch spezielle Fragen zu den Fahrzeugen, Fahrern und Umgebungsaspekten (Wetter, Verkehrsaufkommen, …) gestellt. Auf Fragen zum Unfallhergang wurde verzichtet, da sie sowohl durch einseitige Berichterstattung als auch Erinnerungslücken durch die gewählte Zeitspanne als fehlerbehaftet angenommen wurden.

Bei der Auswertung der Daten wurden folgende Ergebnisse ermittelt: Demnach sind junge Traktorfahrer risikobehafteter. Einen weiteren erhöhten Anteil machen Fahrzeugführer aus, die der englischen Sprache nicht mächtig waren oder keine Familienangehörige des Betriebes sind. Prozentzahlen wurden dabei nicht angegeben.

Ebenfalls wurde untersucht, ob Zusammenhänge bei Betrieben zwischen der Anzahl von innerbetrieblichen Unfällen in der Vergangenheit und der Anzahl an Unfällen im Straßenverkehr mit Beteiligung einer Zugmaschine bestanden. An dieser Stelle konnte die Abhängigkeit bestätigt werden. Als Ursache hierfür wurde ein fehlendes Verständnis für Sicherheit innerhalb des Betriebes angenommen.

Darüber hinaus gehören Landwirte und Mitarbeiter, welche häufig mit Pkw auf öffentlichen Straßen unterwegs sind und somit weniger Erfahrung in großen Landmaschinen besitzen, ebenfalls zur Risikogruppe.

Ältere Fahrer stellen keine Risikogruppe dar, da kein Alter ausgemacht werden konnte, bei dem die physischen Einschränkungen den Vorteil der höheren Fahrpraxis aufheben.

Unabhängig von den Ergebnissen wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Datenerhebung ihre Schwachpunkte besitzt. Diese liegen zum einen in der Art der Datenerhebung begründet,

da bei Befragungen oftmals die Aussagen schwer bis gar nicht auf ihren Wahrheitsgehalt untersucht werden konnten. Des Weiteren wurde genannt, dass einzelne Daten mittels Index angegeben wurden. Hierzu zählte zum Beispiel die Einschätzung der eigenen Erfahrung mit Zugmaschinen. Diese stellt die Erhebung eines rein subjektiven Wertes dar, welcher zwischen den befragten Personen schwanken kann.

Im Ausblick sollen laut [35] weitere Untersuchungen durchgeführt werden, da das Unfallgeschehen hoch komplex ist und mit den erhobenen Daten nur unzureichend ergründet werden konnte. In diesem Zuge wurden Merkmale wie Führerscheinklassen, aber auch absolvierte Fortbildungsmaßnahmen und Sicherheitstrainings genannt.

Unabhängig von der beschriebenen Unschärfe zeigen die Ergebnisse trotzdem eine Tendenz, die mit Auswertungen aus anderen Ländern zumindest partiell vergleichbar ist.

2.6.8 Vereinigte Staaten von Amerika – Ohio

In [36] erfolgte eine Untersuchung von Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen auf öffentlichen Straßen im Zeitraum von 1989 bis 1992 in Ohio. Die hierfür verwendete Datenbank umfasst 1.432 Unfälle, von denen jeder nach 141 Merkmalen kategorisiert wurde. Die Informationen dazu kamen aus digitalisierten Unfallberichten. Von diesen 1.432 Fällen waren 803 Fälle Kollisionen mit Beteiligung von weiteren Fahrzeugen. Diese wurden weiter untersucht.

Ein Prozent der betrachteten Fälle waren Unfälle mit Todesfolge. In weiteren 28 % (n = 227) der Fälle wurden Personen verletzt. 71 % waren reine Sachschadenunfälle.

Das häufigste Fahrzeug des Unfallgegners in Ohio war ein Pkw mit 64 % Anteil. Den zweithöchsten Anteil besaßen Lkw mit 25 %, gefolgt von Motorrädern mit nur 2 % Anteil.

Neben den bisher genannten Merkmalen wurden weitere Untersuchungen bezüglich des Tages, der Unfalluhrzeit, der Lichtverhältnisse, des Kollisionstyps, der Unfallursache, dem Alter und Geschlecht der Fahrer sowie des Wetters und dem Einfluss von Alkohol unternommen. Demnach geschahen 78 % der Kollisionen zwischen der landwirtschaftlichen Zugmaschine und einem beteiligten Fahrzeug bei Tageslicht und 18 % der Unfälle geschahen bei Dunkelheit. Die übrigen vier Prozent geschahen bei Dämmerung oder Sichtbeeinträchtigung durch Staub. Die in [36] aufgeführte Vermutung, dass häufig Zwischenfälle mit Zugmaschinen in den Morgen- und Abendstunden geschehen, wenn die Maschinen auf dem Weg zur Feldarbeit beziehungsweise auf dem Rückweg sind, kann mit den zugrunde liegenden Daten widerlegt werden: Demnach geschehen 83,6 % aller Zwischenfälle im Zeitraum von 9 bis 21 Uhr, ohne dass ein Rückgang um die Mittagsstunden zu verzeichnen ist. Die Verteilung innerhalb des Zeitraumes ist hingegen als nahezu gleichmäßig zu betrachten. Somit besitzen Arbeits- und Feierabendzeiten aller Bevölkerungsschichten keinen Einfluss auf das Unfallgeschehen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen in Ohio.

Ferner wurde die Verteilung der verschiedenen Unfalltypen untersucht. Die Unfallart „Angle“ beschreibt eine Kollision mit einem seitlichen Aufprall. Somit bestand in diesen Fällen ein Winkel zwischen den Fahrtrichtungen beider Beteiligten. Hiervon sind Unfälle ausgenommen,

welche unmittelbar mit einem Überholvorgang/Vorbeifahren zusammenhingen. Demnach wurden zum Beispiel linksabbiegende Zugmaschinen mit dem gleichzeitigen Überholen des zweiten Fahrzeugs in der Kategorie „Seitlich gleiche Richtung“ aufgenommen. Seitliche Unfälle als auch Unfälle mit einem Winkel zwischen beiden Fahrzeugen machen mehr als die Hälfte aller Unfälle aus.

Anschließend wurde die Verteilung der Unfallarten bei Nacht betrachtet. Hierbei stieg der Anteil der Auffahrunfälle von 15 % auf 42 % an. Ähnlich verhielt es sich bei den Unfällen im Begegnungsverkehr. Hier stieg die Zahl von 15 % auf 27 %. Nach dem allgemeinen Überblick über die Unfallarten erfolgte die Betrachtung der drei häufigsten Arten unter Berücksichtigung des vorkollisionären Verhaltens beziehungsweise der Intentionen der Fahrer. Demnach hatten bei den Auffahrunfällen in 68 % der Fälle sowohl die Fahrer der Zugmaschinen als auch die Kollisionspartner die Absicht der Straße geradeaus zu folgen. In 14 % der Fälle will der Fahrzeugführer der LZM abbiegen, deutlich häufiger nach links (11 %) als nach rechts (3 %). Der Unfallgegner muss in 11 % der Fälle verkehrsbedingt anhalten und wollte in 8 % der Fälle überholen. Bei den Konflikten in seitlich entgegengesetzter Richtung möchte sowohl der Großteil der Zugmaschinen mit 85 % als auch der Unfallgegner mit 87 % der Straße geradeaus folgen. In weiteren 9 % besitzt der Fahrer der Zugmaschine die Absicht abzubiegen. Bei den Unfallgegnern gibt es kein weiteres signifikantes vorkollisionäres Verhalten. Komplett entgegengesetzt verhalten sich die Anteile bei den Konflikten in seitlich gleicher Richtung: Hier möchte der Traktor in 54 % der Fälle abbiegen, wobei der Anteil nach links mit 47 % gegenüber nach rechts (7 %) signifikant höher ist. Weitere 23 % wollen lediglich der Straße geradeaus folgen und es kommt dabei zu einer Kollision mit einem Unfallgegner, welcher in gleicher Richtung unterwegs ist. Die beteiligten Unfallgegner hatten in über der Hälfte der Fälle (53 %) die Absicht, die langsam fahrende Zugmaschine zu überholen und bei weiteren 36 % wollten die Beteiligten geradeaus fahren.

Darüber hinaus wird angemerkt, dass viele Bauteile der landwirtschaftlichen Fahrzeuge breiter als 2,4 m sind und deshalb häufiger über die Fahrbahnmittellinie herausragen. Gleichfalls sind die Autoren über den hohen Anteil von abbiegenden Zugfahrzeugen bei Unfällen in seitlich gleicher Richtung überrascht, da laut [37] ein spezielles Blinkverfahren bei den Ackerschleppern vorgeschrieben ist, welche in seiner Wirkungsweise denen von Pkw lediglich ähnelt und zur Zeit der in [36] untersuchten Unfälle vorgeschrieben war. Demnach soll nach [37] der linke Fahrtrichtungsanzeiger beim Linksabbiegen blinken und der rechte zum Warnen des nachfolgenden Verkehrs dauerhaft leuchten.

Zuletzt wurden die „Angle“-Unfälle, welche als Kreuzungsunfälle verstanden werden können, untersucht. Bei dieser Unfallart ist das vorkollisionäre Verhalten der LZM ähnlich den Unfällen seitlich in gleicher Richtung. In 59 % der Unfälle will die Zugmaschine abbiegen, wobei den Hauptanteil mit 52 % wieder die Fahrtrichtung nach links ausmacht. Weitere 26 % der Landmaschinen wollen geradeaus fahren. Die Unfallgegner wollen zum überwiegenden Teil geradeaus fahren (67 %), beziehungsweise in 26 % der Fälle überholen.

Weiterhin gab es keine Auffälligkeiten in der Altersverteilung bei den Fahrern beider Fahrzeuge, lediglich besaß die Gruppe „44 Jahre und jünger“ ein leicht erhöhtes Risiko gegenüber der Personengruppe „45 Jahre und älter“. Die Geschlechterverteilung der LZM-

Fahrzeugführer zeigt einen, im Vergleich mit sonstigen vorliegenden Auswertungen, relativ hohen Anteil von 20 % weiblichen Fahrzeugführern. Der Anteil an Alkoholunfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen lag mit drei Prozent deutlich unter dem Durchschnitt in Ohio (8 %).

Bei den Auswertungen von Wetter und Straßenzustand konnten keine Auffälligkeiten ausgemacht werden.

2.6.9 Zusammenfassung bestehender Unfallanalysen

Dieses, die bestehenden internationalen Unfallanalysen zusammenfassende Unterkapitel, dient der kurzen Darstellung von Ergebnissen und Analysen, die in mindestens zwei der vorangegangenen Kapitel übereinstimmend genannt wurden, ohne dass in einer weiteren Quelle eine widersprüchliche Aussage getroffen wurde.

Zu den Auffälligkeiten zählt, dass die Unfallzahlen aller Fahrzeuge für die jeweils betrachteten Zeiträume rückläufig waren, jedoch die Anzahl der Unfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen konstant blieb beziehungsweise sogar leicht steigend war. Darüber hinaus ging aus den Auswertungen hervor, dass es bei Unfällen mit LZM überdurchschnittlich oft zu Personenschäden kommt.

Der Unfallschwerpunkt liegt dabei außerhalb von Ortschaften. Die häufigsten Unfalltypen sind Kreuzungsunfälle, Abbiegeunfälle und Kollisionen zwischen entgegenkommenden Fahrzeugen.

Die Verteilung der Unfälle auf die verschiedenen Monate scheint recht eindeutig: Demnach geschieht ein Großteil der Kollisionen zwischen April und Oktober. Gleichermaßen verhält es sich mit der Verteilung der Unfälle über den Tag. Hier geschieht der größte Anteil der betrachteten Unfälle innerhalb der typischen Arbeitszeiten (8 – 20 Uhr), ohne dass sich Einflüsse der Hauptverkehrszeiten identifizieren lassen. Zudem geschehen mindestens 70 % der Unfälle bei Tageslicht. Bei der Betrachtung des Wetters zur Unfallzeit konnten keine Auffälligkeiten festgestellt werden.

Bezüglich der Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners sind sich die Quellen lediglich bei der am häufigsten auftretenden Form, dem Pkw, einig. Die Anteile von Lkw, Motorrädern, Fahrrädern und Fußgängern variieren je nach Quelle sehr stark, was auf die infrastrukturellen und kulturellen Unterschiede zurückgeführt werden kann.

Bei der Frage des Hauptverschuldens besteht überwiegende Einigkeit: Die landwirtschaftliche Zugmaschine ist überwiegend Hauptverursacher des Unfalls. Für den Fall, dass es sich bei den Unfallgegnern um ungeschützte Verkehrsteilnehmer handelt, steigt der Anteil der Unfälle mit der LZM als Hauptverursacher.

Zuletzt wurden Einflussfaktoren zum Fahrer der Traktoren untersucht: Die landwirtschaftlichen Fahrzeuge werden überwiegend von männlichen Personen genutzt. Gleichermaßen geht hervor, dass junge Fahrer von LZM überproportional häufig in Unfälle verwickelt sind.

3 Amtliche Statistik zum Unfallgeschehen von LZM in Deutschland

Für die Einordnung des Straßenverkehrsunfallgeschehens landwirtschaftlicher Zugmaschinen in Deutschland ist zusätzlich zur Unfallzahlenentwicklung ein Blick auf die Veränderung des Fahrzeugbestandes wesentlich. Abbildung 4 zeigt ausgehend vom Bezugsjahr 2008[2] die Veränderung des Bestandes von LZM und der Unfälle mit Personenschaden (U(P)) mit LZM-Beteiligung gegenüber der Entwicklung des Pkw-Bestandes sowie der Personenschadenunfälle mit Pkw-Beteiligung. Es wird deutlich, dass LZM eine schnellere Bestandszunahme verzeichnen als Pkw, wenn auch bei wesentlich geringeren absoluten Bestandszahlen: 1,55 Mio. LZM gegenüber 47,55 Mio. Pkw am 01.01.2021.

Die Unfallzahlen von LZM sind weiterhin in etwa auf dem Niveau von 2008, wenngleich aufgrund der relativ geringen Fallzahlen (2019: 1.941 U(P) mit LZM-Beteiligung) größere Schwankungen zu beobachten sind. Für Pkw haben sich die Personenschadenunfälle auf 90 % bis 95 % des Niveaus von 2008 eingependelt. Lediglich für die von der COVID-19-Pandemie stark beeinflussten Jahre 2020 und 2021 ist ein deutlicher Rückgang der Unfallbeteiligung von Pkw zu beobachten, während für LZM dieser Einfluss nahezu nicht sichtbar ist [38]. In Summe ist positiv festzustellen, dass der Anstieg des Fahrzeugbestandes nicht mit einem Anstieg der Personenschadenunfälle einhergegangen ist. Weitere detaillierte Auswertungen der amtlichen Statistik werden im folgenden Kapitel beschrieben.

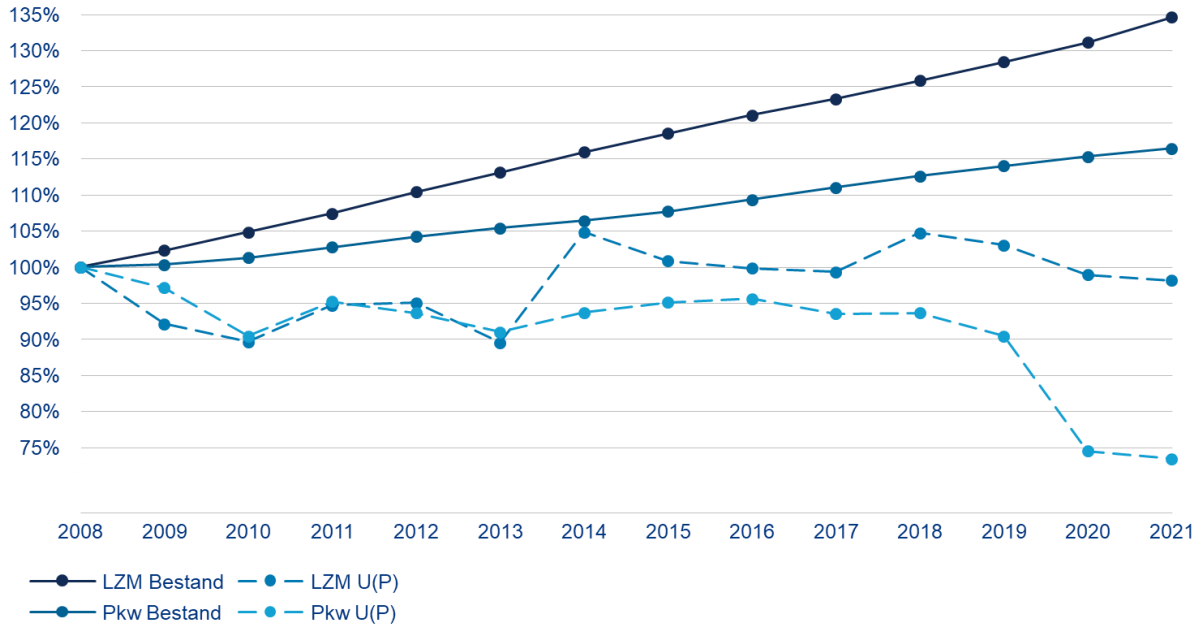


Abbildung 4: Index Fahrzeugbestand und U(P) von LZM und Pkw von 2008 bis 2021 [2008 = 100 %] [38].

[2] Es wurde das Bezugsjahr 2008 gewählt, da für das Jahr 2007 letztmals eine Anpassung der Systematik der Erfassung des Fahrzeugbestandes seitens Kraftfahrt-Bundesamt erfolgte (Stand: 11. April 2023).

3.1 Entwicklung der amtlichen Unfallzahlen

Aus den jährlichen Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes (Destatis) zu Verkehrsunfällen in Deutschland geht die Relevanz von Personenschadenunfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen deutlich hervor. Für einen ersten tieferen Einblick in Unfälle mit Beteiligung von LZM wurden die statistischen Informationen zum Straßenverkehrsgeschehen anhand der publizierten Fachserie 8 Reihe 7 für das Jahr 2019 [39] dahingehend analysiert. Als Statistikjahr wurde das Jahr 2019 herangezogen, da es das Verkehrsunfallgeschehen noch frei von Einflüssen der COVID-19-Pandemie darstellt.

Tabelle 2 sind übersichtlich wichtige Kennzahlen für das Unfallgeschehen insgesamt sowie mit Beteiligung von LZM zu entnehmen. Bezogen auf alle Unfälle mit Personenschaden sowie Unfälle mit Sachschaden zeigt sich eine sehr geringe Beteiligung landwirtschaftlicher Zugmaschinen von 0,65 % respektive 0,81 %. Dementgegen steht eine überproportional hohe Beteiligung an Unfällen mit Getöteten (U(Get)) (2,05 %) und Unfällen mit Schwerverletzten (U(SV)) (1,10 %). Bei Betrachtung der Verunglückten sind die Anteile bei Getöteten (2,10 %) und Schwerverletzten (1,08 %) im gleichen Maße überdurchschnittlich hoch.

Innerorts & Außerorts		Insgesamt	davon mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen	
		Anzahl	Anzahl	Anteil [%]
Unfälle mit Personenschaden	Insgesamt	300.143	1.941	0,65
	mit Getöteten	2.877	59	2,05
	mit Schwerverletzten	56.358	618	1,10
	mit Leichtverletzten	240.908	1.264	0,52
Verunglückte bei Unfällen mit Personenschaden	Insgesamt	387.276	2.539	0,66
	Getötete	3.046	64	2,10
	Schwerverletzte	65.244	707	1,08
	Leichtverletzte	318.986	1.768	0,55
Unfälle mit Sachschaden	Insgesamt	69.189	563	0,81

Tabelle 2: Amtlich erfasste Verkehrsunfälle und Verunglückte insgesamt und mit Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Jahr 2019 in Deutschland [39].

Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, dass Unfälle mit Beteiligung von LZM zwar verhältnismäßig selten vorkommen, dafür aber anteilig häufiger schwere und tödliche Verletzungsfolgen nach sich ziehen. Unfälle mit Leichtverletzten (U(LV)) sind folgerichtig von unterdurchschnittlicher Häufigkeit.

Abbildung 5 zeigt die Anteile der Unfallbeteiligungen von LZM an Personenschadenunfällen der Jahre 2005 bis 2021 im Zeitverlauf. Über den gesamten betrachteten Zeitraum zeigt sich konstant die bereits erwähnte geringe Unfallbeteiligung an Unfällen mit Personenschaden insgesamt (minimal: 0,56 %; maximal: 0,71 %). Etwa doppelt so häufig sind LZM dagegen an Unfällen mit Schwerverletzten beteiligt. Seit dem Tiefstwert im Jahr 2009 (0,86 %) ist zudem ein leichter kontinuierlicher Anstieg bis zum Jahr 2021 (1,15 %) zu beobachten. Aufgrund der geringen absoluten Unfallzahlen (minimal: 42; maximal: 87) unterliegt die prozentuale

Beteiligung von LZM an Unfällen mit Getöteten starken Schwankungen (1,29 % bis 2,63 %). Nichtsdestotrotz wird einerseits auch im Zeitverlauf die überdurchschnittlich hohe Beteiligung an Unfällen mit Getöteten deutlich und andererseits ist auch diesbezüglich ein ansteigender Trend zu erkennen.

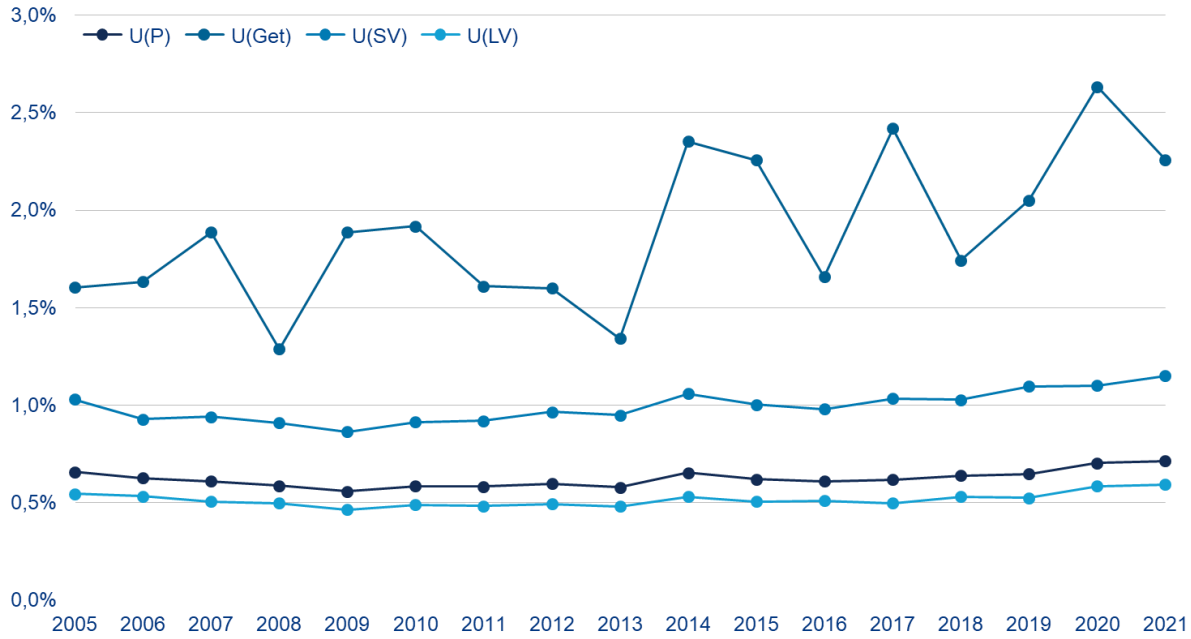


Abbildung 5: Anteil der Unfälle mit Personenschaden mit Beteiligung von LZM an allen Unfällen mit Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 in Deutschland [40].

Zusätzlich zur Unfallbeteiligung stellt sich bezüglich der Unfälle auch die Verursacherfrage (siehe Tabelle 3).

Innerorts & Außerorts		Mit Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen		
		Insgesamt	LZM als HV	
		Anzahl	Anzahl	Anteil [%]
Unfälle mit Personenschaden	Insgesamt	1.941	1.219	62,8
	Mit Getöteten	59	35	59,3
	Mit Schwerverletzten	618	386	65,5
	Mit Leichtverletzten	1.264	798	63,1
Verunglückte bei Unfällen mit Personenschaden	Insgesamt	2.539	1.536	60,5
	Getötete	64	38	59,4
	Schwerverletzte	707	434	61,4
	Leichtverletzte	1.768	1.064	60,2
Unfälle mit Sachschaden	Insgesamt	563	269	47,8

Tabelle 3: LZM als Hauptverursacher bei Unfällen mit Personenschaden im Jahr 2019 in Deutschland [39].

Anhand Tabelle 3 ist für das Statistikjahr 2019 leicht zu erkennen, dass LZM im Fall einer Beteiligung bei Unfällen mit Personenschaden in deutlich mehr als der Hälfte der Fälle seitens polizeilicher Unfallaufnahme als Hauptverursacher (HV) geführt wurden, und dies unabhängig von der Verletzungsschwere. Bei Unfällen mit Getöteten beträgt der Anteil knapp 60 % und bei Unfällen mit Schwerverletzten sogar fast zwei Drittel. Bei Unfällen mit schwerwiegendem Sachschaden sind LZM dagegen in weniger als der Hälfte der Fälle Hauptverursacher.

Abbildung 6 zeigt die Anteile der LZM als Hauptverursacher von Personenschaden- sowie Sachschadenunfällen im Zeitverlauf. Über den gesamten betrachteten Zeitraum von 2005 bis 2021 beträgt der LZM-Hauptverursacheranteil für Personenschadenunfälle deutlich über 50 %. Eine größere Streuung von 48,5 % bis 70,4 % ist allerdings für die Unfälle mit Getöteten zu beobachten, wiederum aufgrund der relativ niedrigen Fallzahlen.

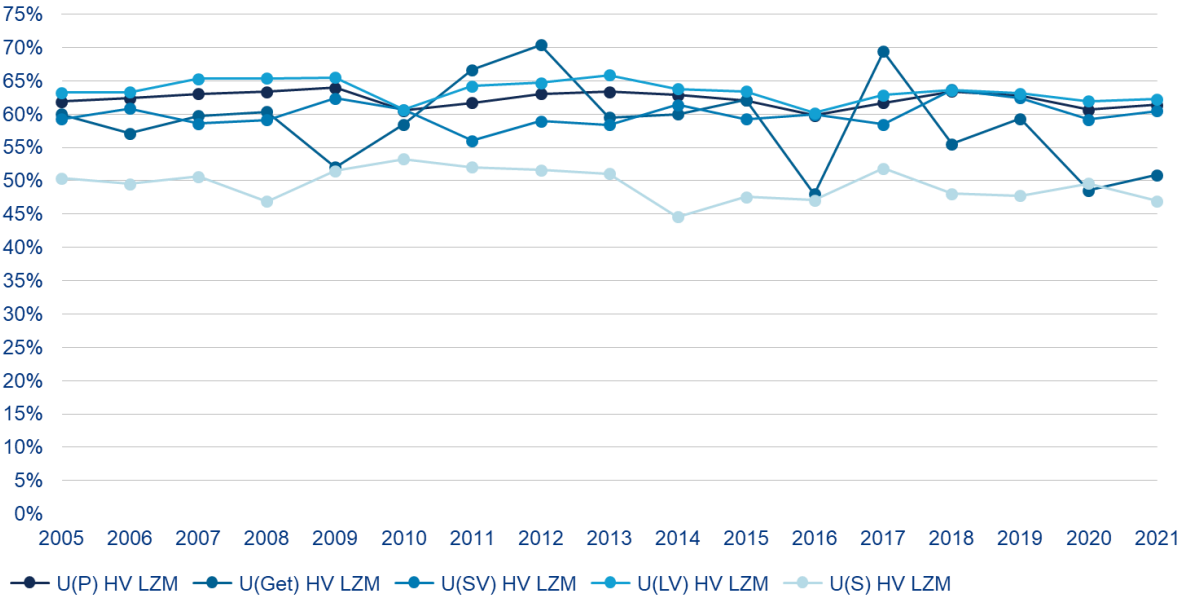


Abbildung 6: Anteil der LZM als Hauptverursacher bei Unfällen mit Sach- und Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 in Deutschland [40].

Für das Statistikjahr 2019 sind Tabelle 4 die Anzahl der Unfälle und dabei Verunglückten bei Alleinunfällen und Unfällen mit zwei Beteiligten mit Hauptverursacher LZM separiert nach Ortslage zu entnehmen. Der überwiegende Teil dieser Unfälle ereignete sich außerorts (57,5 %). Wie aufgrund des Einsatzzweckes und der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeiten zu erwarten, kommen Unfälle auf Bundesautobahnen mit LZM selten vor (0,2 %). Alleinunfälle von LZM wiesen einen Anteil von 26,3 % auf und geschahen damit fast doppelt so häufig im Vergleich zu Alleinunfällen von beispielsweise Pkw (2019: 14,4 %). Aufgrund der deutlich geringeren Anzahl von Alleinunfällen gegenüber Unfällen mit zwei Beteiligten ist folglich auch die Anzahl der dabei Verunglückten deutlich geringer. Bei Alleinunfällen sind jedoch anteilig schwerere Unfallfolgen zu beobachten. 44,2 % der hierbei Verunglückten wurden schwer verletzt oder getötet (Unfälle mit zwei Beteiligten: 28,1 %). Zudem lässt sich für Alleinunfälle feststellen, dass die Ortslagen innerorts und außerorts nahezu gleich große

Anteile aufweisen, während Unfälle mit zwei Beteiligten häufiger außerorts geschahen (59,7 %).

Unfälle & Verunglückte		Innerorts		Außerorts		BAB		∑	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Allein-unfälle	Unfälle	145	48,7	153	51,3	0	0,0	298	100,0
	Verunglückte	186	50,4	183	49,6	0	0,0	369	100,0
	Getötete	6	1,6	7	1,9	0	0,0	13	3,5
	Schwerverletzte	72	19,5	78	21,1	0	0,0	150	40,7
	Leichtverletzte	108	29,3	98	26,6	0	0,0	206	55,8
Unfälle mit zwei Beteiligten	Unfälle	334	40,0	498	59,7	2	0,2	834	100,0
	Verunglückte	384	37,5	638	62,3	2	0,2	1.024	100,0
	Getötete	4	0,4	19	1,9	0	0,0	23	2,2
	Schwerverletzte	96	9,4	168	16,4	1	0,1	265	25,9
	Leichtverletzte	284	27,7	451	44,0	1	0,1	736	71,9
∑	Unfälle	479	42,3	651	57,5	2	0,2	1.132	100,0
	Verunglückte	570	40,9	821	58,9	2	0,1	1.393	100,0

Tabelle 4: Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten mit LZM als Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden im Jahr 2019 in Deutschland [39].

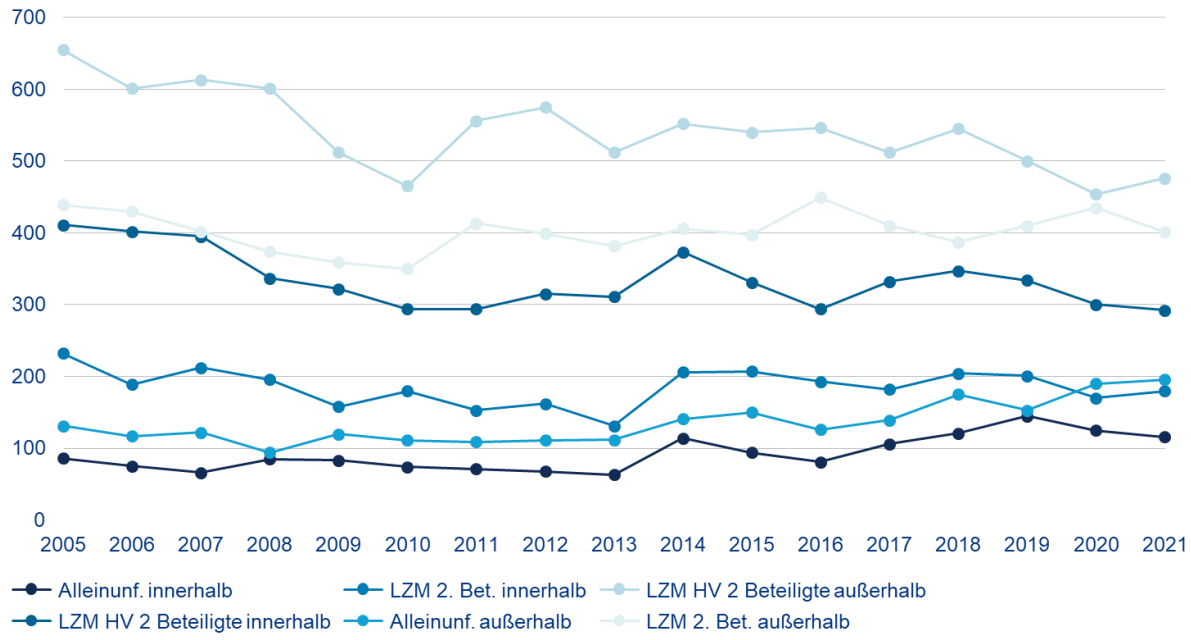


Abbildung 7: LZM: U(P) Anzahl der Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten nach Ortslage und LZM-Beteiligungsart von 2005 bis 2021 [40].

Abbildung 7 stellt ergänzend die Anzahl von LZM-Alleinunfällen und Unfällen mit zwei Beteiligten für Personenschadenunfälle im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 dar. Während Unfälle mit zwei Beteiligten und LZM als Hauptverursacher zurückgegangen sind, ist für LZM-Alleinunfälle innerhalb wie außerhalb von Ortschaften ein Anstieg zu verzeichnen. In Summe

ist die Anzahl der Unfälle außerorts wie innerorts – mit jährlichen Schwankungen – auf einem vergleichbaren Niveau geblieben.

Für ein umfassenderes Bild des Unfallgeschehens mit LZM sind Kenntnisse über die Art der Verkehrsbeteiligung der Unfallgegner von immenser Bedeutung. Bei Betrachtung aller Unfälle mit Personenschaden, unabhängig von der Verursacherfrage, lässt sich in Abbildung 8 feststellen, dass bei Unfällen mit zwei Beteiligten gegnerische Pkw mit knapp 60 % den größten Anteil aufweisen. Bei fast jedem zweiten Unfall treten motorisierte Zweiräder als Unfallgegner auf und Radfahrer sind in ca. jeden zehnten Personenschadenunfall mit LZM involviert. Fußgänger und Lkw weisen nur geringe Anteile von jeweils rund 5 % auf. In Gänze zeigt der zeitliche Verlauf keine gravierenden Veränderungen der Anteile der jeweiligen Unfallgegner auf.

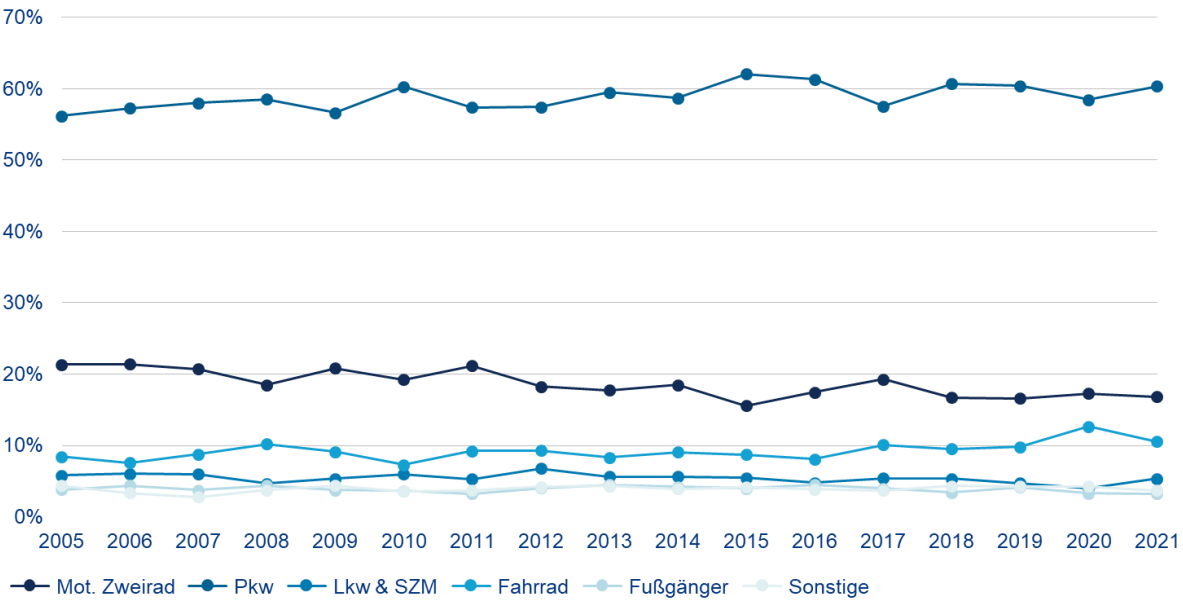


Abbildung 8: Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners von LZM bei Unfällen mit zwei Beteiligten mit Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 [40].

Abbildung 9 stellt dagegen den Anteil der LZM als Hauptverursacher eines Unfalls mit Personenschaden je Unfallgegner dar. Hier zeigen sich nun größere Unterschiede. Während bei Unfällen mit Pkw die LZM-Fahrer in etwa der Hälfte der Unfälle Hauptverursacher sind, im Zeitverlauf sogar leicht zurückgehend, stellen sie bei Kollisionen mit Fußgängern bis zu 90 % der Hauptverursacher. Handelt es sich beim Unfallgegner um motorisierte Zweiräder liegt der Hauptverursacheranteil der LZM bei etwa zwei Drittel und bei Fahrrädern beträgt der entsprechende Anteil circa 75 %.

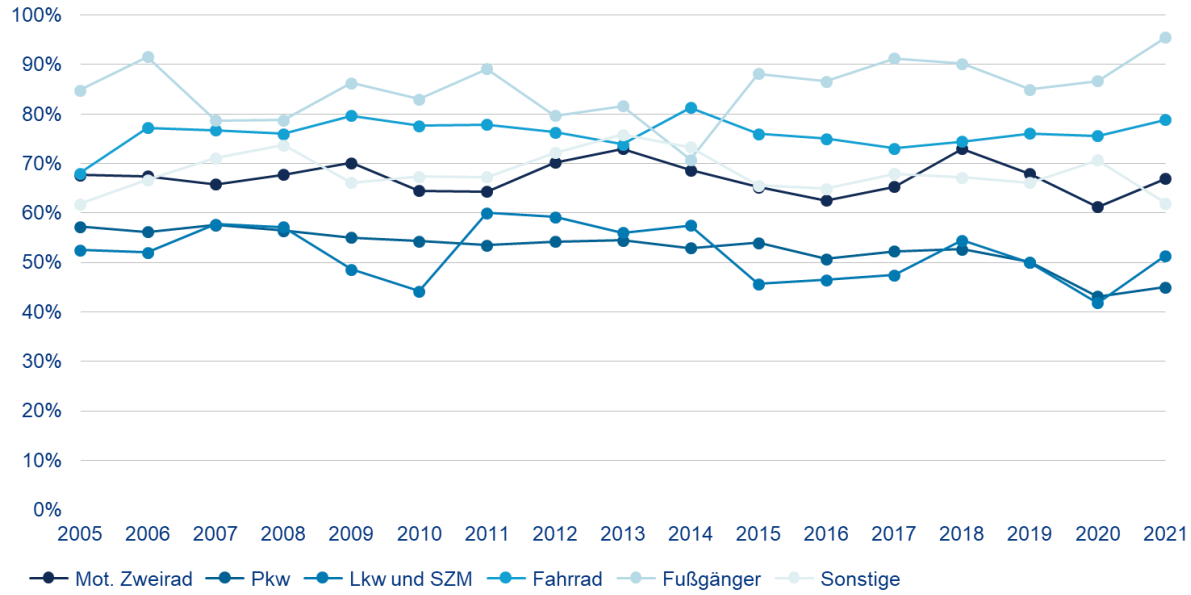


Abbildung 9: Anteil LZM als Hauptverursacher nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners bei Unfällen mit zwei Beteiligten mit Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 [40].

Weitere relevante Fragestellungen beziehen sich auf die Fahrer der unfallbeteiligten LZM. Sind Auffälligkeiten hinsichtlich bestimmter Altersgruppen sowie Alkoholisierung festzustellen? Um belastbar große Zahlenwerte zu erhalten, wurden für diese Auswertung die Statistikjahre 2014 bis 2021 (Fahrer von LZM sind erst ab dem Statistikjahr 2014 in dieser Auswertung erfasst) herangezogen und gemittelt. Vor dem Hintergrund der geringen Anzahl alkoholisierter beteiligter LZM-Fahrer erscheint dies als sinnvolle Vorgehensweise, um keine Verzerrungen zu erhalten.

Abbildung 10 ist zu entnehmen, dass junge Fahrer bis 25 Jahre in diesem Zeitraum an mehr als jedem fünften Unfall beteiligt waren. Demgegenüber ist der Anteil der beteiligten über 65-jährigen deutlich geringer. Die Analyse des Anteils alkoholisierter Fahrer innerhalb der jeweiligen Altersgruppen zeigte gegenüber Fahrern von Pkw im Vergleichszeitraum keine negativen Auffälligkeiten. Im Gegenteil, der Anteil alkoholisierter junger unfallbeteiligter LZM-Fahrer war sogar geringer als in der gleichen Altersgruppe der Pkw-Fahrer (bis 25 Jahre: 1,3 % bei LZM; 2,9 % bei Pkw) [40].

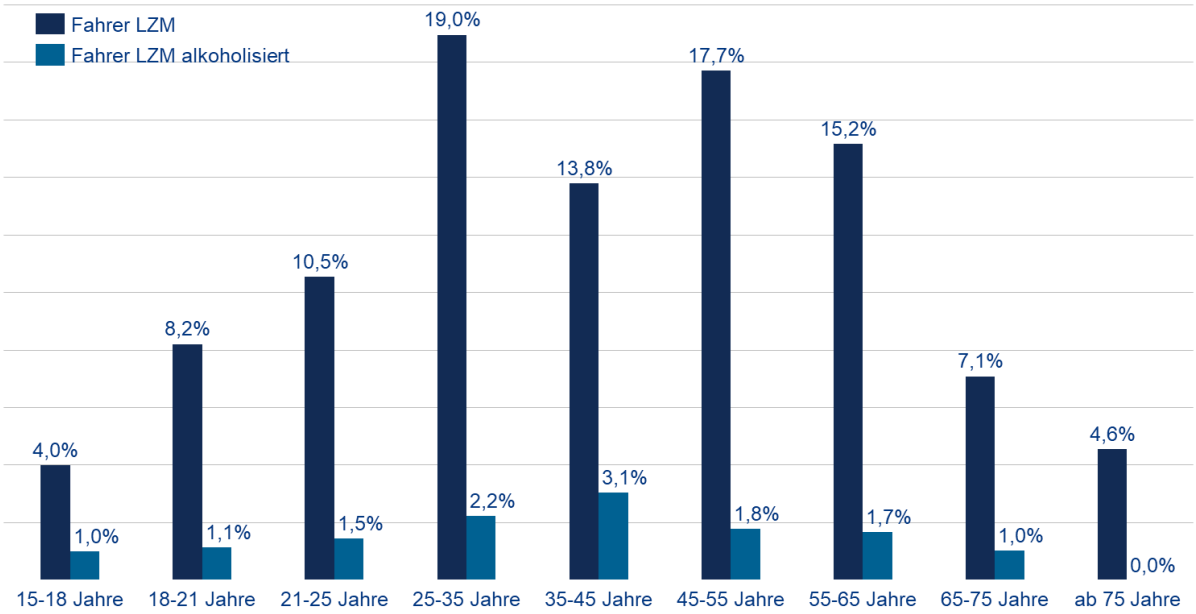


Abbildung 10: An U(P) beteiligte LZM-Fahrer nach Altersgruppen (n = 14.966) und Alkoholisierung gemittelt über die Jahre 2014 bis 2021 [40].

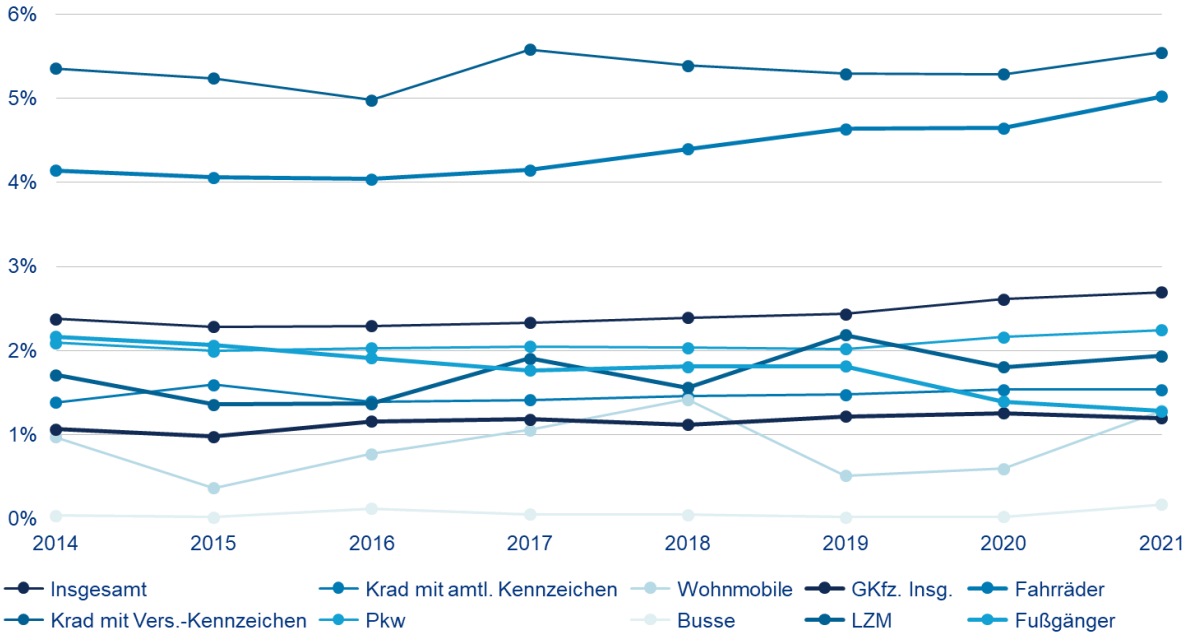


Abbildung 11: Alkoholisierte Beteiligte bei Unfällen mit Personenschaden nach Verkehrsbeteiligung im Zeitverlauf 2014 bis 2021 [40].

Der zusätzlich in Abbildung 11 dargestellte Zeitverlauf der Jahre 2014 bis 2021 lässt altersgruppenübergreifend ebenfalls nicht auf eine auffällige Alkoholisierungsrate der LZM-Fahrer schließen. Im Gegenteil, verglichen mit allen ausgewerteten Arten der Verkehrsbeteiligung („Insgesamt“) zeigt sich ein unterdurchschnittlicher Anteil alkoholisierter LZM-

Fahrer, auch wenn die Werte aufgrund der niedrigen Fallzahlen größeren Schwankungen (1,4 % bis 2,2 %) unterliegen. Im Vergleich zu Fahrern von Pkw zeigen sich ebenfalls wie bereits erwähnt durchgängig niedrigere Anteile der Alkoholisierung von LZM-Fahrern.

Bei Betrachtung der Personenschadenunfälle mit LZM nach Kalendermonat treten deutliche saisonale sowie jährliche Unterschiede zu Tage. Im langjährigen Mittel der betrachteten Jahre 2005 bis 2021 weisen die Monate November bis März unterdurchschnittliche Anteile am Unfallgeschehen auf (Abbildung 12). Die Fehlerindikatoren in Abbildung 12 stellen zudem die maximalen und minimalen Anteile der jeweiligen Kalendermonate in den betrachteten Statistikjahren dar. Hier sind je Kalendermonat teilweise sehr große Schwankungsbreiten zu beobachten.

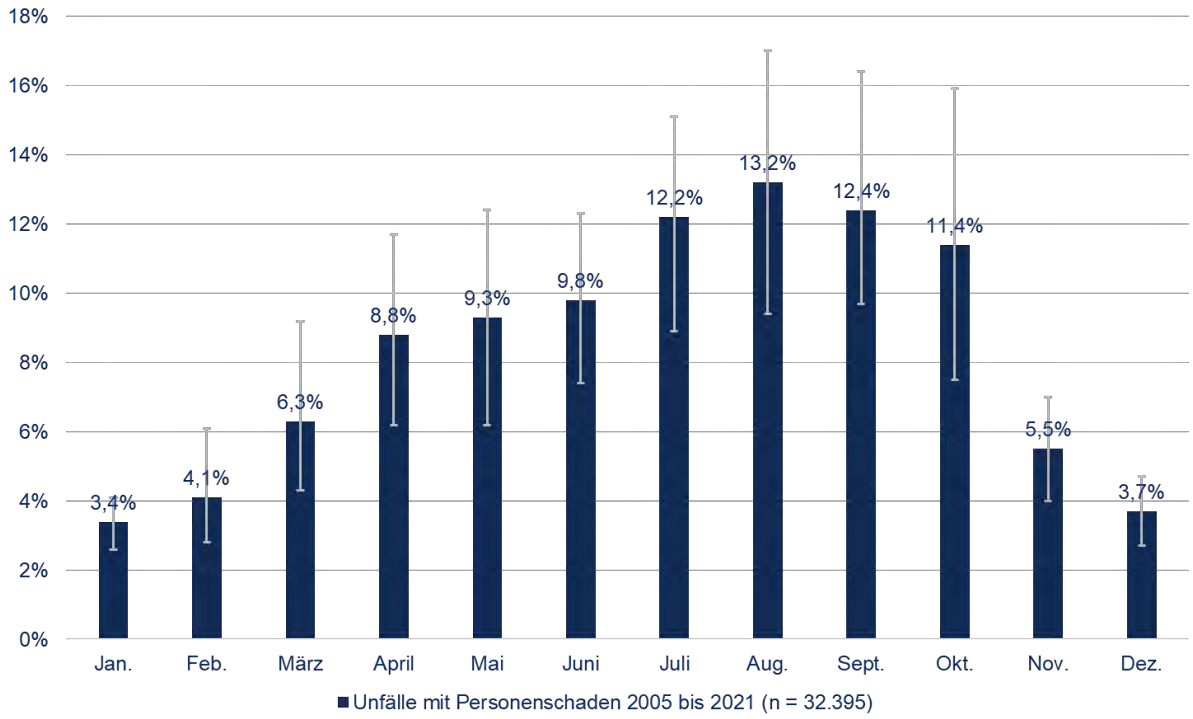


Abbildung 12: Verteilung der Unfälle mit LZM nach Kalendermonaten in den Jahren 2005 bis 2021 [40].

Die größte Spanne wies diesbezüglich der Monat Oktober auf. Im Jahr 2010 entfielen 15,9 % der Personenschadenunfälle mit LZM auf diesen Kalendermonat, im Jahr 2016 waren es lediglich 7,5 %. Zurückzuführen ist dies vermutlich auf witterungsbedingte Verschiebungen bei den Zeitpunkten des landwirtschaftlichen Einsatzes, vor allem im Herbst bezüglich der Erntesaison. Im genannten Jahr 2010 zeigte sich dies beispielsweise durch einen unterdurchschnittlichen Anteil von Unfällen im September. Im Vergleich zur monatlichen Verteilung der Peronenschadenunfälle anderer Verkehrsbeteiligter werden nochmals Unterschiede und Gemeinsamkeiten sichtbar. Pkw weisen eine deutlich homogenere kalendermonatliche Unfallverteilung auf. Im Statistikjahr 2019 betrug der Unterschied zwischen dem Monat mit dem geringsten Anteil an Unfällen (Februar: 7,1 %) und dem höchsten Anteil (Juni: 9,2 %) lediglich 2,1 Prozentpunkte. Demgegenüber lassen sich für LZM

große Ähnlichkeiten mit der monatlichen Verteilung der Personenschadenunfälle mit motorisierten Zweirädern feststellen. Die große Mehrheit dieser Unfälle ereignet sich wie bei LZM in den Monaten April bis Oktober, wogegen saisonbedingt die Monate November bis März unterdurchschnittlich häufig vertreten sind. Bei detaillierterer Betrachtung zeigen sich noch auffälligere Korrelationen mit dem Unfallgeschehen von LZM. Beispielsweise wies der Monat März der Jahre 2014 und 2017 einen überdurchschnittlich hohen Anteil von Unfällen mit motorisierten Zweirädern wie auch von landwirtschaftlichen Zugmaschinen auf. Ein durch gute Witterung bedingter früher Start der Saison von motorisierten Zweirädern scheint mit einem höheren Unfallaufkommen – auch von LZM – einherzugehen.

Die vorangegangenen Auswertungen der Bundesstatistik zeigen deutlich, dass vor allem die besondere Schwere der Unfälle mit LZM eine tiefergehende Analyse erfordert. Zudem sind LZM in knapp zwei Drittel der Unfälle mit Personenschaden Hauptverursacher, dementsprechend könnte durch die Ableitung zielgerichteter Schadenverhütungsmaßnahmen aus einer Detailanalyse das Unfallgeschehen zumindest mittel- bis langfristig positiv beeinflusst werden.

3.2 Mittlere Verunglücktenrate nach Verletzungsschwere

Aus den amtlichen Unfallzahlen des Statistischen Bundesamtes ergeben sich bereits eindeutige Hinweise, dass Unfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen tendenziell folgenreicher sind. Daher ist es umso interessanter, die Unfall-, Verletzten- und Getötetenzahlen des Statistischen Bundesamtes in Relation zum Fahrzeugbestand und zur Jahresfahrleistung zu betrachten um daraus das Unfallrisiko für LZM, genau genommen die mittlere Verunglücktenrate nach Verletzungsschwere, abzuleiten.

Anhand der Jahresfahrleistung, das heißt den zurückgelegten Kilometern pro Fahrzeug und Jahr, kann die Exposition von Fahrzeugklassen auf deutschen Straßen bewertet werden. Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) hat hierzu zuletzt für das Jahr 2014 eine entsprechende Fahrleistungserhebung veröffentlicht, bei der landwirtschaftliche Zugmaschinen jedoch nicht berücksichtigt wurden [41]. Somit ist die Jahresfahrleistung von Traktoren und anderen landwirtschaftlichen Zugmaschinen nur mittels alternativer Verfahren abzuschätzen.

Dies ist bei weitem nicht trivial: Zum einen sind nicht in allen LZM Wegstreckenzähler verbaut. Zudem wird bei vorhandenem Wegstreckenzähler dessen Wert durch unterschiedlich hohe Schlupfwerte bei der Feldarbeit entsprechend beeinflusst. Auch aus den zum Teil verbauten Betriebsstundenzählern lassen sich nur begrenzt Werte ableiten, da hierzu die Durchschnittsgeschwindigkeit bekannt sein müsste. Ferner ist selbst ein belastbarer Wert für die Jahresfahrleistung nur die halbe Miete bei der Berechnung einer mittleren Verunglücktenrate: Unter der Annahme, dass in die Auswertungen der polizeilich erfassten Unfälle des Statistischen Bundesamtes überwiegend Unfälle im öffentlichen Straßenverkehr einfließen, gilt es zu berücksichtigen, dass gerade bei LZM ein nicht unerheblicher Anteil der Fahrleistung abseits öffentlicher Straßen erfolgt. Während für motorisierte Zweiräder, Pkw und Lkw davon ausgegangen werden kann, dass diese im Wesentlichen im Straßenverkehr bewegt werden, macht bei LZM die Feldarbeit und das Fahren und Rangieren auf privaten

Grundstücken einen nicht zu unterschätzenden Anteil aus. Dadurch verringert sich folglich die Exposition auf der Straße, was entsprechend zu berücksichtigen ist, auch wenn belastbare Studienergebnisse hierfür nicht bekannt sind.

Nichtsdestotrotz existieren Publikationen die Hinweise sowohl zur Jahresfahrleistung als auch zum Anteil der Straßenfahrt bei LZM liefern:

- Einer Veröffentlichung des KBA zur Inländerfahrleistung [42] kann für LZM eine durchschnittliche Jahresfahrleistung von unter 400 km entnommen werden. Der hierfür zu Grunde gelegte mittlere Fahrzeugbestand dürfte gerade bei Traktoren jedoch nicht repräsentativ sein, da eine Vielzahl an Oldtimertraktoren zwar zugelassen sind aber nur äußerst selten bewegt werden. Insofern wird in dieser Auswertung die Jahresfahrleistung tendenziell stark unterschätzt.
- Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) nimmt nach eigener Hochrechnung eine Jahresfahrleistung von 4.200 km an [43]. Diese liegt somit um etwa den Faktor 11 höher als die Zahlen des KBA.
- Das dlz agrarmagazin gibt die jährlichen Betriebsstunden eines Traktors mit, je nach Einsatzzweck, zwischen 300 h und 1.500 h an [44].
- Seitens der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG) wurde bei Reifentests für Traktoren während der Prüfungen ein Anteil von etwa 30 % Straßenfahrt bei rund 1.200 Betriebsstunden, die in 15 Monaten zurückgelegt wurden, ermittelt [45].
- Eine auf der internationalen Konferenz „LAND.TECHNIK 2020“ des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) vorgestellte Untersuchung der Transporteffizienz bei der Grasmahd in Irland führte zu einer Aufteilung von etwa zwei Drittel der Betriebsstunden (25h 46min) auf dem Feld und einem Drittel (12h 47min) auf der Straße. Dabei wurden knapp 203 km auf dem Feld und gut 231 km auf der Straße zurückgelegt. Der Anteil der Straßenfahrt liegt hiermit bei gut 53 % [46].

Der vertiefende Austausch mit Branchenexperten (u.a. Andreas Schauer (VDMA), Prof. Thomas Herlitzius (TU Dresden), Prof. Heinz Bernhardt (TU München)) führte schließlich zu folgenden Annahmen, die für die weiteren Berechnungen als Grundlage dienen:

- Um Extremwerte eines einzelnen Jahres möglichst auszuschließen werden für alle im folgenden verglichenen Fahrzeugklassen die Mittelwerte der Jahre 2017 bis 2020 für Jahresfahrleistung [km/a] sowie durchschnittliche Jahresfahrleistung [km/Fahrzeug/a] unter Verwendung der Auswertungen des KBA zur Inländer-fahrleistung (siehe [42]) kalkuliert.
- Aus [42] wird für alle berücksichtigten Fahrzeugklassen außer LZM auch der mittlere Fahrzeugbestand [Anzahl Fahrzeuge] der Jahre 2017 bis 2020 ermittelt.
- Die Anzahl der regelmäßig im Straßenverkehr befindlichen LZM wird aus der Anzahl der jährlich neu zugelassenen Traktoren unter der Annahme, dass diese sich rund zehn Jahre im vollen Einsatz befinden, bestimmt. Somit ergibt sich anhand von [47], [48], [49] und [50] für die Jahre 2017 bis 2020 eine durchschnittliche jährliche Anzahl von 30.381 neu zugelassenen Traktoren. Nach Multiplikation mit 10 Jahren Nutzungsdauer ergibt sich der Wert 303.810, der im

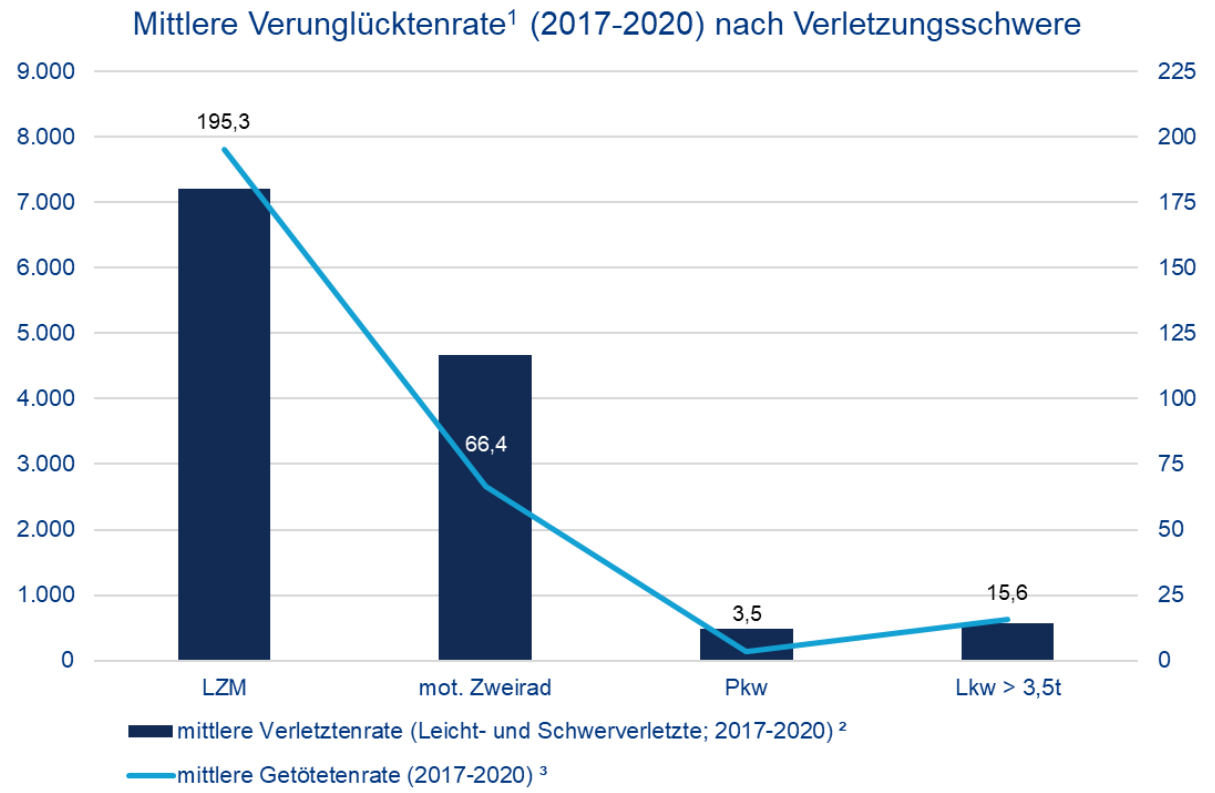
weiteren Verlauf anstelle des mittleren LZM-Bestandes nach KBA verwendet wird.

- Die durch das KBA [42] veröffentlichten Gesamtjahresfahrleistungen (MITTELWERT(671.109.000; 649.007.000; 644.230.000; 728.763.000) = 673.277.250 km) werden nur durch diese 303.810 Traktoren erreicht.
- Somit ergibt sich eine jährliche Fahrleistung für LZM von 2.216 km/a.
- Der Anteil der Straßenfahrt wird mit der Hälfte (50 %) angenommen. Durch Multiplikation mit dem Faktor 0,5 reduziert sich somit der Anteil der Straßenfahrt von LZM auf 1.108 km.
- Folglich ergibt sich eine mittlere Gesamtjahresfahrleistung von LZM auf der Straße von 0,34 Mrd. km und eine durchschnittliche Jahresfahrleistung auf der Straße pro LZM von 1.108 km bei einer jährlichen Gesamtfahrleistung von 2.216 km.
- Für die Anzahl der Verletzten und Getöteten wird ebenfalls auf die Destatis-Auswertungen der Jahre 2017 bis 2020 zurückgegriffen [51] [52] [39] [53].

Ferner werden für den Vergleich mit Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 3,5 t Sattelzugmaschinen nicht berücksichtigt. Grund hierfür ist, dass diese anhand der verfügbaren Daten zur Jahresfahrleistung (siehe [42]) eine signifikant höhere jährliche Fahrleistung aufweisen. Mutmaßlich werden diese Fahrzeuge überwiegend im Fernverkehr eingesetzt und sind somit einen Großteil der Strecke auf Autobahnen unterwegs. Dies unterscheidet Sattelzugmaschinen von sonstigen Lkw und insbesondere von LZM, die nur in den seltensten Fällen auf der Autobahn bewegt werden dürfen. Daher sind für die Auswertung des fahrleistungsbezogenen Risikos die Sattelzugmaschinen nicht berücksichtigt.

Die zuvor beschriebenen Annahmen und verwendeten Werte sind bei der Berechnung der mittleren Verunglücktenrate für landwirtschaftliche Zugmaschinen als durchweg konservativ anzusehen. Zum einen liegt der Straßenanteil von 50 %, anhand der verfügbaren Daten, mutmaßlich eher im oberen Bereich. Ferner ist die Annahme, dass nur Traktoren in den ersten zehn Jahren nach Inbetriebnahme für die Jahresfahrleistung aller LZM sorgen ebenfalls als defensiv zu bewerten. Daraus ergibt sich im Umkehrschluss zugleich, dass die somit errechneten mittleren Verunglücktenraten für landwirtschaftliche Zugmaschinen bei besserer Datenlage möglicherweise nennenswert höher ausfallen könnten.

Nichtsdestotrotz ergibt sich mit den getroffenen Annahmen folgendes Ergebnis (siehe Abbildung 13):



[1]) Mehrfachnennung möglich
[2]) Verletzte pro Fzg je 1 Millarde km
[3]) Getötete pro Fzg je 1 Millarde km

Bei jährlichen Gesamtfahrleistungen:

Pkw:	~ 46,18 Mio. Fzg	x	13.643 km/a	=	630,09 Mrd. km/a
LZM:	~ 0,30 Mio. Fzg	x	1.108 km/a	=	0,34 Mrd. km/a
mot. Zweirad:	~ 4,44 Mio. Fzg	x	2.214 km/a	=	9,82 Mrd. km/a
Lkw > 3,5 t*:	~ 0,55 Mio. Fzg	x	29.235 km/a	=	16,06 Mrd. km/a

*) Lastkraftwagen über 3,5 bis 7,5 t zGG & Lastkraftwagen über 7,5 t zGG; ohne Berücksichtigung von Sattelzugmaschinen

Quellen:
Verletzte & Getötete: Destatis Fachserie 8, Reihe 7, UJ 47
Jahresfahrleistung & mittlerer Fahrzeugbestand: KBA - Verkehr in Kilometern
LZM-Neuzulassungszahlen: profi.de & agrarheute.com

Abbildung 13: Mittlere Verunglücktenrate bei LZM-Unfällen nach Verletzungsschwere.

Das Risiko für einen Todesfall mit LZM-Beteiligung ist bei Berücksichtigung der Verkehrsunfälle der Jahre 2017 bis 2020 anhand der amtlichen Statistik und mit den zuvor getroffenen Annahmen somit um den Faktor 56 höher als bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern, Radfahrern & Fußgängern der Getötete/Schwerverletzte in der Regel der jeweilige Fahrende/Fußgänger ist. Bei Unfällen mit LZM sind dies in der Regel jedoch die jeweiligen Unfallgegner.

4 Versicherungs- und Versicherungsschadenstatistik

Der Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV) sammelt die von den einzelnen Versicherungen in Deutschland erhobenen statistischen Daten zu versicherten Fahrzeugen sowie Versicherungsschäden und bündelt diese. Mittels der Wagniskennziffer (WKZ), einer Systematik seitens GDV, erfolgt eine Einteilung der Fahrzeuge (beispielsweise in Pkw, Lkw, Krafträder etc.). Die WKZ ermöglicht allen Versicherungen die Erstellung von Schadenstatistiken und insbesondere die Risikobewertung für die jeweiligen Fahrzeugklassen.

Unter anderem werden folgende statistische Kennzahlen erhoben [54]:

- Jahreseinheiten: Anzahl der Fahrzeuge, die über die Dauer eines vollen Jahres versichert waren. Ein nur für drei Monate versichertes Fahrzeug geht anteilig mit 0,25 Jahreseinheiten in die Statistik ein.
- Schadenhäufigkeit: Anzahl der angefallenen Schäden im Kalenderjahr pro 1.000 versicherter Jahreseinheiten.
- Schadendurchschnitt: Durchschnittlicher Schadenaufwand (Zahlungen, Rückstellungen) pro Schaden.
- Schadenbedarf: Durchschnittlicher Schadenaufwand je Jahreseinheit im Kalenderjahr.

Somit lassen sich für landwirtschaftliche Zugmaschinen (WKZ 451) einerseits die jeweiligen Kennzahlen analysieren und andererseits ist ein Vergleich mit der Gesamtheit der versicherten Kraftfahrzeuge (alle WKZ) möglich. Für diese Analyse wurden vom GDV die statistischen Daten der Jahre 2016 bis 2019 zur Verfügung gestellt. Für die Einschätzung der Entwicklung im Zeitverlauf wurden die entsprechenden Informationen aus dem Vorgängerprojekt [9] mit den Statistikjahren 2005 bis 2008 zum Vergleich herangezogen. Die folgenden Schadenkennzahlen beziehen sich jeweils auf die Kraftfahrzeughaftpflichtversicherung (KH).

Die Anzahl der Jahreseinheiten der WKZ 451 ist im Zeitverlauf von 1,59 Mio. (2005) auf 1,73 Mio. (2019) gestiegen. Demgegenüber ist die Anzahl der gemeldeten Kfz-Haftpflichtschäden von 53.381 (2005) auf 32.133 (2019) gesunken. Aufgrund des nur geringen Anteils von KH-Personenschäden (ca. 5 %) ist die Ursache dieser Reduktion im deutlichen Rückgang der Anzahl der KH-Sachschäden zu finden, wobei auch für die KH-Personenschäden ein Rückgang um etwa ein Drittel zu verzeichnen ist. Gegenüber allen Kfz (10 %) ist der Anteil der KH-Personenschäden zudem unterdurchschnittlich.

Für die WKZ 451 ist das Verhältnis von KH-Sach- zu KH-Personenschäden in etwa doppelt so hoch gegenüber dem Verhältnis bei allen Kraftfahrzeugen. Landwirtschaftliche Zugmaschinen sind demzufolge unterdurchschnittlich häufig als Unfallverursacher an KH-Personenschadenfällen beteiligt.

Abbildung 14 zeigt die Schadenhäufigkeiten für KH-Schäden bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen, Pkw und allen Kraftfahrzeugen. Die Schadenhäufigkeit für die WKZ 451 ist gegenüber allen Kfz deutlich geringer. Bei KH-Personenschäden (P) beträgt die Schadenhäufigkeit

im Mittel der Jahre 2016 bis 2019 etwa ein Fünftel und bei KH-Sachschäden (S) etwa ein Drittel der Schadenhäufigkeit aller Fahrzeuge. Zudem ist ausgehend vom Bezugsjahr 2005 für KH-Sachschäden ein überdurchschnittlicher Rückgang der Schadenhäufigkeiten der WKZ 451 (- 45 %) zu beobachten, bei KH-Personenschäden bewegt sich der Rückgang auf ähnlichem Niveau im Vergleich zu allen Kfz (- 38 %).

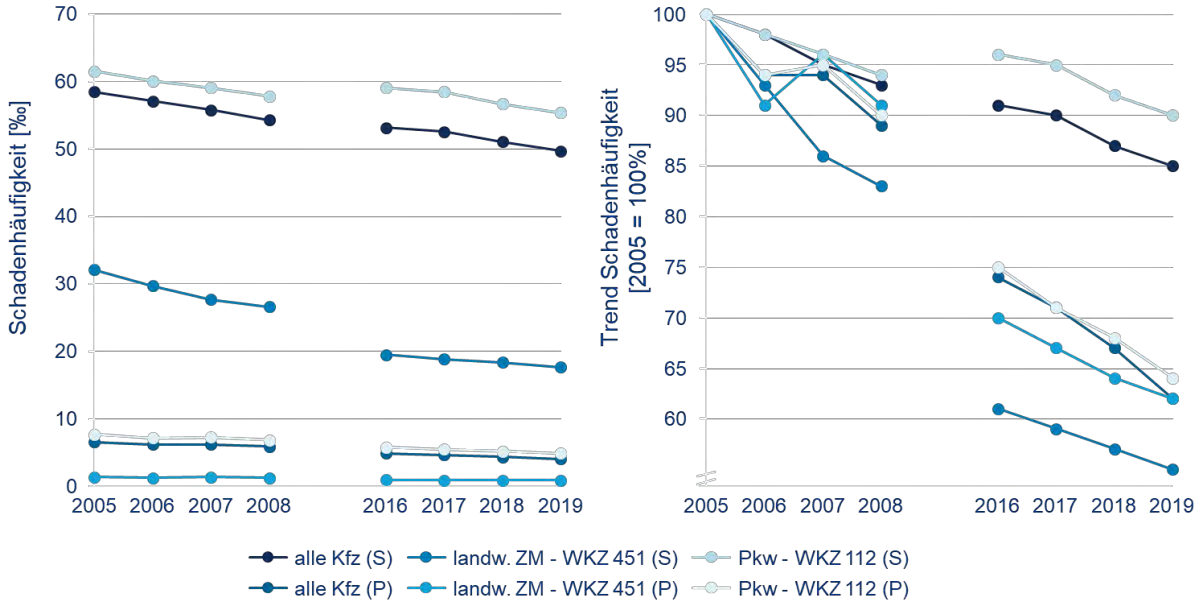


Abbildung 14: Kfz-Haftpflichtversicherung: Schadenhäufigkeit in den Jahren 2005 bis 2008 und 2016 bis 2019 [9] [55].

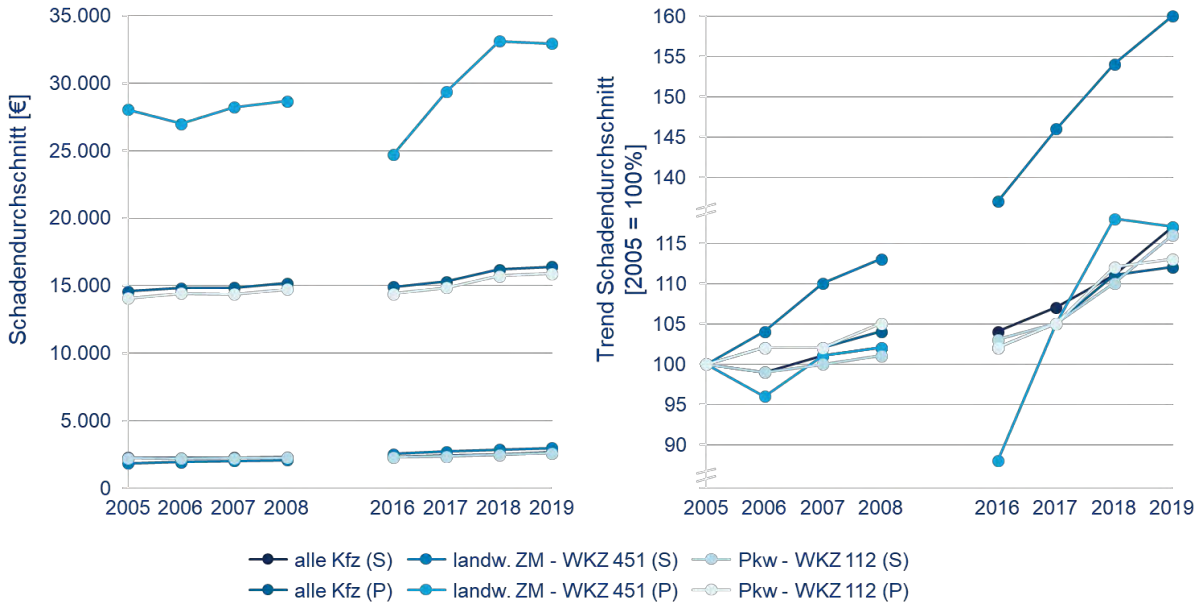


Abbildung 15: Kfz-Haftpflichtversicherung: Schadendurchschnitt in den Jahren 2005 bis 2008 und 2016 bis 2019 [9] [55].

Bei der Betrachtung des Schadendurchschnitts (Abbildung 15) ist auffällig, dass dieser bei KH-Sachschäden für LZM, Pkw und alle Kfz annähernd gleich hoch ist, während der Schadendurchschnitt bei KH-Personenschäden für LZM jedoch im Mittel der Jahre 2016 bis 2019 in etwa doppelt so hoch ist gegenüber dem entsprechenden Schadendurchschnitt aller Kfz. Dies kann bereits einen Hinweis auf eine besondere Schwere der Personenschadenunfälle unter Beteiligung von LZM darstellen. Bei Betrachtung der Jahre 2016 bis 2019 zeigt sich zudem, dass die Anwendung des mehrjährigen Mittelwerts sich hier aufgrund der relativ großen Spanne des Schadendurchschnitts bei LZM (vermutlich hervorgerufen durch die absolut relativ niedrige Anzahl von Schäden) anbietet. Insgesamt lässt sich für alle WKZ ein Anstieg der Schadendurchschnitte beobachten, zum Teil auch inflationsbedingt.

Der Schadenbedarf beträgt für die WKZ 451 sowohl bei KH-Personen- als auch bei KH-Sachschäden deutlich weniger als die Hälfte des Schadenbedarfs aller Kfz und von Pkw (Abbildung 16). Bei KH-Sachschäden ist in den Jahren 2016 bis 2019 wieder ein Anstieg des Schadenbedarfs zu beobachten, für alle betrachteten WKZ auf ähnlichem Niveau. Demgegenüber ist der Schadenbedarf bei KH-Personenschäden im gleichen Zeitraum für alle Kfz und Pkw weiter leicht zurückgegangen, während für LZM – getrieben durch den Schadendurchschnitt – eine gegenläufige Entwicklung zu beobachten ist.

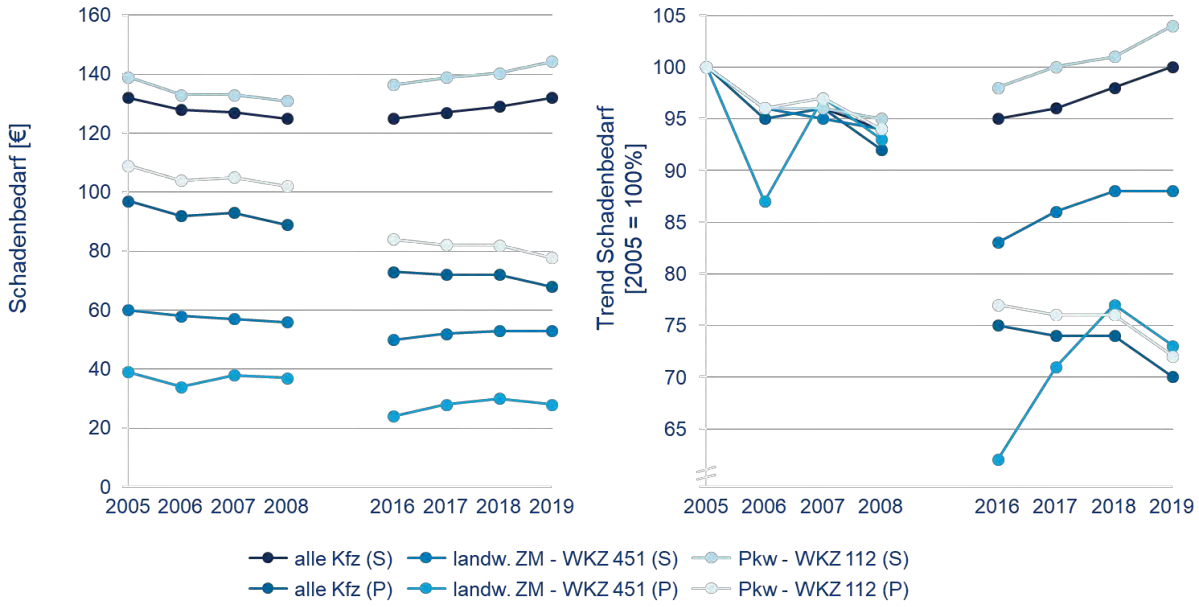


Abbildung 16: Kfz-Haftpflichtversicherung: Schadenbedarf in den Jahren 2005 bis 2008 und 2016 bis 2019 [9] [55].

Ergänzend zeigen Abbildung 17 und Abbildung 18 die statistischen Kennzahlen für die WKZ 451 (LZM) bezogen auf die jeweilige Motorleistung in kW. Es ist eine deutliche Korrelation zwischen Schadenhäufigkeit und Motorleistung ersichtlich: Je höher die Motorleistung der LZM, desto höher ist die Schadenhäufigkeit. Ein ähnliches Bild zeigt sich bezüglich des Schadendurchschnitts, wenngleich der Anstieg hier etwas moderater ausfällt. Im Gesamtergebnis haben die extremen Unterschiede bei der Schadenhäufigkeit zur Folge,

dass der Schadenbedarf hochmotorisierter LZM um ein Vielfaches höher ist gegenüber dem Schadenbedarf niedrig motorisierter LZM.

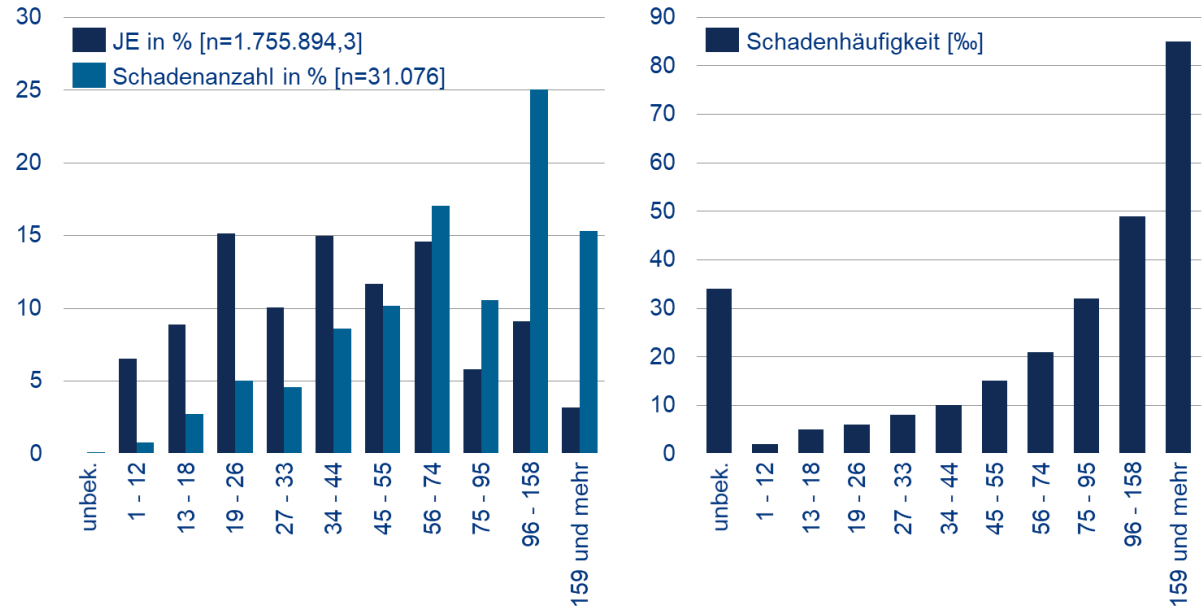


Abbildung 17: Kraftfahrzeughaftpflicht: Jahreseinheiten, Schadenanzahl und Schadenhäufigkeit für WKZ 451 im Jahr 2021 nach Motorleistung in kW [54].

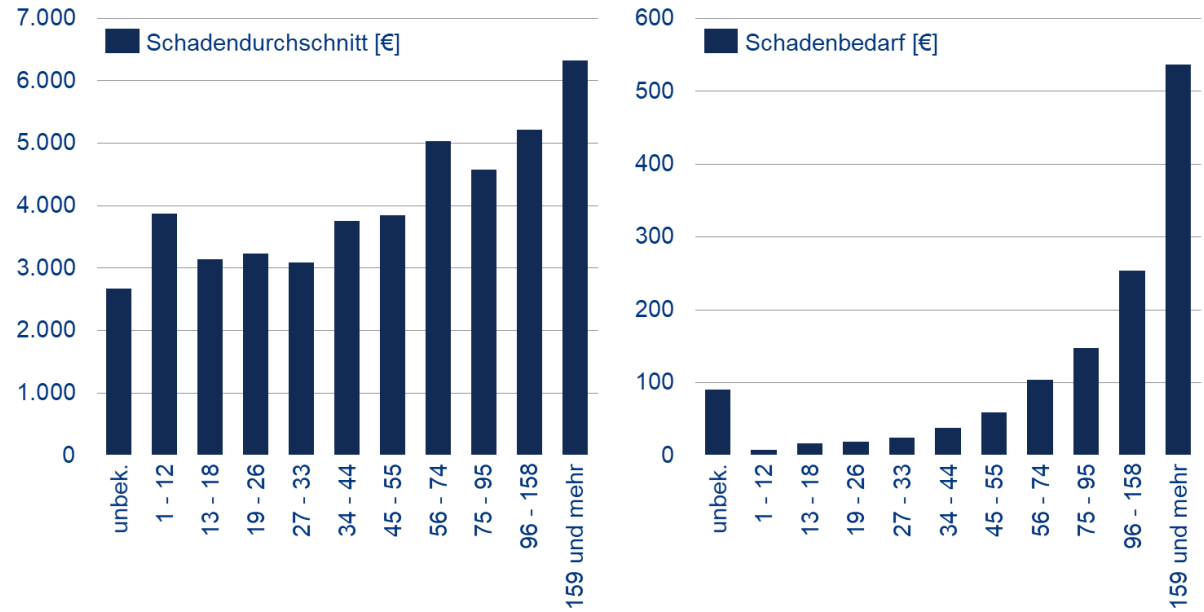


Abbildung 18: Kraftfahrzeughaftpflicht: Schadendurchschnitt und Schadenbedarf für WKZ 451 im Jahr 2021 nach Motorleistung in kW [54].

5 LZM-Unfalldatenbank

5.1 Aufbau und Struktur der Datenbank

5.1.1 Selektion der Schadenfälle

Die Vorgehensweise zur Selektion der Unfälle wurde analog zum Vorgängerprojekt gewählt. Um die für die Datenbank „Personenschadenunfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen“ relevanten Unfälle aus allen Versicherungsschäden zu filtern, wurden folgende Selektionskriterien bestimmt:

- Schadenjahre 2017 – 2020 (Vorgängerprojekt: 2006 – 2008)
- Kraftfahrzeughaftpflichtschadenfälle
- Wagniskennziffer Versicherungsnehmerfahrzeug: WKZ 451
- Unfälle mit Personenschaden (mindestens eine dritte Person wurde verletzt oder getötet)

Um die relevanten Personenschadenunfälle weiter einzugrenzen, wurde eine zusätzliche Selektion basierend auf der Höhe des Schadenaufwandes durchgeführt. Es wurden nur Versicherungsschäden mit einem Mindestschadenaufwand von 4.000 € in die Unfalldatenbank aufgenommen. Der entsprechende Wert betrug im Vorgängerprojekt (LZM-Datenbank 2010) 3.000 €. Mit dem gewählten höheren Mindestschadenaufwand wurde der bereits beschriebenen Erhöhung der Schadenaufwendungen seit dem Vorgängerprojekt Rechnung getragen (siehe Abbildung 15). Daraus resultiert eine Gesamtzahl von 978 (LZM-Datenbank 2010: n = 1.010) zu analysierenden Kraftfahrzeughaftpflichtschäden landwirtschaftlicher Zugmaschinen mit Personenschaden. Der durchschnittliche Schadenaufwand beträgt 65.000 € (LZM-Datenbank 2010: 52.000 €) und der maximale Schadenaufwand 4,3 Mio. €. Aufgrund der annähernd gleich großen Anzahl von Schadenfällen und, unter Berücksichtigung der zwischenzeitlichen Veränderung des Schadenaufwandes, vergleichbarer monetärer Kennzahlen eignet sich die neu aufgebaute LZM-Unfalldatenbank nicht nur zur Darstellung des aktuellen Unfallgeschehens landwirtschaftlicher Zugmaschinen, sondern auch zur Ableitung von Veränderungen gegenüber dem betrachteten Unfallzeitraum des Vorgängerprojektes.

5.1.2 Merkmale und Ausprägungen

Die Datenbank besteht aus 254 Merkmalsfeldern, die jeweils verschiedene Ausprägungen aufweisen können und somit über 1.500 Auswahlmöglichkeiten zulassen.

Die Merkmalsfelder lassen sich in folgende Hauptgruppen unterteilen:

- Allgemeine Unfalldaten
- Daten zu Fahrer und Beifahrer der versicherten LZM (VN)
- Daten der versicherten LZM (VN)
- Daten zu geschädigten Personen (GES)
- Daten zum geschädigten Fahrzeug (GES)
- Zweiradspezifische Daten des geschädigten Fahrzeugs (GES)

- Auswertungsrelevante Daten

Aufgrund der im Vergleich zum Zeitraum des Vorgängerprojektes verbesserten Möglichkeiten der Schadenaktenauswertung, konnten zu den damals vorhandenen 183 Merkmalen weitere hinzugefügt werden. So konnten beispielsweise Informationen über das Tragen des Sicherheitsgurtes beteiligter Fahrzeugführer, unzulässige Änderungen oder Defekte an der LZM oder am GES-Fahrzeug, die Position des Frontladers beim VN, Schutzkleidung Zweirad (Helm, obere und untere Schutzkleidung) für Fahrer und Sozius (GES) erfasst werden.

Andere Merkmale wurden erweitert. Vor allem wurde die Verletzungscodierung nach AIS gegenüber der Datenbank von 2010 stark vertieft. Die Maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS) sowie Abbreviated Injury Scale Codes (AIS-Codes) für schwerere Verletzungen als AIS = 1 wurden zusätzlich erfasst und die Aufnahme der verletzten Körperbereiche detailliert.

Sämtliche Anpassungen und Erweiterungen des Kodierungskataloges wurden analog zu 2010 zwischen den Projektpartnern Allianz Zentrum für Technik (AZT) und dem Landwirtschaftlichen Versicherungsverein Münster a.G. (LVM) sowie dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (GDV) als Auftraggeber abgestimmt.

5.1.3 Füllungsgrad

Es liessen sich nicht alle Felder der Datenbank befüllen, da bei jeder Schadenakte sowohl die Zahl der zur Verfügung stehenden Unterlagen als auch deren Detailtiefe variiert. Zu manchen Merkmalen sind dabei häufiger Informationen vorhanden als zu anderen. Die nachfolgende Tabelle 5 gibt den Füllungsgrad der Felder der Datenbank an. Der Füllungsgrad gibt hierbei den Anteil der Felder an, die im Rahmen der Schadenaktenauswertung mit nutzbaren Informationen befüllt werden konnten. Tabelle 5 stellt die Ergebnisse der aktuellen Datenbank 2022 mit den Ergebnissen des Vorgängerprojektes aus dem Jahr 2010 gegenüber.

Kategorie	Füllungsgrad 2022	Füllungsgrad 2010
Allgemeine Unfalldaten	95%	86%
Daten zum VN-Fahrer	89%	92%
Daten zum VN-Fahrzeug	74%	68%
Daten zum GES Fahrer	93%	86%
Daten zum GES Fahrzeug	79%	82%
Daten zum GES-Zweirad	71%	59%

Tabelle 5: Füllungsgrad nach Kategorie [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Insgesamt konnte die Datenbank zu 87 % mit nutzbaren Informationen gefüllt werden. Die Datengüte ist somit trotz der Aufnahme von zusätzlichen Merkmalen gegenüber dem Vorgängerprojekt gestiegen (2010: 79 %).

Analog zum Vorgängerprojekt beziehen sich Felder zu Verletzungen der jeweiligen Beifahrer von Versicherungsnehmer (VN) und Geschädigtem (GES) immer auf die Anzahl der tatsächlichen Beifahrer. Ebenso sind die Angaben für Blut- und Atemalkoholkonzentration bei beiden Fahrzeugführern nur auf die entsprechende Anzahl an Fällen mit Alkoholeinwirkung bezogen.

Daten zum VN-/GES-Fahrer beziehen sich auf den Fahrer des Fahrzeugs, unabhängig davon, ob dieser Fahrzeugeigentümer bzw. Versicherungsnehmer ist.

In den Diagrammen wurde zur besseren Übersicht auf die Darstellung der Anteile des Wertes „n.e.“ (unbekannt) verzichtet.

5.1.4 Landwirtschaftliche Zugmaschinen der Datenbank

Als landwirtschaftliche Zugmaschine können verschiedenste Fahrzeuge zugelassen und versichert werden, neben Traktoren unter anderem Mähdrescher, selbstfahrende Arbeitsmaschinen oder Hoflader. Auch Lkw oder Quads können als LZM zugelassen werden. Tabelle 6 bietet einen kurzen Überblick welche Kategorien von LZM als Unfallverursacher in der Datenbank zu Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen erfasst wurden.

LZM-Kategorie	Anzahl	%
Traktor	907	92,7%
Lkw	32	3,3%
Selbstfahrende Arbeitsmaschine	11	1,1%
Quad	8	0,8%
Hoflader	2	0,2%
Mähdrescher	2	0,2%
n.e.	16	1,6%

Tabelle 6: Übersicht über unfallverursachende LZM [LZM-Datenbank 2022].

Das Durchschnittsalter der landwirtschaftlichen Zugmaschinen beträgt 16,4 Jahre. Im Vorgängerprojekt war das durchschnittliche Fahrzeugalter mit 15,4 Jahren noch ein Jahr jünger gewesen.

Abbildung 19 zeigt die Erstzulassung (EZ) der unfallverursachenden LZM. Dabei ist zu erkennen, dass der Hauptanteil (66,8 %) der verunfallten Zugmaschinen im Jahr 2000 und später erstmals zugelassen wurde.

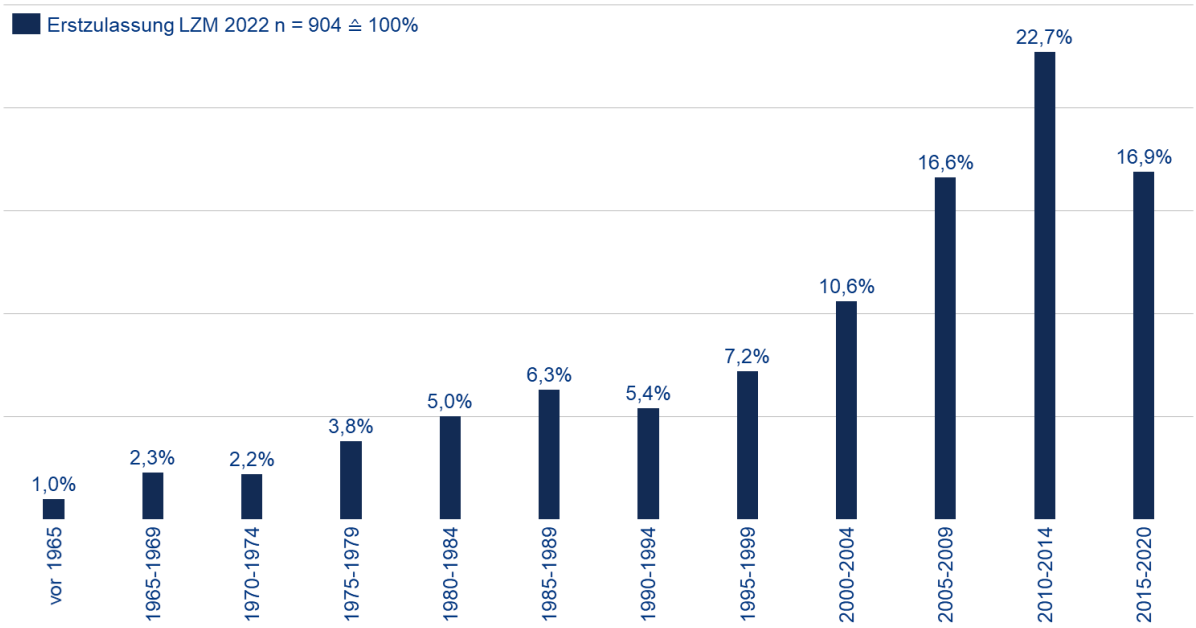


Abbildung 19: Anteil der Erstzulassung der verunfallten LZM [LZM-Datenbank 2022].

5.1.5 Verteilung der Unfallorte

Zur Identifikation von regionalen Unterschieden im Unfallgeschehen und von Unfallschwerpunkten erfolgt eine Einteilung der Unfälle nach verschiedenen Eigenschaften in Cluster nach ein- bzw. zweistelligen Postleitzahlgebieten und nach dem Landwirtschaftsflächenanteil (LFA) des Landkreises.

Hinsichtlich der Fokussierung des Projektes auf Unfälle im öffentlichen Straßenverkehr werden an dieser Stelle für die Verteilung der Unfälle nach Unfallort auch nur Unfälle auf öffentlichen Straßen (n = 905) betrachtet.

5.1.5.1 Postleitzahlgebiete

Für die geografische Auswertung der Unfälle wurden die Postleitzahlen der Unfallorte (Füllungsgrad: 99 %) in zweistelligen PLZ-Gebieten (01-99) zusammengefasst und in Abbildung 20 dargestellt.

Die Zahl der erfassten Unfälle ist sowohl im Südosten als auch im Nordwesten Deutschlands höher als im Rest des Landes. Vor allem die einstelligen Postleitzahlgebiete 8 und 9, sowie 2 bis 5 liegen über dem Durchschnitt. Am häufigsten, mit einem Anteil der Unfälle am gesamten Unfallgeschehen von nahezu 25 %, ist das PLZ-Gebiet 8 vertreten. Es umfasst Städte und Gemeinden der Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg.

Die großen regionalen Unterschiede lassen sich, wie bereits im Vorgängerprojekt, am ehesten auf die regionalen Geschäftsschwerpunkte der beiden betrachteten Versicherungen Allianz und LVM zurückführen.

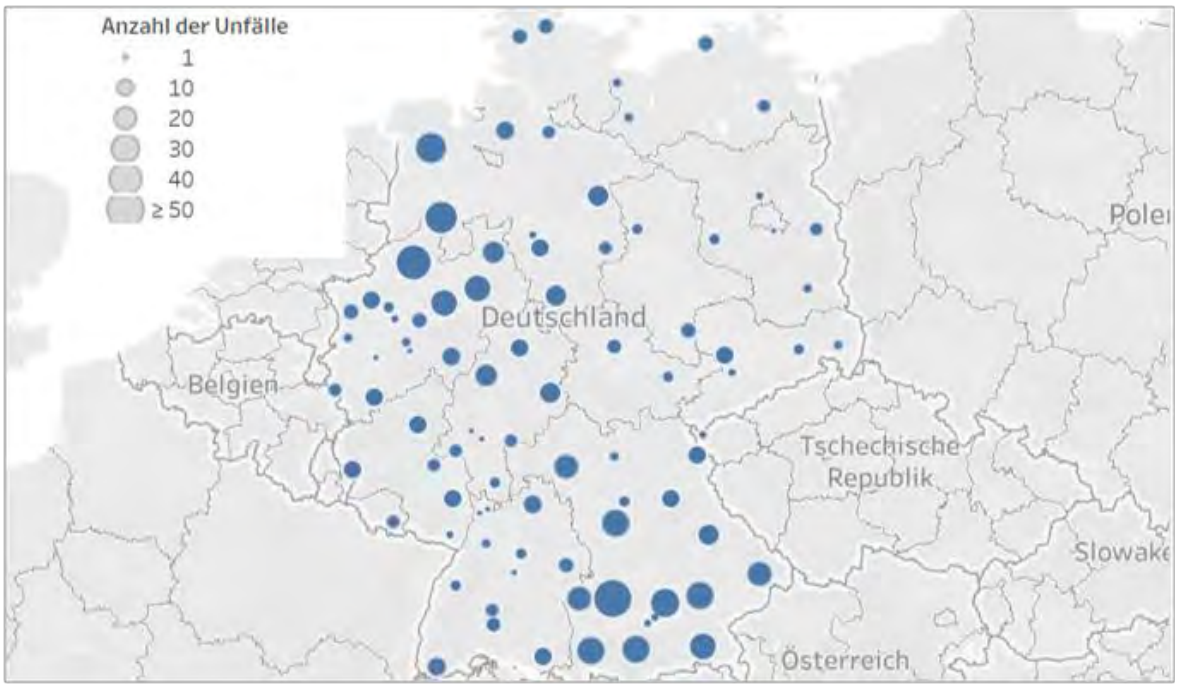


Abbildung 20: Anzahl der Unfälle je zweistelligem PLZ-Gebiet (n = 902) [LZM-Datenbank 2022].

Zur besseren Identifikation von Auffälligkeiten wurde eine Unfallrate je PLZ-Gebiet berechnet. Sie ist definiert als die Zahl der erfassten Unfälle je einstelligem Postleitzahlgebiet im Verhältnis zum Bestand der bei beiden Versicherungen versicherten landwirtschaftlichen Zugmaschinen. Abbildung 21 zeigt die Unfallrate je Postleitzahlgebiet.

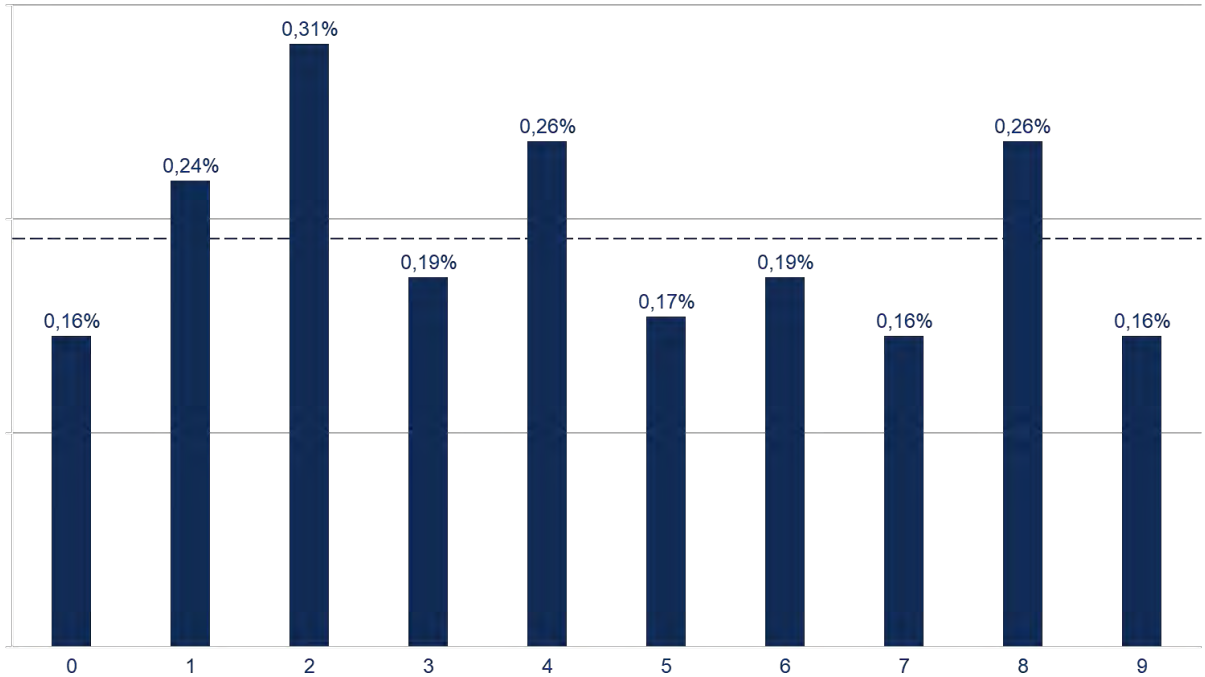


Abbildung 21: Unfallrate je einstelligem PLZ-Gebiet [LZM-Datenbank 2022].

Es zeigt sich, dass die Postleitzahlgebiete 1, 2, 4 und 8 die höchsten Unfallraten aufweisen. Sie liegen über dem bundesweiten Durchschnitt (0,21 %) aller betrachteten Schadenfälle.

5.1.5.2 Landwirtschaftsflächenanteil des Landkreises

Für die weiteren Betrachtungen wurden die Landkreise und kreisfreien Gebiete entsprechend ihres Landwirtschaftsflächenanteils (LFA) gruppiert. Der LFA entspricht dem Anteil der im Jahr 2020 für landwirtschaftliche Zwecke genutzten Fläche bezogen auf die Gesamtfläche des jeweiligen Landkreises [56]. Es erfolgt die Einteilung der Unfälle in zehn Gruppen entsprechend der Abbildung 22.

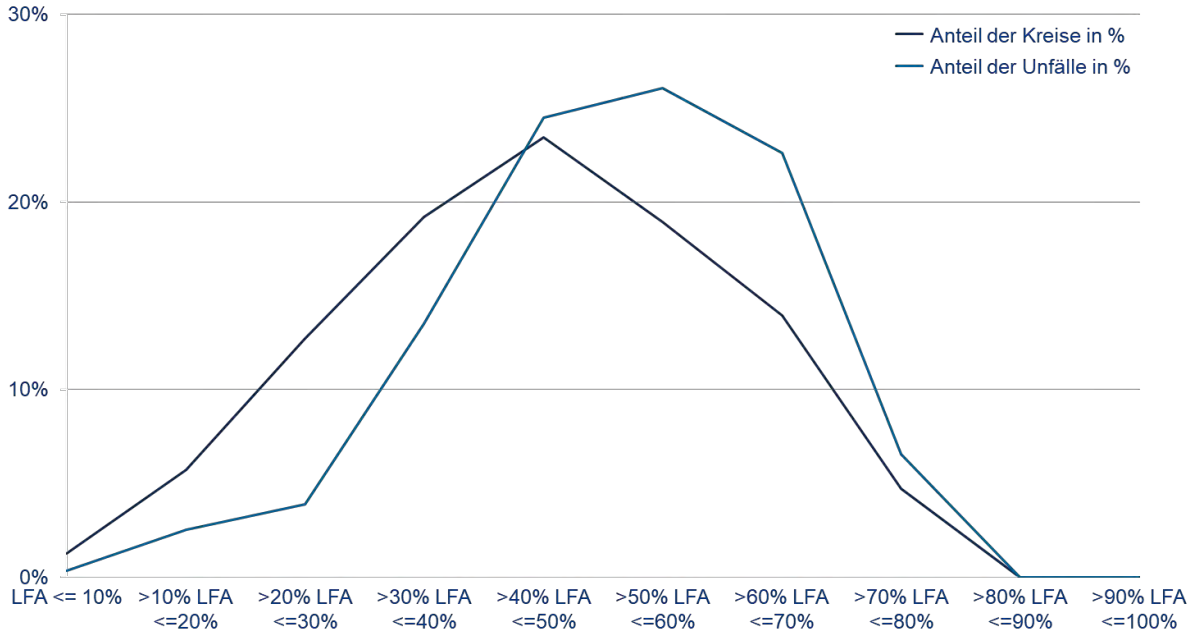


Abbildung 22: Anteil der Unfälle und Kreise je Landwirtschaftsflächenkategorie [LZM-Datenbank 2022].

Bei einem LFA von mehr als 50 % gilt: Je größer der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche des Landkreises, desto mehr Unfälle ereigneten sich anteilig. Bezieht man die Anzahl der Landkreise mit dem entsprechenden Landwirtschaftsflächenanteil mit ein, so ergibt sich eine wichtige Grenzlinie bei einem LFA zwischen > 40 % und ≤ 50 %.

Links dieser Trennlinie liegt der Anteil der Unfälle je LFA (prozentual) unter dem Anteil der Landkreise mit entsprechendem LFA. Es ereignen sich also unterdurchschnittlich häufig Unfälle. Rechts der Grenzlinie kommt es zu überdurchschnittlich vielen Unfällen. Die Kurve des prozentualen Anteils der Unfälle je LFA liegt über dem prozentualen Anteil der Landkreise mit entsprechendem LFA. Kreise mit einem LFA von mehr als 50 % und höchstens 60 % weisen sogar 26,1 % aller Unfälle auf, obwohl lediglich 19 % der Landkreise in diese LFA-Kategorie fallen.

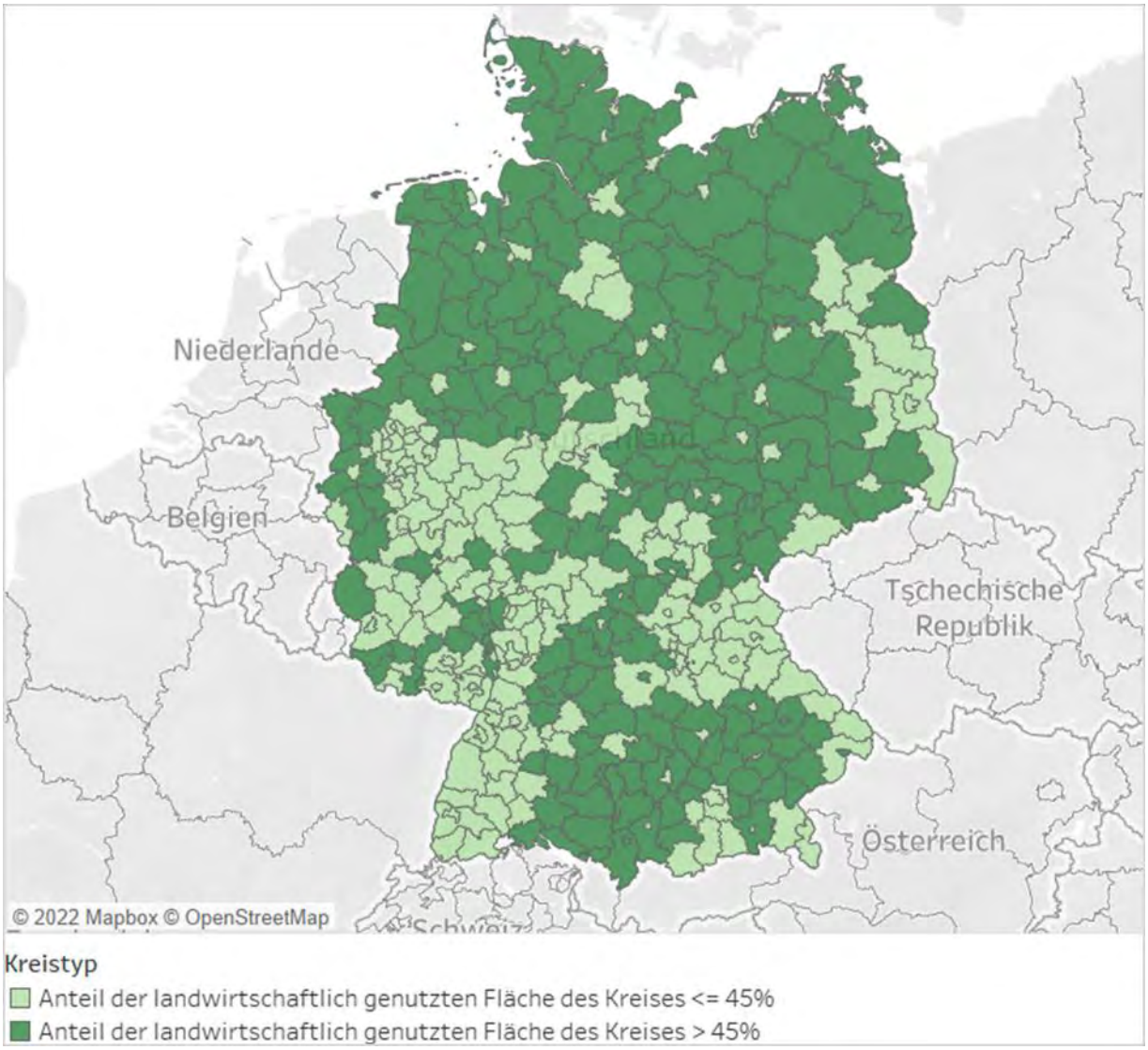


Abbildung 23: Landwirtschaftliche Beschaffenheit der Landkreise in Deutschland [56].

Der mittlere Landwirtschaftsflächenanteil aller Landkreise in Deutschland beträgt 44,4 %. Je nach Anteil der für die Landwirtschaft genutzten Fläche an der Gesamtfläche werden für die weiteren Auswertungen die zwei Typen LFA ≤ 45 % und LFA > 45 % unterschieden. Mit dieser Einteilung wird versucht die strukturelle Beschaffenheit Deutschlands hinsichtlich der landwirtschaftlich genutzten Fläche mit in die Unfallanalysen einzubeziehen. Abbildung 23 zeigt die landwirtschaftliche Beschaffenheit Deutschlands anhand der definierten Cluster.

Hinsichtlich des Abgleichs von landwirtschaftlich genutzter Fläche je Landkreis und den Postleitzahlgebieten lässt sich feststellen, dass Regionen der einstelligen Postleitzahlgebiete 0 bis 3 und 8 im Mittel einen überdurchschnittlich hohen Anteil an Landwirtschaftsfläche aufweisen. Das PLZ-Gebiet 2 verfügt mit durchschnittlich 57 % über den größten Landwirtschaftsflächenanteil. Das PLZ-Gebiet 6 hingegen weist den geringsten LFA (35 %) auf.

5.1.5.3 Verteilung der Unfälle und Unfallrate

71 % der Unfälle, und damit deutlich mehr als in Landkreisen mit einem LFA von < 45 %, ereigneten sich in Landkreisen mit einem Landwirtschafsflächenanteil von mehr als 45 %. Die Unfallrate landwirtschaftlicher Zugmaschinen ist mit 0,23 % in Landkreisen mit einem Anteil der Landwirtschaftsfläche von mehr als 45 % höher als in den Gebieten mit LFA kleiner 45 %. Hier beträgt die Unfallrate 0,17 %.

5.1.5.4 Alter und Leistung der verunfallten landwirtschaftlichen Zugmaschinen

Der Altersdurchschnitt der verunfallten LZM unterscheidet sich bezüglich des LFA nur wenig voneinander. In den Kreisen Deutschlands mit einem LFA von maximal 45 % sind Traktoren im Mittel mit 16,8 Jahren am ältesten. In Landkreisen mit einem Anteil der Landwirtschaftsfläche von mehr als 45 % beträgt das mittlere Alter der verunfallten landwirtschaftlichen Zugmaschinen 15,6 Jahre und ist damit geringfügig jünger. Die Motorleistung der verunfallten LZM in kW verhält sich ähnlich. Traktoren jüngeren Alters weisen eine höhere Leistung auf als solche eines früheren Baujahres. Verunfallte LZM in Landkreisen mit überdurchschnittlich viel Landwirtschaftsfläche (> 45 %) haben eine mittlere Motorleistung von 114 kW. In den Landkreisen mit LFA < 45 % liegt die durchschnittliche Motorleistung nur bei etwas mehr als 94 kW. Jüngeres Alter der LZM und höhere Motorleistung könnten ein Hinweis auf ein unterschiedliches Nutzungsverhalten der LZM abhängig vom LFA sein, beispielsweise durch größere landwirtschaftlich bearbeitete Flächen.

5.2 Auswertung allgemeiner Unfallmerkmale

Die folgenden Auswertungen zu Unfällen mit LZM basieren auf der Datenbank mit den insgesamt 978 Unfällen deutschlandweit der beiden Versicherungen Allianz und LVM aus den Jahren 2017 bis 2020. Für weitere Informationen zur Datenbank siehe Kapitel 5.1.

Um mögliche Entwicklungen aufzuzeigen erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse mit denen aus dem Vorgängerprojekt von 2010, also mit den Schadenfällen aus 2006 bis 2008.

Es erfolgt im Rahmen dieses Projektes ausschließlich die Untersuchung der Unfälle auf öffentlichen Straßen. Von den ausgewerteten 978 Unfällen geschahen 905 (LZM-Datenbank 2010: n = 926) im öffentlichen Straßenverkehr (siehe Abbildung 24). Die Merkmals-ausprägungen dieser Unfälle sollen in den folgenden Unterkapiteln detailliert dargestellt werden. Ziel der Analyse ist die Identifikation von Merkmalen mit Bedeutung für das Unfallgeschehen landwirtschaftlicher Zugmaschinen sowie die Ableitung von Unfallschwerpunkten.

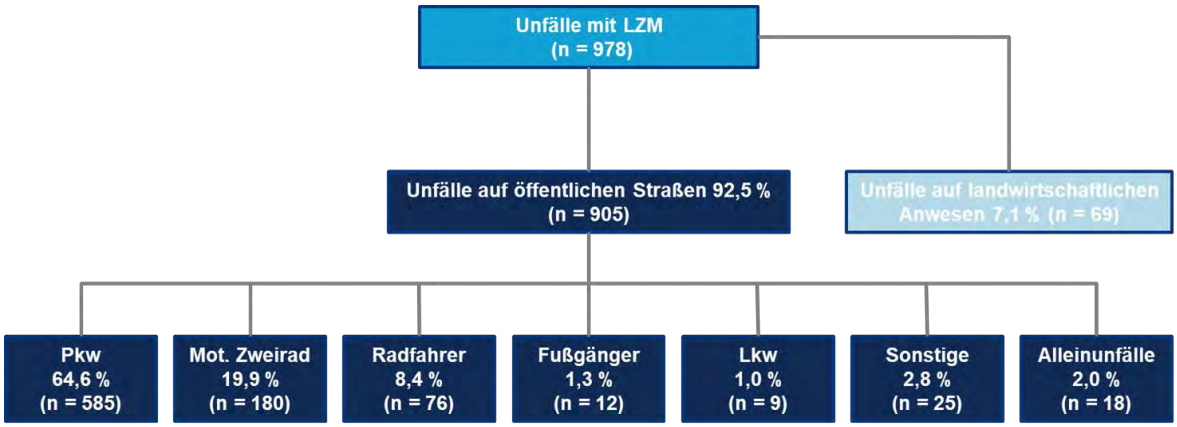


Abbildung 24: Übersicht Unfälle und Unfallgegner LZM-Datenbank 2022.

5.2.1 Polizeiliche Meldung des Unfalls

Abbildung 25 ist zu entnehmen, dass der Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle mit 89,9 % auf vergleichbar hohem Niveau liegt wie die Unfälle mit LZM des Vorgängerprojektes (90,9 %).

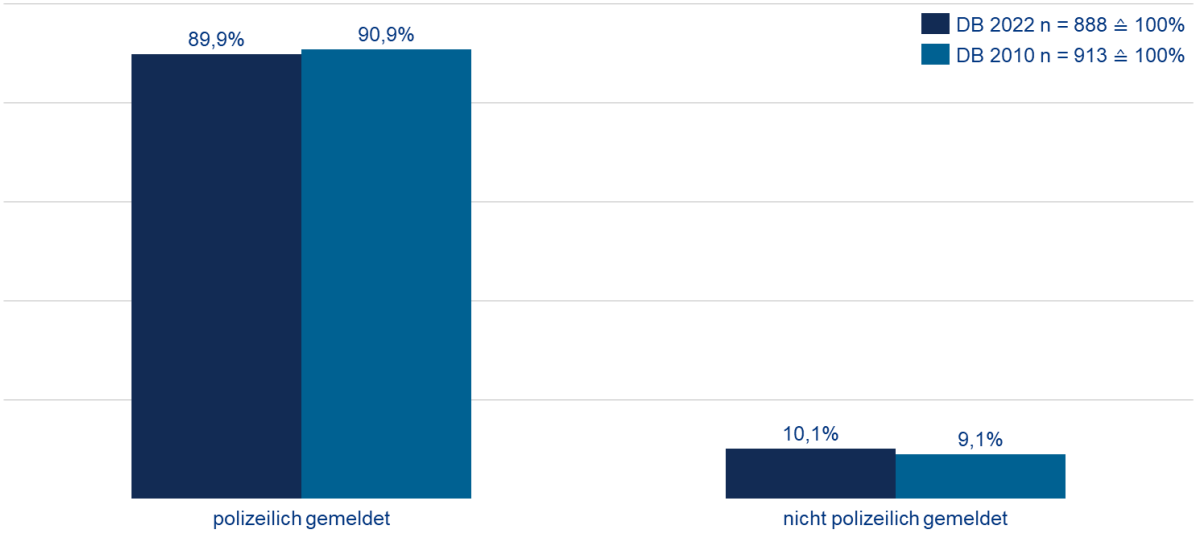


Abbildung 25: Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle mit LZM [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Bei Unfällen mit LZM die außerorts geschehen, werden wie in der LZM-Datenbank 2010 sogar nahezu 94 % der Unfälle der Polizei gemeldet . Bei Innerorts-Unfällen beträgt die polizeiliche Meldequote noch annähernd 88 % (2010: 86 %).

5.2.2 Fahrergeschlecht und Fahreralter

Bei den Unfällen der Datenbank sind über 97 % der LZM-Fahrzeugführer männlich, was analog zum Vorgängerprojekt darauf schließen lässt, dass LZM überwiegend von Männern gefahren werden (siehe Abbildung 26).

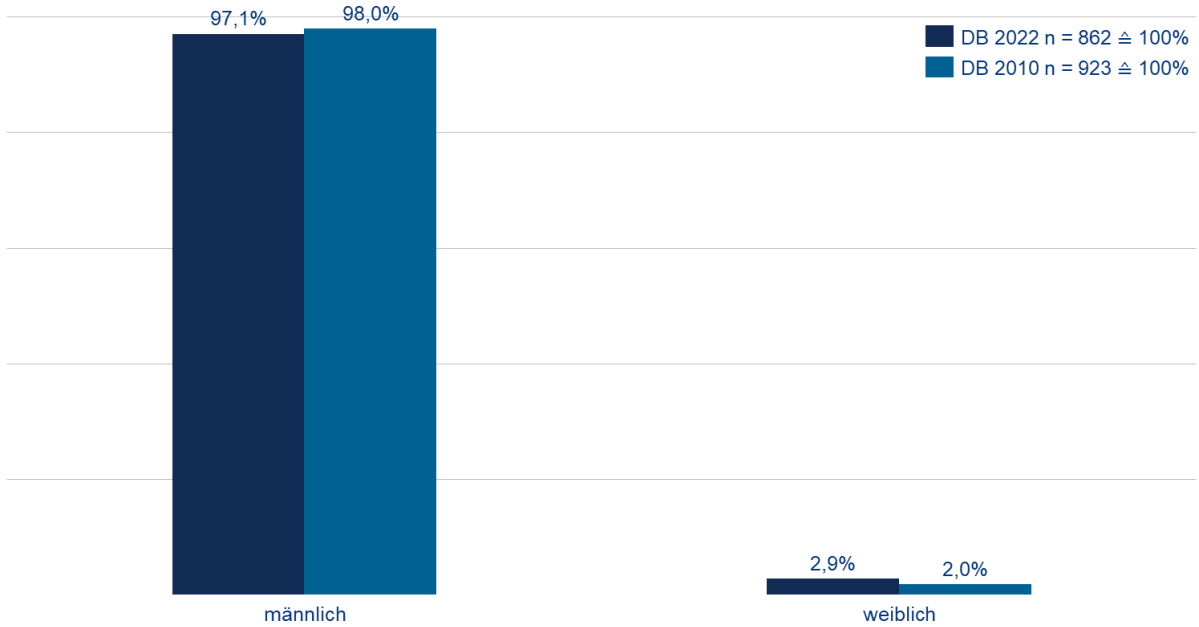


Abbildung 26: Anteil des Fahrergeschlechts der LZM [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Abbildung 27 zeigt die Altersstruktur der LZM-Fahrzeugführer.

Im Vergleich zum Vorgängerprojekt werden folgende Unterschiede deutlich: der Anteil der Fahrer im Bereich unter 21 Jahren, 35 bis 44 Jahren und über 64 Jahren ist im Vergleich zu 2010 gesunken. Gleichzeitig verunfallten mehr Fahrer im Alterssegment zwischen 25 und 34 Jahren, sowie zwischen 55 und 64 Jahren. Lediglich Fahrer mit einem Alter zwischen 45 und 54 Jahren weisen nahezu gleich große Anteile wie in der LZM-Datenbank 2010 auf.

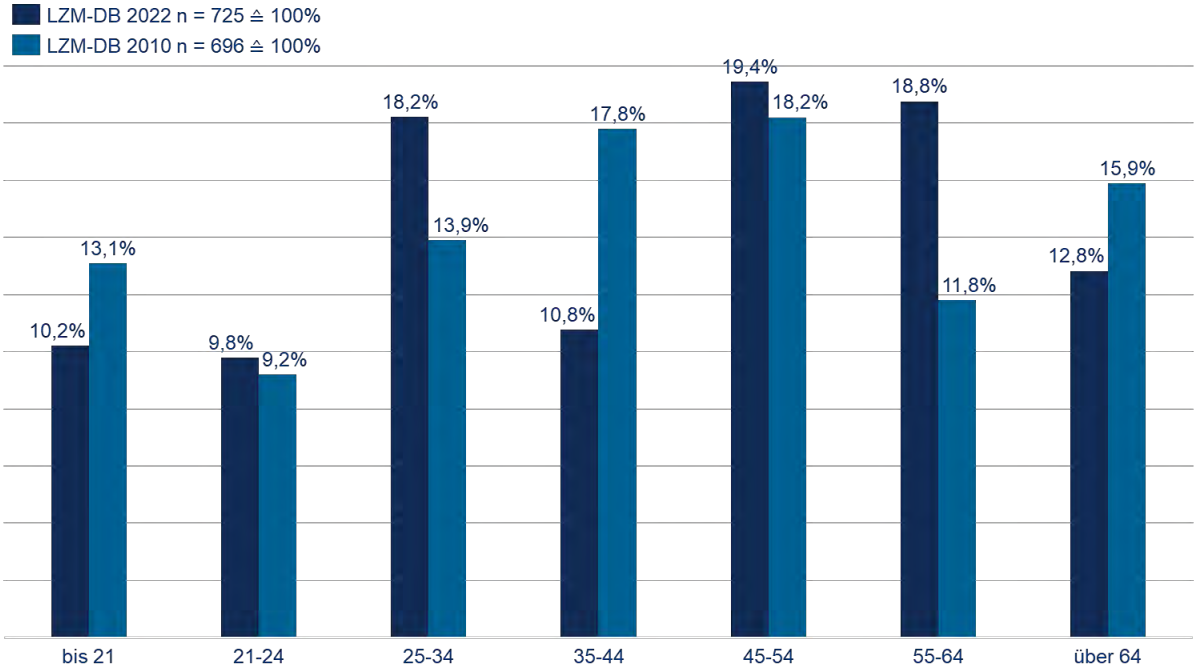


Abbildung 27: Anteil des Fahreralters der LZM [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

5.2.3 Ortslage und Lichtverhältnisse

Analog zu 2010 geschehen fast zwei Drittel der Unfälle außerhalb geschlossener Ortschaften, gut ein Drittel der Unfallstellen liegt innerorts (siehe Abbildung 28).

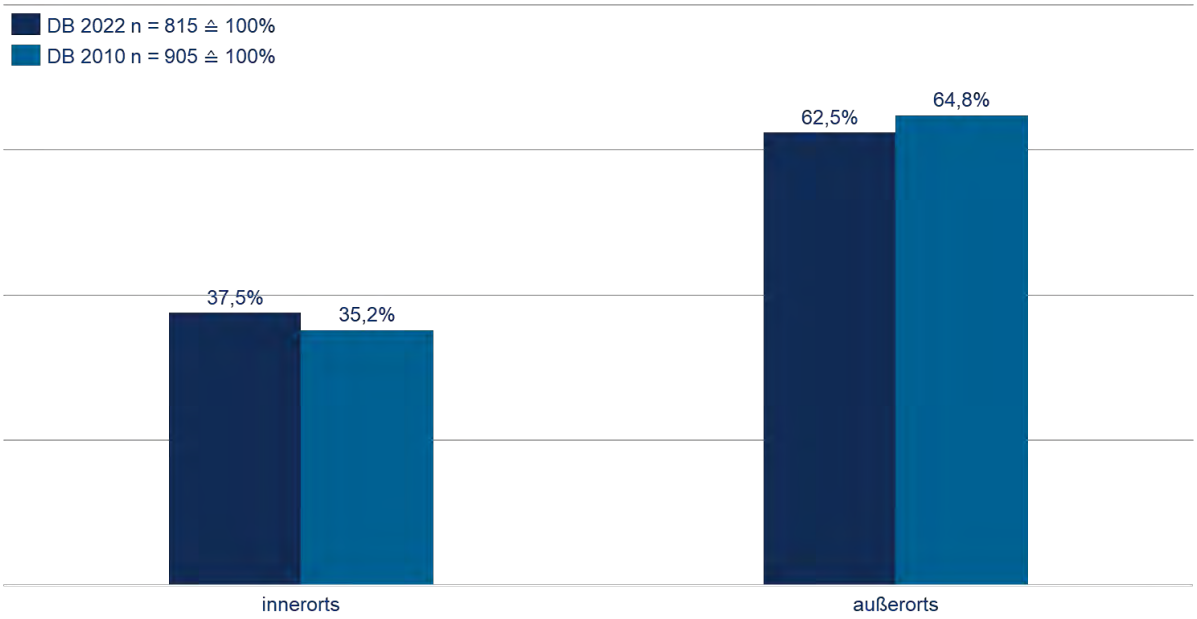


Abbildung 28: Anteil der Ortslage [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Der Anteil der Unfälle innerorts ist im Vergleich zu 2010 leicht gestiegen. Unfälle auf Bundesautobahnen (BAB) sind in den Schadenfällen der LZM-Datenbank 2022 erwartbarerweise nicht enthalten. Wie bereits in Kapitel 3.1 gezeigt, spielen Autobahnen bei Unfällen landwirtschaftlicher Zugmaschinen aufgrund der bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit und des Einsatzzweckes von LZM lediglich eine untergeordnete Rolle.

Bei der Verteilung der Unfälle bezogen auf die Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt sind keine Auffälligkeiten gegenüber dem Vorgängerprojekt zu erkennen. Demnach geschieht der überwiegende Teil der Unfälle von LZM bei Tageslicht (siehe Abbildung 29).

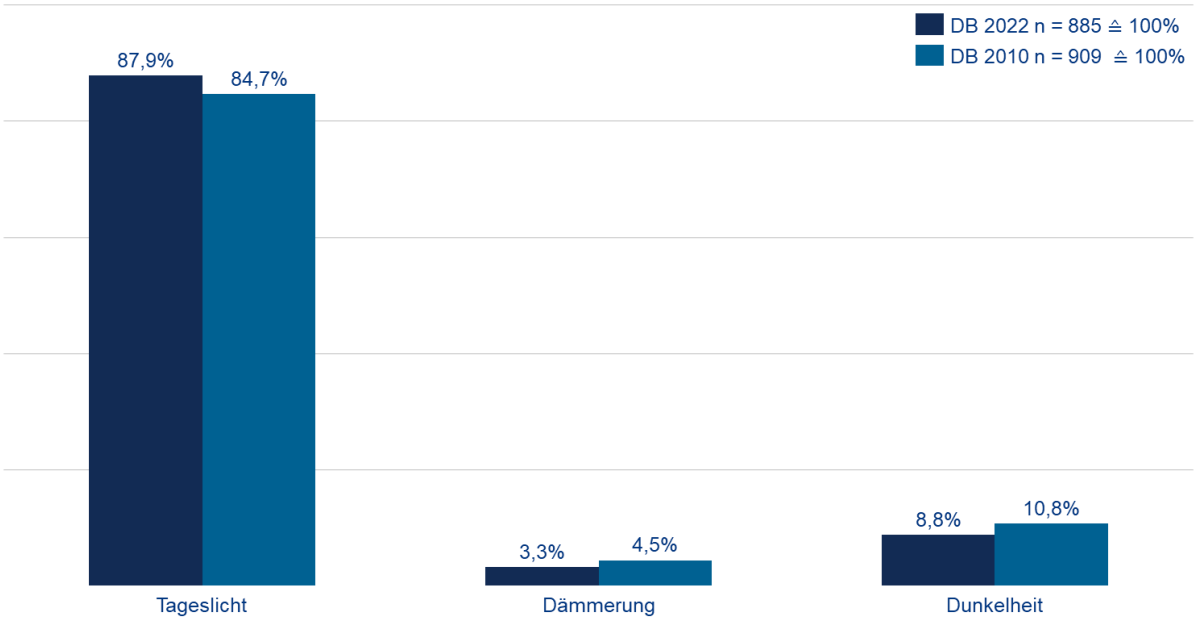


Abbildung 29: Anteil der Lichtverhältnisse [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

In Abbildung 30 wird zusätzlich die Verletzungsfolge bezüglich der Lichtverhältnisse betrachtet. Auffällig ist der deutlich höhere Anteil Dämmerung bei Unfällen mit Getöteten im Vergleich zu Unfällen mit Leicht- und Schwerverletzten. Im Gegensatz dazu ist der Anteil Dunkelheit bei Unfällen mit Getöteten deutlich geringer. In der LZM-Datenbank 2010 ergab sich noch ein anderes Bild. Damals war der Anteil der Getöteten mit 17 % und der Anteil der Schwerverletzten mit 14,4 % bei Dunkelheit deutlich höher und Unfälle bei Dämmerung wiesen sehr geringe Anteile auf. Es ist nicht auszuschließen, dass sich diese Differenzen in unterschiedlichen Herangehensweisen zur Abgrenzung von Dämmerung und Dunkelheit im Rahmen der Datenauswertung begründen.

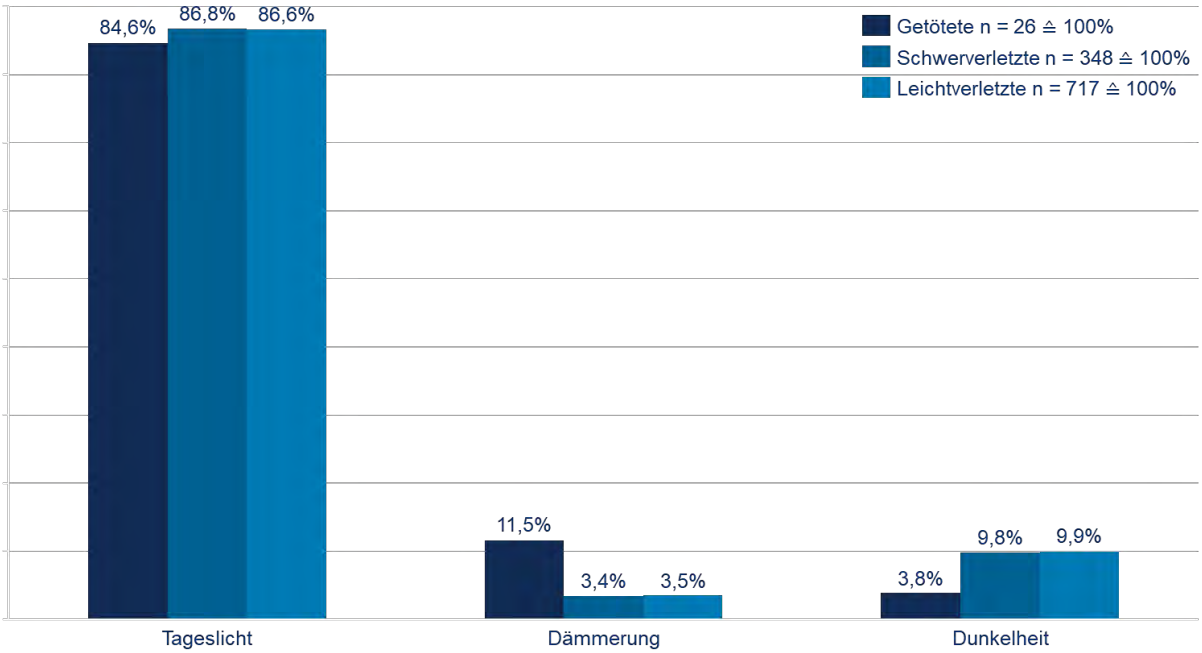


Abbildung 30: Verteilung der Verletzungsfolge nach den Lichtverhältnissen [LZM-Datenbank 2022].

5.2.4 Witterungseinflüsse

Für die überwiegende Mehrheit der Unfälle der Datenbank konnten keine witterungsbedingten Einflüsse festgestellt werden. Im Gegenteil: Für mehr als 91 % der Schadenfälle wurde überhaupt kein Niederschlag notiert.

5.2.5 Unfallmonat

Für die Verteilung der Unfallmonate ergibt sich in sehr guter Näherung eine Übereinstimmung mit den in Abbildung 12 dargestellten Daten des Statistischen Bundesamtes. Der Vergleich mit der LZM-Datenbank 2010 (siehe Abbildung 31) zeigt zwar Verschiebungen der Anteile einzelner Monate auf, diese bewegen sich allerdings innerhalb der ebenfalls in Kapitel 3.1 beschriebenen, durch Witterung und Erntezeit bedingten, Schwankungen.

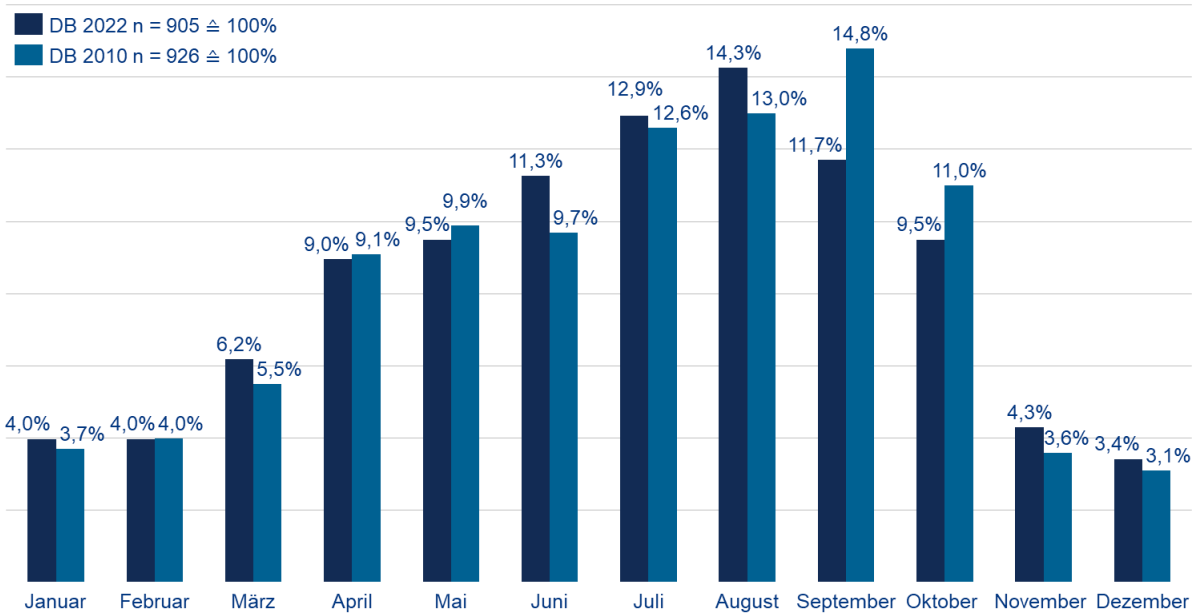


Abbildung 31: Anteil des Unfallmonats [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

5.2.6 Unfallwochentag

Das Merkmal Wochentag wurde im Rahmen der aktuellen Datenerfassung verwendet und für die LZM-Datenbank 2010 nachgetragen. Die Werktage Montag bis Samstag weisen Anteile zwischen 13,0 % und 17,2 % auf (siehe Abbildung 32).

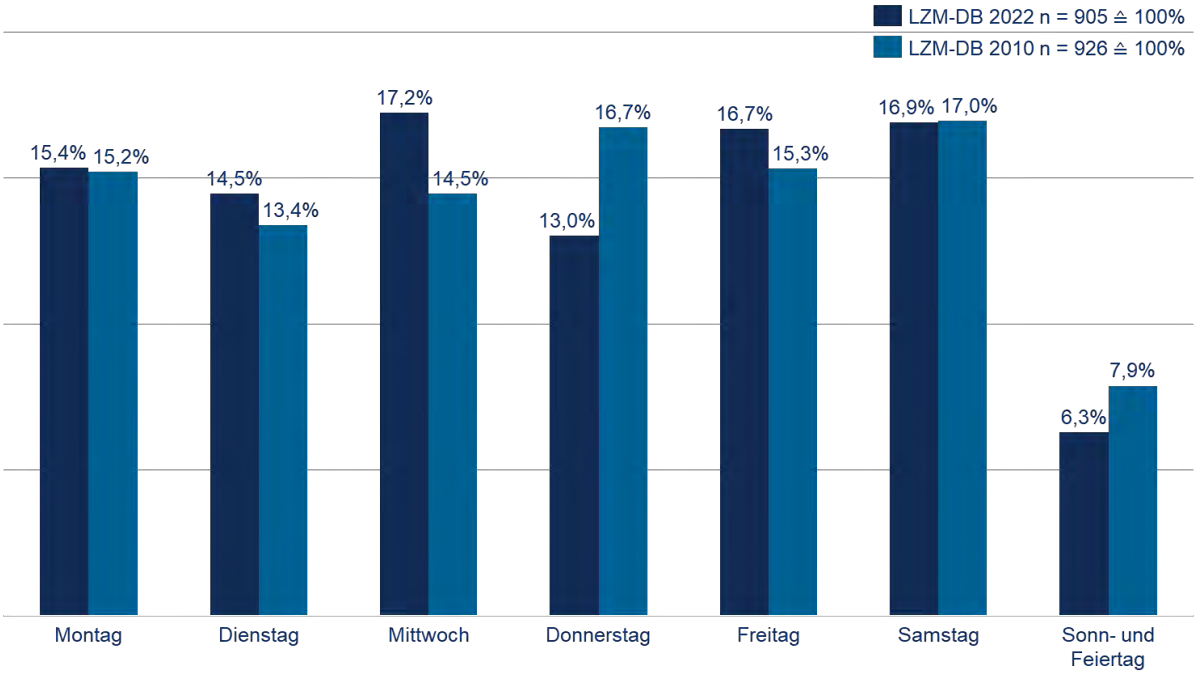


Abbildung 32: Anteil des Wochentags [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Lediglich an Sonntagen geschehen deutlich weniger der hier betrachteten Unfälle (6,3 %). Im Vergleich zu den Auswertungen des Vorgängerprojektes zeigen sich lediglich geringe Verschiebungen.

5.2.7 Unfalluhrzeit

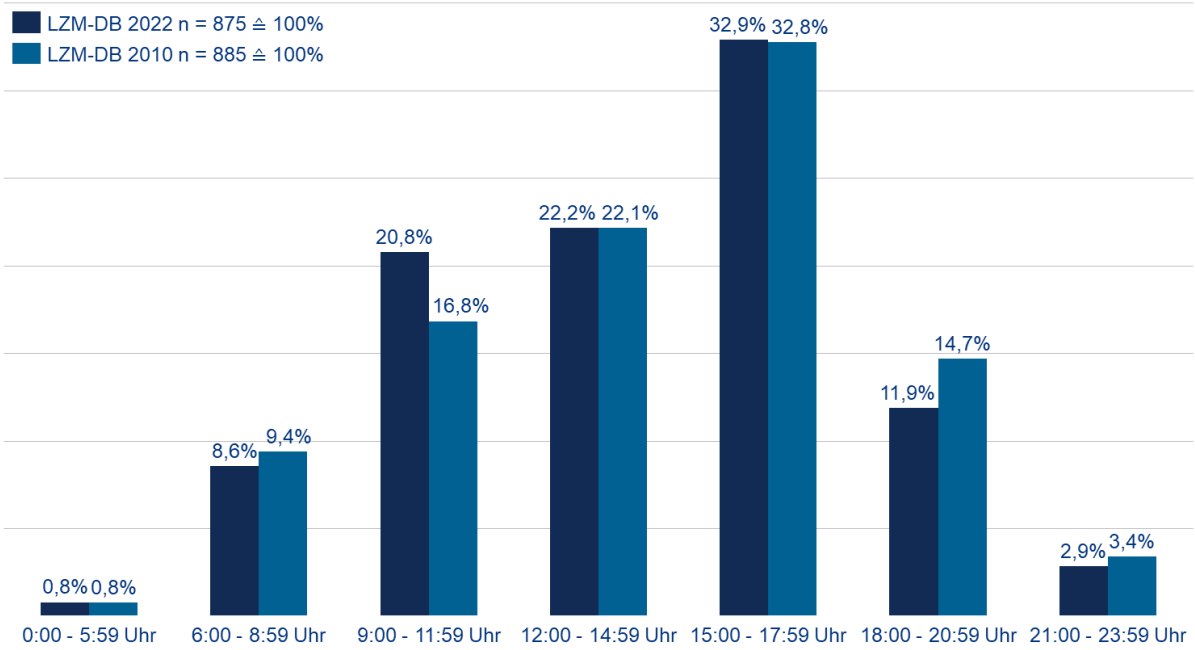


Abbildung 33: Anteil der Unfallzeitklassen [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Zu den allgemeinen Unfallangaben gehört der Unfallzeitpunkt. Abbildung 33 zeigt eine Gegenüberstellung der Unfallzeiten der LZM-Datenbanken 2022 und 2010. Auch hier weisen die Unfälle lediglich geringe Unterschiede auf. Nahezu ein Drittel der Unfälle geschieht zwischen 15 Uhr und 18 Uhr. Auf den Zeitraum zwischen 21 Uhr und 6 Uhr entfallen lediglich knapp 4 % der Unfälle, was vermutlich auf das allgemein geringe Verkehrsgeschehen in dieser Zeit zurückzuführen ist.

5.2.8 Unfallart

Die Unfallart beschreibt vom gesamten Unfallablauf die Bewegungsrichtung der beteiligten Fahrzeuge zueinander beim ersten Zusammenstoß auf der Fahrbahn oder, wenn es nicht zum Zusammenstoß gekommen ist, die erste mechanische Einwirkung auf einen Verkehrsteilnehmer [53]. Tabelle 7 stellt die zehn verschiedenen Unfallarten übersichtlich dar.

Unfallart	
1	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht
2	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet
3	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt
4	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt
5	Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt
6	Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger
7	Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn
8	Abkommen von der Fahrbahn nach rechts
9	Abkommen von der Fahrbahn nach links
10	Unfall anderer Art

Tabelle 7: Übersicht über die Unfallarten und deren Codierung [53].

Abbildung 34 zeigt die Auswertung der Datenbank nach Unfallarten. Zuerst einmal fällt auf, dass die Anteile der jeweiligen Unfallarten in den Ortslagen innerorts und außerorts in beiden betrachteten LZM-Datenbanken (2010 & 2022) große Ähnlichkeiten aufweisen. Wesentliche Unterschiede bestehen lediglich bei den Unfallarten 3 (Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt) und 5 (Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt), vor allem außerhalb von Ortschaften. Eine detaillierte Betrachtung dieser Unfälle ergab, dass diese Verschiebungen auf einer unterschiedlichen Herangehensweise bezüglich der Codierung der Unfallart beruhen. Am Beispiel der Kollision einer nach links abbiegenden Zugmaschine mit einem überholenden Fahrzeug lässt sich dies gut erläutern. In der LZM-Datenbank 2022 wurden diese Situationen nach Abstimmung zwischen den Projektpartnern einheitlich als Unfallart „5“ codiert, in der Datenbank des Vorgängerprojektes fanden sich zu diesen Konstellationen jedoch auch Schlüsselungen der Unfallart „3“. Somit zeigen die unterschiedlichen Anteile dieser zwei Unfallarten keine Veränderung im Unfallgeschehen, sondern lediglich die angepasste einheitliche Vorgehensweise.

Außerorts wie auch innerorts kristallisieren sich folgende Unfallarten als Schwerpunkte heraus: „5 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ (innerorts: 45,1 % / außerorts: 65,8 %), „2 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“ (innerorts: 19,3 % / außerorts: 8,1 %) sowie „4 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt“ (innerorts: 15,0 % / außerorts: 12,0 %). Diese drei Unfallarten stellen über alle Ortslagen gesehen mehr als 80 % der Unfälle der LZM-Datenbank 2022 dar. Alle anderen Unfallarten, wie beispielsweise das Abkommen von der Straße nach rechts oder links, spielen im Unfallgeschehen landwirtschaftlicher Zugmaschinen lediglich eine untergeordnete Rolle.

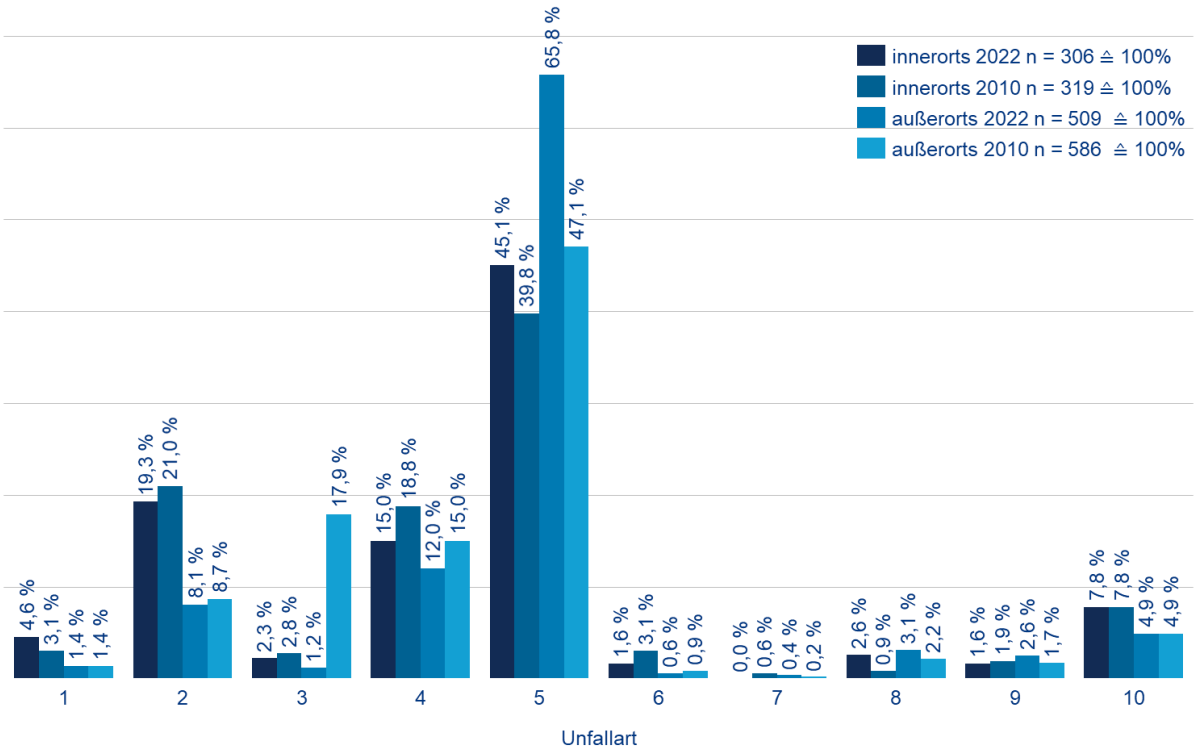


Abbildung 34: Anteil der Unfallart unter Berücksichtigung der Ortslage [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

5.2.9 Unfalltyp

Der Unfalltyp beschreibt die Konfliktsituation, die zum Unfall führte, das heißt die Phase des Verkehrsgeschehens, in der ein Fehlverhalten oder eine sonstige Ursache den weiteren Ablauf nicht mehr kontrollierbar machte. Im Gegensatz zur Unfallart geht es also beim Unfalltyp nicht um die Beschreibung der wirklichen Kollision, sondern um die Art der Konfliktauslösung vor diesem eventuellen Zusammenstoß [53].

Auch beim Unfalltyp wurde im Vergleich zum Vorgängerprojekt die Schlüsselung vereinheitlicht. Für die LZM-Datenbank 2010 konnte nachträglich festgestellt werden, dass durch Fahrbahnverschmutzung hervorgerufene Unfälle, sowohl als Fahrunfall als auch als sonstiger Unfall klassifiziert wurden. Für die vorliegende Datenbank wurde das abgestimmte Vorgehen verwendet, diese Unfälle als sonstige Unfälle zu werten. Beispielhaft sei der Sturz motorisierter Zweiradfahrer aufgrund ölverschmutzter Fahrbahn genannt. Diese Konstellaion erfüllt nicht die Kriterien an einen Fahrunfall (Kontrollverlust, beispielsweise aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit) sondern an einen sonstigen Unfall (beispielsweise Ölverlust durch Schaden am Fahrzeug). Diese nun einheitliche Vorgehensweise hat höhere Anteile des Unfalltyps „7 – Sonstiger Unfall“ in der LZM-Datenbank 2022 gegenüber der LZM-Datenbank 2010 zur Folge (siehe Abbildung 35).

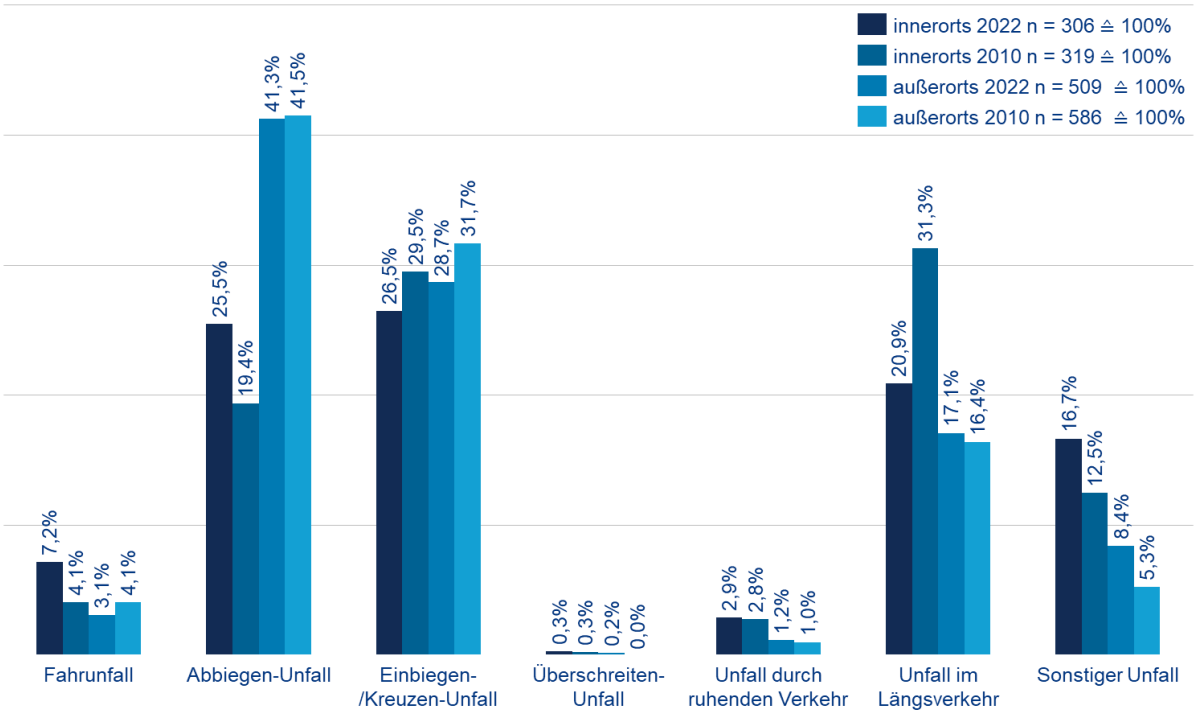


Abbildung 35: Anteil der Unfalltypen unter Berücksichtigung der Ortslage [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Analog zur Auswertung der Unfallarten repräsentieren drei Unfalltypen mehr als 80 % der betrachteten Unfälle mit LZM: „Abbiegeunfall“ (35,4 %), „Einbiegen-/Kreuzen-Unfall“ (27,9 %) und „Unfall im Längsverkehr“ (18,5 %). Die Betrachtung der Unfalltypen nach Ortslage bringt weitere Detailkenntnisse hervor. Abbiegeunfälle weisen außerorts (41,3 %) deutlich größere Anteile auf als innerorts (25,5 %). Einbiegen-/Kreuzen- und Längsverkehrs-Unfälle sind in allen Ortslagen ähnlich häufig vertreten. Innerorts ist zudem der Unfalltyp „Sonstiger Unfall“ mit einem Anteil von 16,7 % von Bedeutung. Hier handelte es sich zumeist um Unfälle in Folge von Rangiermanövern, Ladungsverlusten oder auch Verletzungen von ungesicherten Mitfahrern der LZM.

Veränderungen im Vergleich zur LZM-Datenbank 2010 zeigen sich vor allem durch einen um 10,4 Prozentpunkte geringeren Anteil innerörtlicher Längsverkehrsunfälle und den bereits erläuterten höheren Anteil „Sonstiger Unfälle“. Darüberhinaus sind nur geringe Verschiebungen zu beobachten.

Abbildung 36 zeigt zusätzlich die Verteilung der Unfalltypen hinsichtlich der zum Unfallzeitpunkt herrschenden Lichtverhältnisse. Auffällig ist der nahezu doppelt so hohe Anteil von Längsverkehrsunfällen bei Dunkelheit (32,1 %) gegenüber Tageslicht (17,5 %). Dies kann ein Hinweis auf unzureichende Beleuchtungseinrichtungen vorausfahrender oder entgegenkommender LZM sein. Demgenüber stellen Abbiegunfälle bei Tageslicht (35,7 %) einen deutlich höheren Anteil des Unfallgeschehens dar als bei Dunkelheit (16,7 %). Dies könnte durch die geringere Verkehrsdichte abends und nachts begründet sein.

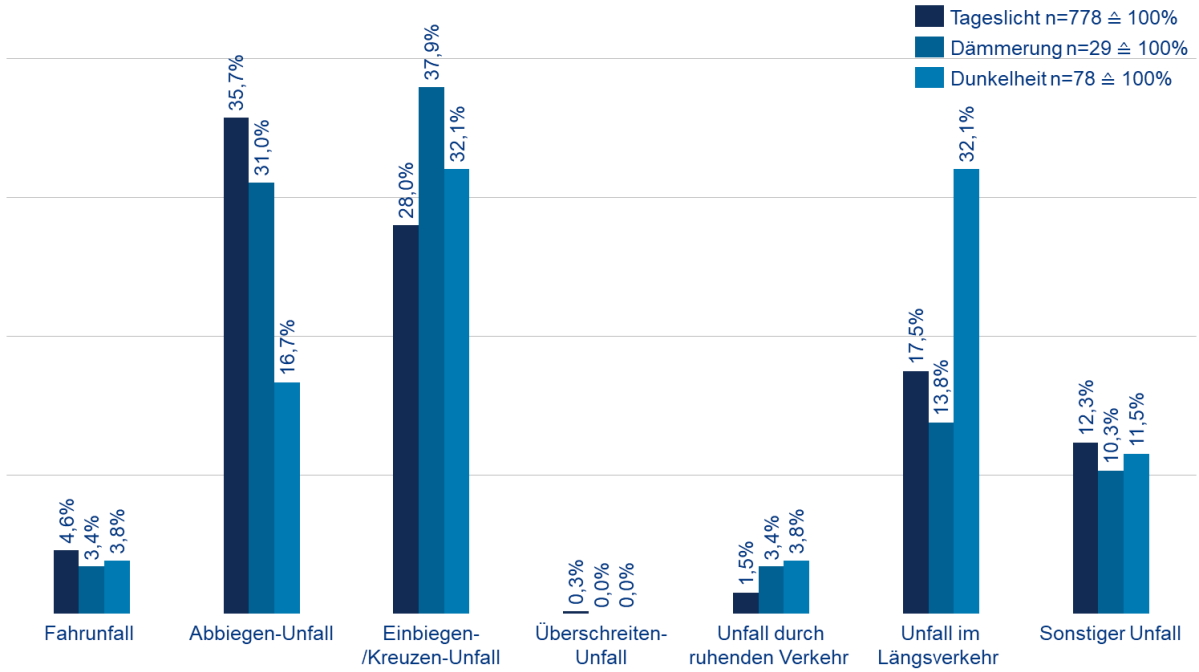


Abbildung 36: Unfalltyp nach Lichtverhältnissen [LZM-Datenbank 2022].

Zur detaillierten Betrachtung des Unfallgeschehens verschiedener gegnerischer Verkehrsbeteiligungen stellt Abbildung 37 die Anteile der Unfalltypen bezogen auf die Unfallgegner Pkw, Radfahrer, Fußgänger und motorisiertes Zweirad dar. Abgesehen vom separat zu betrachtenden Unfallgeschehen zwischen LZM und Fußgängern zeigen sich für Pkw, Radfahrer und motorisierte Zweiräder ähnliche Schwerpunkte (Abbiege-, Einbiegen-/Kreuzen- und Längsverkehrsunfall) der Unfalltypen, wenngleich mit unterschiedlicher Gewichtung. Bei motorisierten Zweirädern als Unfallgegner sticht der Unfalltyp „Abbiegeunfall“ mit 43,3 % heraus. Zudem ist der „Sonstige Unfall“ mit 16,1 % häufiger vertreten als bei Pkw und Fahrrädern als gegnerische Verkehrsbeteiligung (jeweils ca. 10 %). Dies ist vor allem auf Konfliktsituationen aufgrund verschmutzter Fahrbahnen zurückzuführen. Mehr als ein Viertel der Unfälle mit Fahrrädern geschehen im Längsverkehr. Häufige konfliktreiche Situationen sind hierbei das Überholen und Wiedereinscheren durch die LZM mit unzureichendem seitlichem Abstand. Die zwölf Unfälle mit Fußgängern verteilen sich heterogen auf fünf Unfalltypen mit „Sonstigen Unfällen“ als Schwerpunkt. Ein vorherrschendes Unfallmuster lässt sich für die Konflikte von LZM mit Fußgängern jedoch nicht feststellen.

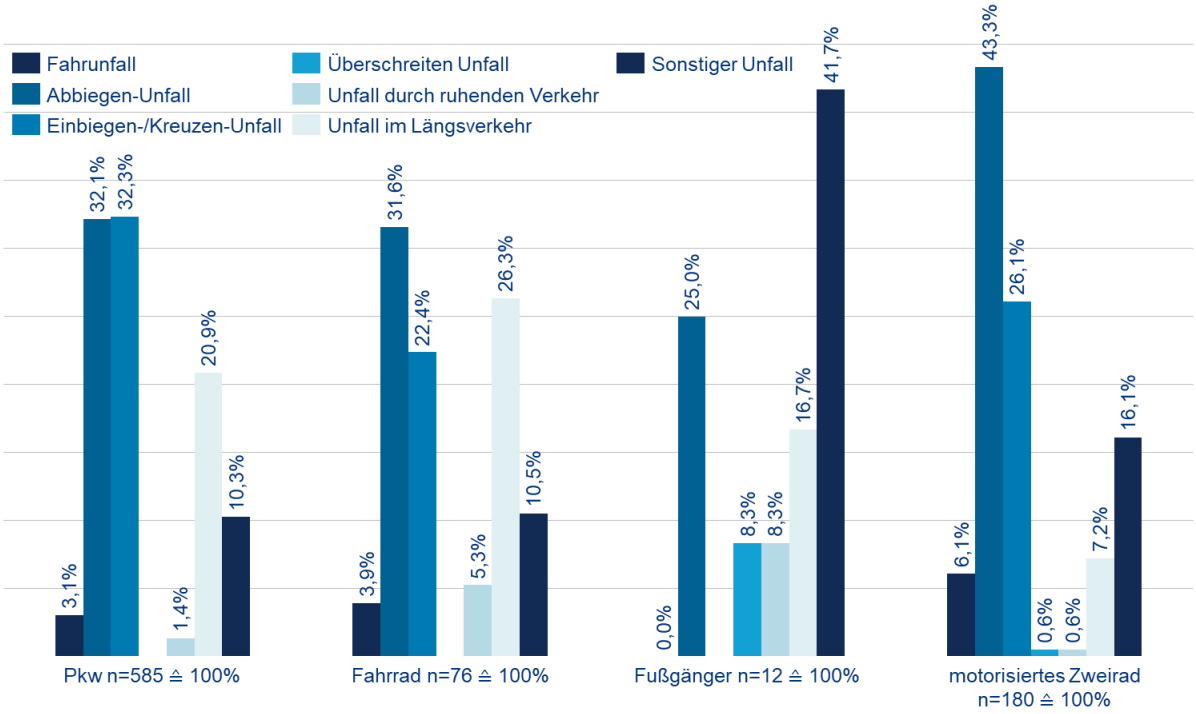


Abbildung 37: Unfalltyp nach Art der Verkehrsbeteiligung [LZM-Datenbank 2022].

Eine letzte Analyse des Unfalltyps zeigt Abbildung 38. Hier wurde das Alter der LZM-Fahrzeugführer als Bezugsgröße herangezogen.

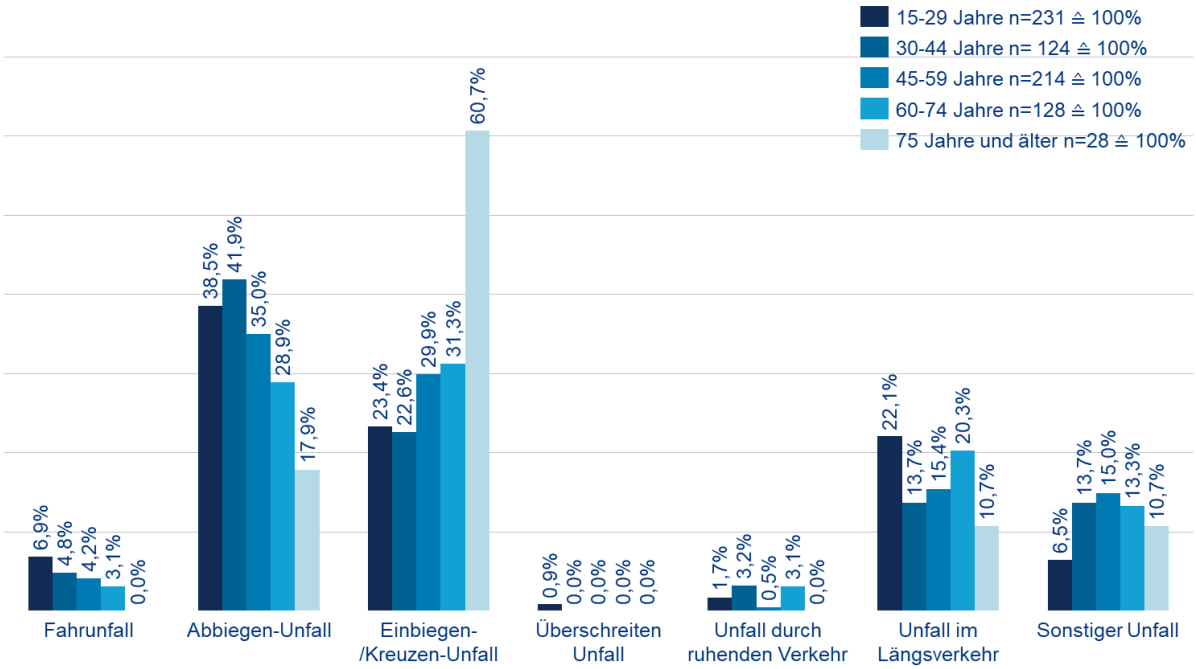


Abbildung 38: Unfalltyp nach Altersklassen LZM-Fahrer [LZM-Datenbank 2022].

Insgesamt zeigen sich für die betrachteten Altersgruppen ähnliche Schwerpunkte, wenn auch wiederum mit unterschiedlicher Gewichtung. Bei jüngeren Fahrer (15 bis 29 Jahre) sind Fahrunfälle und Unfälle im Längsverkehr überdurchschnittlich häufig vertreten. Dies könnte auf Fehler aufgrund noch geringer Fahrpraxis mit LZM (Abstandsverhalten, Beherrschen der Fahrzeugabmessungen, Geschwindigkeit) hindeuten. Aufgrund der unterschiedlich großen Fallzahlen der Altersgruppen sind diese Ergebnisse jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Für die Fahrzeugführer über 75 Jahre sticht der sehr hohe Anteil Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle heraus (60,7 %). Aus dieser Altersgruppe liegen aber nur 28 Unfälle vor, daher gilt auch hier die Einschränkung hinsichtlich der Aussagekraft aufgrund der geringen Fallzahlen. Demgegenüber sinkt der Anteil der Abbiegeunfälle mit zunehmendem Alter der Altersgruppen.

5.2.10 Unfallursache

Die Aufschlüsselung der fahrerbezogenen beziehungsweise allgemeinen Unfallursachen wurde analog zum Unfallursachenverzeichnis des Statistischen Bundesamtes (siehe [40]) durchgeführt. Für die LZM-Datenbank wurde als zusätzliches Merkmal die Unfallursache „5 – Unaufmerksamkeit/Ablenkung“ aufgenommen. Seitens polizeilicher Unfallaufnahme können mehrere Unfallursachen erfasst werden. Entsprechend dem Vorgehen im Vorgängerprojekt wurde an dieser Stelle lediglich die wichtigste Unfallursache aufgenommen, somit sind Mehrfachnennungen je Unfallbeteiligtem ausgeschlossen.

Abbildung 39 stellt die Verteilung der fahrerbezogenen Unfallursachen je Beteiligtem dar (VN = LZM, GES = Unfallgegner). Für eine bessere Übersichtlichkeit der Ergebnisse wurden die einzelnen Unfallursachen anhand ihrer jeweiligen Hauptgruppe zusammengefasst.

Die Schwerpunkte der Unfallursachen sind deutlich zu erkennen. Dem LZM-Fahrer ist in knapp 40 % der Fälle eine Unfallursache aus dem Bereich „Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren“ (Codierung 35 – 37) zuzuordnen. Zweithäufigste Gruppe der Unfallursachen der LZM-Fahrzeugführer sind mit einem Anteil von knapp 25 % Fehler in Verbindung mit „Vorfahrt, Vorrang“ (Codierung 27 – 33). Knapp zwei Drittel der Unfallursachen der LZM-Fahrer sind innerhalb dieser zwei Hauptgruppen zu finden. In etwa 30 % der betrachteten Unfälle der LZM-Datenbank konnte auch dem Unfallgegner eine Unfallursache zugeordnet werden, hier wird der größte Anteil ebenfalls durch lediglich zwei Gruppen von Unfallursachen dargestellt (mehr als zwei Drittel). Nahezu jeder zweite Fehler des Unfallgegners gehört zur Gruppe „Überholen“ (Codierung 16 – 23) und in etwa 20 % der gegnerischen Unfallursachen handelte es sich um „Nicht angepasste Geschwindigkeit“ (Codierung 12 und 13).

Weitere Ursachen seitens der LZM-Fahrer sind „Unaufmerksamkeit“ (Codierung 5) mit 8,5 %, „Straßenbenutzung (Codierung 10 und 11) mit 7,6 % sowie „Technische Mängel, Wartungsmängel“ (Codierung 50 – 55) mit 6,7 %. Erwähnenswert ist zudem, dass Beeinträchtigungen der Verkehrstüchtigkeit, beispielsweise durch Alkoholeinfluss, auf Seiten der LZM-Fahrer keine Rolle spielen.

Insgesamt zeigen sich im Vergleich zu den Unfallursachen der LZM-Datenbank 2010 lediglich geringe Verschiebungen.

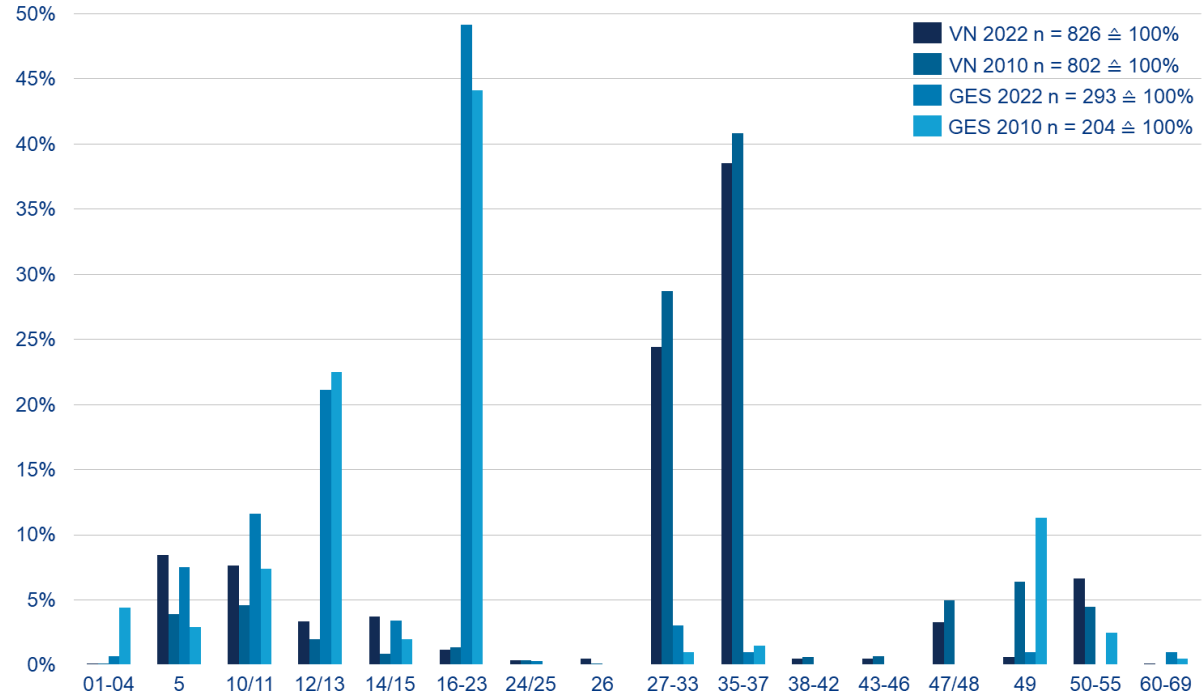


Abbildung 39: Anteil der fahrerbezogenen Unfallursache für VN und GES [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

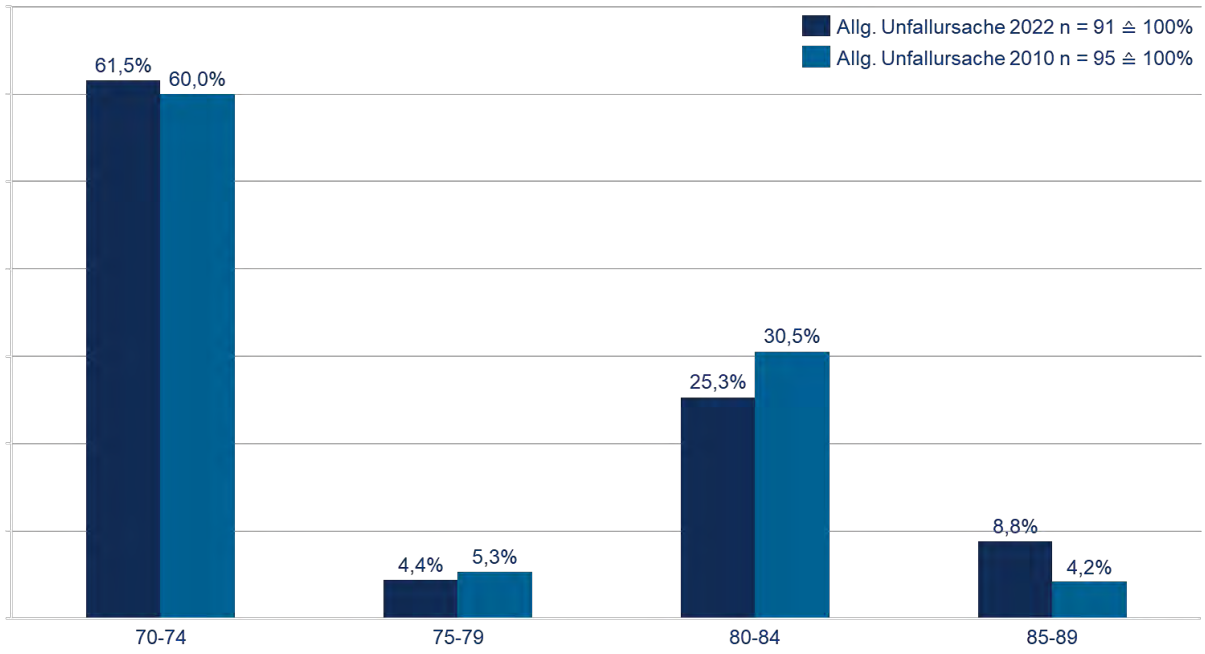


Abbildung 40: Anteil der allgemeinen Unfallursache [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Für rund 10 % der Unfälle konnte eine allgemeine Unfallursache ermittelt werden (Abbildung 40). In mehr als 60 % dieser Fälle handelte es sich um glatte oder schlüpfrige Fahrbahnen, beispielsweise bedingt durch Regen, Schnee, Eis oder ausgelaufenes Öl (Codierung 70 – 74).

Sichtbehinderungen durch Nebel, Starkregen oder auch Blendung beeinflussten ein Viertel der Fälle mit allgemeinen Unfallursachen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass allgemeine Unfallursachen bei Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen von verhältnismäßig geringer Bedeutung sind. Bei den fahrerbezogenen Unfallursachen ist die Situation hingegen deutlich, da der LZM-Fahrer am häufigsten einen Fehler beim Abbiegen (z. B. Nichtberücksichtigung des nachfolgenden Verkehrs oder Nichtbetätigung des Fahrtrichtungsanzeigers vor dem Abbiegevorgang) beging und der Geschädigte vor allem beim Überholen fehlerhaft agierte.

5.2.11 Unfallgegner

Die LZM-Datenbank 2022 enthält 18 Alleinunfälle auf öffentlichen Straßen, bei denen Mitfahrer auf der LZM oder den Anhängern verletzt wurden. Somit ergeben sich 887 Unfälle mit mindestens zwei Beteiligten. Abbildung 41 zeigt für diese Unfälle die Anteile der Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners.

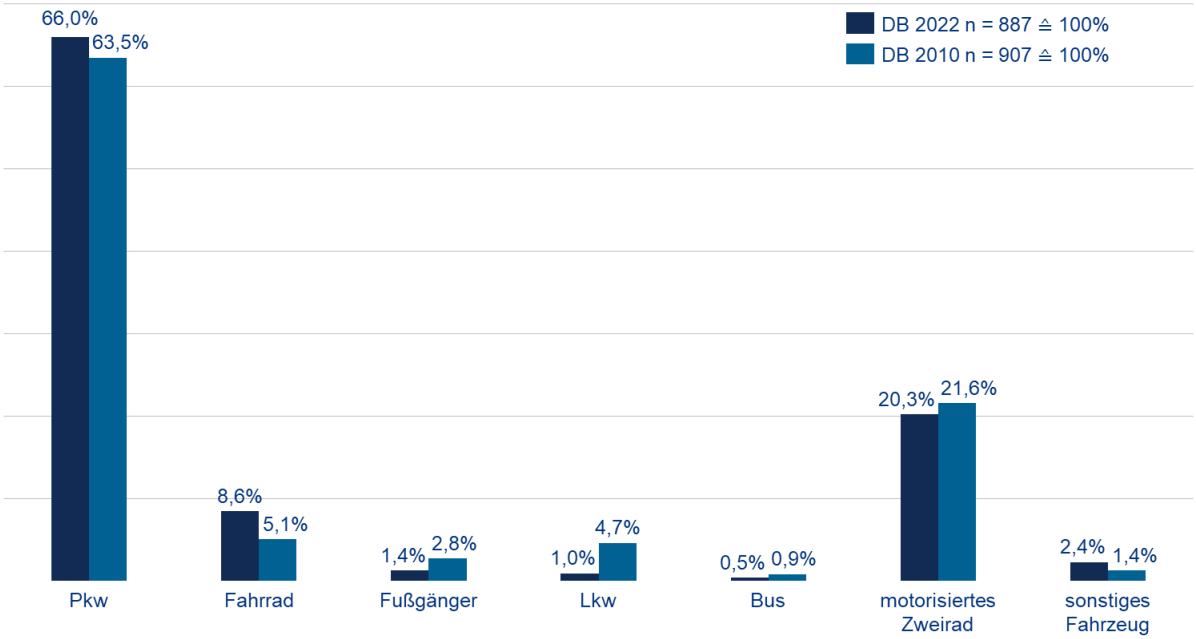


Abbildung 41: Anteil der Art der Verkehrsbeteiligung des GES [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Es ist zu erkennen, dass Pkw mit 66,0 % wie im Vorgängerprojekt den größten Anteil der Unfallgegner ausmachen. Motorisierte Zweiräder sind mit anteilig 20,3 % am zweithäufigsten an Unfällen mit LZM beteiligt. Einen weiteren relevanten Anteil am Unfallgeschehen mit LZM weisen Fahrräder mit 8,6 % auf. Weitere Unfallgegner wie Lkw und Busse besitzen lediglich einen geringen Anteil am Unfallgeschehen mit LZM. Dies gilt auch für Fußgänger (1,4 %), wobei hier hinzugefügt werden muss, dass in diesen Fällen das Risiko schwerer Verletzungen für Fußgänger sehr hoch ist.

Gegenüber der LZM-Datenbank 2010 lassen sich nur geringe Veränderungen feststellen. Auffällig ist der um fast 70 % gestiegene Anteil von Fahrrädern als Unfallgegner, was auf eine zwischenzeitlich erhöhte Nutzung von Fahrrädern im Alltag und in der Freizeit hindeutet. Erfreulich ist zudem, dass sich der Anteil Fußgänger halbiert hat. Zu erwähnen ist darüberhinaus, dass sich einerseits der Rückgang des Anteils von Lkw aus einer Anpassung der Klassifizierung ergeben hat. Kleintransporter (wie beispielsweise der VW Transporter und ähnliche Fahrzeuge) wurden aufgrund ihrer Pkw-ähnlichen Eigenschaften und entsprechend der Klassifizierungslogik des Kraftfahrtbundesamtes einheitlich als Pkw behandelt. Dies bedingt andererseits den leichten Anstieg des Anteils von Pkw.

Die Auswertung der Verkehrsunfallstatistik des Statistischen Bundesamtes zeigt eine ähnliche Verteilung der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners bei Personenschadenunfällen landwirtschaftlicher Zugmaschinen (siehe Abbildung 8).

5.2.12 Unfallgegner Pkw – Außenfarbe

Die Aufnahme dieses Merkmals in die LZM-Datenbank erfolgte vor dem Hintergrund der Fragestellung, ob Auffälligkeiten hinsichtlich der Häufigkeiten der Außenfarben gegnerischer Pkw zu beobachten sind. Als Vergleichsbasis wurden Daten des Kraftfahrtbundesamtes [57] zu den Außenfarben neu zugelassener Pkw herangezogen. Die Anteile der Außenfarben wurden jeweils als Mittelwert für die Neuzulassungsjahre 2008 bis 2012 berechnet. Dieser Zeitraum wurde gewählt, da das Jahr 2010 das mittlere Erstzulassungsjahr gegnerischer Pkw in der LZM-Datenbank 2022 ist.

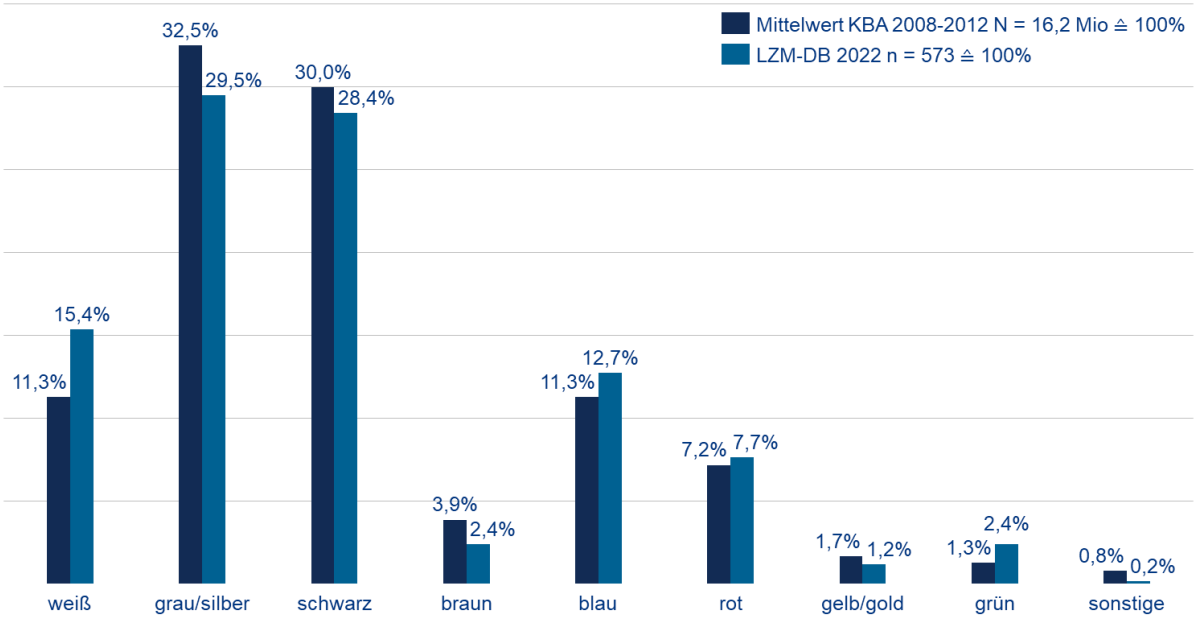


Abbildung 42: Anteil der Fahrzeugfarbe des GES-Pkw im Vergleich zu den Neuzulassungen des KBA der Jahre 2008-2012 [LZM-Datenbank 2022] [57].

In Abbildung 42 sind keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Anteilen der Außenfarben neuzugelassener Pkw und denen der Unfallgegner aus der LZM-Datenbank 2022 zu erkennen. Die Farbe „Weiß“ kann als Auffälligkeit genannt werden. Sie hat einerseits einen Anteil von immerhin 15,4 % als Außenfarbe gegnerischer Pkw. Und andererseits bedeutet dies einen um 36 % höheren Wert verglichen mit dem Anteil an den Neuzulassungen. Dies kann also durchaus ein Indiz darstellen, dass weiße Pkw hinsichtlich ihrer Erkennbarkeit für andere Verkehrsteilnehmer (in diesem Fall Fahrer von LZM) problematisch sind.

5.2.13 Mithaftung des Geschädigten

Die Mithaftung des Geschädigten resultiert entweder aus der Tatsache, dass der Geschädigte bei der Entstehung des Schadens schuldhaft mitgewirkt hat oder auf Seiten des Geschädigten eine mitwirkende Sach- oder Betriebsgefahr den Ersatzanspruch einschränkt. Im Falle häufiger Mithaftungen der Unfallgegner können diese Unfälle zu wesentlichen Erkenntnissen für die Unfallreduktion führen.

In knapp 70 % aller Unfälle der LZM-Datenbank mit einem Unfallgegner trägt der LZM-Fahrer die Alleinschuld sowie in vier von fünf Unfällen die Hauptschuld (Haftung mindestens 51 %) am Unfall, in knapp 30 % der Fälle trägt jedoch auch der Unfallgegner zumindest eine Mithaftung. Der Anteil der Mithaftungsfälle der Unfallgegner ist im Vergleich zum Vorgängerprojekt auf ähnlichem Niveau.

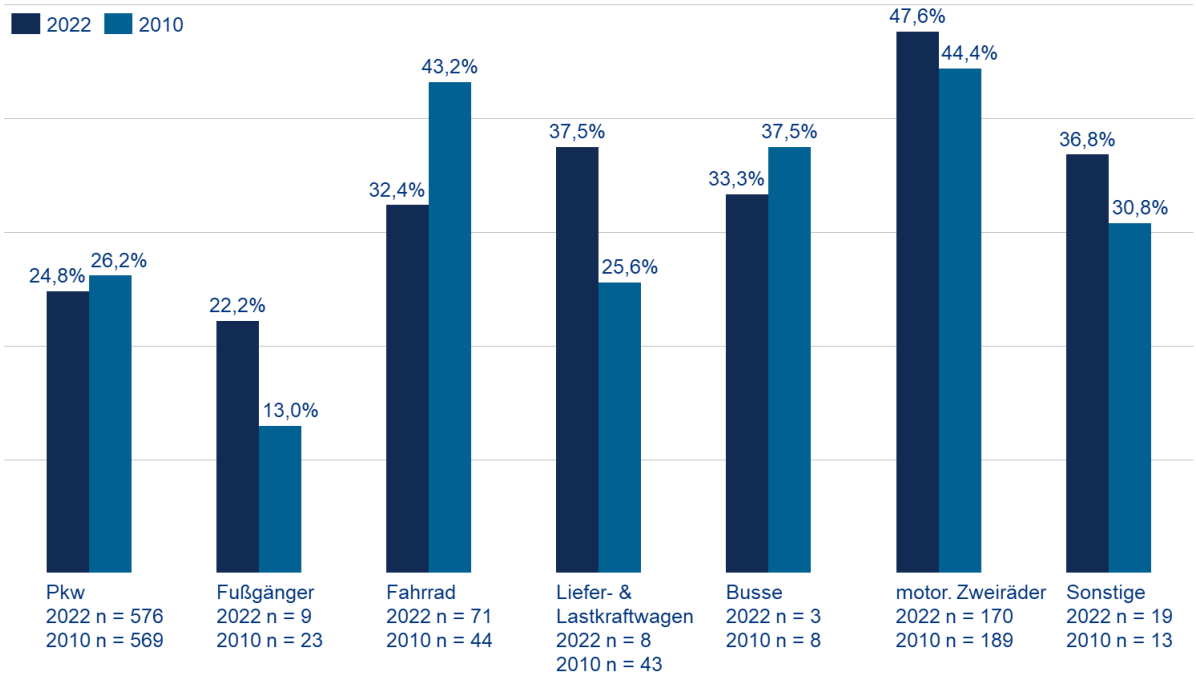


Abbildung 43: Anteil der Unfälle mit Mithaftung des GES nach der Art der Verkehrsbeteiligung [LZM-Datenbank 2010 & 2022]

Abbildung 43 zeigt den Anteil der Mithaftungsfälle nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners. Es wird deutlich, dass Fahrer motorisierter Zweiräder in nahezu der Hälfte der Unfälle (47,6 %) mindestens eine Teilschuld zu tragen haben. Demgegenüber tragen Pkw (24,8 %) unterdurchschnittlich häufig mit eigenem Fehlverhalten zur Konfliktsituation bei. Radfahrer tragen gegenüber dem Vorgängerprojekt seltener zum Unfall bei. Bei den weiteren Arten der Verkehrsbeteiligung lassen die geringen Fallzahlen keine valide Aussage zu.

Ergänzend seien noch die häufigsten Unfallursachen für ein Mitverschulden bei Fahrern motorisierter Zweiräder genannt. Hier handelt es sich in fast der Hälfte der Fälle um Überholvorgänge trotz unklarer Verkehrslage. Zusätzlich wurde untersucht, bei welchen Unfalltypen es zumeist zu einem Mitverschulden des Unfallgegners kam. Hier zeigen sich deutlich die Abbiegeunfälle, die mehr als die Hälfte der Unfälle mit Mithaftung ausmachen, jedoch nur ein Drittel aller Unfälle.

5.2.14 Unfallkategorie

Das Merkmal Unfallkategorie beschreibt die Verletzungsschwere aller Beteiligten und wird als Maximalwert angegeben. Beispielhaft wird ein Unfall mit zwei Unverletzten, einem Leichtverletzten und einem Schwerverletzten als „Unfall mit Schwerverletzten“ kategorisiert. Diese Information wird aus der amtlichen Ermittlungsakte übernommen, sofern vorhanden.

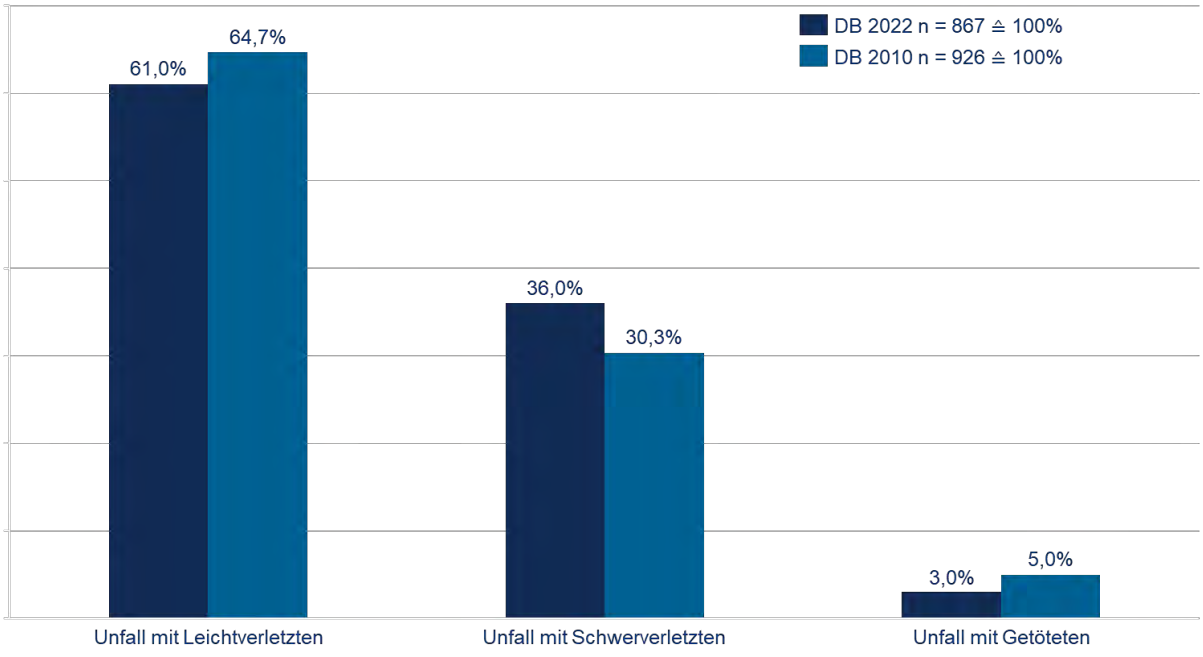


Abbildung 44: Anteil der Unfallkategorie [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Aus Abbildung 44 wird ersichtlich, dass etwas mehr als 60 % der Unfälle auf die Kategorie „Unfall mit Leichtverletzten“ entfallen, 36 % sind „Unfälle mit Schwerverletzten“ und 3 % „Unfälle mit Getöteten.“ Im Vergleich zur LZM-Datenbank 2010 sind leichte Verschiebungen

zu beobachten. Einerseits erhöhte sich der Anteil der Unfälle mit Schwerverletzten, andererseits ist der Anteil der Unfälle mit Getöteten erfreulicherweise um 40 % gesunken.

Abbildung 45 zeigt zudem, dass die Unfallschwere außerhalb von Ortschaften deutlich höher ist als bei Unfällen innerhalb.

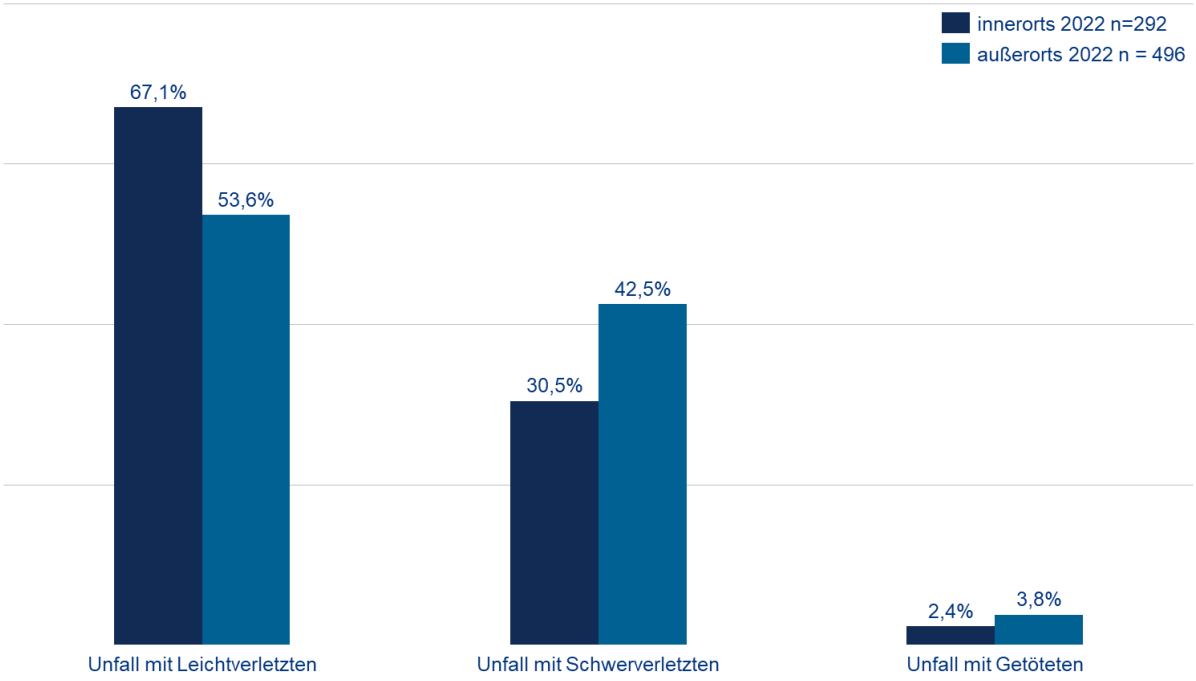


Abbildung 45: Anteil der Unfallkategorie nach Ortslage [LZM-Datenbank 2022].

5.2.15 Verletzungsfolge

Bei den 905 Unfällen auf öffentlichen Straßen wurden insgesamt 1.138 Personen verletzt, dabei knapp 90 % auf Seiten der Unfallgegner landwirtschaftlicher Zugmaschinen. Von allen Verletzten wurden 26 (2,3 %) getötet, 350 (30,8 %) schwer verletzt und 737 (64,8 %) leicht verletzt. Für 25 (2,2 %) verletzte Beteiligte konnte die Verletzungsschwere nicht ermittelt werden. Abbildung 46 stellt zusätzlich die Verteilung der Verletzungsfolgen auf Seiten der LZM und der Unfallgegner dar.

Beim Vergleich der Verletzungsfolgen ist festzustellen, dass der Anteil der schwer verletzten sowie getöteten Personen auf Seiten der Unfallgegner (34,1 %) größer ist als auf Seiten der LZM (23,3 %). Zudem bleiben in über 90 % der Fälle die Insassen der LZM unverletzt. Im Vergleich zum Vorgängerprojekt ist der Anteil der Getöteten leicht rückläufig, der Anteil der Schwerverletzten ist jedoch leicht gestiegen.

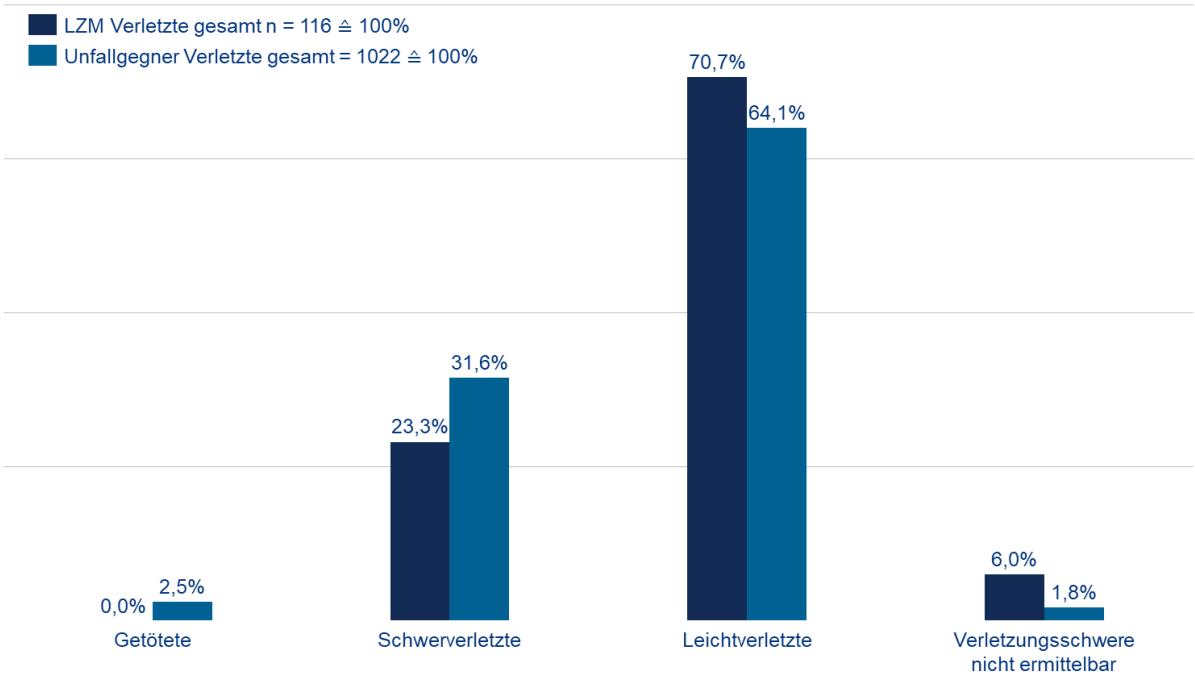


Abbildung 46: Anteil der Verletzungsfolgen in Abhängigkeit von der Unfallbeteiligung [LZM-Datenbank 2022].

5.2.16 Collision Deformation Classification (CDC) Richtung

Die prinzipielle Richtung der Krafteinleitung auf das Fahrzeug, die den Schaden verursacht hat, wird als Collision Deformation Classification (CDC) Richtung bezeichnet und analog eines Ziffernblattes angegeben. Erfolgt beispielsweise eine Frontalkollision zweier Fahrzeuge, ergibt sich für beide Fahrzeuge eine CDC-Richtung von 12 Uhr.

Bei den Zugmaschinen weisen die frontalen Stoßrichtungen (11 – 1 Uhr) den höchsten Anteil mit 38,1 % auf (Abbildung 47). Darauf folgen Anstöße aus Richtung des Fahrzeughecks (5 – 7 Uhr) mit anteilig 25,4 % sowie Krafteinwirkungen von links (8 – 10 Uhr) mit einem Anteil von 23,2 %. Beim gegnerischen Fahrzeug überwiegen mit anteilig knapp 70 % frontale Krafteinwirkungen deutlich. Die hier gezeigte Verteilung der Anstoßrichtungen ist plausibel zu den Auswertungen zu Unfallart (5.2.8) und Unfalltyp (5.2.9).

Tabelle 8 zeigt ergänzend die Gegenüberstellung der Verteilung der CDC-Richtungen der LZM-Datenbanken 2010 & 2022. Nennenswerte Unterschiede sind diesbezüglich nicht zu beobachten.

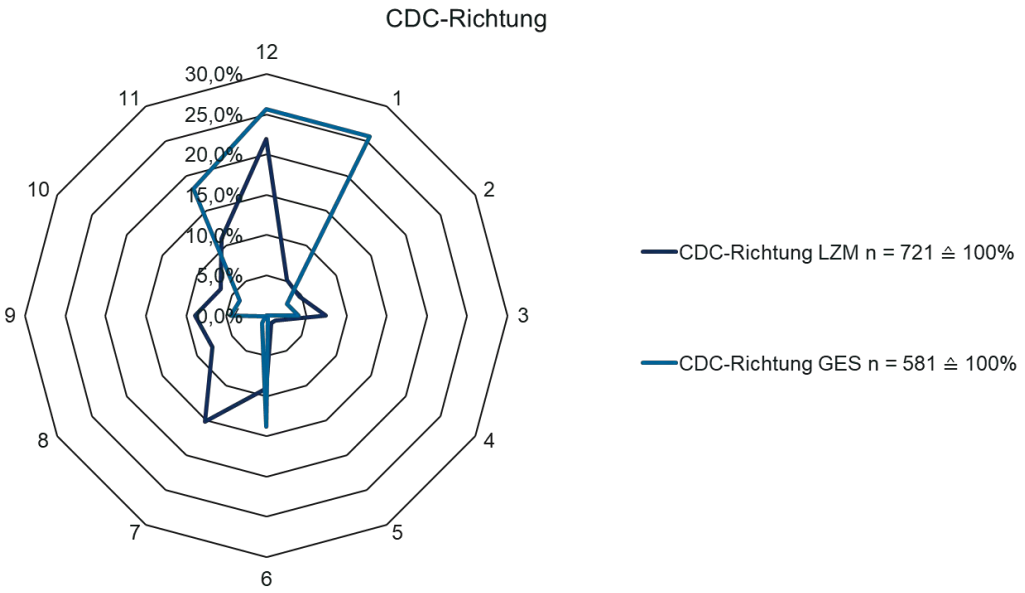


Abbildung 47: CDC-Richtung für LZM und gegnerisches Fahrzeug [LZM-Datenbank 2022].

CDC-Bereich	LZM LZM-Datenbank 2022	LZM LZM-Datenbank 2010	Unfallgegner LZM-Datenbank 2022	Unfallgegner LZM-Datenbank 2010
Frontal (11-1 Uhr)	38,1% (275)	35,0% (256)	69,5% (404)	64,7% (400)
rechte Seite (2-4 Uhr)	13,3% (96)	13,3% (97)	6,9% (40)	12,8% (79)
Heck (5-7 Uhr)	25,4% (183)	21,9% (160)	15,1% (88)	11,5% (71)
linke Seite (8-10 Uhr)	23,2% (167)	29,8% (218)	8,4% (49)	11,0% (68)
Summe	721	731	581	618
n.e.	184	195	324	264

Tabelle 8: CDC-Richtung LZM und gegnerisches Fahrzeug [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

5.2.17 Charakteristik der Unfallstelle

Knap drei Viertel der Unfallstellen konnte ein charakteristisches Merkmal zugeordnet werden. In Abbildung 48 wird deutlich, dass innerorts (38,5 %) und außerorts (56,2 %) Einmündungen oder T-Kreuzungen die häufigsten Unfallorte sind und damit Schwerpunkte des Unfallgeschehens mit LZM darstellen. Liegt die Unfallstelle im Bereich einer Kreuzung oder einer Grundstücksein- oder ausfahrt, ist der jeweilige Anteil innerhalb von Ortschaften größer als außerhalb. Mit einem Anteil von etwas mehr als 10 % gehören Kurvenbereiche zudem zu den erwähnenswerten charakteristischen Unfallstellen.

Die weiteren Charakteristika „Steigung“, „Gefälle“ und „Kreisverkehr“ besitzen für das Unfallgeschehen von LZM lediglich eine untergeordnete Bedeutung.

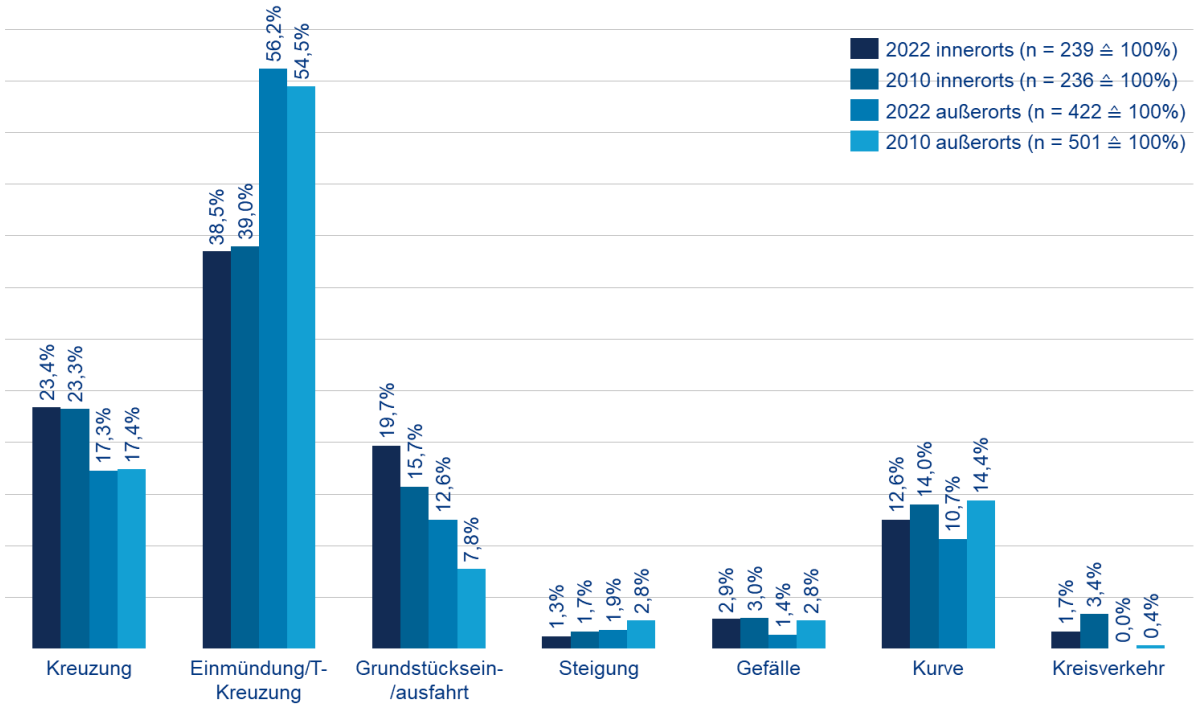


Abbildung 48: Anteil der Charakteristik Unfallstelle [LZM-Datenbank 2010 & 2022].

Im Vergleich zum Vorgängerprojekt zeigen sich auch hier keine gravierenden Abweichungen. Der Anteil von Unfällen an Grundstücksein- und ausfahrten scheint sowohl innerorts als auch außerorts leicht gestiegen zu sein. Der Anteil von Unfällen in Kurven ist im Gegensatz dazu leicht zurückgegangen.

5.2.18 Traktorspezifische Auswertung

5.2.18.1 LZM – Motorleistung und Nutzungsart

Bei Betrachtung der Motorleistung landwirtschaftlicher Zugmaschinen in Bezug zum jeweiligen Erstzulassungsjahr (siehe Abbildung 49) lässt sich ein klarer Trend zu immer leistungsstärkeren Zugmaschinen feststellen. Während bis in die 1990er Jahre hinein überwiegend Fahrzeuge mit einer Motorleistung bis 74 kW zugelassen wurden, nimmt deren Anteil seitdem kontinuierlich ab. Der Anteil höhermotorisierter LZM an den Erstzulassungen der LZM-Datenbank 2022 nahm in den letzten 20 Jahren dagegen stark zu. Dies zeigt sich im Besonderen bei den Erstzulassungsjahren 2015 bis 2020. Zwei Drittel dieser Fahrzeuge verfügen über eine Motorleistung von mehr als 111 kW und davon ein Drittel über mehr als 184 kW. Die durchschnittliche Motorleistung der beteiligten LZM beträgt 108 kW.

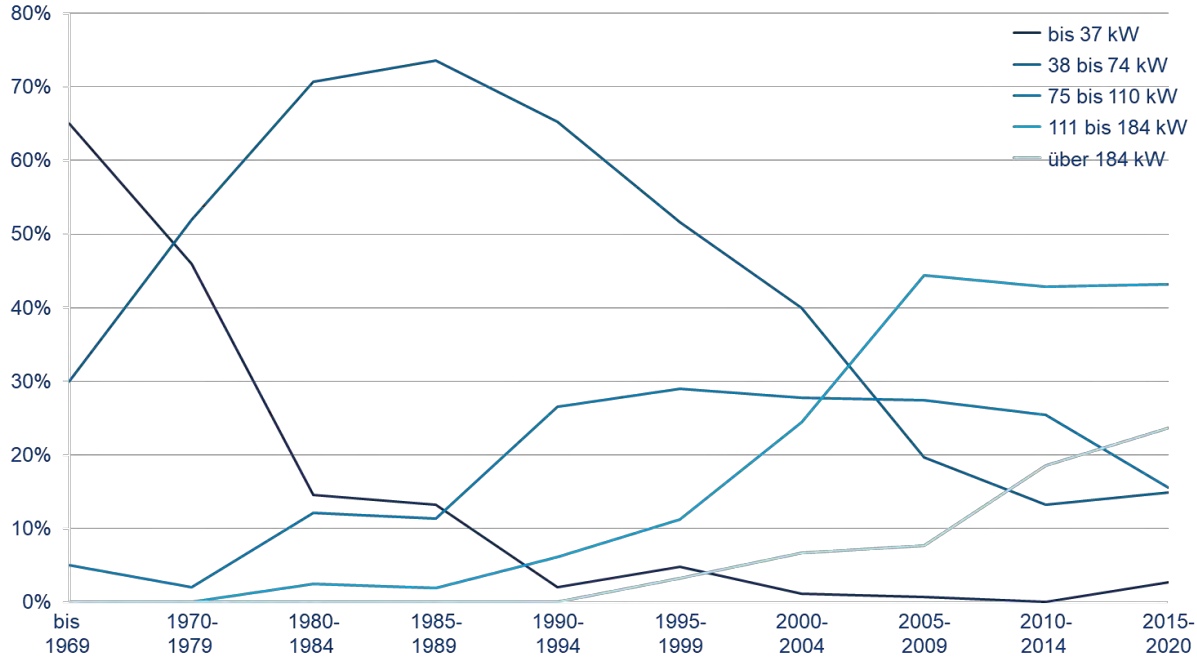


Abbildung 49: Anteil der LZM nach Motorleistungsklasse und Erstzulassungsjahr [LZM-Datenbank 2022].

Die Nutzungsart wird unterteilt in „private“ Nutzung, bei der es sich in der Regel um Haupt- und Nebenerwerbslandwirte handelt und in „gewerbliche“, bei der eine Agrargenossenschaft, ein Maschinenring, ein Lohnunternehmen oder ein Unternehmen mit Dienstleistungscharakter die LZM nutzen. Die Nutzungsart landwirtschaftlicher Zugmaschinen in Bezug zur Motorleistung zeigt deutlich, dass die am Unfallgeschehen beteiligten privat genutzten LZM im Vergleich zu gewerblich eingesetzten Fahrzeugen über eine geringere Motorleistung verfügen (siehe Abbildung 50).

Das durchschnittliche Fahrzeugalter der an den Unfällen der LZM-Datenbank 2022 beteiligten LZM liegt bei 15,9 Jahren. In Bezug zur Nutzungsart wird deutlich, dass im Falle einer privaten Nutzung das Fahrzeugalter mit 17,6 Jahren deutlich höher ist, als bei einer gewerblichen Nutzung mit 8 Jahren Durchschnittsalter.

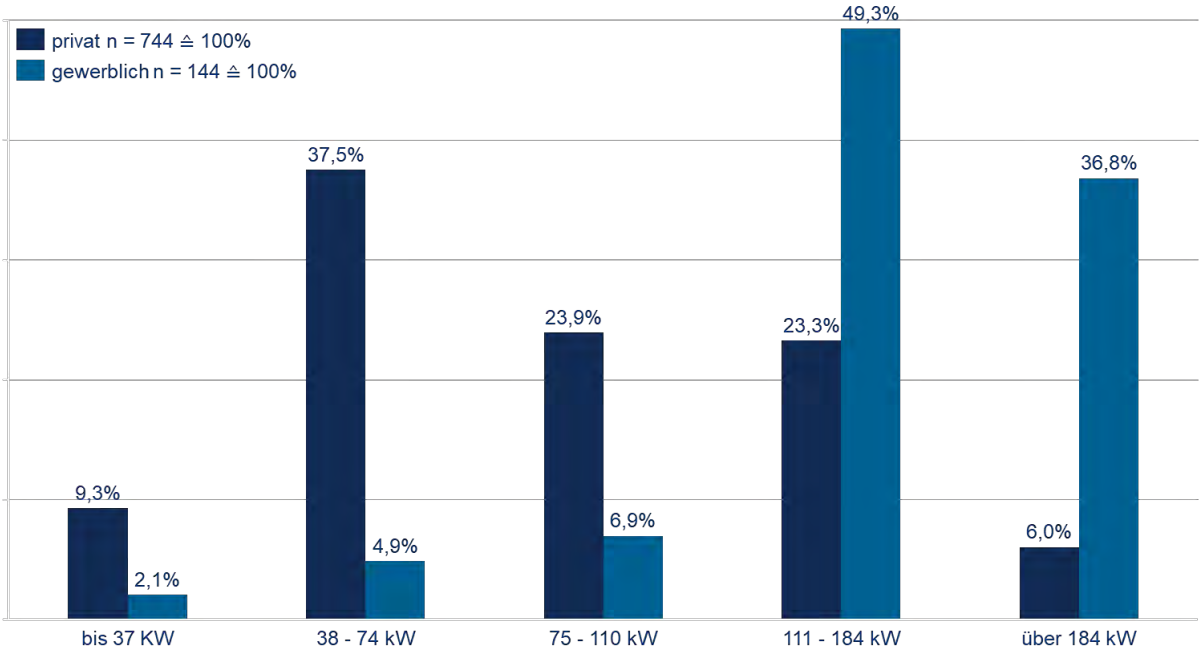


Abbildung 50: Verteilung Nutzungsart nach Motorleistung [LZM-Datenbank 2022].

5.2.18.2 Anbaugeräte und Fahrzeugkonfiguration

Um eine landwirtschaftliche Zugmaschine mit deren überdurchschnittlich großen Abmessungen auf öffentlichen Straßen zu bewegen, bedarf es Erfahrung und eines guten Verständnisses der Fahrer für die Position auf der Fahrbahn. Durch Anbaugeräte und Anhänger sind die Fahrzeugkombinationen jedoch schwerer und länger, die erreichbaren Beschleunigungswerte geringer und die Fahrzeugführer können in ihrer Sicht behindert werden.

Abbildung 51 zeigt die Anteile der jeweiligen Auf- und Anbauten an der LZM-Fahrzeugfront. Es zeigt sich, dass über die Hälfte der verunfallten Fahrzeuge mit einem Frontaufbau ausgestattet waren.

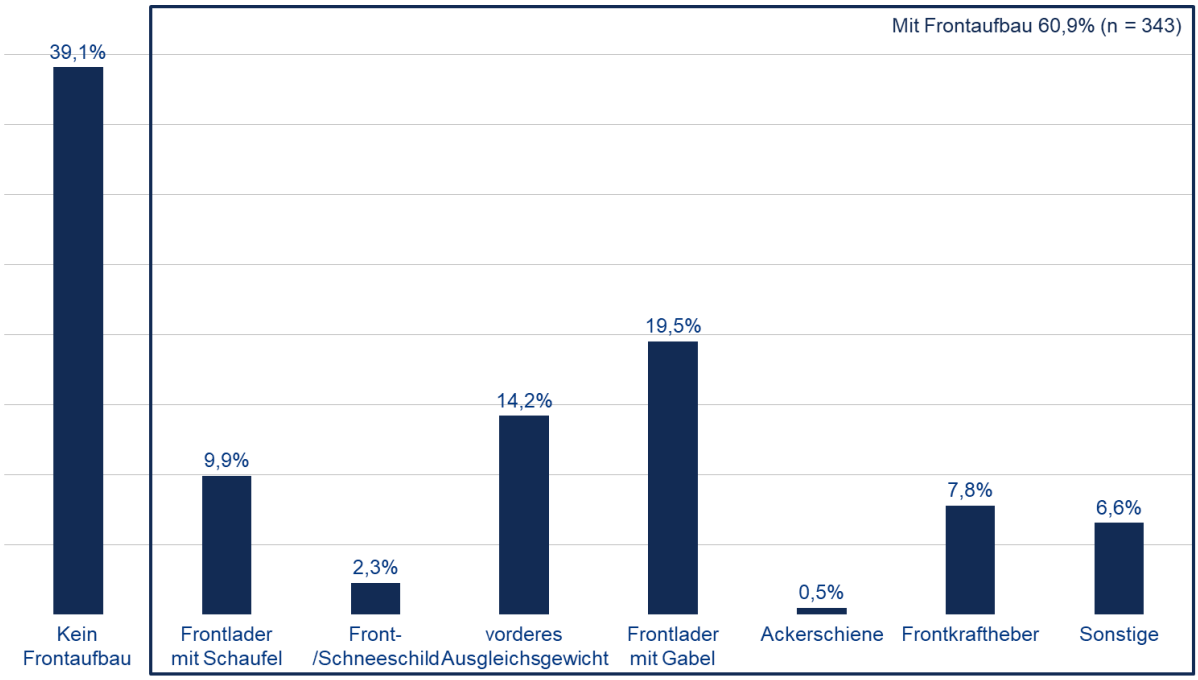


Abbildung 51: Anteil der Unfälle nach überstehenden Anbauten [LZM-Datenbank 2022].

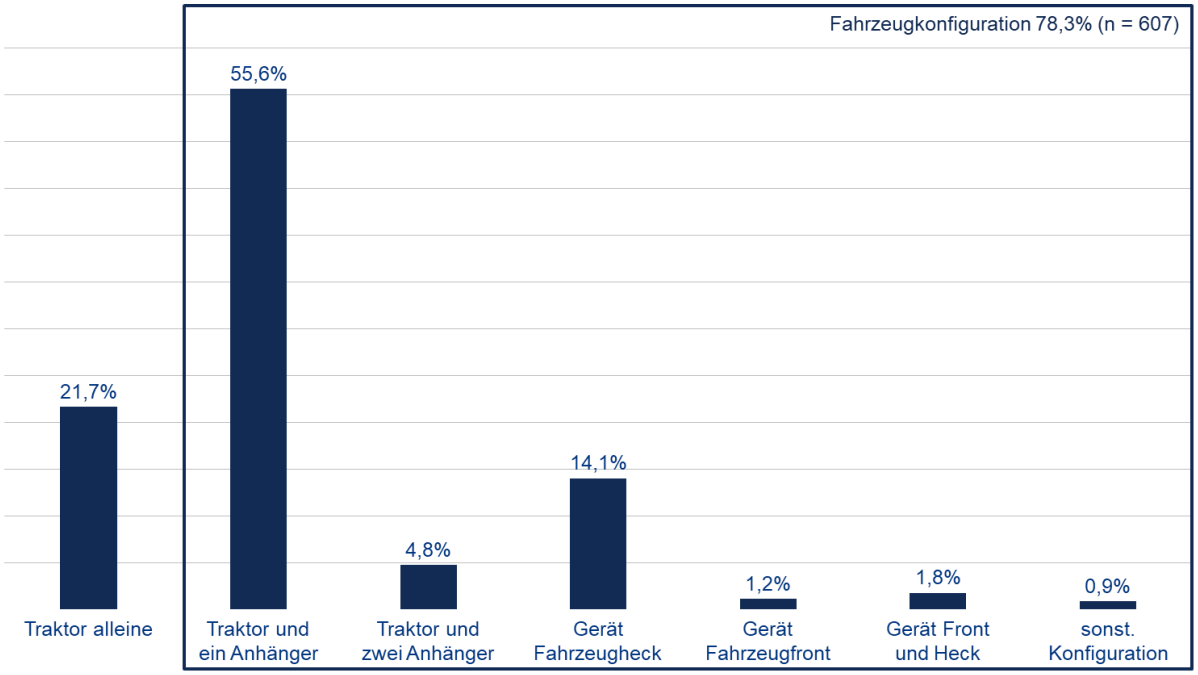


Abbildung 52: Anteil der Unfälle nach Fahrzeugkonfiguration [LZM-Datenbank 2022].

Noch deutlicher wird das Bild, wenn man das Merkmal „Fahrzeugkonfiguration“ betrachtet (siehe Abbildung 52). Mehr als die Hälfte der an den Unfällen beteiligten Zugmaschinen waren mit einem Anhänger im öffentlichen Straßenverkehr unterwegs. In lediglich etwas mehr als 20 % der Unfälle fuhr die LZM ohne Anhänger und ohne An- oder Aufbauten. Eine weitere zu

untersuchende Fragestellung war, inwiefern das Vorhandensein von Geräten, Anhängern, Frontladern oder Ausgleichsgewichten Einfluss auf die Anteile der Unfalltypen nimmt. Dazu wurde das Merkmal „überstehende Anbauten an der LZM“ analysiert. Es zeigt sich, dass Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle ohne ein nach vorne überragendes Anbauteil deutlich seltener vorkommen als bei mit Frontlader und Schaufel ausgerüsteten LZM. Dies weist auf Sichteinschränkungen für den Fahrer durch diese Anbauten in Einbiegen- und Kreuzen-Situationen hin. Zudem konnte festgestellt werden, dass der Unfalltyp „Fahrunfall“ häufiger bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen mit Anhänger auftritt.

5.2.18.3 Position des Frontladers

In Kapitel 2.3.14 wurden die Vorschriften zum Fahren mit Frontlader bereits genannt: Befindet sich der Frontlader auf einer Höhe von mehr als 2 m wird dies nicht als verkehrsgefährdend angesehen, andernfalls muss der Frontlader besonders kenntlichgemacht und beispielsweise scharfe Kanten abgedeckt werden. Eine Vorschrift zum Fahren mit Frontlader in oberer Endstellung besteht demzufolge nicht. Auf Grundlage der zur Verfügung stehenden Informationen kann für einige Unfälle jedoch angenommen werden, dass es einerseits mit Frontlader in oberer Endstellung nicht zu den Konfliktsituationen gekommen wäre oder andererseits der Frontlader die Kollisionsfolgen beeinflusste. Vor diesem Hintergrund wurde die Position des Frontladers zum Unfallzeitpunkt als Merkmalsfeld in die Datenbank aufgenommen und ausgewertet. In 50 % der relevanten Unfälle befand sich der Frontlader in der oberen Endstellung, in 42 % der Unfälle in der unteren.

Abbildung 53 zeigt die Verteilung der Unfalltypen nach der Position des Frontladers.

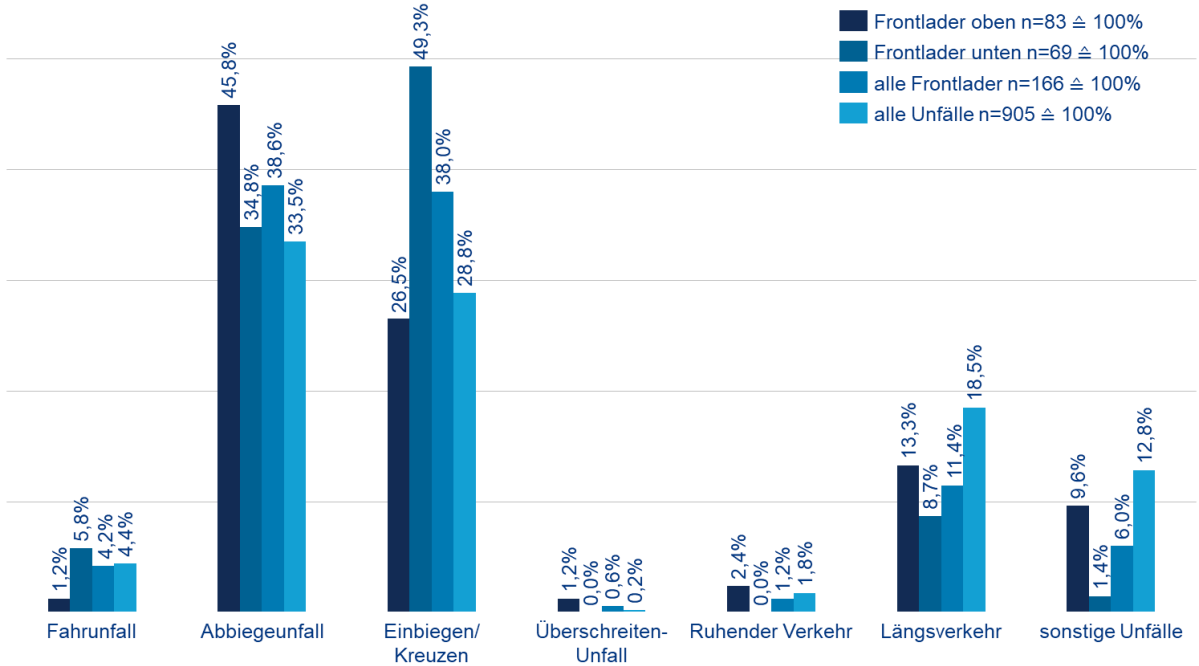


Abbildung 53: Unfalltyp nach Position des Frontladers [LZM-Datenbank 2022].

Es ist ersichtlich, dass Abbiege- und Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle beim Fahren mit Frontlader häufiger auftreten im Vergleich zu allen Unfällen. Besonders gravierend ist der überdurchschnittlich hohe Anteil von Abbiegeunfällen mit Frontlader in oberer Position (45,8 %) sowie von Einbiegen-/Kreuzen-Unfällen mit Frontlader in unterer Position (49,3 %). Dies kann einerseits als Indiz für frontladerpositionsabhängige Sichteinschränkungen für den LZM-Fahrer gedeutet werden, sowie andererseits als kollisionsrisikoerhöhend (untere Position) in Einbiegen-/Kreuzen-Situationen.

5.2.18.4 Technische Mängel und Fahrtrichtungsanzeiger

Die amtliche Statistik weist im Jahr 2019 für 4,2 % der an Personenschadenunfällen beteiligten LZM unfallursächliche technische Mängel aus [39]. Dieser Anteil ist deutlich höher verglichen mit allen beteiligten Kraftfahrzeugen (0,7 %). Vor diesem Hintergrund wurde das Merkmal „Technischer Mangel/Unzulässige Änderungen“ mit folgenden Ausprägungen in die Datenbank aufgenommen: „kein technischer Mangel“, „technischer Mangel ohne Einfluss auf Unfall“ und „technischer Mangel mit Einfluss auf Unfall“. Im Falle eines vorhandenen technischen Mangels oder unzulässiger Fahrzeugänderungen wurden diese in einem Zusatzfeld beschrieben.

Von den 905 Unfällen auf öffentlichen Straßen lagen in 82 Fällen (9,1 %) technische Mängel an der LZM oder am Gespann vor, knapp drei Viertel davon wurden als unfallursächlich benannt. Dies entspricht einem Anteil von 6,6 % aller Unfälle auf öffentlichen Straßen und ist damit sogar noch etwas höher im Vergleich zur Bundesstatistik (4,2 %). Dies kann dadurch begründet sein, dass bei den Unfällen der LZM-Datenbank 2022 die LZM in der Regel Hauptverursacher der Unfälle waren und die Angaben der Bundesstatistik sich auf die Unfallbeteiligung insgesamt beziehen. Zu den häufigsten Ursachen zählten defekte Fahrtrichtungsanzeiger oder fehlende Konturmarkierungen bei überbreiten Geräten und Anhängern.

Zusätzlich sollen Unfälle mit zulassungsfreien Anhänger der LZM betrachtet werden, da diese von der wiederkehrenden Hauptuntersuchungspflicht befreit sind. Von den 17 Unfällen bei denen ein solcher 25 km/h-Anhänger benutzt wurde und ein technischer Mangel zum Unfall beigetragen hat, lag in über der Hälfte der Fälle eine nicht funktionierende Beleuchtungseinheit am Anhänger vor.

Funktionstüchtige und vom LZM-Fahrer betätigte Fahrtrichtungsanzeiger sind insbesondere für Abbiegesituationen von fundamentaler Bedeutung. Sofern in den Schadenakten Informationen hierzu vorlagen und es sich um einen Unfall mit Einfluss durch Betätigung oder Funktion des Fahrtrichtungsanzeigers handelte, wurde das entsprechende Merkmal befüllt (siehe Abbildung 54). In mehr als einem Viertel der 195 als relevant identifizierten Unfälle war der Fahrtrichtungsanzeiger der LZM oder des Anhängers funktionslos (14,4 %), nicht erkennbar (7,2 %) oder nicht betätigt (6,2 %). Zudem konnte der Status des Fahrtrichtungsanzeigers in mehr als einem Drittel der relevanten Unfälle aufgrund widersprüchlicher Aussagen der Beteiligten nicht geklärt werden. Es ist anzunehmen, dass zumindest in einem Teil dieser Fälle ebenfalls kein Signal zur Fahrtrichtungsänderung durch die LZM ausgesendet

wurde. Somit ist festzustellen, dass ein wesentlicher Teil der vorliegenden Unfälle mit funktionstüchtigen, erkennbaren und betätigten Fahrtrichtungsanzeigern mit großer Wahrscheinlichkeit vermeidbar gewesen wäre.

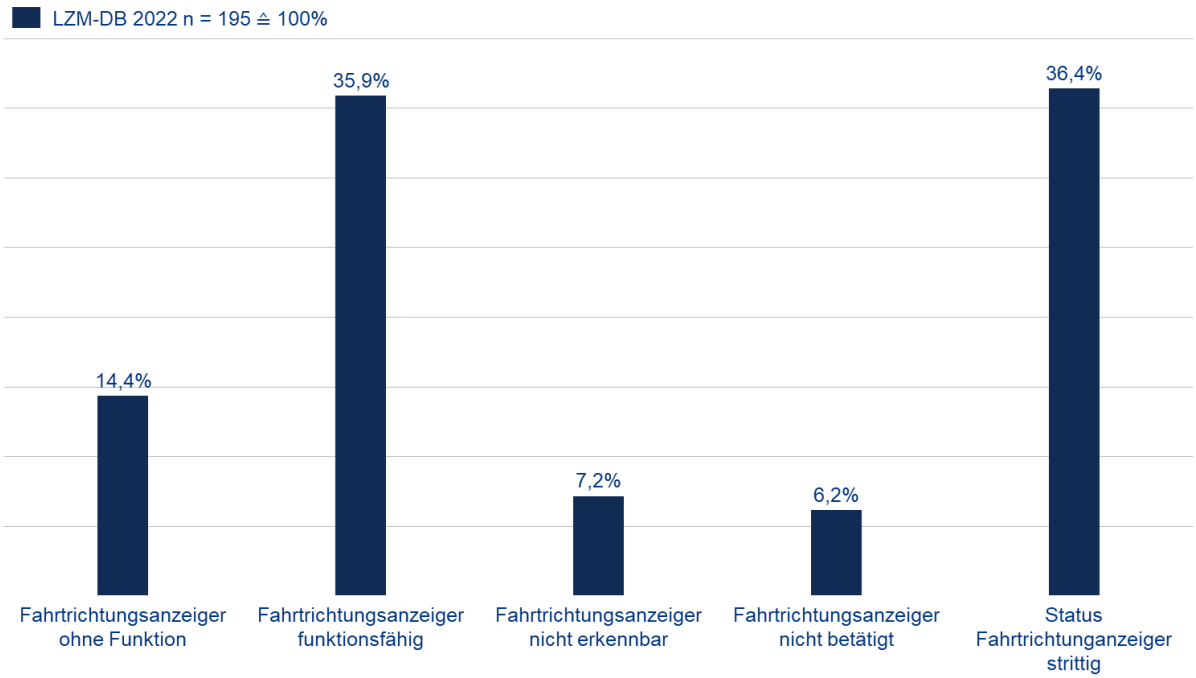


Abbildung 54: Anteil der Fahrtrichtungsanzeiger-relevanten Unfälle nach Merkmalsausprägung [LZM-Datenbank 2022].

5.3 Auswertung der Unfälle mit Schwerstverletzten (MAIS 3+)

Ein Hauptaugenmerk dieses Schadenverhütungsprojektes liegt auf der Analyse der Unfälle mit Schwerstverletzten. Für die Identifikation der entsprechenden Unfälle wurden die Verletzungsfolgen der Beteiligten anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS) klassifiziert, was sich mit „vereinfachte Verletzungsskala“ übersetzen lässt. Die Abbreviated Injury Scale wurde im Rahmen von Unfallforschungsprojekten in den USA Ende der 1960er Jahre eingeführt und seitdem stetig weiterentwickelt [58]. Der AIS-Wert beschreibt die Letalität von Einzelverletzungen. Aktuell besteht der AIS-Wert aus einem sechsstelligen Code für die Bestimmung der Verletzungsart und der verletzten Körperregion. Im Rahmen der Schadenaktenanalyse wurde der AIS-Wert anhand ärztlicher Berichte oder auch amtlicher Ermittlungsakten bestimmt. Für die LZM-Datenbank 2022 wurden die Einzelverletzungen eingeteilt in die Körperregionen Kopf und Hals (inkl. Halswirbelsäule), Thorax (inkl. Brustwirbelsäule), obere Extremitäten (inkl. Schulter), Abdomen (inkl. Lendenwirbelsäule) und untere Extremitäten (inkl. Becken). Die AIS-Grade geben die Überlebenswahrscheinlichkeit wieder, wie in Tabelle 9 ersichtlich.

AIS-Grad	Beschreibung
0	Keine Verletzungen
1	Leichte Verletzungen
2	Mäßige Verletzungen
3	Schwere Verletzungen
4	Lebensgefährliche Verletzungen (hohe Überlebenswahrscheinlichkeit)
5	Kritische Verletzungen
6	Praktisch nicht überlebbare Verletzungen

Tabelle 9: AIS-Grade und deren Definition [59].

Ist die Schwere der Verletzung nicht bekannt, werden diese Fälle der Kategorie AIS 9 zugeordnet [59]. Ab einem AIS-Wert von 3 oder höher wird von einer schweren Verletzung gesprochen [58]. Die schwerste Verletzung aller Einzelverletzungen wird als Maximum Abbreviated Injury Scale (MAIS) bezeichnet. Für alle Verletzten der LZM-Datenbank 2022 wurde der maximale AIS-Wert bestimmt und dem jeweiligen Unfall als MAIS-Wert zugeordnet.

Für die weitere Betrachtung wurden die Unfälle in zwei Gruppen anhand des MAIS-Wertes eingeteilt: „MAIS 3+“ für die Analyse der Unfälle mit Schwerstverletzten sowie „MAIS <3“ als Vergleichsgruppe, um Auffälligkeiten sowie Unterschiede zwischen den Unfällen mit verschiedenen Verletzungsschweren herausarbeiten zu können.

5.3.1 Allgemeine Unfalldaten

Der Anteil der Unfälle mit Schwerstverletzten (MAIS 3+) am gesamten Unfallgeschehen der LZM-Datenbank 2022 beträgt knapp 19 % (n = 184). Bezogen auf den öffentlichen Straßenverkehr fanden 157 (17,3 %) MAIS 3+ Unfälle sowie 748 MAIS <3 Unfälle statt. Abbildung 55 ist die Verteilung der Unfälle hinsichtlich Unfallort und Unfallgegner zu entnehmen.

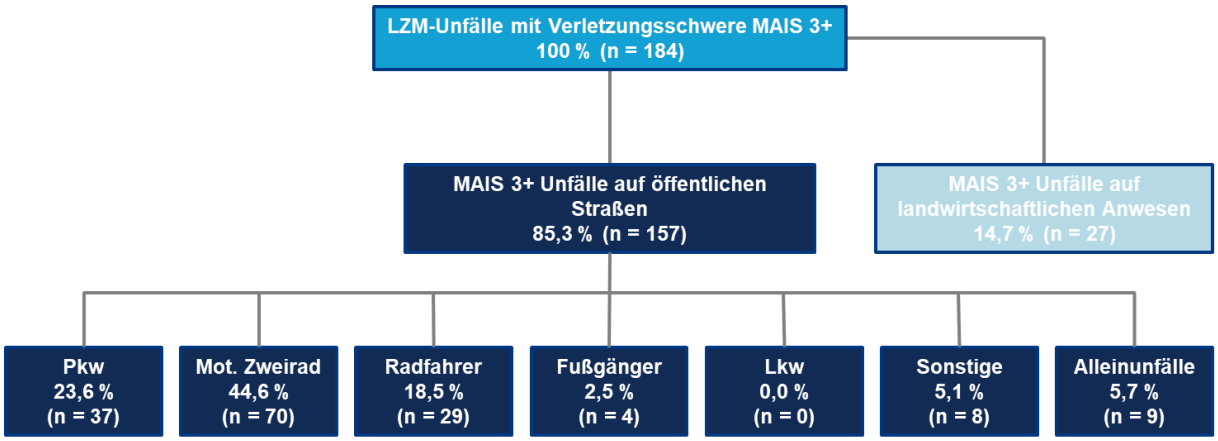


Abbildung 55: Übersicht MAIS 3+ Unfälle und Unfallgegner [LZM-Datenbank 2022].

Bei den 184 MAIS 3+ Unfällen wurden insgesamt 234 Personen schwerverletzt oder getötet. 207 Personen (88,5 %) verunglückten dabei auf öffentlichen Straßen.

Im Folgenden werden wie im vorhergehenden Kapital nur die Unfälle im öffentlichen Straßenverkehr betrachtet, um für die MAIS 3+ Unfälle Schwerpunkte zu ermitteln. Ein Vergleich zu den Unfällen der LZM-Datenbank 2010 kann an dieser Stelle nicht durchgeführt werden, da die AIS-Werte der Verletzungen zum damaligen Zeitpunkt nicht erfasst wurden.

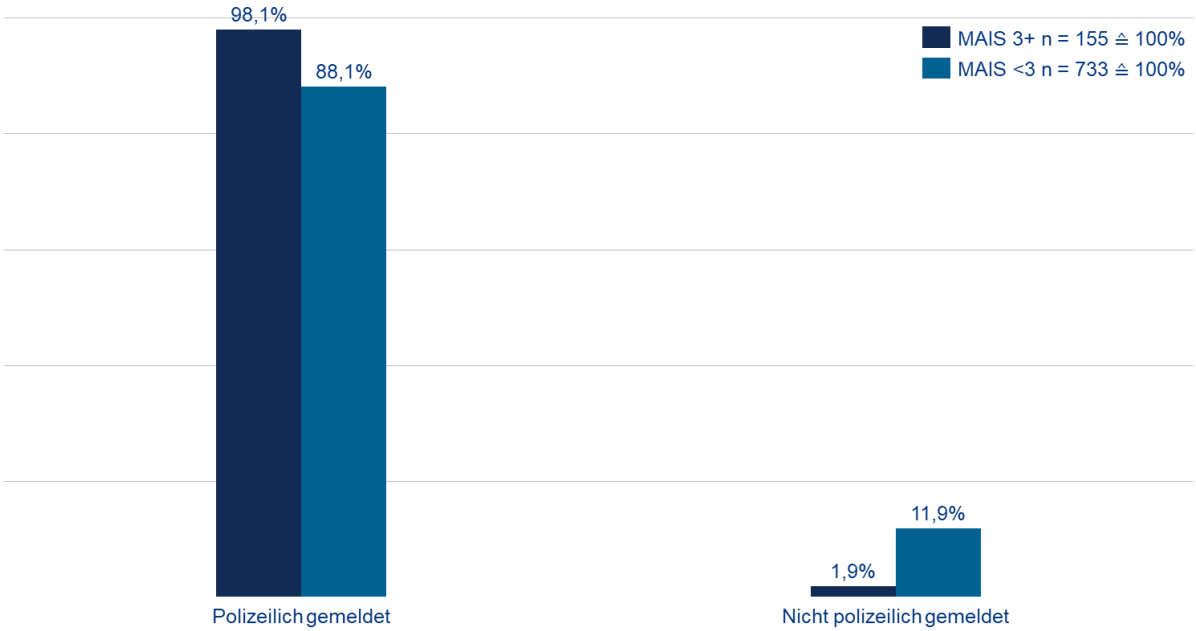


Abbildung 56: Polizeiliche Meldequote nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Abbildung 56 zeigt, dass 98 % der MAIS 3+ Unfälle polizeilich gemeldet wurden. Damit ist die Meldequote etwas höher gegenüber den MAIS <3 Unfällen (88,1 %).Die nahezu vollständige amtliche Erfassung ist aufgrund der Verletzungsschwere jedoch auch zu erwarten.

5.3.2 Daten zum Fahrer der LZM

Wie in Kapitel 5.2.2 beschrieben waren insgesamt mehr als 97 % der LZM-Fahrer männlich. Dieser hohe Anteil zeigt sich dementsprechend auch bei den MAIS 3+ Unfällen, geschlechterspezifische Unterschiede sind nicht festzustellen. Auch bezüglich des Durchschnittsalters der LZM-Fahrer sind lediglich geringe Unterschiede zwischen den Fahrern bei MAIS 3+ (42,8 Jahre) und MAIS <3 (43,7 Jahre) Unfällen zu beobachten.

Bei Aufteilung des Fahreralters in definierte Altersklassen werden allerdings Verschiebungen deutlich (siehe Abbildung 57). An MAIS 3+ Unfällen ist die Altersklasse von 45 bis 54 Jahren mit 23,8 % am häufigsten beteiligt, wogegen deren Anteil an MAIS <3 Unfällen mit 18,3 % geringer ausfällt. Ähnliches ist für die Altersklasse der 25 bis 34-jährigen zu beobachten, mit ebenfalls höherem Anteil an MAIS 3+ Unfällen (21,2 %) gegenüber MAIS <3 Unfällen (17,4 %). Die Betrachtung der häufig als Risikogruppe genannten Fahrer unter 25 Jahren zeigt Gegenteiliges. Der Anteil dieser Altersklasse an MAIS 3+ Unfällen (17,9 %) fällt sogar geringer aus als bei MAIS <3 Unfällen (20,6 %). Dies lässt darauf schließen, dass die jungen LZM-Fahrer zumindest kein höheres Risiko für Unfälle mit Schwerstverletzten aufweisen als ältere Altersklassen.

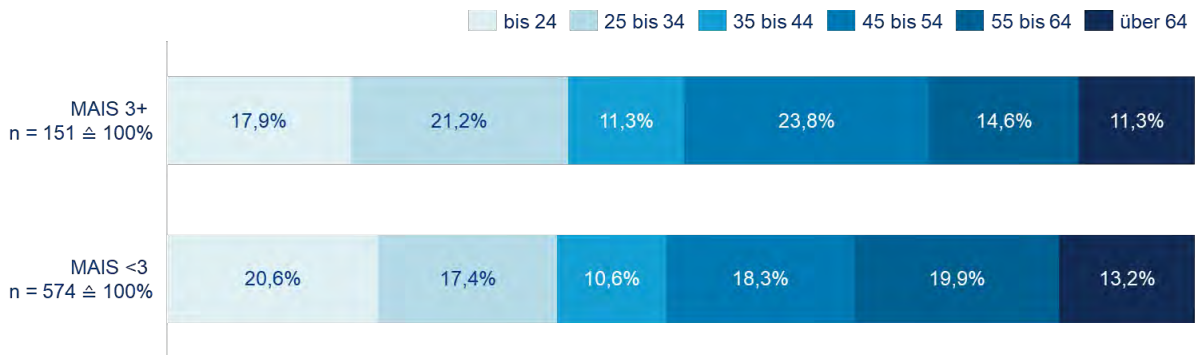


Abbildung 57: Unfallschwere nach MAIS und Altersklasse der LZM-Fahrer [LZM-Datenbank 2022].

5.3.3 Daten zur landwirtschaftlichen Zugmaschine

Das durchschnittliche Alter der an MAIS 3+ Unfällen beteiligten LZM beträgt 16,8 Jahre und ist damit etwas höher als bei den an MAIS <3 Unfällen beteiligten LZM (15,7 Jahre). Dementsprechend sind an schweren und tödlichen Unfällen etwas häufiger ältere landwirtschaftliche Zugmaschinen beteiligt, wenngleich der vorliegende Altersunterschied als nicht gravierend angesehen wird.

Die durchschnittliche Motorleistung der beteiligten LZM beträgt 107 kW bei MAIS 3+ Unfällen und 109 kW bei MAIS <3 Unfällen. Somit ist diesbezüglich kein wesentlicher Unterschied festzustellen.

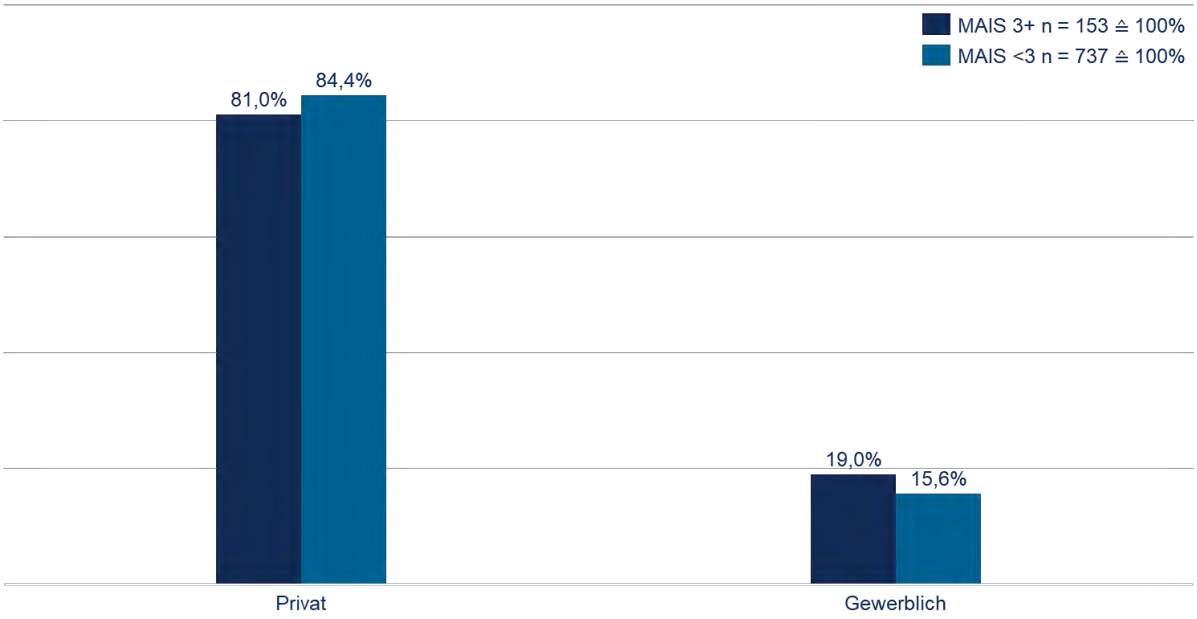


Abbildung 58: Art der Nutzung der LZM zum Unfallzeitpunkt nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Bei schweren und tödlichen Unfällen liegt nach Abbildung 58 etwas häufiger eine gewerbliche Nutzung der LZM vor (19,0 % im Vergleich zu 15,6 %). Ein möglicher Grund: In Lohnunternehmen führen Traktoren häufiger Anhänger und Anbaugeräte mit und Kollisionen mit diesen haben in vielen Fällen schwerwiegende Verletzungen der Beteiligten zur Folge.

5.3.4 Unfallortslage und Unfallzeitpunkt

Unfälle mit schwerstverletzten und getöteten Beteiligten ereignen sich häufiger außerhalb geschlossener Ortschaften (71,7 %). Eine Begründung lässt sich in höheren zulässigen Geschwindigkeiten außerhalb von Ortschaften und damit höheren Differenzgeschwindigkeiten zwischen LZM und anderen motorisierten Verkehrsteilnehmern finden (siehe Abbildung 59).

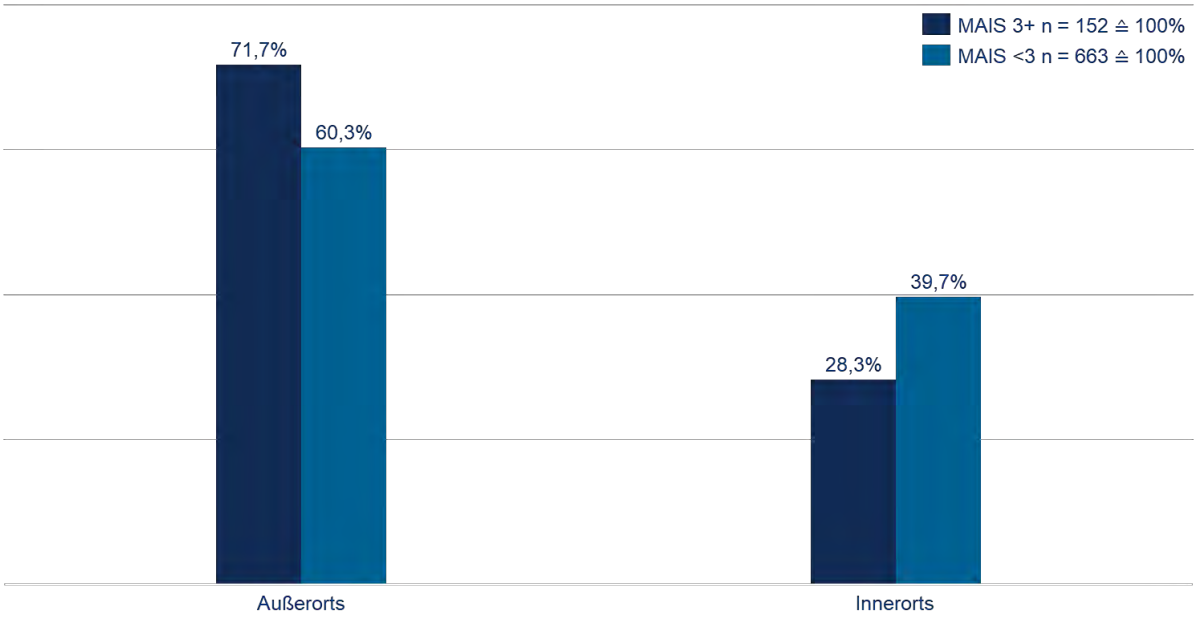


Abbildung 59: Ortslage des Unfallortes nach der Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

MAIS 3+ Unfälle ereignen sich zudem häufiger bei Tageslicht. Bei Dunkelheit ereignen sich Unfälle mit Schwerstverletzten, wie Abbildung 60 zeigt, mit anteilig 5,8 % etwas seltener als MAIS <3 Unfälle (9,5 %). Fahrten in der Dunkelheit weisen auf Basis der vorliegenden Unfälle dementsprechend kein höheres Risiko für schwerwiegende Unfallfolgen auf.

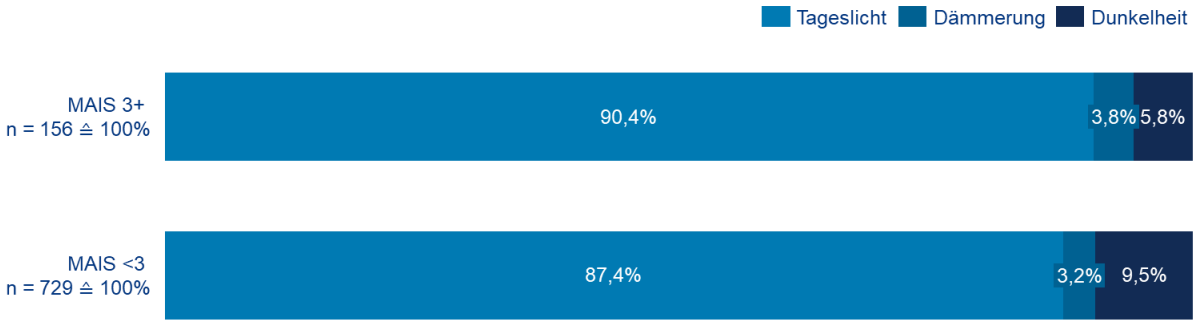


Abbildung 60: Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Bereits im Vorgängerprojekt stellten Unfälle am Straßenschnittpunkt Feldweg – übergeordnete Straße einen Schwerpunkt dar. Bei Betrachtung der Unfälle mit Schwerstverletzten nach Straßenschnittpunkten in Abbildung 61 fällt auf, dass sich MAIS 3+ Unfälle mit 30,7 % häufiger mit aus Feldwegen einfahrenden oder dorthin abbiegenden Traktoren ereignen. MAIS <3 Unfälle geschehen hingegen häufiger an Unfallorten ohne Straßenschnittpunkt.

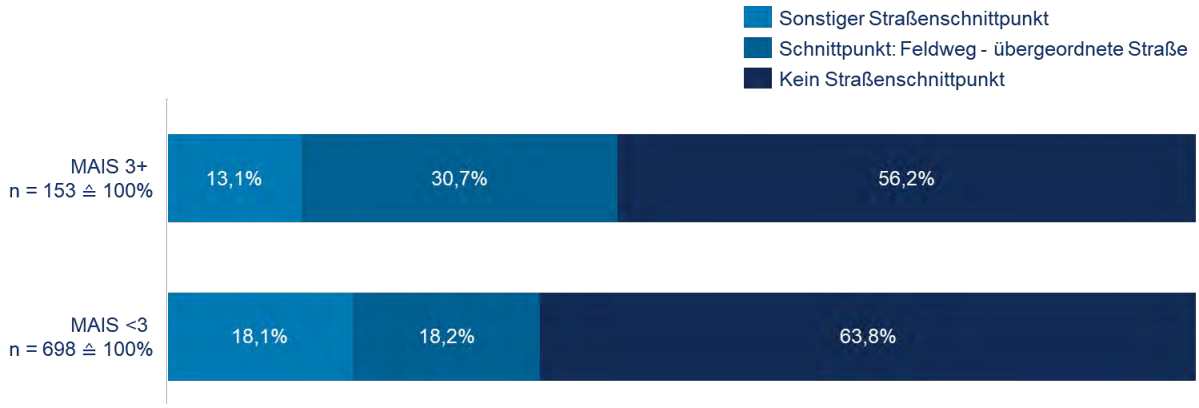


Abbildung 61: Straßenschnittpunkt des Unfallorts nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Betrachtet man in Abbildung 62 die MAIS 3+ Unfälle am Schnittpunkt „Feldweg – übergeordnete Straße“, stellen sich motorisierte Zweiräder mit anteilig fast 70 % als häufigste Unfallgegner heraus. Hierfür lassen sich mehrere Ursachen vermuten: eine eingeschränkte Erkennbarkeit der Feldwege in Kombination mit Außerortsgeschwindigkeiten, Wahrnehmbarkeit der Fahrer motorisierter Zweiräder durch den LZM-Fahrer und bezüglich der Verletzungsfolgen natürlich die am Motorrad nicht vorhandenen passiven Schutzeinrichtungen für den Fahrer.

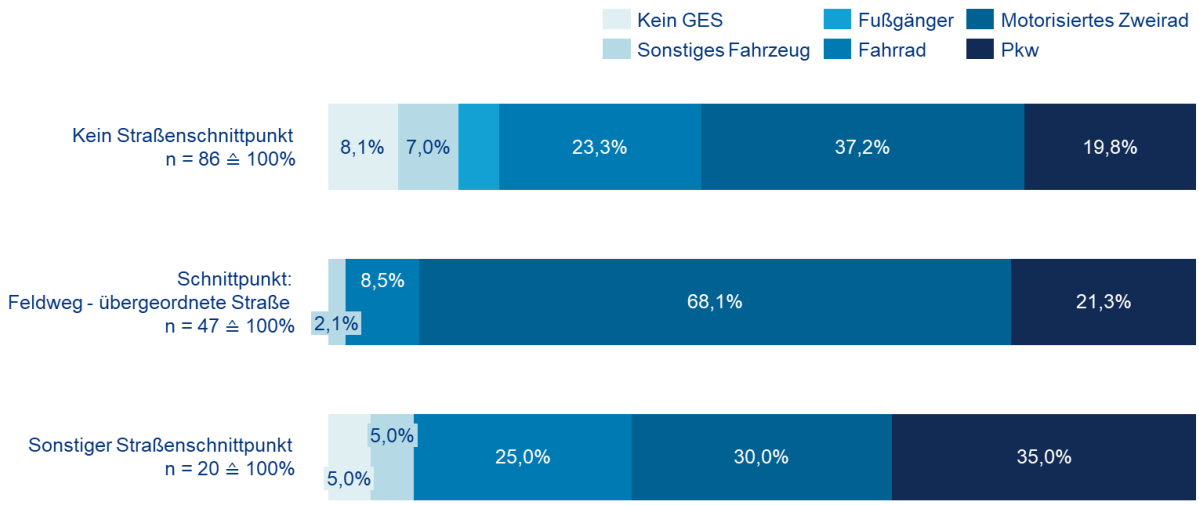


Abbildung 62: Straßenschnittpunkt nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners bei MAIS 3+ Unfällen [LZM-Datenbank 2022].

5.3.5 Unfallart und Unfalltyp

Bei Betrachtung von Unfallart und Unfalltyp zeigen sich im Vergleich von MAIS 3+ Unfällen mit MAIS <3 Unfällen wesentliche Unterschiede. Die Unfallart „5 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ besitzt mit 65 % bei MAIS 3+ Unfällen einen deutlich höheren Anteil gegenüber MAIS <3 Unfällen (55,5 %). Zudem kommt Unfallart „3 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt“ mit anteilig 4,5 %

(MAIS 3+) klar häufiger vor als bei MAIS <3 Unfällen (0,8 %). Auffahrunfälle (Unfallart 2 – Zusammenstoß mit vorausfahrendem Fahrzeug) besitzen dagegen für Unfälle mit Schwerstverletzten eine untergeordnete Bedeutung (MAIS 3+: 4,5 % gegenüber MAIS <3: 15,2 %).

Der Unfalltyp „Abbiegeunfall“ stellt im gesamten Unfallgeschehen den am häufigsten vorkommenden Unfalltyp dar. Bei schweren und tödlichen Unfällen hat dieser Unfalltyp mit anteilig 45,2 % jedoch eine herausragende Stellung (MAIS <3: 31 %). Dies zeigt noch einmal deutlich das hohe Gefährdungspotenzial von Abbiegesituationen durch LZM. Andererseits ereignen sich, wie Abbildung 63 zeigt, bei MAIS <3 Unfällen anteilig häufiger Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle ,Unfälle im Längsverkehr und sonstige Unfälle.

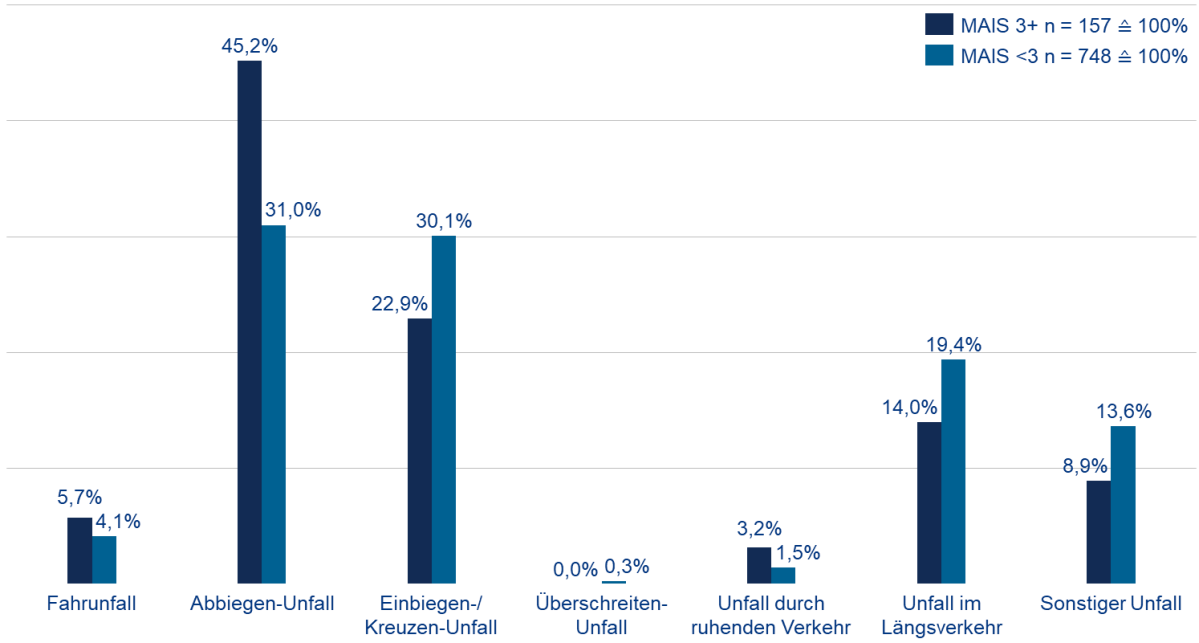


Abbildung 63: Unfalltyp nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Eine genauere Betrachtung der zwei häufigsten Unfalltypen in Abbildung 64 ergibt: Abbiegeunfälle vom Typ 201, 202 und 211 finden im gesamten Unfallgeschehen sehr häufig statt. Bei MAIS 3+ Unfällen macht Unfalltyp 202 mit 67,6 % einen größeren Anteil aus als bei MAIS <3 Unfällen. Der Unfalltyp 211 (Konflikt beim Linksabbiegen mit Entgegenkommendem) kommt bei MAIS 3+ Unfällen ebenfalls etwas häufiger vor. Hingegen sind Unfälle des Unfalltyps 201 anteilig häufiger bei MAIS <3 Unfällen vertreten, wobei sich darunter in der Regel weniger schwerwiegende Auffahrunfälle auf wartende Abbieger verbergen.

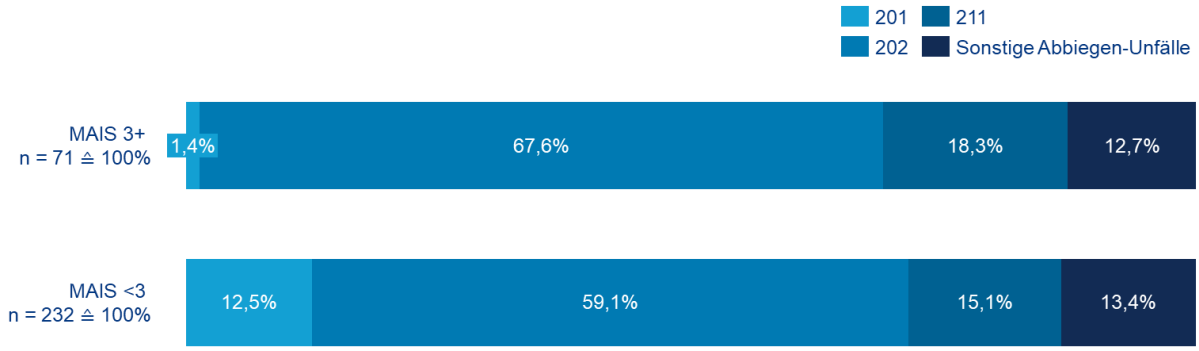


Abbildung 64: Abbiegen-Unfälle nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle vom Typ 301/321 und 302/322 liegen ebenfalls häufig vor. Abbildung 65 zeigt: Bei MAIS 3+ Unfällen (38,9 %) ist der Anteil der Unfalltypen 302 und 322 deutlich größer als bei MAIS <3 Unfällen (24,9 %). Die Anteile der Unfalltypen 301 und 321 liegen bei beiden betrachteten Unfallschwereklassen auf vergleichbarem Niveau. Unfälle des Typs 34x kommen bei Unfällen mit Schwerstverletzten nahezu viermal häufiger vor als bei Unfällen mit geringeren Verletzungsgraden (8,3 % zu 2,2 %). Eine Begründung liegt dabei in der Charakteristik des Unfalltyps. So beschreibt dieser einen Konflikt mit einem kreuzenden Radfahrer auf einem Radweg, was im Falle einer Kollision auf Seiten des Radfahrers mit hoher Wahrscheinlichkeit zu schwerwiegenden Verletzungen führen kann.

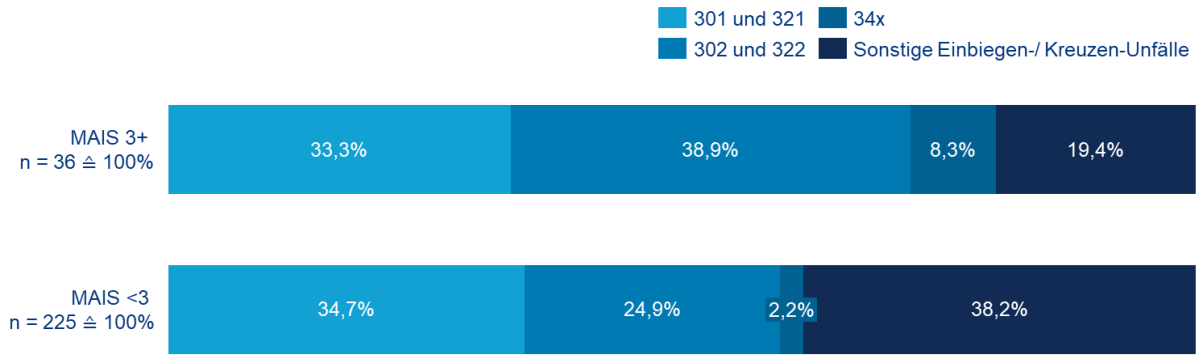


Abbildung 65: Einbiegen-/ Kreuzen-Unfälle nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

5.3.6 Unfallursachen

Betrachtet man die fahrerbezogenen Unfallursachen der LZM-Fahrer (siehe Abbildung 66) zeigt sich, dass bei MAIS 3+ Unfällen die Ursache verhältnismäßig oft in Fehlern beim Abbiegen, Wenden oder Rückwärtsfahren sowie Einfahren in den fließenden Verkehr (Kategorie 35 – 37) liegt. Fehler des Fahrers in der Straßenbenutzung (Kategorie 10 – 11) kommen hingegen bei MAIS <3 Unfällen mit 8,5 % häufiger vor.

Unaufmerksamkeit tritt als Ursache vermehrt bei Auffahrunfällen oder Unfällen beim Parken oder Rückwärtsfahren auf. Unter anderem aufgrund der dabei überwiegend geringen

Geschwindigkeiten liegt der Anteil der Unfallursache „Unaufmerksamkeit“ (Kategorie 5) bei MAIS <3 Unfällen mehr als sechsmal häufiger vor (9,8 % gegenüber 1,6 %).

Die bei MAIS <3 Unfällen mit anteilig 4,4 % auftretende Unfallursache 14 – 15 (Abstandsfehler), ist bei den MAIS 3+ Unfällen der LZM-Datenbank 2022 gar nicht zu finden. Auch hier lässt sich dies durch die relativ geringen Fahrgeschwindigkeiten von LZM begründen, die im Falle eines Auffahrunfalls lediglich leichte Verletzungsfolgen nach sich ziehen.

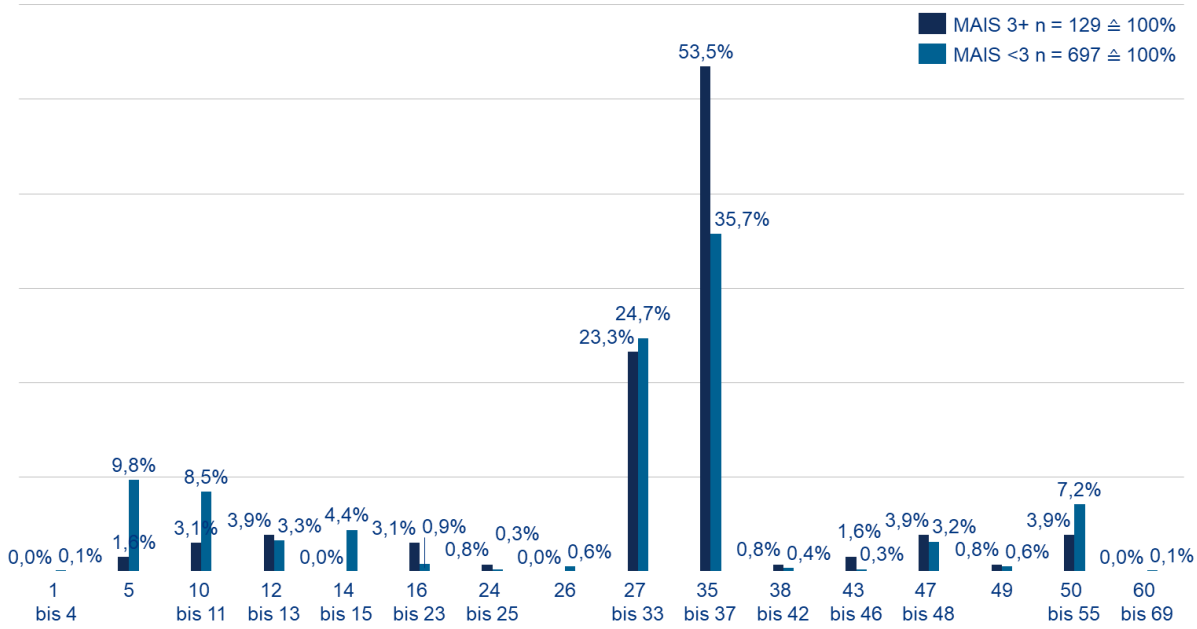


Abbildung 66: Fahrerbezogene Unfallursachen (VN) nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

Hinsichtlich des Fehlverhaltens der Unfallgegner der LZM lässt sich feststellen: MAIS 3+ Unfälle weisen höhere Anteile für Unaufmerksamkeit und Fehler beim Überholen durch den Unfallgegner auf. Vor allem Überholmanöver bergen aufgrund großer Geschwindigkeitsdifferenzen, sowie oft unübersichtlicher Verkehrslage ein höheres Verletzungsrisiko. Fehler in der Straßenbenutzung durch den Unfallgegner, wie beispielsweise der Verstoß gegen das Rechtsfahrgebot, kommen häufiger bei MAIS <3 Unfällen vor.

Zusammenfassend lässt sich für die MAIS 3+ Unfälle festhalten: Das Fehlverhalten der Versicherungsnehmer steht häufig im ursächlichen Zusammenhang mit Fehlern beim Abbiegen (Kategorie 35 – 37) und Fehlern beim Nichtbeachten der Vorfahrt (Kategorie 27 – 33). Diese Schwerpunkte sind bei Betrachtung der vorher gezeigten Auswertungen zu Unfallart und Unfalltyp auch plausibel. Fehlerhaftes Verhalten der Unfallgegner liegt hingegen oftmals in Form von Fehlern beim Überholen und nicht angepasster Geschwindigkeit vor.

5.3.7 Unfallgegner der LZM

Die Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners variiert, wie in Abbildung 67 ersichtlich, deutlich in Abhängigkeit von der Unfallschwere. Als mit deutlichem Abstand Hauptunfallgegner der landwirtschaftlichen Zugmaschinen sind bei MAIS <3 Unfällen mit anteilig 73,3 % Pkw zu nennen. Bei MAIS 3+ Unfällen beträgt der Pkw-Anteil jedoch lediglich 23,6 %, dies ist auf die hohe passive Sicherheit heutiger Pkw zurückzuführen. Die häufigsten Unfallgegner bei den MAIS 3+ Unfällen sind hingegen mit 44,6 % motorisierte Zweiräder. Zudem treten auch Radfahrer anteilig 3-mal häufiger als Unfallgegner bei MAIS 3+ Unfällen auf als bei MAIS <3 Unfällen. Der höhere Anteil ungeschützter Verkehrsteilnehmer lässt sich durch deren hohes Verletzungsrisiko im Kollisionsfall erklären.

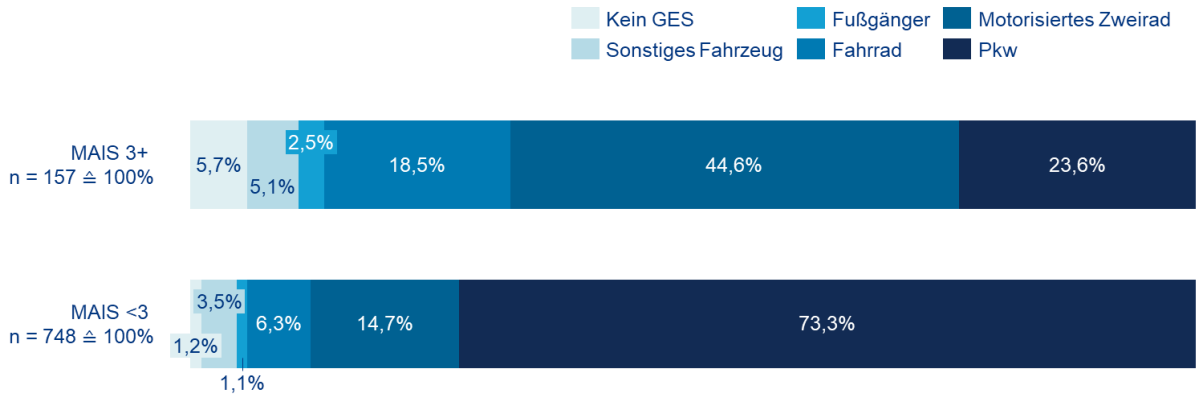


Abbildung 67: Art der Verkehrsbeteiligung der Unfallgegner nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].

5.3.8 Anstoß zwischen LZM und Zweirad

Die Anstoßstelle gibt denjenigen Bereich der Fahrzeuge an, mit welchem der Unfallgegner kollidiert ist.

Sowohl bei MAIS 3+ Unfällen als auch bei MAIS <3 Unfällen kollidiert das Zweirad am häufigsten mit der linken Seite der LZM. Die Anteile der jeweiligen Kollisionsstellen für MAIS 3+ und MAIS <3 unterscheiden sich unwesentlich voneinander.

Gleiches gilt für den Anstoß der LZM an das Zweirad. In rund 90 % der Fälle kollidiert die LZM mit der Front des Zweirads. Dies gilt sowohl für MAIS 3+ Unfälle als auch für MAIS <3 Unfälle. Einzige Auffälligkeit ist der Anteil der Unfälle, die ohne eine Kollision einhergehen. Dieser ist bei Unfällen mit Schwerstverletzten und Getöteten deutlich geringer als bei MAIS <3 Unfällen.

5.4 Auswertung nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners

Die Betrachtung der Unfälle nach der Verletzungsschwere der beteiligten Personen in Kapitel 5.3.7 zeigt, dass die Unfallfolgen stark von der Art des Verkehrsmittels des Unfallgegners der LZM abhängen. Im Folgenden wird das Unfallgeschehen daher detailliert hisichtlich der gegnerischen Verkehrsbeteiligung ausgewertet. Dabei werden die jeweils häufigsten

Unfalltypen einer Schwerpunktanalyse unterzogen. Ziel ist es, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Unfallgeschehen zwischen LZM und der jeweiligen Art des Unfallgegners zu ermitteln.

Wie bereits in Kapitel 5.2.11 aufgezeigt, ist der Pkw der häufigste Unfallgegner der LZM mit anteilig 66 %, gefolgt von motorisierten Zweirädern mit 20,3 %. An dritter Stelle kommen mit 8,6 % Radfahrer. Die Beteiligung von Fußgängern im Unfallgeschehen ist mit 1,4 % gering.

5.4.1 Unfälle zwischen LZM und Pkw

Die am häufigsten vorkommenden Unfalltypen unter Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Pkw sind der Abbiegeunfall „202“, die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle „30x“ und „32x“, sowie der Unfall im Längsverkehr mit Entgegenkommenden „68x“.

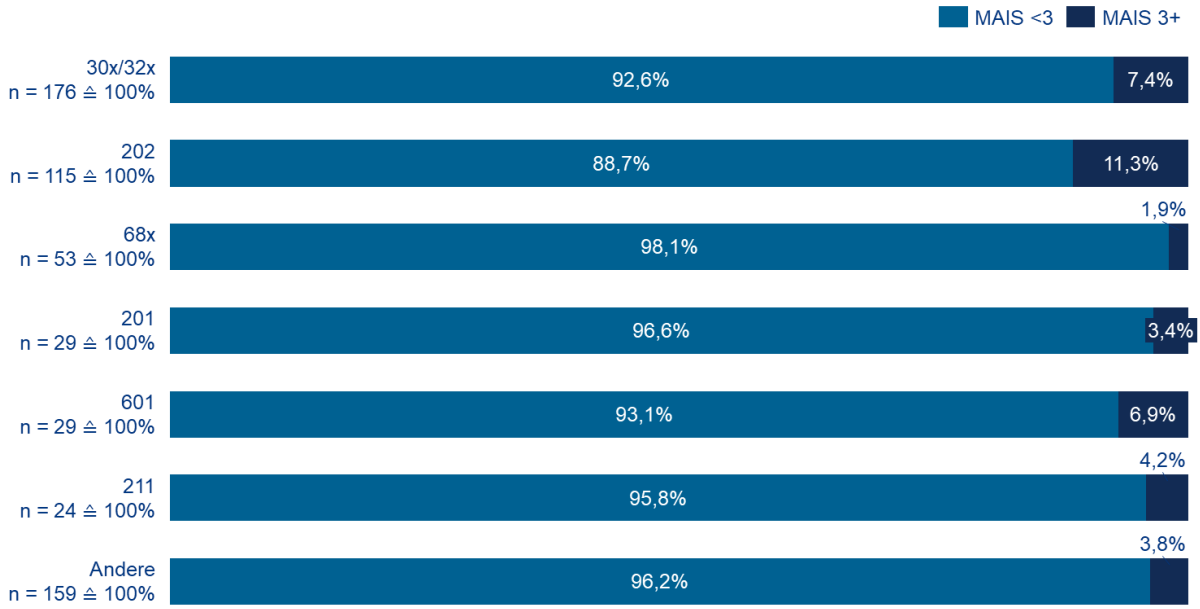


Abbildung 68: Unfalltyp nach Verletzungsschwere bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022].

Abbildung 68 zeigt, dass die insgesamt am häufigsten auftretenden Unfalltypen 30x/32x und 202 mit anteilig 7,4 % und 11,3 % auch den höchsten Anteil von MAIS 3+ Unfällen aufweisen.

Für die nachfolgenden Auswertungen werden ausschließlich Unfälle mit einer Teilschuld des Versicherungsnehmers (LZM) von mindestens 50 % betrachtet. Dadurch reduziert sich die Anzahl der analysierten Schadenfälle je Unfalltyp.

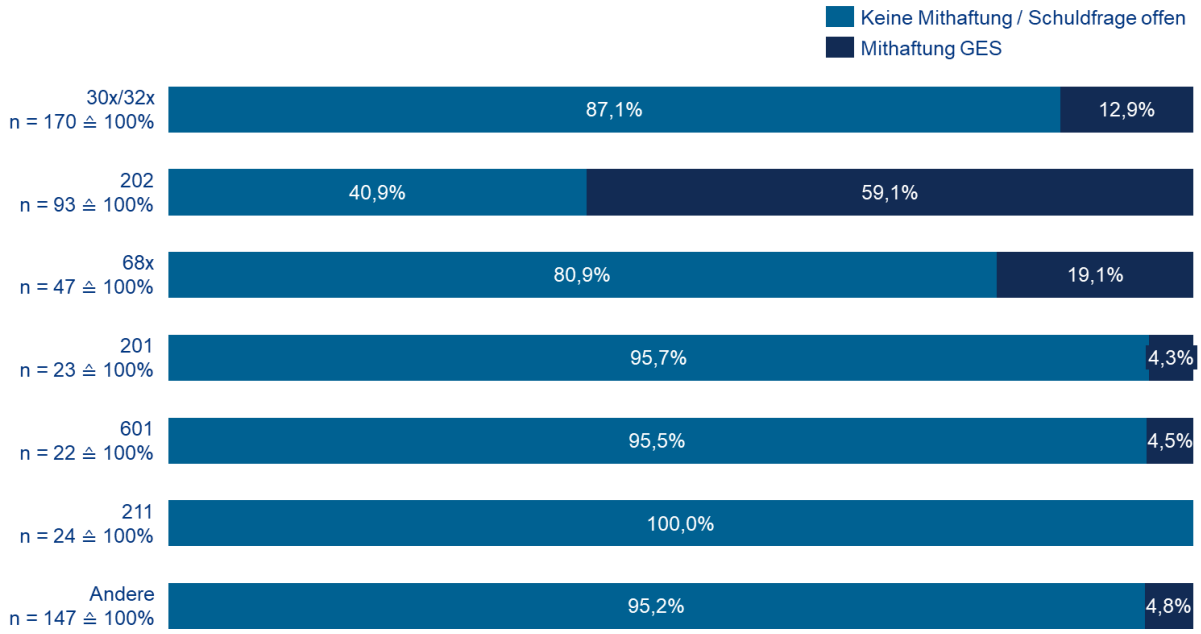


Abbildung 69: Unfalltyp und Anteil Mithaftung des Unfallgegners bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022].

Betrachtet man nun den Anteil der Unfälle bei denen der Gegner eine Mitschuld trägt (siehe Abbildung 69), so fällt besonders der Unfalltyp 202 (Kollision zwischen einer nach links abbiegenden LZM und einem von hinten überholenden Pkw) auf. In fast 60 % der Unfälle trägt der gegnerische Pkw eine Teilschuld, in der Regel aufgrund eines Überholmanövers trotz unklarer Verkehrslage.

In den nachfolgenden Auswertungen werden die Hauptcharakteristika der Schwerpunkte im Unfallgeschehen zwischen LZM und Pkw aufgezeigt. Als Schwerpunkte wurden aufgrund ihrer Häufigkeit die Unfalltypen 30x/32x, 202 und 68x gewählt.

5.4.1.1 Unfalltyp 30x und 32x (n = 170)

Die Unfalltypen 30x/32x beschreiben den Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Fahrzeug mit einem von links oder von rechts kommenden bevorrechtigen Verkehrsteilnehmer.

Besondere Auffälligkeiten des betrachteten Unfalltyps für LZM-Pkw-Kollisionen gegenüber der Gesamtdatenbank zeigt Tabelle 10. Es wird deutlich, dass Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle zwischen LZM und Pkw sich überdurchschnittlich häufig bei Dämmerung und Dunkelheit ereignen. Verglichen mit der Gesamtdatenbank treten Sichtbehinderungen zudem doppelt so häufig auf. Bei MAIS 3+ Unfällen (n = 13) sind häufig vordere überstehende Anbauten an der LZM angebracht, zumeist handelt es sich hierbei um einen Frontlader.

	Unfalltyp 30x/32x bei Unfällen zwischen LZM und Pkw	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle bei Dämmerung und Dunkelheit	18%	12%
Anteil der Unfälle mit Sichtbehinderung durch Bäume, Gebüsche, Kurven, etc.	31%	16%
Anteil der Unfälle mit verbautem Frontlader	42%	29%

Tabelle 10: Auffälligkeiten des Unfalltyps 30x und 32x bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022].

5.4.1.2 Unfalltyp 202 (n = 93)

Der Unfalltyp 202 beschreibt ein links abbiegendes Fahrzeug und einen gleichzeitig überholenden Verkehrsteilnehmer. Hauptunfallursache ist hier ein Fehler des LZM-Fahrers beim Abbiegen. In Tabelle 11 sind Auffälligkeiten des Unfalltyps bei Unfällen zwischen LZM und Pkw im Vergleich zur Gesamtdatenbank aufgezeigt.

	Unfalltyp 202 Bei Unfällen zwischen LZM und Pkw	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle außerorts	85%	62%
Anteil LZM mit Anhänger/ Anbaugerät	88%	78%
Anteil der Unfälle mit jungen Fahrern (bis 25 Jahre)	29%	22%
Anteil der Unfälle mit Sichtbehinderung durch toten Winkel	14%	4%
Anteil der Unfälle mit nicht erkennbarem/nicht funktionsfähigem Fahrtrichtungsanzeiger	31%	22%

Tabelle 11: Auffälligkeiten des Unfalltyps 202 bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022].

Auffallend ist der sehr hohe Anteil von Außerortsunfällen (85 %). Die LZM weisen überdurchschnittlich oft einen Anhänger oder ein Anbaugerät auf (88 %). Sichtbehinderungen treten mehr als 3-mal so häufig im Vergleich zur Gesamtdatenbank auf. In Kapitel 5.2.18.4 wurde bereits auf die Bedeutung der Fahrtrichtungsanzeiger eingegangen. Dies zeigt sich auch beim vorliegenden Unfalltyp. In knapp einem Drittel der Fälle war der

Fahrtrichtungsanzeiger der LZM nicht funktionsfähig oder nicht erkennbar. MAIS 3+ Unfälle (n = 7) ereigneten sich alle außerhalb von Ortschaften.

5.4.1.3 Unfalltyp 68x (n = 47)

Unfälle im Begegnungsverkehr zwischen landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Pkw ereignen sich häufig in Kurven und auf engen Straßen. In nahezu jedem zweiten Fall handelte es sich um eine seitliche Streifkollision. Auffälligkeiten des Unfalltyps sind in Tabelle 12 dargestellt:

	Unfalltyp 68x bei Unfällen zwischen LZM und Pkw	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle bei Dämmerung und Dunkelheit	26%	12%
Anteil der Unfälle mit jungen Fahrern (bis 25 Jahre)	39%	22%
Alter LZM	10 Jahre	16 Jahre
Anteil LZM mit Anhänger/Anbaugerät	88%	78%

Tabelle 12: Auffälligkeiten des Unfalltyps 68x bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022].

Auffällig ist bei diesem Unfalltyp der hohe Anteil junger Fahrer bis 25 Jahre (39 %). Des Weiteren führt ein hoher Anteil der Traktoren mindestens einen Anhänger und/oder ein angehängtes Gerät mit. Das Durchschnittsalter der LZM ist vergleichsweise gering.

5.4.2 Unfälle zwischen LZM und motorisierten Zweirädern

Unfälle des Unfalltyp 202 sowie Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle sind die häufigsten Konfliktsituationen zwischen landwirtschaftlichen Zugmaschinen und motorisierten Zweirädern, ähnlich wie bei den Pkw. Es folgen Unfälle aufgrund von Hindernissen auf der Fahrbahn (73x), zum Beispiel verlorene Ladung. Der Unfalltyp 211 ist mit 17 Fällen zudem relativ oft vertreten. Alle weiteren erfassten Unfalltypen spielen bei Kollisionen zwischen LZM und motorisierten Zweirädern eine untergeordnete Rolle. In Abbildung 70 ist zudem erkennbar, dass diese Kollisionen unabhängig vom Unfalltyp häufig schwerste Verletzungen zur Folge haben. Hier weisen die Unfalltypen 202 und 211 mit mehr als 50 % den jeweils höchsten Anteil von MAIS 3+ Unfällen auf.

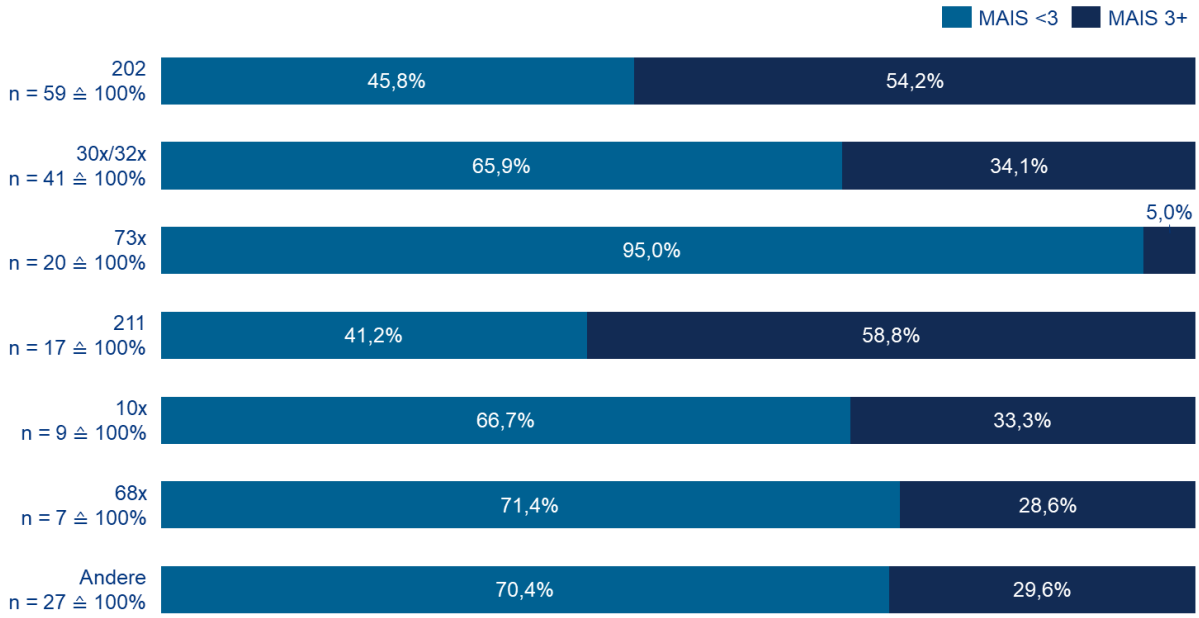


Abbildung 70: Unfalltypen und deren Schwere bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022].

Die weiteren Auswertungen beziehen sich analog zum vorigen Kapitel nur noch auf die Schadenfälle, bei denen der LZM-Fahrer mindestens 50 % zum Verschulden beigetragen hat. Abbildung 71 zeigt den Anteil der Fälle mit Mithaftung des Unfallgegners je Unfalltyp.

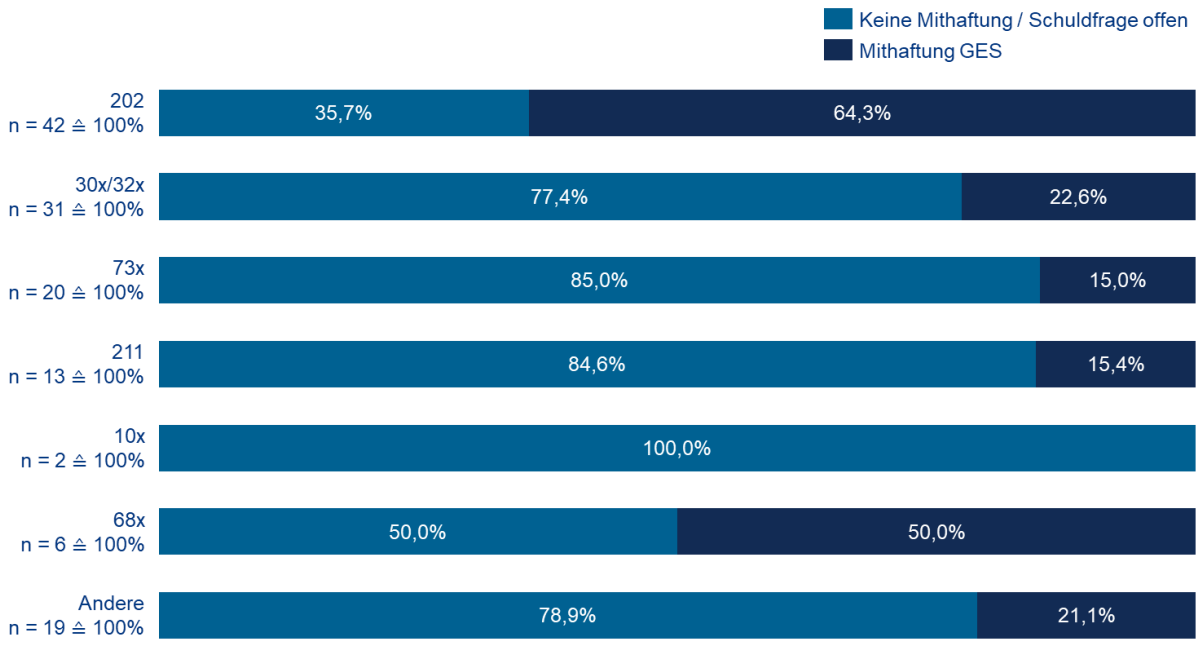


Abbildung 71: Unfalltypen und Anteil Mithaftung des GES bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022].

Es wird deutlich, dass beim Unfalltyp 202 in nahezu zwei Drittel der Fälle den beteiligten Zweiradfahrer ein Mitverschulden trifft. Hauptunfallursache auf Seiten des Unfallgegners der LZM ist hier das Überholen trotz unklarer Verkehrslage. Wie schon in Kapitel 5.2.13 gezeigt, ist bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern der Anteil der Fälle mit Mithaftung überdurchschnittlich hoch.

Es folgt die Detailbetrachtung der relevantesten Unfalltypen bei Kollisionen zwischen LZM und motorisierten Zweirädern.

5.4.2.1 Unfalltyp 202 (n = 42)

Der Unfalltyp 202 beschreibt in diesem Kontext eine links abbiegende LZM und ein gleichzeitig überholendes motorisiertes Zweirad. Hauptunfallursache auf Seiten des LZM-Fahrers ist ein Fehler beim Abbiegen.

Besondere Auffälligkeiten dieses hier betrachteten Unfalltyps zeigt Tabelle 13.

	Unfalltyp 202 bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle außerorts	80%	62%
Mittleres Alter der LZM	22 Jahre	16 Jahre
Anteil der Unfälle mit vorhandenen Sichteinschränkungen durch toten Winkel	13%	4%

Tabelle 13: Auffälligkeiten des Unfalltyps 202 bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022].

Auffällig ist das überdurchschnittlich hohe Alter der involvierten LZM. Ähnlich wie bei den Unfällen mit Pkw geschieht der überwiegende Anteil der Unfälle außerorts und Sichteinschränkungen durch den toten Winkel kommen in diesem Zusammenhang überdurchschnittlich häufig vor.

Bei MAIS 3+ Unfällen (n = 20) kommt es nach Betrachtung des Unfallhergangs häufig zu einer Kolonnenbildung hinter der LZM und damit einhergehenden höheren Geschwindigkeiten der motorisierten Zweiradfahrer während des Überholmanövers. Ein weiterer Grund für besonders schwere Unfälle ist die Kollision der ungeschützten Zweiradfahrer mit Arbeitsgeräten, wie beispielsweise einem Mähwerk oder einer Ackerschiene.

5.4.2.2 *Unfalltyp 30x und 32x (n = 33)*

Die Unfalltypen 30x und 32x beschreiben eine einbiegende oder kreuzende LZM und ein bevorrechtigtes motorisiertes Zweirad von links oder von rechts. In Tabelle 14 sind die Auffälligkeiten dargestellt.

	Unfalltyp 30x/32x bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad	Gesamtdatenbank
Alter des Fahrers der LZM	49 Jahre	43 Jahre
Anteil der Unfälle mit Sichtbehinderung durch Bäume, Gebüsche, Kurven, etc.	46%	16%
Anteil der Unfälle mit verbautem Frontlader in der unteren Stellung	80%	46%

Tabelle 14: Auffälligkeiten der Unfalltypen 30x und 32x bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022].

Sichtbehinderungen durch Infrastruktur spielen analog zu Unfällen mit Pkw auch bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern eine große Rolle. Zudem ist auffällig, dass in vier von fünf Unfällen sich der Frontlader beim Fahren in der unteren Stellung befand. Die involvierten LZM-Fahrer sind etwa 6 Jahre älter als der Durchschnitt. Bei den MAIS 3+ Unfällen (n = 11) dieser Unfalltypen war jedoch in fast jedem zweiten Fall ein LZM-Fahrer bis 25 Jahre beteiligt.

5.4.2.3 *Unfalltyp 211 (n = 14)*

Unfalltyp 211 beschreibt die Konfliktsituation zwischen einer nach links abbiegenden LZM und einem entgegenkommenden motorisierten Zweirad.

Der Anteil der Unfälle außerorts ist, ähnlich wie beim Unfalltyp 202, auffallend hoch. Zudem scheint auch hier ein Hauptproblem in infrastrukturellen Sichteinschränkungen zu liegen und die Wahrnehmung anderer Verkehrsteilnehmer zu beinträchtigen (siehe Tabelle 15).

Charakteristisch für MAIS 3+ Unfälle (n = 8) ist das Vorhandensein vorderer Anbauten, insbesondere Frontlader und vordere Ausgleichsgewichte. In drei Fällen kollidierte das motorisierte Zweirad mit dem vorderen Bereich der LZM, in drei weiteren Fällen stürzte der motorisierte Zweiradfahrer.

	Unfalltyp 211 bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle außerorts	86%	62%
Mittleres Alter der LZM	14 Jahre	16 Jahre
Anteil der Unfälle mit Sichtbehinderung durch Bäume, Gebüsche, Kurven, etc.	58%	16%

Tabelle 15: Auffälligkeiten des Unfalltyps 211 bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022].

5.4.3 Unfälle zwischen LZM und Radfahrern

Wie bereits in Kapitel 5.2.11 gezeigt, hat sich im Vergleich zum Vorgängerprojekt der Anteil der Unfälle mit Fahrrädern deutlich erhöht. Häufigste Unfalltypen sind dabei 30x/32x und 34x. Es folgen Unfälle im Begegnungsverkehr und Abbiegeunfälle der Typen 22x/24x.

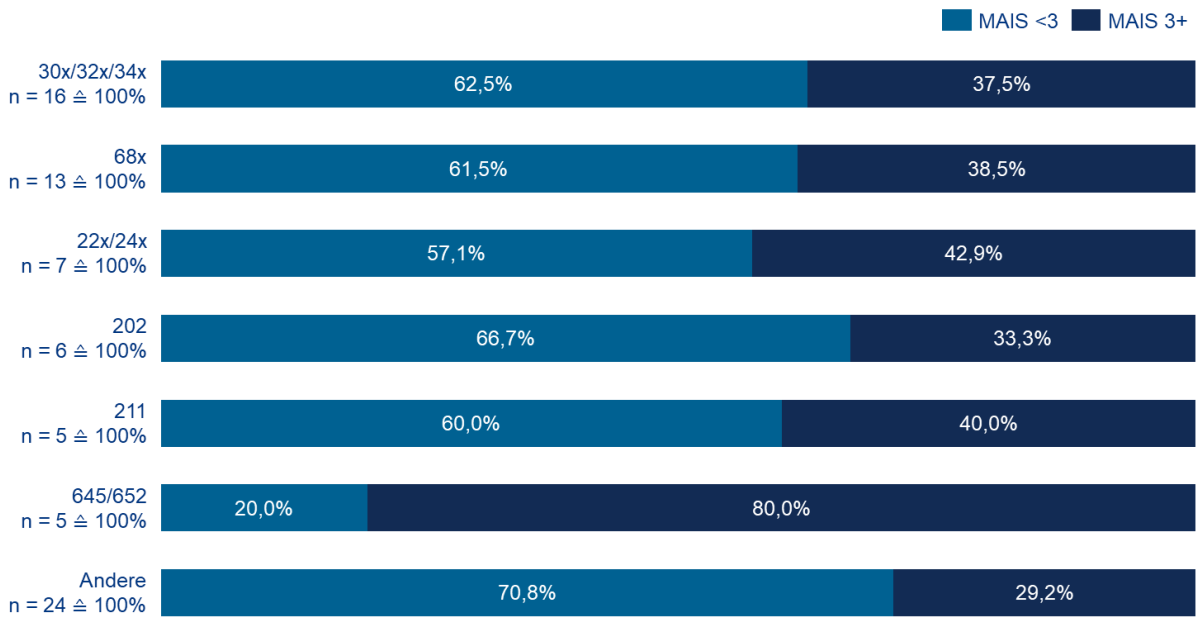


Abbildung 72: Unfalltypen und deren Schwere bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022].

Bei allen Unfalltypen kommt es zu Schwerstverletzten. Alle Unfalltypen weisen einen Anteil von MAIS 3+ Unfällen von mindestens 30 % auf.

Bei Betrachtung der Art des Zweirades in Abbildung 73 ist erkennbar, dass bei allen Unfalltypen der Anteil Pedelecs relativ hoch ist (20 % bis 37,5 %). Dies spiegelt nun auch im Unfallgeschehen die starke Verbreitung von Pedelecs im Fahrradbestand wieder.

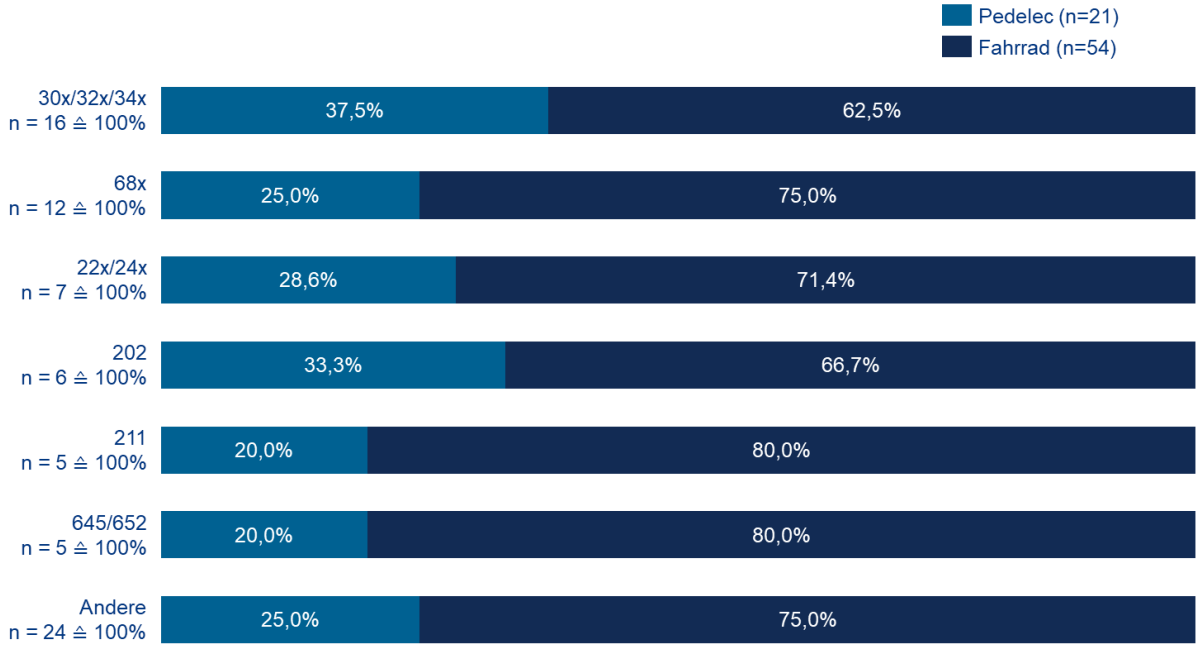


Abbildung 73: Art des Zweirads und Unfalltyp bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022].

Die nachfolgende Detailbetrachtung untersucht die Schwerpunkte im LZM-Radfahrer-Unfallgeschehen. Sie bezieht sich wie vorher jeweils nur auf Fälle mit einer Teilschuld des LZM-Fahrers von mindestens 50 %.

5.4.3.1 Unfalltyp 30x/32x und 34x (n = 13)

Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit einem bevorrechtigten Fahrzeug von einem Radweg kommend (34x) weisen einen ähnlichen allgemeinen Bewegungsablauf auf wie die Unfalltypen 30x und 32x. Deswegen werden sie in Tabelle 16 zusammengefasst betrachtet.

Die Unfälle kommen überwieged außerorts vor, was bei Radfahrern überraschender ist als beispielsweise bei motorisierten Zweirädern. Von den Außerortsunfällen geschehen wiederum knapp die Hälfte an Straßenschnittpunkten der Art Feldweg – Landes- oder Bundesstraße. Alle Radfahrer kollidieren fahrend. Bei vier Fällen handelt es sich um LZM mit Frontlader, bei denen es jeweils dann auch zu einem Anstoß des Radfahrers am Frontlader kommt.

	Unfalltyp 30x/32x/34x bei Unfällen zwischen LZM und Fahrrad	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle außerorts	75%	62%
Anteil der Unfälle mit Sichtbehinderung durch Bäume, Gebüsche, Kurven, etc.	45%	16%

Tabelle 16: Auffälligkeiten der Unfalltypen 30x und 32x und 34x bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022].

Für die MAIS 3+ Unfälle (n = 5) war festzustellen, dass bei drei Unfällen die Radfahrer zum Unfallzeitpunkt keinen Helm trugen.

5.4.3.2 Unfalltyp 22x und 24x (n = 7)

Die Unfalltypen 22x und 24x beschreiben eine links- oder rechtsabbiegende LZM und einen die Fahrbahn, in die die LZM einbiegt, überquerenden Radfahrer. Alle Unfälle lassen sich auf Fehler beim Abbiegen durch den Fahrer der LZM zurückführen.

	Unfalltyp 22x/24x bei Unfällen zwischen LZM und Fahrrad	Gesamtdatenbank
Anteil der Unfälle außerorts	86%	62%
Mittleres Alter der LZM	14 Jahre	16 Jahre

Tabelle 17: Auffälligkeiten der Unfalltypen 22x und 24x bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022].

Auffallend in Tabelle 17 ist ebenfalls wieder der hohe Anteil an Unfällen außerorts, wobei diesbezüglich die geringe Fallzahl (n = 7) zu berücksichtigen ist. Bei zwei Unfällen kam es nicht zu einer Kollision zwischen LZM und Radfahrern, sondern zum Sturz der Radfahrer.

5.4.3.3 Unfalltyp 68x (n = 7)

Unfälle im Begegnungsverkehr zwischen LZM und Radfahrern ereignen sich überwiegend auf schmalen Straßen oder an Engstellen.

	Unfalltyp 68x bei Unfällen zwischen LZM und Fahrrad	Gesamtdatenbank
Alter des Fahrers der LZM	53 Jahre	43 Jahre

Tabelle 18: Auffälligkeiten des Unfalltyps 68x bei Unfällen zwischen LZM und Fahrrad [LZM-Datenbank 2022].

Bezüglich dieser Unfälle ist auffällig, dass das durchschnittliche Alter der LZM-Fahrer mit 53 Jahren zehn Jahre höher ist im Vergleich zur Gesamtdatenbank.

5.4.4 Unfälle zwischen LZM und Fußgängern

Die vorliegenden Straßenverkehrsunfälle landwirtschaftlicher Zugmaschinen mit Fußgängern als Unfallgegner machen lediglich 1,3 % aller Unfälle der LZM-Datenbank 2022 aus. Diese zwölf Unfälle sind in ihrer Art und ihrem Unfallhergang sehr verschieden, es zeigen sich hier keine typischen Unfallschemata. Den größten Anteil am gesamten LZM-Fußgänger-Unfallgeschehen nehmen mit 41,7 % sonstige Unfälle ein. Mit anteilig 25 % kommen zudem Abbiegeunfälle vor.

5.4.5 Unterschiede und Gemeinsamkeiten

Zu den am häufigsten vorkommenden Unfalltypen zählen sowohl bei Pkw, als auch bei motorisierten Zweirädern und Fahrrädern die Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle der Unfalltypen 30x und 32x. Die wichtigsten charakteristischen Merkmale dieser Typen unterscheiden sich kaum nach der Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners. In jeder Konstellation kommt es vermehrt zu infrastrukturellen Sichteinschränkungen wie beispielsweise durch Kurven oder Bäume sowie zu Unfällen mit verbauten Frontladern. Die unter der Beteiligung von Pkw und motorisierten Zweirädern häufig vorkommenden Abbiegeunfälle des Unfalltyps 202 gleichen sich ebenfalls in ihrer Charakteristik. Die Unfallorte liegen häufig außerorts. Weiterhin spielen tote Winkel auf Seiten der LZM bei diesen Abbiegeunfällen eine Rolle. Gemeinsamkeiten gibt es ebenfalls beim Unfalltyp 68x. Die Unfälle ereignen sich häufig auf schmalen Straßen oder an Engstellen. Die Analyse des Unfallhergangs lässt darauf schließen, dass unerwarteter Begegnungsverkehr häufig zu unverhältnismäßigen Lenk- und Bremsreaktionen führt, die wiederum zu einem Kontrollverlust über das Fahrzeug führen können.

5.5 Kurzfazit Auswertung LZM-Unfalldatenbank

Anhand der in den vorangegangenen Kapiteln durchgeführten Auswertungen der Merkmalsfelder der Unfalldatenbank konnten deutlich die Schwerpunkte im Unfallgeschehen landwirtschaftlicher Zugmaschinen dargestellt werden. Diese Erkenntnisse sollen im folgenden Kapitel verwendet werden, um darauf basierend Maßnahmen abzuleiten, deren Umsetzung zukünftig zur Reduzierung der Unfälle mit Personenschaden mit Beteiligung von LZM beitragen kann.

6 Ableitung von Schadenverhütungsmaßnahmen bei LZM-Unfällen auf öffentlichen Straßen

Zur Reduktion der Unfallzahlen und deren Folgen – insbesondere mit schweren Personenschäden – können Maßnahmen der aktiven (unfallvermeidend) beziehungsweise passiven Sicherheit (unfallfolgenmindernd) beitragen. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde auf Basis der Erkenntnisse aus dem Unfallgeschehen eine Vielzahl in Frage kommender Schadenverhütungsmaßnahmen (SV-Maßnahmen) mit Fokussierung auf den öffentlichen Straßenverkehr diskutiert und unter Verwendung der LZM-Unfalldatenbank bewertet. Für einen Großteil der möglichen SV-Maßnahmen konnte jeweils der Anteil der adressierbaren Unfälle, der dabei getöteten und schwerverletzten Verkehrsteilnehmer sowie aller verletzten Beteiligten ermittelt werden. Anhand der jeweiligen Adressierbarkeit können aus nachfolgender Zusammenfassung übersichtlich die vielversprechendsten SV-Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit im Unfallgeschehen landwirtschaftlicher Zugmaschinen entnommen werden. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen SV-Maßnahmen erfolgt im Kapitel 6.2.

6.1 Übersicht über die Adressierbarkeit von Schadenverhütungsmaßnahmen bei landwirtschaftlichen Zugmaschinen

Für die Ermittlung der Adressierbarkeiten wurde mittels einer retrospektiven Analyse der LZM-Unfalldatenbank 2022 untersucht, ob die jeweils betrachtete Schadenverhütungsmaßnahme idealerweise Einfluss auf das Unfallgeschehen hätte ausüben können. Für die diskutierten SV-Maßnahmen wurden anhand der in der LZM-Datenbank hinterlegten Unfallmerkmale (Unfallart, Unfalltyp, Fahrzeugkonfiguration etc.) Selektionskriterien für die Adressierbarkeit im Unfallgeschehen auf öffentlichen Straßen definiert. Tabelle 19 sind anteilig die Adressierbarkeiten der diskutierten Fahrerassistenzsysteme für LZM zu entnehmen, jeweils bezogen auf „Alle Unfälle“, „Unfälle mit Verletzungsfolge MAIS 3+“, „Getötete und Schwerverletzte“ sowie „Alle Verletzten“. Der seitens der Autoren angenommene zeitliche Umsetzungshorizont der SV-Maßnahmen findet sich ebenfalls mittels farblicher Kennzeichnung in den folgenden Tabellen wieder.

Tabelle 20 zeigt die entsprechende Werte für weitere LZM-seitige SV-Maßnahmen.

Zum besseren Verständnis erfolgt zudem in Kapitel 6.2 eine detaillierte Beschreibung der jeweiligen Schadenverhütungsmaßnahmen mit Erläuterungen zu den angenommenen Funktionalitäten, den Filterkriterien für die LZM-Datenbank sowie im Einzelfall weiteren vertiefenden Ergebnissen der Analyse.

SV-Maßnahme / Fahrerassistenzsystem für LZM		Adressierbarkeit* bei Unfällen auf öffentlichen Straßen			
		Unfälle [%]	Unfälle MAIS 3+ [%]	G + S [%]	Alle Verletzten [%]
1**	Vorbaukamerasystem	17	17	18	17
	Einbiegen-/Kreuzen-Assistent	27	22	27	27
2**	Spurwechselassistent	22	32	30	23
3**	Notbremsassistent Längsverkehr 2	9	0	1	9
	Notbremsassistent Längsverkehr 1	9	0	1	9
4**	Linksabbiegen/Gegenverkehr-Assistent	6	8	6	5
5**	Rückfahrkamera 2	3	2	1	3
	Rückfahrkamera 1	2	0	0	1
6**	Abbiege-/Totwinkelassistent Fußgänger/Radfahrer	0	0	1	0

* Wirksamkeit abhängig von der technischen Umsetzung (informierend, warnend, eingreifend)
** FAS-Gruppen prinzipiell addierbar, innerhalb der FAS-Gruppen keine Addition zulässig
Kurzfristige Umsetzung denkbar / Technologie im Pkw verfügbar / Übertragung auf LZM einfach
Mittelfristige Umsetzung denkbar / Technologie im Pkw vorhanden / Übertragung auf LZM möglich
Vermutlich langfristige Umsetzung / Technologie im Pkw vorhanden, aber komplex / Übertragung auf LZM aufwendig

Tabelle 19: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen – Übersicht 1 [LZM-Datenbank 2022].

SV-Maßnahme / Fahrerassistenzsystem für LZM		Adressierbarkeit* bei Unfällen auf öffentlichen Straßen			
		Unfälle [%]	Unfälle MAIS 3+ [%]	G + S [%]	Alle Verletzten [%]
Sichtbarkeit LZM	Funktionsfähige & robuste Fahrtrichtungsanzeiger Heck	4	4	5	5
	Optimierung Signalbild LZM***	2	5	3	2
	Optimierung Signalbild Anhänger***	2	3	3	2
	Optimierung Signalbild Gerät***	2	3	3	2
Schutzeinrichtungen LZM**	Seitlicher Unterfahrschutz Anhänger***	4	8	6	4
	Frontunterfahrschutz LZM***	3	6	6	3
Sonstige LZM	Rückspiegelverbreiterung	2	4	3	2
Vernetzung	LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation	68	65	70	69

* Wirksamkeit abhängig von der technischen Umsetzung (informierend, warnend, eingreifend)
** Schutzeinrichtungen: Inwiefern Verletzungsschwere hätte beeinflusst werden können, lässt sich mit den vorliegenden Informationen nicht beurteilen
*** Addition innerhalb der Gruppe prinzipiell möglich, Gruppen-übergreifend nicht zulässig
Kurzfristige Umsetzung denkbar / Technologie im Pkw verfügbar / Übertragung auf LZM einfach
Mittelfristige Umsetzung denkbar / Technologie im Pkw vorhanden / Übertragung auf LZM möglich
Vermutlich langfristige Umsetzung / Technologie im Pkw vorhanden, aber komplex / Übertragung auf LZM aufwendig

Tabelle 20: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen – Übersicht 2 [LZM-Datenbank 2022].

Bei Betrachtung der verschiedenen Schadenverhütungsmaßnahmen bezüglich der Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners zeigen sich teilweise deutliche Unterschiede in der Anzahl adressierbarer Unfälle sowie der dabei Getöteten und Schwerverletzten. Tabelle 21 und Tabelle 22 sind die jeweiligen Anteile für die Unfallgegner Pkw, motorisierte Zweiräder, Radfahrer sowie für alle Arten der Verkehrsbeteiligung zu entnehmen.

SV-Maßnahme / Fahrerassistenzsystem für LZM		Adressierbarkeit* bei Unfällen auf öffentlichen Straßen nach gegnerischer Verkehrsbeteiligung							
		Unfälle				Getötete und Schwerverletzte			
		Pkw [%]	Motor. Zweirad [%]	Fahr-rad [%]	Alle Verkehrs-teilnehmer [%]	Pkw [%]	Motor. Zweirad [%]	Fahr-rad [%]	Alle Verkehrs-teilnehmer [%]
1**	Vorbaukamera-system	18	16	16	17	22	18	17	18
	Einbiegen-/Kreuzen-Assistent	30	24	21	27	35	26	25	27
2**	Spurwechsel-assistent	21	33	12	22	35	41	8	30
3**	Notbremsassistent Längsverkehr 2	13	1	1	9	1	0	2	1
	Notbremsassistent Längsverkehr 1	13	1	nzt	9	1	0	nzt	1
4**	Linksabbiegen/ Gegenverkehr-Assistent	4	9	8	6	3	11	9	6
5**	Rückfahrkamera 2	4	2	4	3	0	2	4	1
	Rückfahrkamera 1	3	1	0	2	0	0	0	0
6**	Abbiege-/ Totwinkelassistent Fußgänger/Radfahrer	nzt	nzt	1	0	nzt	nzt	2	1

* Wirksamkeit abhängig von der technischen Umsetzung (informierend, warnend, eingreifend)
** FAS-Gruppen prinzipiell addierbar, innerhalb der FAS-Gruppen keine Addition zulässig
nzt = nicht zutreffend

Tabelle 21: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners – Übersicht 1 [LZM-Datenbank 2022].

SV-Maßnahme / Fahrerassistenzsystem für LZM		Adressierbarkeit* bei Unfällen auf öffentlichen Straßen nach gegnerischer Verkehrsbeteiligung							
		Unfälle				Getötete und Schwerverletzte			
		Pkw [%]	Motor. Zweirad [%]	Fahr-rad [%]	Alle Verkehrs-teilneh-mer [%]	Pkw [%]	Motor. Zweirad [%]	Fahr-rad [%]	Alle Verkehrs-teilneh-mer [%]
Sichtbar-keit LZM	Funktionsfähige & robuste Fahrtrichtungs-anzeiger Heck	5	5	3	4	6	6	2	5
	Optimierung Signalbild gesamt	6	4	8	6	14	6	11	10
Schutz-einrich-tungen LZM**	Seitlicher Unterfahrschutz Anhänger***	4	7	nzt	4	7	9	nzt	6
	Frontunterfahr-schutz LZM***	2	7	nzt	3	6	9	nzt	6
Sonstige LZM	Rückspiegel-verbreiterung	2	4	0	2	3	5	0	3
Vernet-zung	LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation	77	76	nzt	68	91	88	nzt	70

* Wirksamkeit abhängig von der technischen Umsetzung (informierend, warnend, eingreifend)
** Schutzeinrichtungen: Inwiefern Verletzungsschwere hätte beeinflusst werden können, lässt sich mit den vorliegenden Informationen nicht beurteilen
*** Addition innerhalb der Gruppe prinzipiell möglich
nzt = nicht zutreffend

Tabelle 22: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners – Übersicht 2 [LZM-Datenbank 2022].

Für die nachfolgenden Schadenverhütungsmaßnahmen bei Unfällen mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen auf öffentlichen Straßen können auf Grundlage der vorliegenden LZM-Unfalldatenbank keine Adressierbarkeiten bestimmt werden. Jedoch sollen auch diese Möglichkeiten zur Diskussion gestellt werden, da auch sie zu einer Reduktion der Unfälle mit Beteiligung von LZM beitragen können:

- Fahrsicherheitstrainings für LZM-Fahrzeugführer
- Beachten der Unfallverhütungsvorschriften
- Verbesserte Straßenführung.

6.2 Beschreibung der SV-Maßnahmen bei LZM

6.2.1 Fahrerassistenzsysteme bei LZM

Für die Fahrerassistenzsysteme bei LZM wurden generische Funktionalitäten, angelehnt an heute bereits in anderen Kraftfahrzeugklassen (Pkw, Nutzfahrzeuge) verfügbare beziehungsweise seitens Gesetzgeber vorgeschriebene FAS (siehe Verordnung (EU) 2019/2144 [60]), definiert. Systemabhängig wurden zum Teil verschiedene Entwicklungsstufen, in der Regel sensorunabhängig, angenommen. Für die Analyse wurde nicht berücksichtigt inwiefern die

Systemeigenschaften zum jetzigen Zeitpunkt in LZM implementiert werden können. Zudem wurde ein idealer Fahrzeugführer vorausgesetzt. Für den idealen Fahrzeugführer wird angenommen, dass auf Informationen, Warnungen und Eingriffe der FAS in richtiger Weise reagiert wird und zudem die Straßenverkehrsvorschriften (Mindestabstände, zulässige Geschwindigkeit, Ablenkung etc.) beachtet und eingehalten werden. Somit geben die im folgenden ermittelten Werte der Adressierbarkeiten den unter idealen Bedingungen theoretisch maximal beeinflussbaren Anteil der untersuchten Straßenverkehrsunfälle an.

Die Beeinflussbarkeit reduzierende Faktoren wie Effizienz (reale Straßenverkehrsbedingungen, technische Möglichkeiten von FAS), Nutzung (z. B. FAS aktiviert/deaktiviert) und Bestandsdurchdringung konnten aufgrund bisher fehlender Untersuchungen für LZM nicht in die ermittelten Werte einfließen.

Für die Ermittlung der Adressierbarkeiten der betrachteten FAS wurde eine strikte Trennung vorgenommen, somit ist die Addition der FAS-Gruppen 1 bis 6 prinzipiell zulässig (innerhalb der FAS-Gruppen jedoch nicht zulässig).

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass eine Übertragung der folgenden Fahrerassistenzsysteme auf landwirtschaftliche Zugmaschinen einen großen Beitrag zur Vermeidung schwerer Straßenverkehrsunfälle unter Beteiligung von LZM leisten könnte, sofern die technische Umsetzbarkeit gegeben ist.

Fahrerassistenzsystem-Gruppe 1 „Kreuzender Verkehr“ für LZM

Dieses FAS soll den LZM-Fahrer beim Einbiegen in und Kreuzen von übergeordneten Straßen unterstützen und Konflikte mit querendem Verkehr vermeiden helfen. Dazu gehört auch das Queren von Radverkehrswegen. Dieses FAS könnte als lediglich informierendes, zum Beispiel mittels Kamera-Monitor-System, warnendes oder auch automatisch bremsendes System ausgelegt sein. Für die Ermittlung der Adressierbarkeit wurden an dieser Stelle zwei Entwicklungsstufen angenommen, ein informierendes Front-/Vorbaukamerasystem, das vor allem das sichere Hereintasten in unübersichtliche Kreuzungsbereiche ermöglichen soll, sowie ein Einbiegen-/Kreuzen-Assistent mit erweitertem Funktionsumfang und Detektionsbereich.

<u>Front-/Vorbaukamerasystem</u>

Dieses Kamera-Monitor-System soll den LZM-Fahrer insbesondere beim Hereintasten in schwer einsehbare Kreuzungsbereiche mit Sichteinschränkungen (Bebauung, Bewuchs) oder beim Ausfahren aus Grundstücken unterstützen und die Einsehbarkeit mittels Videobilddarstellung verbessern. Die Realisierung wäre unter Verwendung von Kameras mit entsprechend großem Öffnungswinkel analog bereits verfügbarer Nachrüstlösungen zum Ausgleich von Sichtfeldeinschränkungen (siehe [61], [62]) denkbar, deren Bild dem LZM-Fahrer auf einem Monitor in der Fahrerkabine dargestellt wird.

Mit dem hier beschriebenen Front-/Vorbaukamerasystem könnten 17 % aller Unfälle sowie 18 % der Getöteten und Schwerverletzten der LZM-Unfalldatenbank angesprochen werden.

Die für ein solches System erforderliche Technologie ist zumindest als Nachrüstlösung für LZM bereits vorhanden. Eine kurzfristige Umsetzung ist daher vorstellbar und könnte in einem ersten Schritt zur Vermeidung eines beträchtlichen Anteils der Einbiegen-/Kreuzen-Unfälle mit LZM beitragen.

Tabelle 23 sind die angenommenen Systemeigenschaften sowie die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien zu entnehmen.

System-beschreibung	Umfelderfassung nach vorne seitlich (Kamera)
	Unterstützung des LZM-Fahrers beim Annähern an bzw. Hereintasten in Kreuzungsbereiche mittels an der LZM-Front angebrachtem Kamera-Monitor-System
	Information über vorhandene und sich nähernde 1- und 2-spurige Verkehrsteilnehmer auf der LZM-nahen (von links) zu querenden Fahrbahnseite und auf zu querenden Radverkehrswegen
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Geschwindigkeit LZM: VNULL = ohne „8 – rückwärtsfahrend“
	Unfalltyp: 301 / 302 / 303 / 311 / 312 / 313 / 331 / 332 / 333 / 34x / 352
	Einzelfallprüfung anhand UHERTXT bei Unfalltyp: 309 / 319 / 329 / 339 / 359

Tabelle 23: Front-/Vorbaukamerasystem: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Einbiegen-/Kreuzen-Assistent

Der Einbiegen-/Kreuzen-Assistent verfügt gegenüber dem Vorbaukamerasystem über einen erweiterten Funktionsumfang und Detektionsbereich und kann nicht nur über Querverkehr informieren, sondern darüber hinaus den LZM-Fahrer warnen und auslegungsabhängig mittels automatischem Bremseingriff eine drohende Kollision vermeiden helfen. Zusätzlich zu den mittels Vorbaukamerasystem adressierbaren Unfallszenarien kann durch einen Einbiegen-/Kreuzen-Assistenten auch auf der LZM-fernen Fahrbahnseite (in der Regel von rechts) herannahender Querverkehr erkannt werden. Die Detektion querender Verkehrsteilnehmer kann aus heutiger Sicht mittels Radar-, Lidar- oder auch Videosensoren realisiert werden und ist in Pkw bereits seit einigen Jahren grundsätzlich verfügbar (siehe [63], [64]), wenn auch noch mit Optimierungspotenzial hinsichtlich Unfallvermeidung.

Bezogen auf alle Arten der gegnerischen Verkehrsbeteiligung adressiert der Einbiegen-/Kreuzen-Assistent je 27 % aller Unfälle und aller Getöteten und Schwerverletzten. Hinsichtlich der Unfallschwere sticht der Anteil von 35 % der Getöteten und Schwerverletzten heraus, wenn es sich bei dem Unfallgegner um einen Pkw handelte. Aber auch im Falle einer Kollision mit motorisierten Zweirädern und Fahrrädern würde dieses System ein Viertel aller Getöteten und Schwerverletzten adressieren und damit ein sehr wirkungsvolles Instrument zur Unfall- und Schwerstverletztenreduktion darstellen.

Obwohl von der grundsätzlichen Funktionalität vergleichbare Systeme mit entsprechender Technologie wie beschrieben in Pkw bereits verfügbar sind, wird die Übertragung auf LZM aufgrund der Komplexität als aufwendig und vermutlich langfristig angesehen.

Tabelle 24 sind die angenommenen Systemeigenschaften sowie die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien zu entnehmen.

System-beschreibung	Umfelderfassung nach vorne seitlich
	Unterstützung des LZM-Fahrers beim Einbiegen in und Kreuzen von übergeordneten Straßen
	Detektion querender (von links und rechts) 1- und 2-spuriger Verkehrsteilnehmer (sensorunabhängig)
	Warnung des LZM-Fahrers und automatischer Notbremseingriff zur Kollisionsvermeidung (auslegungsabhängig)
	System über den gesamten LZM-Geschwindigkeitsbereich aktiv
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Geschwindigkeit LZM: VNULL = ohne „8 – rückwärtsfahrend“
	Unfalltyp: 301 / 302 / 303 / 311 / 312 / 313 / 321 / 322 / 323 / 331 / 332 / 333 / 34x / 352 / 353 / 355
	Einzelfallprüfung anhand UHERTXT bei Unfalltyp: 309 / 319 / 329 / 339 / 359

Tabelle 24: Einbiegen/Kreuzen-Assistent: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Fahrerassistenzsystem-Gruppe 2 „Spurwechsel“

Der Spurwechselassistent soll dabei unterstützen, andere Verkehrsteilnehmer in kritischen Bereichen seitlich und seitlich hinter der LZM im Fall eines beabsichtigten Spurwechsels wahrzunehmen. Auf das LZM-Unfallgeschehen bezogen, kann diese Funktionalität insbesondere helfen, Kollisionen mit nachfolgenden überholenden Fahrzeugen in Linksabbiegesituationen zu vermeiden. Für Pkw ist ein solches FAS bereits seit einigen Jahren in unterschiedlichen Auslegungen erhältlich, warnend (optisch, akustisch, haptisch) oder auch aktiv eingreifend mittels Gegenlenken bei Kollisionsgefahr [65]. Überwiegend erfolgt heute die Erfassung herannahender Fahrzeuge auf der Nebenspur unter Verwendung von Radarsensoren mit entsprechender Reichweite. Aufgrund teilweise hoher Differenzgeschwindigkeiten zwischen LZM und überholendem Fahrzeug sind große Sensorreichweiten erforderlich. Für entsprechende Funktionalität auch in kurvigeren und/oder hügeligen Gebieten sind zudem passende Öffnungswinkel zu berücksichtigen um die erforderlichen Erfassungsbereiche abzudecken. Vorstellbar ist ebenfalls die Erweiterung mit einem automatischen Notbremseingriff bei fehlender adäquater Reaktion des Fahrzeugführers.

Als Beispiel für eine bereits existierende Nachrüstlösung für Landmaschinen sei der „Linksabbiege-Assistent“ von Continental genannt, der mittels Radarsensor von hinten

herannahende Fahrzeuge auf bis zu 250 m Entfernung detektieren kann und dem LZM-Fahrzeugführer akustisch und optisch die Kollisionsgefahr signalisiert [66].

Für die Ermittlung der Adressierbarkeiten wurden erforderliche Sensorreichweiten sowie im Einzelfall vorhandene Beeinträchtigungen aufgrund des Fahrbahnverlaufs (Kurven, Steigung, Gefälle) unberücksichtigt gelassen.

Tabelle 25 sind die angenommenen Systemeigenschaften sowie die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien zu entnehmen.

System-beschreibung	Umfelderfassung zur Seite und seitlich nach hinten (sensorunabhängig)
	Detektion von 1- und 2-spurigen herannahenden Verkehrsteilnehmern auf Nachbarspuren
	Warnung des LZM-Fahrers und automatischer Notbremseingriff zur Kollisionsvermeidung (auslegungsabhängig)
	System über den gesamten LZM-Geschwindigkeitsbereich aktiv
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Kollisionen mit herannahenden Fahrzeugen beim Abbiegen, beim Spurwechsel und beim Nebeneinanderfahren
	Unfalltyp: 202 / 232 / 25x / 305 / 315 / 51x / 63x / 64x / 651 / 721

Tabelle 25: Spurwechselassistent: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Mit einem dementsprechenden Spurwechselassistenten lassen sich 22 % aller Unfälle, 32 % der MAIS 3+ Unfälle sowie 30 % der Getöteten und Schwerverletzten der LZM-Unfalldatenbank adressieren. Auch bei Betrachtung der gegnerischen Verkehrsbeteiligung zeigt sich, dass ein Spurwechselassistent äußerst wirkungsvoll zur Reduktion der Unfall- und besonders der Verletztenzahlen beitragen könnte. Bei entsprechenden Kollisionen mit Pkw lassen sich ein Fünftel der Unfälle und sogar 35 % der Getöteten und Schwerverletzten adressieren. Noch stärker wirken könnte ein LZM-Spurwechselassistent bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern: 33 % der Unfälle und 41 % der Getöteten und Schwerverletzten lassen sich adressieren.

Nach Einschätzung der Autoren ist für den Spurwechselassistenten für LZM eine mittelfristige Umsetzung denkbar. Die erforderliche Technologie ist in Pkw und teilweise auch in Nutzfahrzeugen vorhanden [67] und eine Übertragung auf LZM erscheint prinzipiell möglich.

Fahrerassistenzsystem-Gruppe 3 „Automatischer Notbremsassistent (Längsverkehr)“

Der „Automatische Notbremsassistent (Längsverkehr)“ erkennt vorausfahrende und stehende Fahrzeuge, warnt den Fahrer rechtzeitig vor einer drohenden Kollision und leitet gegebenenfalls eine Teil- oder Vollbremsung zur Kollisionsvermeidung ein. Ein solches FAS ist in Pkw und Lkw mittlerweile etabliert und zudem für bestimmte Fahrzeugklassen seitens Gesetzgeber verpflichtend. Mit EU-Verordnung Nr. 347/2012 [68] wurde zum Beispiel für schwere

Nutzfahrzeuge eine stufenweise Ausstattungspflicht mit automatischen Notbremsassistenzsystemen zur Vermeidung von Auffahrunfällen mit zweispurigen Fahrzeugen bereits ab dem Jahr 2013 verordnet. Für Pkw ist die Ausstattung mit einem solchen FAS für neue Fahrzeugtypen seit Juli 2022 verpflichtend. Ab Juli 2024 müssen die automatischen Notbremsassistenzsysteme in Pkw zusätzlich drohende Kollisionen mit Fußgängern und Radfahrern detektieren und in spezifischen Szenarien vermeiden können [60].

Automatischer Notbremsassistent (Längsverkehr) – Stufe 1

Für die Ermittlung der Adressierbarkeiten wurde der Funktionsumfang des Notbremsassistenten Stufe 1 in Anlehnung an die UNECE R131 hinsichtlich Notbremsassistenzsystemen AEBS [69] definiert. Aufgrund des Stands der Technik (siehe [70]) wurde zudem für das FAS angenommen, dass auch drohende Kollisionen mit stehenden Fahrzeugen sowie motorisierte Zweiräder detektiert werden können (Tabelle 26).

System-beschreibung	Umfelderfassung nach vorne (sensorunabhängig)
	Detektion 1- und 2-spuriger vorausfahrender und stehender Fahrzeuge in gleicher Spur und Richtung
	Warnung des LZM-Fahrers und automatischer Notbremseingriff zur Kollisionsvermeidung (auslegungsabhängig)
	System über den gesamten LZM-Geschwindigkeitsbereich aktiv
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Auffahrunfälle auf 1- und 2-spurige Fahrzeuge
	Kollisionsart = „4 – Front-LZM/Heck-Unfallgegner“
	Unfallart = „2 – Zusammenstoß mit Vorausfahrendem/Wartendem“

Tabelle 26: Notbremsassistent Stufe 1: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Der Notbremsassistent Stufe 1 adressiert sowohl 9 % aller Unfälle im öffentlichen Straßenverkehr als auch aller dabei Verletzten. Bei 94 % der adressierbaren Kollisionen handelte es sich um Auffahrunfälle auf Pkw. Aufgrund der geringen Differenzgeschwindigkeiten zwischen auffahrender LZM und Unfallgegner sowie der passiven Sicherheitssysteme von Pkw ergibt sich in der Folge ein geringer adressierbarer Anteil von 1 % der Getöteten und Schwerverletzten. Somit zeigt sich, dass die adressierbaren Auffahrunfälle zwar einen wesentlichen Bestandteil des Unfallgeschehens von LZM darstellen, diese aber in der Regel keine schwerwiegenden Verletzungen zur Folge haben.

Automatischer Notbremsassistent (Längsverkehr) – Stufe 2

Bei Erweiterung des Funktionsumfanges des Notbremsassistenten zur Stufe 2 mit Fußgänger- und Radfahrererkennung (Tabelle 27) ermittelt sich auf Basis der LZM-Unfalldatenbank

lediglich ein geringer Zusatznutzen von absolut zwei weiteren adressierbaren Unfällen (je ein Fall für Radfahrer und Fußgänger). Dies zeigt, dass Auffahrunfälle mit sich in gleicher Richtung bewegenden Radfahrern und Fußgängern sowie querenden Fußgängern eine untergeordnete Bedeutung im LZM-Unfallgeschehen aufweisen und die hier angenommen Stufen eines Notbremsassistenten hauptsächlich die Anzahl von Kollisionen mit zweispurigen Kraftfahrzeugen reduzieren können.

System-beschreibung	Umfelderfassung nach vorne (sensorunabhängig)
	Detektion 1- und 2-spuriger vorausfahrender und stehender Fahrzeuge in gleicher Spur und Richtung
	Warnung des LZM-Fahrers und automatischer Notbremseingriff zur Kollisionsvermeidung (auslegungsabhängig)
	System über den gesamten LZM-Geschwindigkeitsbereich aktiv
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Auffahrunfälle auf 1- bzw. 2-spurige Fahrzeuge, Kollisionen mit Radfahrern (gleiche Richtung) bzw. Fußgängern (gleiche Richtung, querend)
	Kollisionsart = „4 – Front-LZM/Heck-Unfallgegner“
	Unfallart = „2 – Zusammenstoß mit Vorausfahrendem/Wartendem“
	Für Fußgänger: Einzelfallprüfung anhand UHERTXT

Tabelle 27: Notbremsassistent Stufe 2: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Für den automatischen Notbremsassistenten der Stufen 1 und 2 für LZM ist eine mittelfristige Umsetzung denkbar. Die erforderliche Technologie ist seit mehr als einem Jahrzehnt in Pkw und Nutzfahrzeugen vorhanden und eine Übertragung auf LZM möglich.

Fahrerassistenzsystem-Gruppe 4 „Linksabbiegen – Gegenverkehr“

Dieses FAS soll den LZM-Fahrer in Linksabbiegesituationen unterstützen und helfen, Konfliktsituationen mit entgegenkommenden Fahrzeugen zu vermeiden. Durch Betätigen des Fahrtrichtungsanzeigers wird dem FAS der Abbiegewunsch signalisiert. Wird auf der zu kreuzenden Fahrbahn oder Radverkehrsweg ein entgegenkommendes Fahrzeug oder Fahrrad detektiert (z. B. mittels Radar- oder Kamerasensorik), erfolgt eine Warnung an den LZM-Fahrer und je nach Systemauslegung auch ein automatischer Bremseingriff. In Pkw ist ein solches FAS beispielsweise in Fahrzeugen der Hersteller Volkswagen [71] oder auch Audi [72] verfügbar.

In Tabelle 28 sind die angenommenen Systemeigenschaften sowie die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien aufgeführt.

System-beschreibung	Umfelderfassung nach vorne (sensorunabhängig)
	Detektion 1- und 2-spuriger entgegenkommender Fahrzeuge und Fahrräder beim Abbiegevorgang nach links
	Warnung des LZM-Fahrers und automatischer Notbremseingriff zur Kollisionsvermeidung (auslegungsabhängig)
	System über den gesamten LZM-Geschwindigkeitsbereich aktiv
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Unfalltyp: 211 / 212 / 213 / 215 / 224 / 281 / 283 / 354 / 722 / 723

Tabelle 28: Assistent Linksabbiegen – Gegenverkehr: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Auf Grundlage der LZM-Unfalldatenbank adressiert ein Assistenzsystem für Linksabbiegen zwar lediglich 6 % aller Unfälle, aber 8 % aller MAIS 3+ Unfälle sowie 6 % aller Getöteten und Schwerverletzten. Ein solches Assistenzsystem könnte dementsprechend wirkungsvoll dazu beitragen, die Zahl der Unfälle mit schweren Verletzungen zu reduzieren. Insbesondere zeigt sich dies bei der Betrachtung einspuriger Unfallgegner: Bei motorisierten Zweirädern lassen sich 11 % und bei Fahrrädern 9 % aller Getöteten und Schwerverletzten adressieren.

Die angenommene Funktionalität ist in vergleichbaren Systemen mit entsprechender Technologie in Pkw bereits verfügbar, die Übertragung auf LZM wird aufgrund der Komplexität jedoch als aufwendig und vermutlich langwierig angesehen.

Fahrerassistenzsystem-Gruppe 5 „Rückfahrkamera“

Beim Rückwärtsfahren mit LZM können aufgrund der zumeist großen Abmessungen des Fahrzeugs oder des landwirtschaftlichen Gespanns und der damit einhergehenden ungenügenden Übersichtlichkeit hinter dem Fahrzeug befindliche Verkehrsteilnehmer leicht übersehen oder gänzlich nicht erkannt werden. Mittels einer an LZM, Anhängern und/oder Anbaugeräten befindlicher Rückfahrkamera können diese Kollisionsgefahren adressiert werden. Vorstellbar ist ein Kamera-Monitor-System, das den Verkehrsraum hinter der LZM oder dem Gespann abdeckt und das Bildsignal dem Fahrzeugführer auf einem Monitor in der Fahrerkabine zur Information darstellt. Je nach Kameraöffnungswinkel oder auch Kameraanzahl kann einerseits der Bereich hinter der LZM dargestellt werden und andererseits ein erweitertes Sichtfeld nach hinten seitlich, womit idealerweise auch querender Verkehr dargestellt wird und damit die Sicherheit beispielsweise beim Rückwärtsausfahren erhöht wird. Vergleichbare Nachrüstlösungen für Traktoren sind bereits am Markt verfügbar [62].

Rückfahrkamera – Stufe 1

In der Entwicklungsstufe 1 wird dem LZM-Fahrer ein Kamerabild des Verkehrsraumes hinter der LZM beziehungsweise hinter dem landwirtschaftlichen Gespann angezeigt (Tabelle 29).

System-beschreibung	Umfelderfassung nach hinten
	Darstellung des Bereiches hinter LZM/LZM-Gespann mittels Kamera
	Aktiv beim Rückwärtsfahren
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Geschwindigkeit LZM: VNULL = „8 – rückwärtsfahrend“
	Unfalltyp: 703 / 711 / 712 / 713

Tabelle 29: Rückfahrkamera Stufe 1: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Eine Rückfahrkamera Stufe 1 adressiert 2 % der Unfälle auf öffentlichen Straßen und 1 % aller dabei Verletzten. Für Getötete und Schwerverletzte sowie MAIS 3+ Unfälle ergibt sich für dieses Assistenzsystem keine Adressierbarkeit, da ungeschützte Verkehrsteilnehmer nicht in dementsprechende Kollisionen involviert waren und Pkw-Insassen bei diesen Unfallszenarien durch deren passive Sicherheitssysteme gut geschützt sind.

Rückfahrkamera – Stufe 2

Für die Rückfahrkamera der Stufe 2 wird angenommen, dass diese im Vergleich zur Stufe 1 über einen erweiterten Öffnungswinkel verfügt und damit beim Zurücksetzen auch die Sicht auf herannahende querende Verkehrsteilnehmer ermöglicht (Tabelle 30).

Mit der Erweiterung des Sichtbereiches in der Stufe 2 erhöht sich der Anteil der adressierbaren Unfälle auf 3 %. Aufgrund der Berücksichtigung von Zusammenstößen mit rückwärtig querenden Verkehrsteilnehmern kann die Rückfahrkamera dieser Entwicklungsstufe 2 % der MAIS 3+ Unfälle adressieren.

System-beschreibung	Umfelderfassung nach hinten
	Darstellung des Bereiches hinter LZM/LZM-Gespann und Sicht zur Seite/Querverkehr mittels Kamera
	Aktiv beim Rückwärtsfahren
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Geschwindigkeit LZM: VNULL = „8 – rückwärtsfahrend“
	Unfalltyp: 703 / 711 / 712 / 713 / 714 / 715

Tabelle 30: Rückfahrkamera Stufe 2: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Die für die Rückfahrkamerasysteme der Stufen 1 und 2 erforderliche Technologie ist für Pkw, Lkw und zumindest als Nachrüstlösung für LZM bereits vorhanden. Eine kurzfristige Umsetzung ist daher vorstellbar.

Fahrerassistenzsystem-Gruppe 6 „Abbiege-/Totwinkelassistent auf Beifahrerseite für Fußgänger/Radfahrer“

Dieses FAS adressiert insbesondere Unfälle beim Rechtsabbiegen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Der Abbiege-/Totwinkelassistent soll den Bereich der Beifahrerseite neben der LZM beziehungsweise dem landwirtschaftlichen Gespann mittels geeigneter Sensorik überwachen und Fußgänger und Radfahrer detektieren, die sich im sogenannten „Toten Winkel“ befinden sowie bei drohender Kollision den LZM-Fahrer warnen oder auch mittels automatischem Bremseingriff zur Unfallvermeidung beitragen. Die Systemeigenschaften wurden in Anlehnung an UNECE R151 [73] definiert. Seitens Gesetzgebung sind neue Fahrzeugtypen der Fahrzeugklassen N2 und N3 seit dem Jahr 2022 verpflichtend mit einem warnenden Abbiegeassistenten auszustatten [60]. Vor diesem Hintergrund soll im Rahmen dieser Analyse geprüft werden, ob ein solches FAS auch einen relevanten Beitrag zur Reduktion des Unfallgeschehens mit LZM leisten könnte.

Tabelle 31 zeigt die angenommenen Systemeigenschaften für dieses FAS sowie die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien.

System-beschreibung	Umfelderfassung beifahrerseitig (sensorunabhängig)
	Detektion von Radfahrern und Fußgängern, die sich in unmittelbarer Nähe der Beifahrerseite der LZM befinden
	Warnung des LZM-Fahrers und automatischer Notbremseingriff zur Kollisionsvermeidung (auslegungsabhängig)
	System über den gesamten LZM-Geschwindigkeitsbereich aktiv
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Verkehrsbeteiligung Unfallgegner = „Fahrrad“, „Fußgänger“
	Unfalltyp: 232 / 233 / 241 / 243 / 275 / 284 / 285 / 484

Tabelle 31: Abbiege-/Totwinkelassistent Beifahrerseite: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Durch den Abbiege-/Totwinkelassistenten mit diesem definierten Funktionsumfang können lediglich 2 % aller Unfälle mit Radfahrern und Fußgängern adressiert werden, davon kein Unfall mit Verletzungsfolge MAIS 3+. Bezogen auf das Gesamtunfallgeschehen von LZM lässt sich für dieses FAS ausgehend von der LZM-Unfalldatenbank kein Beitrag zur Reduktion der Getöteten und Schwerstverletzten ableiten. Dies zeigt deutlich, dass Rechtsabbiegeszenarien mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern – im Gegensatz zu anderen Fahrzeugklassen – bei LZM keinen wesentlichen Aspekt bei Unfällen mit Personenschaden darstellen.

Aufgrund der verfügbaren Technologie in Pkw sowie der bereits genannten Ausstattungspflicht für bestimmte Nutzfahrzeugklassen ist eine mittelfristige Umsetzung für LZM allerdings denkbar.

Fazit zu Fahrerassistenzsystemen für LZM

Wie in Kapitel 6.2.1 erwähnt ist die Addition der ermittelten Adressierbarkeiten der FAS-Gruppen 1 bis 6 prinzipiell zulässig. Daraus ergibt sich zusammengefasst für die betrachteten Fahrerassistenzsysteme für LZM eine maximale Adressierbarkeit von 67 % der Unfälle auf öffentlichen Straßen und 66 % der dabei getöteten und schwerverletzten Verkehrsteilnehmer.

Allein die aus Autorensicht kurzfristig und mittelfristig umsetzbaren Technologien adressieren bereits 34 % der Unfälle sowie 33 % der Getöteten und Schwerverletzten. Eine Übertragung von in anderen Fahrzeugklassen bereits etablierten Fahrerassistenzsystemen auf landwirtschaftliche Zugmaschinen ist demzufolge als wirksame Maßnahme zur Reduktion der Unfälle und Verletzungsfolgen mit Beteiligung von LZM anzusehen.

6.2.2 Sichtbarkeit der LZM und Anhänger bzw. Geräte

Funktionsfähige & robuste Fahrtrichtungsanzeiger Heck

Funktionstüchtigkeit und Erkennbarkeit der rückseitigen Fahrtrichtungsanzeiger landwirtschaftlicher Zugmaschinen und Gespanne sind für nachfolgende Verkehrsteilnehmer von elementarer Bedeutung. Insbesondere kann die Erkennung von bevorstehenden Abbiegevorgängen durch defekte Fahrtrichtungsanzeiger oder fehlende Betätigung aufgrund der überwiegend geringen LZM-Fahrgeschwindigkeiten deutlich erschwert sein. In der Folge kann dies zu konfliktträchtigen Überholmanövern durch den nachfolgenden, deutlich schnelleren Verkehr führen. Eine einwandfreie Funktion der Fahrtrichtungsanzeiger von LZM und deren Anhänger und Arbeitsgeräten muss stets gewährleistet sein.

Beispielsweise sollte die Fahrtrichtungsanzeigerrückstellung so ausgelegt sein, dass normale Lenkkorrekturen während Geradeausfahrt nicht zu einer Deaktivierung des betätigten Fahrtrichtungsanzeigers führen. Durch die üblicherweise deutlich höhere Lenkübersetzung bei LZM sind daher die bei Pkw und Lkw verwendeten Fahrtrichtungsanzeiger nicht eins zu eins verwendbar, da deren Rückstellung zu empfindlich für die bei LZM erforderlichen stärkeren Lenkausschläge sind.

Besonders schlag- und stoßgeschützte Gehäuse der Beleuchtungseinrichtungen oder eine Einhausung durch Metallgitter können zusätzlichen Schutz vor Beschädigungen durch Anstöße beim Rangieren oder Rückwärtsfahren bieten. An landwirtschaftlichen Anhängern könnte eine höhere Positionierung der Beleuchtungseinrichtungen – beispielsweise oberhalb der Ladekante – das Anstoßrisiko reduzieren und darüber hinaus zu einer besseren Erkennbarkeit auch für weitere Folgefahrzeuge führen, da die Beleuchtung positionsabhängig nicht mehr durch das erste Folgefahrzeug verdeckt wäre.

Ein vergleichbarer Effekt kann auch durch auf dem Dach der Zugmaschine angebrachte Beleuchtungseinrichtungen erreicht werden, insbesondere bei Fahrten allein oder mit Anbaugerät.

Zur Vermeidung einer übermäßigen Verschmutzung der Fahrtrichtungsanzeiger und einer damit einhergehenden Nichterkennbarkeit, wurde in [9] bereits auf die Möglichkeit der

Verwendung mikro- und nanostrukturierter Gehäuseoberflächen mit Selbstreinigungseffekt hingewiesen.

Für ein fehlerloses Anschließen der Beleuchtungseinrichtungen von Anhänger und Anbaugerät sind robuste Steckverbindungen obligatorisch und durch Fahrt und Feldarbeit hervorgerufene Vibrationen und Erschütterungen dürfen nicht zu einem selbstständigen Lösen der Verbindung führen. Zudem ist die Verwendung von Spiralkabeln empfehlenswert [9].

Für die Ermittlung der Adressierbarkeit wurden in der LZM-Datenbank enthaltene Unfälle des Szenarios „Konflikt mit Nachfolgendem/Überholendem bei Abbiegevorgang LZM“ hinsichtlich des Merkmals „Blinker“ geprüft. Tabelle 32 führt die Filterkriterien auf.

System-beschreibung	Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit und Erkennbarkeit der Fahrtrichtungs-anzeiger
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	BLINKER: "0 – keine Funktion", "2 – funktionsfähig, aber nicht erkennbar", "3 – funktionsfähig, aber nicht betätigt„, „4 – Betätigung strittig“
	KOLART: ohne „4 – Front LZM / Heck Unfallgegner “
	FZGKONFIG: LZM allein, ohne Anhänger, ohne Anbaugeräte hinten ("0", "4", "6", "7"), LZM mit Gerät an hinterem Dreipunktkraftheber ("3", "5"), LZM mit Anhänger ("1", "2")
	Unfalltyp: 201 / 202 / 204 / 231 / 232 / 233

Tabelle 32: Funktionsfähige und robuste Blinker Heck: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Mit funktionsfähigen und erkennbaren Fahrtrichtungsanzeigern lassen sich 4 % aller Unfälle auf öffentlichen Straßen und 5 % der dabei Getöteten und Schwerverletzten adressieren. Bezogen auf die relevanten Abbiegeunfälle lassen sich 20 % der Unfälle sowie 15 % der dabei schwerverletzten und getöteten Verkehrsteilnehmer adressieren. Dies zeigt einmal mehr die Bedeutung funktionierender und erkennbarer Fahrtrichtungsanzeiger für die Verkehrs-sicherheit auf.

Bei detaillierter Betrachtung der Fahrzeugkonfiguration fällt zudem auf, dass die Beanstandung „Blinker keine Funktion oder nicht erkennbar“ doppelt so häufig bei Fahrten mit landwirtschaftlichen Anhängern oder angehängtem Gerät auftrat gegenüber der LZM allein. Darüber hinaus kam eine nachgewiesene Nichtbetätigung des Fahrtrichtungsanzeigers durch den LZM-Fahrer lediglich in 1 % aller Unfälle vor. Es soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass in immerhin 6 % aller Unfälle konträre Aussagen der Beteiligten zur Betätigung der Fahrtrichtungsanzeiger getätigt wurden.

Aufgrund vorhandener Technologien ist eine kurzfristige Verbesserung der Funktionsfähigkeit und Robustheit der Fahrtrichtungsanzeiger denkbar.

Optimierung Signalbild LZM/Anhänger/ Gerät

Infolge der häufig großen Abmessungen landwirtschaftlicher Zugmaschinen, Anbaugeräte und Anhängern sowie den geringen Fahrgeschwindigkeiten ist deren Erkennbarkeit für andere Verkehrsteilnehmer von elementarer Bedeutung für die Verkehrssicherheit. Dies kommt insbesondere während der Dämmerung und bei Dunkelheit zum Tragen oder auch bei Sichteinschränkungen durch Regen, Nebel und tiefstehende Sonne.

In [9] wurde eine Vielzahl von Optimierungsmöglichkeiten des Signalbildes erörtert. An dieser Stelle soll vor allem die optionale Anwendung von Konturmarkierungen aus reflektierenden Folienstreifen erwähnt werden. Seitliche Markierungen (in den Farben Gelb oder Weiß [3]) können zur besseren Erkennbarkeit kreuzender, ab- oder einbiegender LZM beitragen und heckseitige Markierungen (in den Farben Gelb oder Rot [3]) die Wahrnehmbarkeit vorausfahrender LZM erhöhen. Konturmarkierungen sind für landwirtschaftliche Fahrzeuge nicht verpflichtend, jedoch im Sinne der Verkehrssicherheit empfehlenswert.

Für die Ermittlung der Adressierbarkeit wurde die LZM-Datenbank anhand der Filterkriterien nach Tabelle 33 geprüft.

System-beschreibung	Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von LZM / Anbaugerät / Anhänger
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Lichtverhältnisse: Tageslicht / Dämmerung / Dunkelheit
	Aufschlüsselung „Sichtbarkeit“ nach: LZM / Anhänger / Gerät
	Aufschlüsselung „Sichtbarkeit“ nach: vorn / seitlich / hinten

Tabelle 33: Optimierung Signalbild: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Für 6 % aller Unfälle und 10 % aller Getöteten und Schwerverletzten konnte ermittelt werden, dass das landwirtschaftliche Fahrzeug aufgrund des Signalbildes vom Unfallgegner nicht adäquat eingeschätzt wurde. Es wird angenommen, dass eine Optimierung des Signalbildes diese Unfälle adressiert. Als Schwerpunkt stellt sich die Wahrnehmbarkeit von Anhängern sowie Anbaugeräten heraus. Während in lediglich 2 % aller Unfälle die Wahrnehmbarkeit der LZM angemerkt wurde, betrifft es 4 % der Anhänger sowie 13 % der Anbaugeräte. 29 % der Unfälle bei Dunkelheit sowie 43 % der dabei Getöteten und Schwerverletzten wurden mit mangelnder LZM-Wahrnehmung in Verbindung gebracht, hier könnten insbesondere die bereits erwähnten reflektierenden Markierungen zur Unfallvermeidung beitragen. Bei Betrachtung der Adressierbarkeit nach betroffenem Fahrzeugbereich lässt sich kein weiterer Schwerpunkt herausarbeiten. Die mangelnde Wahrnehmbarkeit von „Heck“, „Seite“, „Breite“ und „Allgemein“ ist mit jeweils gleichen Anteilen an allen Unfällen sowie an Getöteten und Schwerverletzten vertreten.

Auch das Signalbild der landwirtschaftlichen Zugmaschinen und Anhängern lässt sich aus Sicht der Autoren aufgrund der Verfügbarkeit diverser Optionen kurzfristig optimieren.

6.2.3 Passive Schutzeinrichtungen bei LZM

Seitlicher Unterfahrschutz für landwirtschaftliche

Anhänger

Seitliche Schutzvorrichtungen sind laut § 32c StVZO [3] für landwirtschaftliche Zugmaschinen und ihre Anhänger nicht verpflichtend. Kommt es zu seitlichen Kollisionen zwischen Pkw und landwirtschaftlichen Anhängern ist somit keine Kompatibilität zwischen den Fahrzeugen gegeben und somit können die passiven Sicherheitssysteme ihre Wirkung nicht voll entfalten. Aufgrund des sich relativ hoch über der Fahrbahn befindenden Rahmen des Anhängers können Pkw diesen bis zur A-Säule ungebremst unterfahren. Ein seitlicher Unterfahrschutz für landwirtschaftliche Anhänger soll dieses Unterfahren vermeiden oder zumindest mindern. Zudem können motorisierte Zweiräder durch einen seitlichen Unterfahrschutz abgewiesen werden. Bei Lkw und Bussen besteht keine Gefahr des Unterfahrens. Ein grundsätzlicher Schutz für Radfahrer und Fußgänger, um nicht unter den Anhänger zu geraten und überrollt zu werden, ist durch einen Unterfahrschutz nicht gegeben und diese Unfallgegner werden daher für die Ermittlung der Adressierbarkeit nicht berücksichtigt.

Tabelle 34 zeigt die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien.

System-eigenschaften	Vermeidung seitliches Unterfahren des Anhängers durch Pkw sowie motorisierte Zweiräder
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Art des Anhängers: „1– Einachs- und Tandemachskipper“, „2 – Zweiachskipper und Anhänger mit Drehschemel“, „3 – Güllewagen / Tankanhänger“, „13 – Heuladewagen / Silierwagen / Kombiwagen / Muldenkipper“, „14 – Tiertransportanhänger“
	Für Pkw: KOLART = „3 – Seite-VN / Front-GES“ / FZGBESFH = ohne „1“, „4“, „6“ (Beschädigung vorn) / CDC-VN = „2“, „3“, „4“, „8“, „9“, „10“ / CDC-GES = „11“, „12“, „1“
	Für motorisierte Zweiräder: KOLART = „3 – Seite-VN / Front-GES“ / CDC-VN = „1“, „2“, „3“, „4“, „5“, „7“, „8“, „9“, „10“, „11“ / ZR_STURZ = „1“, „3“ / FZGBESFH = ohne „1“, „4“, „6“ (Beschädigung vorn)
	Nächster Schritt: Analyse anhand Unfallhergangstext

Tabelle 34: Seitlicher Unterfahrschutz für landwirtschaftliche Anhänger: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Die Analyse anhand der LZM-Datenbank ergab, dass ein seitlicher Unterfahrschutz für landwirtschaftliche Anhänger für 4 % aller Unfälle im Straßenverkehr (6 % der Getöteten und Schwerverletzten, 4 % aller Verletzten) einen Nutzen hätte haben können. Für Pkw sind 8 % sowie für motorisierte Zweiräder 14 % der MAIS 3+ Unfälle adressierbar. Als Einschränkung der Ergebnisse ist jedoch zu berücksichtigen, dass auf Basis der vorliegenden Unfall-informationen keine Beurteilung darüber möglich ist, inwiefern im jeweiligen Einzelfall ein seitlicher Unterfahrschutz die Kollisionsfolgen (insbesondere die Verletzungen) hätte beeinflussen können. Seitliche Unterfahrschutzeinrichtungen sind für bestimmte Anhänger

bereits verpflichtend, daher ist eine Umsetzung auch für landwirtschaftliche Anhänger kurzfristig vorstellbar.

Frontunterfahrschutz für LZM

Wie in Kapitel 2.3.12 beschrieben ist ein vorderer Unterfahrschutz für landwirtschaftliche Zugmaschinen aufgrund des Verwendungszwecks nicht vorgeschrieben. Ein Frontunterfahrschutz könnte jedoch wirksam dazu beitragen, dass im Falle eines frontalen Anpralls kleinere Fahrzeuge (Pkw, motorisierte Zweiräder) die LZM nicht unterfahren und damit eine Minderung der Verletzungsfolgen bewirken. Als Nachrüsttechnologie sind Frontunterfahrschutzsysteme für LZM heute bereits verfügbar, beispielsweise in Verbindung mit Frontgewichten oder auch als Direktanbau an den Frontkraftheber [74] [75]. Mittels der angebrachten Warnmarkierungen, Reflektoren oder auch Begrenzungsleuchten können die angesprochenen Systeme zusätzlich einen Beitrag zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit sowie Einschätzung der Fahrzeugbreite der LZM leisten.

Tabelle 35 zeigt die auf die LZM-Datenbank angewandten Filterkriterien.

System-eigenschaften	Vermeidung Unterfahren der LZM bei Frontalanprall durch Pkw sowie motorisierte Zweiräder
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Für Pkw: KOLART = „1 – Front VN / Front GES“, VN_CDC = „11“, „12“, „1“, CDC-GES= „11", „12", „1“ VN_FZGBESHS = „1", „2", „3", „4", „5", „6“ , GES_FZGBESHS = „4", „5", „6"
	Für mot. Zweiräder: KOLART: Ohne „3 – Seite VN / Front GES“, „5 – Heck VN / Front GES“, Unfallart = „4“, „5“, ANSTKRAD1 = ”1, ”2”, ”12”, ”n.e.”
	Nächster Schritt: Analyse anhand Unfallhergangstext

Tabelle 35: Frontunterfahrschutz für LZM: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Durch Frontunterfahrschutzsysteme können 3 % aller Unfälle sowie 6 % der dabei getöteten und schwerverletzten Beteiligten adressiert werden. An den adressierbaren Kollisionen waren Pkw und motorisierte Zweiräder jeweils zu 50 % beteiligt. Analog zum seitlichen Unterfahrschutz für landwirtschaftliche Anhänger kann auch beim LZM-Frontunterfahrschutz nicht beurteilt werden, inwiefern die jeweiligen Verletzungsfolgen im Einzelfall durch den Frontunterfahrschutz hätten beeinflusst werden können. Dies trifft insbesondere auf motorisierte Zweiräder als Unfallgegner zu.

Die als Nachrüstmöglichkeiten erhältlichen Systeme zeigen, dass eine kurzfristige Umsetzung dieser SV-Maßnahme vorstellbar ist.

6.2.4 Sonstige Schadenverhütungsmaßnahmen bei

LZM **Rückspiegelverbreiterung für LZM**

Wie in Kapitel 2.3.11 beschrieben gilt seit dem 01.01.2018 für landwirtschaftliche Zugmaschinen nach EU-Verordnung 167/2013 [2] eine Ausstattungspflicht mit Weitwinkelrückspiegeln. Für ältere sowie nicht von der Verordnung betroffene Fahrzeuge kann eine Rückspiegelverbreiterung eine sinnvolle Möglichkeit sein, Sichtverdeckungen nach hinten, insbesondere beim Fahren mit breiter und hoher Ladung, auszugleichen. Herstellerspezifische sowie universelle Teleskop-Rückspiegelhalter (Auszuglänge zum Beispiel 300 mm) sind als Nachrüstlösungen erhältlich [76].

Für die Ermittlung der Adressierbarkeit wurde angenommen, dass eine solche konstruktive Lösung den LZM-Fahrer bei der Beobachtung des rückwärtigen Verkehrs unterstützen kann und somit Kollisionen beim Spurwechsel oder Abbiegen adressiert. Die angewandten Filterkriterien für die LZM-Datenbank stellt Tabelle 36 dar.

System-eigenschaften	Verbesserung der Sicht auf rückwärtigen Verkehr bei Sichteinschränkungen durch Ladung oder Anbaugeräte
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Sicht eingeschränkt = “3 – ja, nach hinten”
	Geschwindigkeit LZM: VNULL: ohne "8 – rückwärtsfahrend„
	Unfalltyp: 202 / 232 / 251 / 252 / 305 / 315 / 51x / 63x / 64x / 651 / 721

Tabelle 36: Rückspiegelverbreiterung für LZM: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Die Analyse zeigt, dass 2 % der Unfälle sowie 3 % der Getöteten und Schwerverletzten durch eine Rückspiegelverbreiterung angesprochen werden könnten. Somit wird die Adressierbarkeit zwar nicht als sehr hoch bewertet, aber vor allem für ältere Traktoren bietet dies eine einfach umzusetzende Möglichkeit zur Ausschöpfung eines weiteren Schadenvermeidungspotenzials.

6.2.5 Fahrzeugvernetzung

LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation

Unter LZM (Fahrzeug)-zu-Fahrzeug-Kommunikation wird der Informationsaustausch verschiedener Kraftfahrzeuge untereinander verstanden. Durch gezielte Informationsweitergabe lassen sich Verkehrsflüsse optimieren und die Verkehrssicherheit erhöhen. Fahrzeuge können sich beispielsweise gegenseitig vor bevorstehenden Kollisionen warnen oder über geplante Fahrmanöver informieren. Jedes Fahrzeug kann in diesem Informationsverbund die Rolle des Senders, Empfängers oder Vermittlers (Router) übernehmen. Für einen wirksamen Einsatz benötigt die Technologie Datentransfer in Echtzeit, mithin eine stabile und geschützte Datenverbindung, sowie eine ausreichende Marktdurchdringung [9].

Für landwirtschaftliche Zugmaschinen sind insbesondere folgende Anwendungsszenarien vorstellbar:

- Verkehrsteilnehmer können auf vorausfahrende oder soeben auf die übergeordnete Straße einbiegende LZM aufmerksam gemacht werden.
- Die Kommunikation kann nachfolgenden Verkehrsteilnehmern signalisieren, ob ein gefahrloses Überholen der LZM möglich ist oder ob eine Abbiegeabsicht vorhanden ist.
- Fahrer motorisierter Zweiräder können Informationen und Warnungen über den aktuellen landwirtschaftlichen Verkehr auf ihrer Strecke erhalten und ihre Fahrweise so an eventuell auftretende Verschmutzungen oder verdeckte Feldeinfahrten anpassen.
- Warnung vor liegengebliebenen landwirtschaftlichen Zugmaschinen

Für die Ermittlung der Adressierbarkeit von LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation wurde angenommen, dass mittels der Technologie andere Verkehrsteilnehmer vor einbiegenden, abbiegenden, vorausfahrenden sowie liegengebliebenen landwirtschaftlichen Zugmaschinen gewarnt werden können (siehe Tabelle 37).

System-eigenschaften	Warnung anderer Verkehrsteilnehmer vor einbiegenden, abbiegenden, vorausfahrenden, liegengebliebenen LZM
	Überholer vs. Gegenverkehr-Situationen, Auffahren durch LZM (Kommunikation bidirektional möglich)
Filterkriterien	Unfall im Straßenverkehr
	Verkehrsbeteiligung Unfallgegner = „Pkw“, „motorisierte Zweiräder“, „Lkw“, „Busse“
	Differenzierung nach Straßenschnittpunkten
	Unfalltyp: 20x / 21x / 23x / 26x / 27x / 28x / 30x / 31x / 32x / 33x / 35x / 60x / 66x / 68x / 714 / 715 / 721 / 722 / 723 / 74x

Tabelle 37: LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022.

Die Analyse der LZM-Datenbank zeigte einen sehr hohen adressierbaren Anteil von 68 % der Unfälle sowie 70 % der Getöteten und Schwerverletzten. Unterschiedliche Adressierbarkeiten ergeben sich bei Betrachtung der Ortslagen. Innerorts lassen sich 56 % und außerhalb von Ortschaften 77 % der Unfälle adressieren. Dies kann auf die höheren Geschwindigkeitsunterschiede außerhalb zurückgeführt werden. Zudem geschahen 28 % der adressierbaren Unfälle der LZM-Datenbank am Straßenschnittpunkt Feldweg – übergeordnete Straße. Bei Unfällen mit motorisierten Zweirädern beträgt der entsprechende Anteil sogar 38 % sowie 44 % der Getöteten und Schwerverletzten.

Die Entwicklung geeigneter Kommunikationstechnologien, die den Anforderungen der Fahrzeugvernetzung gerecht werden, ist noch nicht abgeschlossen. Daher ist für dieses System von einer langfristigen Implementierung auszugehen, bis Fahrzeuge unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlicher Fahrzeugklassen in der Lage sind, miteinander zu

kommunizieren. Für eine effiziente Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation müssten zudem auch Gebrauchtfahrzeuge mit dieser Kommunikationstechnik nachgerüstet werden, dies dürfte aber nur bei niedrigen Systemkosten zu realisieren sein.

Somit wird die Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation in naher Zukunft trotz der ermittelten sehr hohen Adressierbarkeitswerte noch keinen nennenswerten Beitrag zur Reduktion der Unfallzahlen leisten können.

6.3 Beschreibung sonstiger Schadenverhütungsmaßnahmen

6.3.1 Infrastrukturelle Maßnahmen

Infrastrukturelle Maßnahmen könnten vor allem dazu beitragen, das Gefahrenpotenzial von Ein- und Abbiegesituationen zu reduzieren. Es wurden eine Vielzahl möglicher Optimierungen diskutiert, die hier im Folgenden stichpunktartig erwähnt werden sollen:

- Anordnung von Überholverboten und/oder Geschwindigkeitsbeschränkungen
- Aufgeweitete Aufstellfläche für LZM zur Erhöhung der Sicherheit beim Linksabbiegen
- Straßenschnittpunkt Feldweg – übergeordnete Straße (Relevanz im Unfallgeschehen: 6 % der Unfälle, 9 % der Getöteten und Schwerverletzten):
    - Lage von Feldzufahrten auf Sichtverhältnisse bezogen auf den Straßenverlauf prüfen
    - Lage von Feldzufahrten optimieren oder bündeln
- Bessere Sichtverhältnisse für Einbiegen-/Kreuzen-Situationen herstellen (Relevanz im Unfallgeschehen: 13 % der Unfälle, 19 % der Getöteten und Schwerverletzten, in Verbindung mit infrastrukturellen Sichteinschränkungen)
- Für Grundstückszufahrten die Anbringung von Verkehrsspiegeln prüfen
- Brücken, Kreisverkehre, Beschleunigungsstreifen für LZM

Eine großflächige kurz- oder mittelfristige Umsetzung aller möglichen Infrastrukturmaßnahmen ist aus Autorensicht schwer vorstellbar, Kosten und Nutzen dürften vermutlich in den seltensten Fällen in einem passenden Verhältnis zueinander stehen. Daher sind diese Optionen als Anregungen zu verstehen, die gegebenenfalls punktuell realisiert werden können.

6.3.2 Weitere Maßnahmen

Über die technischen Empfehlungen hinaus können auch weitere Maßnahmen einen positiven Einfluss auf das Unfallgeschehen mit Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen ausüben. Dazu gehören die nachfolgend beschriebenen Ansätze.

Fahrsicherheitstrainings für LZM-Fahrzeugführer

In Fahrsicherheitstrainings können LZM-Fahrer lernen Gefahren adäquat einzuschätzen und kritische Situationen sicher zu bewältigen. Neben theoretischen Grundlagen zur optimalen Sitzposition, Spiegeleinstellung und Blicktechnik werden in Fahrübungen auf unterschiedlichen Fahrbahnbelägen eine Vielzahl an Manövern in simulierten Gefahrensituationen trainiert. Junge LZM-Fahrer, die noch über wenig Erfahrung im motorisierten Straßenverkehr verfügen, aber auch alle anderen, können besonders davon profitieren, dass Gefahrensituationen und entsprechende Reaktionen darauf ohne Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer kennengelernt und bewältigt werden können. Jeder Fünfte an den Unfällen der LZM-Datenbank beteiligte LZM-Fahrer war bis 24 Jahre alt. Wobei hinzuzufügen ist, dass hinsichtlich Unfallschwere und Verletzungsfolgen keine Auffälligkeiten gegenüber älteren Fahrern zu ermitteln waren. Die hohe Unfallbeteiligung der jungen Fahrer bildet daher vermutlich deren hohen Anteil als Fahrer von LZM ab.

Fahrsicherheitstrainings für LZM werden beispielsweise vom ADAC e.V., den Deutschen Lehranstalten für Agrartechnik e.V. (DEULA) und weiteren Organisationen angeboten [77] [78] [79]. Sofern diese nach den Richtlinien des Deutschen Verkehrssicherheitsrates e.V. (DVR) durchgeführt werden, kann eine Teilnahme einmal jährlich von der Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG) bezuschusst werden [80].

Sensibilisierung aller Verkehrsteilnehmer

Zur Sensibilisierung aller Verkehrsteilnehmer für die besonderen Gefahren von landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Straßenverkehr können verschiedene Verbreitungswege zweckdienlich sein. Mit Publikationen und Artikeln in regionalen und überregionalen Tageszeitungen (Print- sowie Online-Ausgaben) können alle Verkehrsteilnehmer erreicht werden. Zur gezielten Information bestimmter Personengruppen eignen sich insbesondere Artikel in den Mitgliedermagazinen von Automobil- und Fahrradfahrerclubs (beispielsweise ADAC, ADFC) oder in Publikumszeitschriften wie z. B. „Motorrad“. Für Fahranfänger aller Fahrzeugklassen bietet die theoretische Fahrschulausbildung eine ideale Möglichkeit zur Sensibilisierung. Diesbezüglich ist festzustellen, dass der aktuelle Fragenkatalog auch Fragen zu Gefahren, die von landwirtschaftlichen Fahrzeugen im Straßenverkehr ausgehen können, enthält [81] [82].

Um insbesondere junge Verkehrsteilnehmer zu erreichen, wären passende Informationen, die über die sozialen Medien oder andere digitale Kanäle verbreitet werden, eine weitere Möglichkeit der Sensibilisierung für die Herausforderungen von und mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen im Straßenverkehr.

Zudem sind nach [9] auch die Hersteller von Landmaschinen aktiv. Beispielsweise lädt der deutsche Landtechnikkonzern CLAAS in regelmäßigen Abständen den niedersächsischen Fahrlehrerverband ein, um Fahrlehrern die Möglichkeit zu geben, selbst einmal einen Traktor oder Mähdrescher zu fahren. Die dadurch gewonnenen Eindrücke sollen den Fahrlehrern helfen, ihre Fahrschüler im Umgang mit landwirtschaftlichen Fahrzeugen zu sensibilisieren und das Gefahrenpotenzial optimal hervorzuheben.

Beachten der Unfallverhütungsvorschriften

Die Fahrzeugführer von LZM können durch das konsequente Beachten der Unfallverhütungsvorschriften (UVV), welche von den landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften herausgegeben und regelmäßig aktualisiert werden, dazu beitragen, das Unfallrisiko für alle Beteiligten zu senken.

Beispiele für Maßnahmen sind unter anderem:

- Frontlader beim Fahren in obere Stellung bringen:
    - Anhand der Informationen der LZM-Datenbank konnte ermittelt werden, dass in 4 % aller Unfälle mit 5 % aller Getöteten und Schwerverletzten sich der Frontlader nicht in der oberen Endstellung befand und dabei als unfallursächlich oder unfallfolgenbeeinflussend (z. B. Kollision mit Frontlader) angesehen wurde.
    - Beim Fahren mit Frontlader in unterer Stellung sind zu beachten [83]:
        - Kenntlichmachung und Absicherung erforderlich
        - Arbeitswerkzeuge mit Kanten und Zähnen sind durch Schutzvorrichtungen abzudecken
        - Vorbaumaß von 3,50 m sowie das Merkblatt für angebaute Arbeitsgeräte
- Verschmutzte Fahrbahn reinigen:
    - Die Analyse der LZM-Datenbank zeigt, dass 3 % der Unfälle und 1 % der Getöteten und Schwerverletzten mit einer vorhergehenden Fahrbahnverschmutzung durch ausgelaufenes Öl, verlorene Ladung oder auch Erde in Verbindung zu bringen sind
    - Von hervorgehobener Bedeutung ist die rechtzeitige Beseitigung von Verschmutzungen für Unfälle mit motorisierten Zweirädern, für diese Art der Verkehrsbeteiligung werden 12 % aller Unfälle adressiert, die in der Regel leichte Verletzungen zur Folge hatten (nur 1 % der Getöteten und Schwerverletzten)
- Rückspiegel passend einstellen
- Schulterblick vor dem Abbiegen
- Beleuchtungseinrichtungen regelmäßig auf Funktion und Sauberkeit prüfen und gegebenenfalls sofort reparieren
- Ladung gegen Herabfallen durch geeignete Sicherungsvorrichtungen sichern
- Anbringen von Warntafeln an Anhängern/Anbaugeräten.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieses Forschungsberichtes basieren auf einer Literaturrecherche sowie Analysen der im Rahmen des Schadenverhütungsprojektes erstellten Datenbank mit Unfällen landwirtschaftlicher Zugmaschinen.

Die Auswertung der amtlichen Verkehrsunfallstatistik in Kapitel 3.1 zeigte für die Statistikjahre 2005 bis 2021 eine sehr geringe Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen an Personenschadenunfällen in Deutschland (min.: 0,56 %; max.: 0,71 %). Demgegenüber steht allerdings eine überproportionale Beteiligung von LZM an Unfällen mit Getöteten (min.: 1,29 %; max.: 2,63 %) und Schwerverletzten (min.: 0,86 %; max.: 1,15 %). Zudem werden LZM in circa 60 % der Unfälle mit Personenschaden als Hauptverursacher ausgewiesen.

Die besondere Schwere der Unfälle mit LZM-Beteiligung wird auch anhand der in Kapitel 3.2 beschriebenen Ermittlung der fahrleistungsbezogenen Verunglücktenrate der Jahre 2017 bis 2020 deutlich. Anhand der amtlichen Statistik und den getroffenen Annahmen ist das Risiko für einen Todesfall bei Unfällen mit LZM-Beteiligung um den Faktor 56 höher als bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung.

Die Versicherungsschadenstatistik (Kapitel 4) zeigte für LZM gegenüber allen Kfz ebenfalls einen geringeren Anteil an Unfällen mit Personenschaden (Kraftfahrzeughaftpflicht). Im Gegensatz dazu sind die dafür durchschnittlich zu leistenden Schadenaufwendungen in etwa doppelt so hoch im Vergleich mit allen Kfz. Dies ist ein weiteres Indiz für die besondere Schwere der Unfälle mit LZM-Beteiligung.

Die gemeinschaftlich von GDV, Allianz und LVM erarbeitete Unfalldatenbank beinhaltet insgesamt 978 Versicherungsschäden, davon 905 Unfälle im öffentlichen Straßenverkehr, mit folgenden Kriterien (Kapitel 5.1):

- Kraftfahrzeughaftpflichtschadenfälle
- Versicherungsnehmerfahrzeug ist LZM (WKZ 451)
- Schadenjahre 2017 – 2020
- Unfälle mit Personenschaden (mindestens eine dritte Person wurde verletzt oder getötet)
- Mindestschadenaufwand 4.000 € (Top-Down-Sortierung)

Für die Auswertung der Datenbank wurden im weiteren Verlauf ausschließlich die 905 Unfälle auf öffentlichen Straßen berücksichtigt. In knapp zwei Drittel der Unfälle war ein Pkw der Unfallgegner und in jedem fünften Unfall ein motorisiertes Zweirad. Radfahrer stellten mit anteilig 8,4 % einen weiteren häufigen Unfallgegner, wohingegen Fußgänger (1,3 %) sehr selten beteiligt waren. Weitere wichtige Erkenntnisse zu allgemeinen Merkmalen (siehe Kapitel 5.2) der untersuchten Unfälle werden im Folgenden aufgeführt:

- 90 % der Unfälle wurden polizeilich gemeldet.
- 97 % aller LZM-Fahrzeugführer waren männlich.
- Jeder fünfte LZM-Fahrer war unter 25 Jahre alt.
- 63 % der Unfälle ereigneten sich außerorts und 88 % bei Tageslicht.
- Die Unfallart „5 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt“ besitzt innerorts (45 %) wie außerorts (66 %) die größten Anteile. Zudem

kommen im Unfallgeschehen von LZM die Unfallarten „2 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet“ (innerorts: 19 % / außerorts: 8 %) sowie „4 – Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt“ (innerorts: 15 % / außerorts: 12 %) häufig vor. Diese drei Unfallarten stellen über alle Ortslagen gesehen mehr als 80 % der Unfälle dar.

- Mehr als 80 % der Unfälle werden zudem durch lediglich drei Unfalltypen repräsentiert: „2 – Abbiege-Unfall“ (35 %), „3 – Einbiegen-/Kreuzen-Unfall“ (28 %) und „6 – Unfall im Längsverkehr“ (19 %). Abbiege-Unfälle traten zudem mit anteilig 41 % außerorts deutlich häufiger auf als innerorts (26 %). In der Altersgruppe der LZM-Fahrer bis 29 Jahre traten Fahrunfälle sowie Unfälle im Längsverkehr überdurchschnittlich häufig auf, bei Fahrern älter als 75 Jahre überwogen Unfälle beim Einbiegen/Kreuzen.
- Mehr als 60 % der Unfallursachen der LZM-Fahrzeugführer werden durch die Gruppen „Fehler beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Ausfahren“ (38 %) sowie „Vorfahrt, Vorrang“ (24 %) dargestellt.
- In 32 % der Unfälle konnte dem Unfallgegner ebenfalls eine Unfallursache zugeordnet werden, was in der Regel auch in einer Mithaftung des Unfallgegners resultierte. Dabei überwogen deutlich Fehler beim Überholen (49 %) gefolgt von „Nicht angepasste Geschwindigkeit“ (21 %). Unter den Unfällen mit Mithaftung des Unfallgegners stachen die Abbiegeunfälle mit anteilig mehr als 50 % heraus. Bezogen auf die Unfallgegner wurde Fahrern motorisierter Zweiräder überdurchschnittlich oft (48 %) zumindest eine Teilschuld zugewiesen.
- 50 % der Unfälle ereigneten sich an einer Einmündung – außerorts (56 %) deutlich häufiger als innerorts (39 %) – sowie 20 % an einer Kreuzung.
- Häufigste Fahrzeugkonfigurationen waren „LZM mit einem Anhänger“ (56 %), „LZM allein“ (22 %) sowie „LZM mit Anbaugerät Heck“ (14 %).
- Bei verbautem Frontlader befand sich dieser in 50 % der Fälle in der oberen und in 42 % der Fälle in der unteren Position.
- Für 7 % der Unfälle wurden unfallursächliche technische Mängel an der LZM oder am Gespann festgestellt.
- In mehr als einem Viertel der 195 als relevant identifizierten Unfälle war der Fahrtrichtungsanzeiger der LZM oder des Anhängers funktionslos (14 %), nicht erkennbar (7 %) oder nicht betätigt (6 %).

In Kapitel 5.3 wurden als weiterer Fokus dieses Schadenverhütungsprojektes die Unfälle mit Schwerstverletzten untersucht. Hierzu wurden die Verletzungsfolgen nach AIS klassifiziert und die Unfälle mit einem MAIS-Wert von mindestens „3“ identifiziert und ausgewertet. 157 Unfälle (17,3 %) auf öffentlichen Straßen wiesen Beteiligte mit dieser Verletzungsschwere auf. Nachfolgend wichtige Erkenntnisse im Überblick:

- Häufigste Unfallgegner waren dabei motorisierte Zweiräder (45 %), Pkw (24 %) sowie Radfahrer (19 %), das hohe Risiko schwerer Verletzungen für ungeschützte Verkehrsteilnehmer zeigt sich hier deutlich

- MAIS 3+ Unfälle ereigneten sich häufiger außerorts (72 %) als MAIS <3 Unfälle (60 %) und mit anteilig 30 % etwa doppelt so häufig am Straßenschnittpunkt „Feldweg – übergeordnete Straße“
- Mit einem Anteil von 45 % war nahezu jeder zweite schwere Unfall ein Abbiege-Unfall, das hohe Gefährdungspotenzial von Abbiegesituationen durch LZM zeigte sich deutlich
- Häufigster Unfalltyp „202 – Konflikt zwischen einer nach links abbiegenden LZM mit einem nachfolgenden/überholenden Fahrzeug“ (48 % bei motorisierten Zweirädern sowie 38 % bei Pkw als Unfallgegner), hoher Anteil Mithaftung des Unfallgegners bei diesen Unfällen
- Häufige Konstellationen der Abbiegeunfälle: schnelle Unfallgegner (Pkw, motorisiertes Zweirad) vs. sehr langsame Traktoren, Kollision des Unfallgegners mit Reifen oder Anhänger der LZM, Kollision mit Bäumen infolge Konfliktszenario
- Hauptfehlverhalten der LZM-Fahrer: Fehler beim Abbiegen (41 % MAIS 3+ vs. 26 % MAIS <3)
- Hauptfehlverhalten der Unfallgegner: Fehler beim Überholen (30 % MAIS 3+ vs. 13 % MAIS <3) und „nicht angepasste Geschwindigkeit“ (12 % MAIS 3+ vs. 6 % MAIS <3)
- Höherer Anteil Pedelec (34 %) bei Radfahrern gegenüber MAIS <3 Unfällen (23 %)

Anhand der Informationen aus der Unfalldatenbank wurden die Schwerpunkte im Unfallgeschehen landwirtschaftlicher Zugmaschinen herausgearbeitet. Basierend auf diesen Erkenntnissen konnten Maßnahmen abgeleitet werden, die zur Reduzierung der Personenschadenunfälle mit LZM-Beteiligung beitragen können. Dazu zählen die folgenden, nach Umsetzungshorizont aufgrund Technologieverfügbarkeit sowie Übertragungsmöglichkeit auf LZM gegliederten Schadenverhütungsmaßnahmen.

Kurzfristige Umsetzung für LZM denkbar:

- Vorbau- sowie Rückfahrkamerasysteme
- Optimierung des Signalbildes betreffend LZM, Anhänger und Anbaugeräten z. B. mittels Konturmarkierungen
- Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit und Sichtbarkeit der Fahrtrichtungs-anzeiger

Mittelfristige Umsetzung für LZM denkbar:

- Spurwechselassistent, Notbremsassistent im Längsverkehr
- Abbiege-/Totwinkelassistent zur Detektion von Fußgängern und Radfahrern

Langfristige Umsetzung für LZM denkbar:

- Einbiegen-/Kreuzen-Assistent
- Linksabbiegen/Gegenverkehr-Assistent
- Fahrzeugvernetzung: LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation

Zur Minderung der Verletzungsfolgen auf Seiten der Unfallgegner von LZM können zudem seitliche Unterfahrschutzeinrichtungen für landwirtschaftliche Anhänger sowie Frontunterfahrschutzsysteme an der LZM beitragen.

Zur Reduktion des Gefahrenpotenzials von Ein- und Abbiegesituationen wurden auch infrastrukturelle Maßnahmen diskutiert. Eine großflächige kurz- oder mittelfristige Umsetzung ist aus Autorensicht aufgrund des jeweiligen Kosten-Nutzen-Verhältnisses jedoch schwer vorstellbar. Daher sind die folgenden Maßnahmen als Anregungen zu verstehen:

- Anordnung von Überholverboten und/oder Geschwindigkeitsbeschränkungen
- Aufgeweitete Aufstellfläche für LZM zur Erhöhung der Sicherheit beim Linksabbiegen
- Straßenschnittpunkt „Feldweg – übergeordnete Straße“: Lage von Feldzufahrten auf Sichtverhältnisse bezogen auf den Straßenverlauf prüfen, optimieren und ggf. bündeln
- Brücken, Kreisverkehre, Beschleunigungsstreifen für LZM
- Bessere Sichtverhältnisse für Einbiegen-/Kreuzen-Situationen herstellen

Über die technischen Empfehlungen hinaus ist auch von nachfolgenden Ansätzen ein positiver Einfluss auf das Unfallgeschehen zu erwarten:

- Konsequente Beachtung der Unfallverhütungsvorschriften durch LZM-Fahrzeugführer
- Fahrsicherheitstrainings für LZM-Fahrzeugführer
- Sensibilisierung aller Verkehrsteilnehmer für die besonderen Gefahren landwirtschaftlicher Zugmaschinen im Straßenverkehr

A.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgaben über Art und Position der Beleuchtungseinrichtung an Ackerschleppern [1] – Copyright BLE 2020. 27
Abbildung 2: Vorgaben über Art und Position der Beleuchtungseinrichtung an lof-Anängern[1] – Copyright BLE 2020. 28
Abbildung 3: Vorgaben zur Positionierung von seitlichen Kenntlichmachungen an Fahrzeugen nach § 51a StVZO [1] – Copyright BLE 2020. 30
Abbildung 4: Index Fahrzeugbestand und U(P) von LZM und Pkw von 2008 bis 2021 [2008 = 100 %] [38]. 54
Abbildung 5: Anteil der Unfälle mit Personenschaden mit Beteiligung von LZM an allen Unfällen mit Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 in Deutschland [40]. 56
Abbildung 6: Anteil der LZM als Hauptverursacher bei Unfällen mit Sach- und Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 in Deutschland [40]. 57
Abbildung 7: LZM: U(P) Anzahl der Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten nach Ortslage und LZM-Beteiligungsart von 2005 bis 2021 [40]. 58
Abbildung 8: Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners von LZM bei Unfällen mit zwei Beteiligten mit Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 [40]. 59
Abbildung 9: Anteil LZM als Hauptverursacher nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners bei Unfällen mit zwei Beteiligten mit Personenschaden im Zeitverlauf von 2005 bis 2021 [40]. 60
Abbildung 10: An U(P) beteiligte LZM-Fahrer nach Altersgruppen (n = 14.966) und Alkoholisierung gemittelt über die Jahre 2014 bis 2021 [40]. 61
Abbildung 11: Alkoholisierte Beteiligte bei Unfällen mit Personenschaden nach Verkehrsbeteiligung im Zeitverlauf 2014 bis 2021 [40]. 61
Abbildung 12: Verteilung der Unfälle mit LZM nach Kalendermonaten in den Jahren 2005 bis 2021 [40]. 62
Abbildung 13: Mittlere Verunglücktenrate bei LZM-Unfällen nach Verletzungsschwere. 66
Abbildung 14: Kfz-Haftpflichtversicherung: Schadenhäufigkeit in den Jahren 2005 bis 2008 und 2016 bis 2019 [9] [55]. 68
Abbildung 15: Kfz-Haftpflichtversicherung: Schadendurchschnitt in den Jahren 2005 bis 2008 und 2016 bis 2019 [9] [55]. 68
Abbildung 16: Kfz-Haftpflichtversicherung: Schadenbedarf in den Jahren 2005 bis 2008 und 2016 bis 2019 [9] [55]. 69
Abbildung 17: Kraftfahrzeughaftpflicht: Jahreseinheiten, Schadenanzahl und Schadenhäufigkeit für WKZ 451 im Jahr 2021 nach Motorleistung in kW [54]. 70
Abbildung 18: Kraftfahrzeughaftpflicht: Schadendurchschnitt und Schadenbedarf für WKZ 451 im Jahr 2021 nach Motorleistung in kW [54]. 70
Abbildung 19: Anteil der Erstzulassung der verunfallten LZM [LZM-Datenbank 2022]. 74
Abbildung 20: Anzahl der Unfälle je zweistelligem PLZ-Gebiet (n = 902) [LZM-Datenbank 2022]. 75

Abbildung 21: Unfallrate je einstelligem PLZ-Gebiet [LZM-Datenbank 2022]. 75
Abbildung 22: Anteil der Unfälle und Kreise je Landwirtschaftsflächenkategorie [LZM-Datenbank 2022]..... 76
Abbildung 23: Landwirtschaftliche Beschaffenheit der Landkreise in Deutschland [56]. 77
Abbildung 24: Übersicht Unfälle und Unfallgegner LZM-Datenbank 2022. 79
Abbildung 25: Anteil der polizeilich gemeldeten Unfälle mit LZM [LZM-Datenbank 2010 & 2022]..... 79
Abbildung 26: Anteil des Fahrergeschlechts der LZM [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 80
Abbildung 27: Anteil des Fahreralters der LZM [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 81
Abbildung 28: Anteil der Ortslage [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 81
Abbildung 29: Anteil der Lichtverhältnisse [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 82
Abbildung 30: Verteilung der Verletzungsfolge nach den Lichtverhältnissen [LZM-Datenbank 2022]..... 83
Abbildung 31: Anteil des Unfallmonats [LZM-Datenbank 2010 & 2022]..... 84
Abbildung 32: Anteil des Wochentags [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 84
Abbildung 33: Anteil der Unfallzeitklassen [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 85
Abbildung 34: Anteil der Unfallart unter Berücksichtigung der Ortslage [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 87
Abbildung 35: Anteil der Unfalltypen unter Berücksichtigung der Ortslage [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 88
Abbildung 36: Unfalltyp nach Lichtverhältnissen [LZM-Datenbank 2022]. 89
Abbildung 37: Unfalltyp nach Art der Verkehrsbeteiligung [LZM-Datenbank 2022]..... 90
Abbildung 38: Unfalltyp nach Altersklassen LZM-Fahrer [LZM-Datenbank 2022]. 90
Abbildung 39: Anteil der fahrerbezogenen Unfallursache für VN und GES [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 92
Abbildung 40: Anteil der allgemeinen Unfallursache [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 92
Abbildung 41: Anteil der Art der Verkehrsbeteiligung des GES [LZM-Datenbank 2010 & 2022]..... 93
Abbildung 42: Anteil der Fahrzeugfarbe des GES-Pkw im Vergleich zu den Neuzulassungen des KBA der Jahre 2008-2012 [LZM-Datenbank 2022] [57]. 94
Abbildung 43: Anteil der Unfälle mit Mithaftung des GES nach der Art der Verkehrsbeteiligung [LZM-Datenbank 2010 & 2022] 95
Abbildung 44: Anteil der Unfallkategorie [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 96
Abbildung 45: Anteil der Unfallkategorie nach Ortslage [LZM-Datenbank 2022]. 97
Abbildung 46: Anteil der Verletzungsfolgen in Abhängigkeit von der Unfallbeteiligung [LZM-Datenbank 2022]..... 98
Abbildung 47: CDC-Richtung für LZM und gegnerisches Fahrzeug [LZM-Datenbank 2022].99
Abbildung 48: Anteil der Charakteristik Unfallstelle [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 100
Abbildung 49: Anteil der LZM nach Motorleistungsklasse und Erstzulassungsjahr [LZM-Datenbank 2022]..... 101
Abbildung 50: Verteilung Nutzungsart nach Motorleistung [LZM-Datenbank 2022]. 102
Abbildung 51: Anteil der Unfälle nach überstehenden Anbauten [LZM-Datenbank 2022]... 103
Abbildung 52: Anteil der Unfälle nach Fahrzeugkonfiguration [LZM-Datenbank 2022]. 103
Abbildung 53: Unfalltyp nach Position des Frontladers [LZM-Datenbank 2022]. 104

Abbildung 54: Anteil der Fahrtrichtungsanzeiger-relevanten Unfälle nach Merkmalsausprägung [LZM-Datenbank 2022]. 106
Abbildung 55: Übersicht MAIS 3+ Unfälle und Unfallgegner [LZM-Datenbank 2022]. 108
Abbildung 56: Polizeiliche Meldequote nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]. 108
Abbildung 57: Unfallschwere nach MAIS und Altersklasse der LZM-Fahrer [LZM-Datenbank 2022]..... 109
Abbildung 58: Art der Nutzung der LZM zum Unfallzeitpunkt nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]..... 110
Abbildung 59: Ortslage des Unfallortes nach der Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]. .. 111
Abbildung 60: Lichtverhältnisse zum Unfallzeitpunkt nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]..... 111
Abbildung 61: Straßenschnittpunkt des Unfallorts nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]..... 112
Abbildung 62: Straßenschnittpunkt nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners bei MAIS 3+ Unfällen [LZM-Datenbank 2022]. 112
Abbildung 63: Unfalltyp nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]. 113
Abbildung 64: Abbiegen-Unfälle nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]. 114
Abbildung 65: Einbiegen-/ Kreuzen-Unfälle nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022].. 114
Abbildung 66: Fahrerbezogene Unfallursachen (VN) nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]..... 115
Abbildung 67: Art der Verkehrsbeteiligung der Unfallgegner nach Unfallschwere [LZM-Datenbank 2022]..... 116
Abbildung 68: Unfalltyp nach Verletzungsschwere bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022]. 117
Abbildung 69: Unfalltyp und Anteil Mithaftung des Unfallgegners bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022]. 118
Abbildung 70: Unfalltypen und deren Schwere bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022].. 121
Abbildung 71: Unfalltypen und Anteil Mithaftung des GES bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022]. 121
Abbildung 72: Unfalltypen und deren Schwere bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022]. 124
Abbildung 73: Art des Zweirads und Unfalltyp bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022]. 125

A.2 Abkürzungsverzeichnis

A

ABS	*Anti**b**lockier**s**ystem*
AIS	*A**b**breviated **I**njury **S**cale*
AZT	*A**l**lianz **Z**entrum für **T**echnik*

B

BASt	*B**u**ndes**a**nstalt für **St**raßenwesen*
bbH	*b**a**uart**b**edingte **H**öchstgeschwindigkeit*

C

CARE	*C**o**mmunity **R**oad **A**ccident **D**atabase*
CDC	*C**o**llision **D**eformation **C**lassification*

D

DIW	*D**e**utsches **I**nstitut für **W**irtschaftsforschung e.V.*
DLG	*D**e**utsche **L**andwirtschafts-**G**esellschaft e.V.*

E

EBS	*e**l**ektronisches **B**rems**s**ystem*
ESP	*e**l**ektronisches **S**tabilitäts**p**rogramm*
EU	*E**u**ropäische **U**nion*

F

FeV	*F**a**hr**e**rlaubnis-**V**erordnung*
FZV	*F**a**hrzeug-**Z**ulassungs-**V**erordnung*

G

GDV	*G**e**samtverband der **D**eutschen **V**ersicherungswirtschaft e.V.*
GES	*G**es**chädigter*

K

KBA	*K*raftfahrt*b*undes*a*mt

L

LFA	*L*andwirtschafts*fl*ächen*a*nteil
lof	*l*and- *o*der *f*orstwirtschaftlich
LVM	*L*andwirtschaftlicher *V*ersicherungsverein *M*ünster
LZM	*l*andwirtschaftliche *Z*ug*m*aschine

M

MAIS	*M*aximaler *AIS*

N

NHN	*N*ormal*h*öhen*n*ull

S

SAM	*s*elbstfahrende *A*rbeits*m*aschine
StVO	*St*raßen-*V*erkehrs-*O*rdnung
StVZO	*St*raßen-*V*erkehrs-*Z*ulassungs-*O*rdnung
SVLFG	*S*ozial*v*ersicherung für *L*andwirtschaft, *F*orsten und *G*artenbau

T

TU	*T*echnische *U*niversität

U

UDB	*U*nfall*d*aten*b*ank der Versicherer
UDV	*U*nfallforschung *d*er *V*ersicherer

V

VDI	*V*erein *D*eutscher *I*ngenieure e.V.
VDMA	*V*erband *D*eutscher *Ma*schinen- und *A*nlagenbau e.V.
VN	*V*ersicherungs*n*ehmer

Z

zGG	*z*ulässiges *G*esamt*g*ewicht

A.3 Bildnachweise

Abbildung 1, Abbildung 2 & Abbildung 3:

Behl, Thomas (Allianz Versicherungs AG)

Von: Bräutigam, Volker <Volker.Braeutigam@ble.de>
Gesendet: Donnerstag, 26. Januar 2023 12:58
An: Behl, Thomas (Allianz Versicherungs AG)
Betreff: [EXT] AW: [extern] 1035/2020 "Landw. Fzge im Straßenverkehr 2020" - Bitte um Freigabe von Bildmaterial

Guten Tag, Herr Behl,
schön, dass Ihnen die drei Abb. im BLE-Heft „1035/2020 "Landw. Fzge im Straßenverkehr 2020" gefallen und Danke für Ihr „Lob", dass wir die rechtlichen Rahmenbedingungen gut dargestellt haben.

Nach Rspr. Hier im Hause können Sie die Abb.

Seite 46 – Beleuchtungseinrichtungen am Ackerschlepper
Seite 48 - Beleuchtungseinrichtungen an Anhängern
Seite 54 - Seitliche Kenntlichmachung von Fahrzeugen

Gerne verwenden.

Bitte teilen Sie mir noch genau mit, in welcher Veröffentlichung sie die 3 Abb. verwenden möchten – wir freuen uns über ein Belegex.

Bitte nennen Sie folgende Quelle:

Broschüre „Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr 2020 (Bestell-Nr.: 1035/2020, 24. Auflage)" Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) Copyright BLE 2020

Falls Sie die Dateien nicht direkt aus der web pdf (ble-medienshop.de) verwenden können, melden Sie sich bitte.

Dr. Volker Bräutigam

Referat 412, Experten- und Fachkommunikation Landwirtschaft,
Bundeszentrum Weidetiere und Wolf

Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL) in der
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn

Telefon: +49 (0)228-6845-2649
Fax: +49 (0) 30-1810-2651
E-Mail: volker.braeutigam@ble.de

Internet: www.ble.de; www.landwirtschaft.de; www.praxis-agrar.de

Die Übermittlung eines elektronischen Dokuments, das mit einer qualifizierten elektronischen Signatur versehen ist, ist ausschließlich an info@ble.de möglich. Andere E-Mail-Adressen stehen hierfür nicht zur Verfügung.

A.4 Literaturverzeichnis

[1] *Broschüre „Landwirtschaftliche Fahrzeuge im Straßenverkehr 2020 (Bestell-Nr.: 1035/2020, 24. Auflage)“,* Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (BZL), Copyright BLE 2020.

[2] Europäische Union, „VERORDNUNG (EU) Nr. 167/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 5. Februar 2013 über die Genehmigung und Marktüberwachung von land- und forstwirtschaftlichen Fahrzeugen,“ Amtsblatt der Europäischen Union, 02 03 2013. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0167&from=de. [Zugriff am 14 01 2023].

[3] Bundesministerium der Justiz, „Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO),“ 26 04 2012. [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/StVZO.pdf. [Zugriff am 13 01 2023].

[4] Bundesministerium der Justiz, „Verordnung über die Zulassung von Fahrzeugen zum Straßenverkehr (Fahrzeug-Zulassungsverordnung - FZV),“ 03 02 2011. [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/fzv_2011/FZV.pdf. [Zugriff am 13 01 2023].

[5] Bundesministerium der Justiz, „Verordnung über die Zulassung von Personen zum Straßenverkehr (Fahrerlaubnis-Verordnung - FeV),“ 13 12 2010. [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/fev_2010/FeV.pdf. [Zugriff am 14 01 2023].

[6] Kraftfahrt-Bundesamt, „Fahrerlaubnisklassen ab 19.01.2013 - EU-weit gültig,“ Kraftfahrt-Bundesamt, [Online]. Available: https://www.kba.de/DE/Themen/ZentraleRegister/ZFER/FE_Klassen/Ab_19012013/ab19012013_inhalt.html;jsessionid=2A9E046A6871321138B23D69554E45A2.live11293?nn=3490274. [Zugriff am 14 01 2023].

[7] Bundesanstalt für Straßenwesen, „RAL – Die neuen Straßentypen für Landstraßen,“ Bundesanstalt für Straßenwesen, 2022. [Online]. Available: https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-strassentypen.html;jsessionid=2564DE633E6986F0885DD98EF605C454.live21303?nn=1817946#doc1178074bodyText4. [Zugriff am 31 03 2023].

[8] Bundesministerium der Justiz, „Straßenverkehrs-Ordnung (StVO),“ 06 03 2013. [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/stvo_2013/StVO.pdf. [Zugriff am 14 01 2023].

[9] T. Behl, A. Verlage, D. J. Gwehenberger, D. Heimsath, D. M. Kühn und J. Bende, „Personenschadenunfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen,“ 2011. [Online]. Available: https://www.udv.de/resource/blob/79688/359f5baee551981cf34ef3e8370c6d68/11-

personenschadenunfaelle-mit-landwirtschaftlichen-zugmaschinen-data.pdf. [Zugriff am 14 01 2023].

[10] Justiz des Landes Nordrhein-Westfalen, „§ 35a StVZO Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO),“ 28 09 1988. [Online]. Available: http://www.lexsoft.de/cgi-bin/lexsoft/justizportal_nrw.cgi?xid=137480,75. [Zugriff am 14 01 2023].

[11] A. Schauer, „Sicherheit von Traktoren – Entwicklung und Ausblick,“ 25 06 2012. [Online]. Available: https://www.landtechnik-online.eu/landtechnik/article/view/2012-67-3-169-171/2012-67-3-169-171-de-pdf. [Zugriff am 14 01 2023].

[12] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Merkblatt für Anbaugeräte, Berlin, 2000, p. 479.

[13] Bundesministerium der Justiz, „Zweite Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften,“ 30 11 2018. [Online]. Available: https://www.gesetze-im-internet.de/stvouavsausnv_2/StVOuaVsAusnV_2.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[14] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, „Unfallverhütungsvorschrift Technische Arbeitsmittel (VSG 3.1),“ 01 01 2000. [Online]. Available: https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/f33f703449eb797f/68ce27d73930/vsg3_1-technische-arbeitsmittel.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[15] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, „Auswahl und Betrieb von Arbeitsplattformen an Traktoren (LSV-Information T01),“ 10 2018. [Online]. Available: https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/fd86d703ad4833da/8253d660f9b4/t01-lsv-info-arbeitsplattformen-traktoren.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[16] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, „Auswahl und Betrieb von Hofladern (LSV-Information T02),“ 01 2013. [Online]. Available: https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/fed5a86b559c6d45/cc7630c6a745/lsvinfo_t02_hoflader_web.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[17] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, „Checkliste nach Gefährdungsbeurteilung - Transportarbeiten mit dem Schlepper",“ [Online]. Available: https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/623daf0a8f933033/30e10b42135e/checkliste-traktor-transport.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[18] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau, „Checkliste zur richtigen Ladungssicherung," [Online]. Available: https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/5ef5df1f856c3ea4/bf78402a097d/checkliste_ladungssicherung.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[19] H. Winner, S. Hakuli, F. Lotz und C. Singer, Handbuch Fahrerassistenzsysteme, Wiesbaden: Springer Vieweg , 2015.

[20] H. J. Meyer und J. Krüger, Fahrdynamik – Fahrsicherheit – Fahrerplatz, Bd. Jahrbuch Agrartechnik 2012, L. Frerichs, Hrsg., Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012, pp. 1-7.

[21] Maschinenfabrik Bernard Krone GmbH & Co. KG, „Noch sicherer unterwegs mit elektronischem Bremssystem im Ladewagen ZX," 18 11 2011. [Online]. Available: https://www.krone-agriculture.com/de/presse-news/newsdetail/elektronisches-bremssystem-im-ladewagen-zx. [Zugriff am 15 01 2023].

[22] New Holland Agriculture, „NEW HOLLAND INTELLIGENTES BREMSSYSTEM (IBS) MEHR SICHERHEIT BEIM FAHREN MIT PNEUMATISCH GEBREMSTEN ANHÄNGERN ODER ANBAUGERÄTEN," 30 08 2018. [Online]. Available: https://agriculture.newholland.com/eu/de-de/uber-uns/aktuelles/news-und-events/2018/new-holland-intelligentes-bremssystem-ibs. [Zugriff am 15 01 2023].

[23] Case IH, „Case IH stellt Advanced Trailer Brake vor," CNH Industrial Österreich GmbH, 02 10 2018. [Online]. Available: https://www.caseih.com/emea/de-at/News/Pages/2018-10-02-Case-IH-stellt-Advanced-Trailer-Brake-vor.aspx. [Zugriff am 15 01 2023].

[24] KL-Maschinenbau GmbH & Co. KG, „FRONTEC-ZAPFWELLENZUSATZBREMSE," [Online]. Available: https://www.kl-maschinenbau.de/de/produkte/frontec-zapfwellenzusatzbremse/. [Zugriff am 15 01 2023].

[25] D. Schramm, B. Hesse, N. Maas und M. Unterreiner, Fahrzeugtechnik - Technische Grundlagen aktueller und zukünftiger Kraftfahrzeuge, Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg, 2016.

[26] AGCO GmbH, Fendt-Marketing, „Fendt Cargo Frontlader," [Online]. Available: https://www.fendt.com/de/traktoren/cargo-frontlader-bedien-und-fahrkomfort. [Zugriff am 15 01 2023].

[27] H. Knechtges und K. T. Renius, Gesamtentwicklung Traktoren, Bd. Jahrbuch Agrartechnik 2015, I. f. m. M. u. Nutzfahrzeuge, Hrsg., Braunschweig, 2016, pp. 42-53.

[28] SDF S.p.A, „DEUTZ-FAHR Driver Extended Eyes Technologie gewinnt Agritechnica-Silbermedaille," 08 11 2015. [Online]. Available: https://www.deutz-fahr.com/media/article_4220_4166_DEUTZ-FAHR_-_Driver_Extended_Eyes_DE.pdf. [Zugriff am 15 01 2023].

[29] CEMA, „Road accidents with tractors: main problem is older machinery," 15 07 2015. [Online]. Available: https://www.cema-agri.org/images/publications/press_releases/Press_Release_CEMA-EU_Tractors_Accident_Database_17_07_2015.pdf. [Zugriff am 14 01 2023].

[30] M. Fontana, ANALISI DEGLI INFORTUNI MORTALI DOVUTI AL RIBALTAMENTO DEI TRATTORI AGRICOLE E MISURE DI PREVENZIONE, Mailand: Università degli Studi di Milano, Facoltà di Scienze Agrarie e Alimentari, 2020.

[31] C. Jaarsma und J. De Vries, „Agricultural Vehicles and Rural Road Safety: Tackling a Persistent Problem," *Traffic Injury Prevention, 15:1,* pp. 94-101, 2014.

[32] S. AUSTRIA, „Straßenverkehrsunfälle 2019," Bundesanstalt Statistik Österreich, Wien, 2020.

[33] E. Luger, „Tödliche Traktorunfälle 2019," HBLFA Francisco Josephinum Wieselburg, 03 2020. [Online]. Available: http://www.traktortest.at/traktortest_at-Dateien/Toedliche_Traktorunfaelle_%202019---%20was_man_daraus_lernen_kann---FJ-BLT-Wieselburg.pdf. [Zugriff am 14 01 2023].

[34] S. Pinzke, K. Nilsson und P. Lundqvist, „Tractor accidents in Swedish traffic," 2012. [Online]. Available: https://content.iospress.com/download/work/wor0050?id=work%2Fwor0050. [Zugriff am 14 01 2023].

[35] T. Costello, M. Schulman und R. Mitchell, „Risk factors for a farm vehicle public road crash," *Accident Analysis & Prevention,* pp. Pages 42-47, 01 2009.

[36] L. Glascock, T. Bean, R. Wood, T. Carpenter und R. Holmes, „A Summary of Roadway Accidents Involving Agricultural Machinery," *Journal of Agricultural Safety and Health,* pp. 93-104, 1995.

[37] S. Gorucu, C. Brown und C. Lehtola, „Lighting and Marking of Agricultural Equipment on Highways: Summary of ASAE Standard S279.18," *ABE302/AE175, rev. 02/2021", EDIS, vol. 2021, no. 1,* 02 2021.

[38] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Verkehrsunfälle - Zeitreihen 2021," Statistisches Bundesamt Destatis, Wiesbaden, 2022.

[39] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Fachserie 8 Reihe 7 - Verkehr - Verkehrsunfälle 2019," Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, 2020.

[40] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Fachserie 8 Reihe 7 - Verkehr - Verkehrsunfälle 2005 bis 2021," Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, 2006 bis 2022.

[41] M. Bäumer, H. Hautzinger, M. Pfeiffer, W. Stock, B. Lenz, T. Kuhnimhof und K. Köhler, „Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung (Heft V 290)," Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH, Bremen, 2017.

[42] Kraftfahrt-Bundesamt, „Verkehr in Kilometern - Inländerfahrleistung (VK)," 2022. [Online]. Available: https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2021/verkehr_in_kilometern_kurzbericht_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=2. [Zugriff am 20 02 2023].

[43] U. Kunert, S. Radke, B. Chlond und M. Kagerbauer, „DIW Wochenbericht 47/2012: Mehr Frauen und mehr Ältere am Steuer," DIW Berlin — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V., Berlin, 2012.

[44] dlz agrarmagazin, „Jeder Tropfen zählt," *DLZ agrarmagazin,* Nr. Juni 2012, pp. 20 - 26, 2012.

[45] „Verschleiß im realen Betrieb," DLG, 2019. [Online]. Available: https://www.dlg.org/de/mitgliedschaft/newsletter-archiv/2019/newsletter-452019/verschleiss-im-realen-betrieb. [Zugriff am 20 02 2023].

[46] T. Crotty, D. D. Byrne, P. E. Jones, D. M. Glavin und J. Warren, „A Season in Data: Efficiency of a Forage Mover," in *78th International Conference on Agricultural Engineering LAND.TECHNIK 2020 The Forum for Agricultural Engineering Innovations*, Online Conference, 2020.

[47] T. Göggerle, „Traktorenmarkt 2018: 6.000 Traktoren weniger zugelassen," 22 01 2019. [Online]. Available: https://www.agrarheute.com/technik/traktoren/traktor-markt-schrumpft-551077. [Zugriff am 20 02 2023].

[48] T. Bensing, „Traktorzulassungen 2019: Wer lässt wie viele zu?," 2020. [Online]. Available: https://www.profi.de/technisch/technik/wer-laesst-wie-viele-zu-11969198.html#:~:text=In%20Deutschland%20wurden%20im%20letzten,%2DFahr%20(2%20356). [Zugriff am 20 02 2023].

[49] A. Böhrnsen, „Schlepperbundesliga: Fendt an der Spitze," 2021. [Online]. Available: https://www.profi.de/aktuell/aktuelle-meldungen/schlepperbundesliga-fendt-an-der-spitze-12451011.html#:~:text=Traktor%2DZulassungen%202020,13%20Prozent%20gegen%C3%BCber%20dem%20Vorjahr.. [Zugriff am 20 02 2023].

[50] T. Göggerle, „2017 mehr neue Traktoren zugelassen," 23 01 2018. [Online]. Available: https://www.agrarheute.com/technik/traktoren/2017-mehr-neue-traktoren-zugelassen-542028. [Zugriff am 22 03 2023].

[51] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Fachserie 8 Reihe 7 - Verkehr - Verkehrsunfälle 2017," Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, 2018.

[52] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Fachserie 8 Reihe 7 - Verkehr - Verkehrsunfälle 2018," Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, 2020.

[53] Statistisches Bundesamt (Destatis), „Fachserie 8 Reihe 7 - Verkehr - Verkehrsunfälle 2020," Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden, 2021.

[54] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., *Kraftfahrtversicherung Gesamtstatistik 2021 Nur zur internen Verwendung,* Berlin: nicht veröffentlicht, 2022.

[55] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., *Kraftfahrzeug Schadenartenstatistik, intern,* Berlin: Nicht veröffentlicht, 2020.

[56] Regionalatlas-Deutschland, „Anteil der Fläche für Landwirtschaft an Gesamtfläche," 2020. [Online]. Available: https://regionalatlas.statistikportal.de/.

[57] Kraftfahrt-Bundesamt, „Neuzulassungen, Besitzumschreibungen, Außerbetriebsetzungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern FZ7," 2018.

[58] K. Loftis, J. Price und P. Gillich, „Evaluation of the Abbreviated Injury Scale: 1990 - 2015," *Traffic Injury Prevention,* pp. 109-113, 13 Dezember 2018.

[59] H. D. Burg und A. Moser, „Biomechanik," in *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion*, Wiesbaden, Springer Verlag, 2017.

[60] Europäische Union, „VERORDNUNG (EU) 2019/2144 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. November 2019," Amtsblatt der Europäischen Union, 16 12 2019. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2144&from=DE . [Zugriff am 23 02 2023].

[61] Motec GmbH, „Vorbaukamerasystem (VKMS) für den Querverkehr," Motec GmbH, [Online]. Available: https://www.motec-cameras.com/de-de/industries/agricultural-vehicles/vorbaukamerasystem-vkms-fur-den-querverkehr. [Zugriff am 27 02 2023].

[62] Stoneridge-Orlaco, „Kamerasysteme für Traktoren," [Online]. Available: https://www.orlaco.de/market/kamerasysteme-fur-traktoren. [Zugriff am 27 02 2023].

[63] Mercedes-Benz Group AG, „Die Fahrassistenzsysteme: Helfer im Hintergrund," Mercedes-Benz Group AG, 05 05 2013. [Online]. Available: https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Die-Fahrassistenzsysteme-Helfer-im-Hintergrund.xhtml?oid=9904305. [Zugriff am 27 02 2023].

[64] ADAC, „Neue Technik mit Grenzen,“ ADAC, 25 07 2017. [Online]. Available: https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/technik/kreuzungsassistent.html. [Zugriff am 27 02 2023].

[65] Mercedes-Benz Group AG, „Neue Fahrer-Assistenzsysteme - Premiere: Aktiver Totwinkel-Assistent und Aktiver Spurhalte-Assistent mit Bremseingriff,“ Mercedes-Benz Group AG, 01 06 2010. [Online]. Available: https://group-media.mercedes-benz.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Neue-Fahrer-Assistenzsysteme---Premiere-Aktiver-Totwinkel-Assistent-und-Aktiver-Spurhalte-Assistent-mit-Bremseingriff.xhtml?oid=9361813. [Zugriff am 24 02 2023].

[66] Continental AG, „Mit moderner Radartechnologie: Linksabbiege-Assistent für Landmaschinen,“ Continental AG, [Online]. Available: https://www.continental.com/de/produkte-und-innovationen/innovationen/sicherheitstechnologien/abbiege-assistent/linksabbiege-assistent-fuer-landmaschinen/. [Zugriff am 23 02 2023].

[67] MAN Truck & Bus, „MAN-Spurwechsel-Kollisionsvermeidungs-Assistent,“ MAN Truck % Bus SE, [Online]. Available: https://www.man.eu/de/de/lkw/assistenzsysteme/kollisionsvermeidung/kollisionsvermeidung.html. [Zugriff am 27 02 2023].

[68] Europäische Union, „VERORDNUNG (EU) Nr. 347/2012 DER KOMMISSION vom 16. April 2012,“ Amtsblatt der Euopäischen Union, 21 04 2012. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0347. [Zugriff am 23 02 2023].

[69] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (Wirtschafts- und Sozialrat der Vereinten Nationen), „Regelung Nr. 131 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Notbremsassistenzsystems (AEBS),“ Amtsblatt der Europäischen Union, 19 07 2014. [Online]. Available: https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/302d6594-0f02-11e4-a7d0-01aa75ed71a1. [Zugriff am 27 02 2023].

[70] Daimler Truck AG, „ACTIVE BRAKE ASSIST 5,“ Daimler Truck AG, 02 2021. [Online]. Available: https://special.mercedes-benz-trucks.com/de/econic/sicherheits-assistenzsysteme/active-brake-assist-5.html. [Zugriff am 27 02 2023].

[71] Volkswagen AG, „Die neuen Assistenz- und Lichtsysteme,“ Volkswagen AG, 26 11 2019. [Online]. Available: https://www.volkswagen-newsroom.com/de/der-neue-golf-internationale-fahrvorstellung-5609/die-neuen-assistenz-und-lichtsysteme-5623. [Zugriff am 24 02 2023].

[72] AUDI AG, „Fahrerassistenzsysteme," AUDI AG, 17 02 2017. [Online]. Available: https://www.audi-mediacenter.com/de/audi-technik-lexikon-7180/fahrerassistenzsysteme-7184. [Zugriff am 24 02 2023].

[73] Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (Wirtschafts- und Sozialrat der Vereinten Nationen), „UN-Regelung Nr. 151 — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Totwinkel-Assistenten zur Erkennung von Fahrrädern [2020/1596]," Amtsblatt der Europäischen Union, 30 10 2020. [Online]. Available: https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/afd9b826-1a7c-11eb-b57e-01aa75ed71a1/language-de. [Zugriff am 27 02 2023].

[74] TRACSAFE UG, „TRACSAFE | Anfahrschutz- und Ballastsysteme für alle gängigen Schleppertypen," TRACSAFE UG, [Online]. Available: https://www.tracsafe.de/. [Zugriff am 08 03 2023].

[75] Tractorbumper, „Tractorbumper Verkehrssicherheit," Tractorbumper.com, [Online]. Available: https://tractorbumper.com/de/. [Zugriff am 08 03 2023].

[76] BayWa AG, „Spiegelarme für Traktoren," BayWa AG, [Online]. Available: https://www.baywa.de/de/traktor/kabine/spiegel/spiegelarme/c-sh_bp_10350419/. [Zugriff am 09 03 2023].

[77] ADAC , „ADAC & DLG Fahrsicherheitstraining Landwirtschaft," ADAC, [Online]. Available: https://www.fahrtraining.de/nutzfahrzeuge/fahrsicherheitstraining-landwirtschaft/. [Zugriff am 09 03 2023].

[78] Verkehrssicherheitszentrum am Sachsenring GmbH & Co. KG, „NUTZFAHRZEUG-TRAINING TRAKTOR-INTENSIVTRAINING," Verkehrssicherheitszentrum am Sachsenring GmbH & Co. KG, [Online]. Available: https://www.sachsenring.de/fahrsicherheitstraining/traktor-fahrsicherheitstraining/traktor-intensivtraining/. [Zugriff am 09 03 2023].

[79] Landwirtschaftskammer Niedersachsen, „Fahrsicherheitstraining für Auszubildende," Landwirtschaftskammer Niedersachsen, [Online]. Available: https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/vera/8027_Fahrsicherheitstraining_f%C3%BCr_AuszubildendeKopie. [Zugriff am 09 03 2023].

[80] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG), „Fahrsicherheitstraining nutzen – sicherer fahren," Sozialversicherung für Landwirtschaft,

Forsten und Gartenbau (SVLFG), [Online]. Available: https://www.svlfg.de/fahrsicherheitstraining. [Zugriff am 09 03 2023].

[81] 123fahrschule Holding GmbH, „RÜCKSICHT IM STRASSENVERKEHR GEGENÜBER ANDEREN FAHRZEUGEN," 123fahrschule Holding GmbH, [Online]. Available: https://www.123fahrschule.de/lernen/ruecksicht-im-strassenverkehr#gefahrenquelle-landwirtschaftliche-fahrzeuge. [Zugriff am 09 03 2023].

[82 123fahrschule Holding GmbH, „Besondere Verkehrssituationen," 123fahrschule Holding GmbH, [Online]. Available: https://www.123fahrschule.de/fragenkatalog/1-1-07. [Zugriff am 09 03 2023].

[83] Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG), „Sicher arbeiten mit dem Frontlader," Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG), 2023. [Online]. Available: https://www.svlfg.de/frontlader. [Zugriff am 28 03 2023].

A.5 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zulässiges Gesamtgewicht nach Fahrzeugkonfiguration nach [3]. 25
Tabelle 2: Amtlich erfasste Verkehrsunfälle und Verunglückte insgesamt und mit Beteiligung von landwirtschaftlichen Zugmaschinen im Jahr 2019 in Deutschland [39]..... 55
Tabelle 3: LZM als Hauptverursacher bei Unfällen mit Personenschaden im Jahr 2019 in Deutschland [39]. 56
Tabelle 4: Alleinunfälle und Unfälle mit zwei Beteiligten mit LZM als Hauptverursacher von Unfällen mit Personenschaden im Jahr 2019 in Deutschland [39]. 58
Tabelle 5: Füllungsgrad nach Kategorie [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 72
Tabelle 6: Übersicht über unfallverursachende LZM [LZM-Datenbank 2022]. 73
Tabelle 7: Übersicht über die Unfallarten und deren Codierung [53]. 86
Tabelle 8: CDC-Richtung LZM und gegnerisches Fahrzeug [LZM-Datenbank 2010 & 2022]. 99
Tabelle 9: AIS-Grade und deren Definition [59]. 107
Tabelle 10: Auffälligkeiten des Unfalltyps 30x und 32x bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022]. 119
Tabelle 11: Auffälligkeiten des Unfalltyps 202 bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022]. 119
Tabelle 12: Auffälligkeiten des Unfalltyps 68x bei Unfällen zwischen LZM und Pkw [LZM-Datenbank 2022]. 120
Tabelle 13: Auffälligkeiten des Unfalltyps 202 bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022]. 122
Tabelle 14: Auffälligkeiten der Unfalltypen 30x und 32x bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022]. 123
Tabelle 15: Auffälligkeiten des Unfalltyps 211 bei Unfällen zwischen LZM und motorisiertem Zweirad [LZM-Datenbank 2022]. 124
Tabelle 16: Auffälligkeiten der Unfalltypen 30x und 32x und 34x bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022]. 126
Tabelle 17: Auffälligkeiten der Unfalltypen 22x und 24x bei Unfällen zwischen LZM und Radfahrern [LZM-Datenbank 2022]. 126
Tabelle 18: Auffälligkeiten des Unfalltyps 68x bei Unfällen zwischen LZM und Fahrrad [LZM-Datenbank 2022]. 127
Tabelle 19: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen – Übersicht 1 [LZM-Datenbank 2022]..... 130
Tabelle 20: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen – Übersicht 2 [LZM-Datenbank 2022]..... 131
Tabelle 21: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners – Übersicht 1 [LZM-Datenbank 2022]. 132
Tabelle 22: Adressierbarkeit der SV-Maßnahmen/Fahrerassistenzsysteme für LZM bei Unfällen auf öffentlichen Straßen nach Art der Verkehrsbeteiligung des Unfallgegners – Übersicht 2 [LZM-Datenbank 2022]. 133

Tabelle 23: Front-/Vorbaukamerasystem: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 135
Tabelle 24: Einbiegen/Kreuzen-Assistent: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 136
Tabelle 25: Spurwechselassistent: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 137
Tabelle 26: Notbremsassistent Stufe 1: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 138
Tabelle 27: Notbremsassistent Stufe 2: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 139
Tabelle 28: Assistent Linksabbiegen – Gegenverkehr: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 140
Tabelle 29: Rückfahrkamera Stufe 1: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 141
Tabelle 30: Rückfahrkamera Stufe 2: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 141
Tabelle 31: Abbiege-/Totwinkelassistent Beifahrerseite: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 142
Tabelle 32: Funktionsfähige und robuste Blinker Heck: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 144
Tabelle 33: Optimierung Signalbild: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 145
Tabelle 34: Seitlicher Unterfahrschutz für landwirtschaftliche Anhänger: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 146
Tabelle 35: Frontunterfahrschutz für LZM: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 147
Tabelle 36: Rückspiegelverbreiterung für LZM: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 148
Tabelle 37: LZM-zu-Fahrzeug-Kommunikation: Eigenschaften und Filterkriterien LZM-Datenbank 2022. 149

GDV
Unfallforschung
der Versicherer

Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
Wilhelmstraße 43 / 43 G, 10117 Berlin
Postfach 08 02 64, 10002 Berlin
Tel. 030 2020-5000, Fax 030 2020-6000
www.gdv.de, berlin@gdv.de