



Kamera-Monitor-Systeme (KMS) zur Vermeidung von Abbiegeunfällen

Komplette Studie

Kriterien für die Eignung von Kamera-Monitor-Systemen in Lkw
zur Vermeidung von Rechtsabbiegeunfällen

IFA-Forschungsprojekt Nummer 5134

Auftrag gebende Organisation: BG Verkehr

Laufzeit: Mitte 2014 bis Mitte 2016

Am Projekt beteiligte Personen:

- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
 - Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
 - ➔ Dr. Björn Ostermann
 - ➔ Markus Koppenborg
 - ➔ Manfred Staffel
 - Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG)
 - ➔ Dr. Hiltraut Paridon
 - ➔ Stephanie Hofmann
 - Justitiariat
 - ➔ Gerlinde Ahrends-Kroßner
- Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr)
 - ➔ Michael Fischer
 - ➔ André Schemel
 - ➔ Eva Wilbig
 - ➔ Günter Heider

Wir danken allen Personen, die zum Gelingen des Projektes beigetragen haben:

Am Projekt beteiligte KMS herstellende Betriebe:

- Brigade Elektronik GmbH
- Continental Trading GmbH/Continental Automotive GmbH
- LUIS Technology GmbH
- Mekra Lang GmbH & Co. KG/MEKRAtronics GmbH
- Motec GmbH
- Orlaco GmbH

Am Projekt beteiligte Transportunternehmen:

- Ettengruber GmbH Abbruch und Tiefbau
- Pabst Transport GmbH & Co. KG
- Spedition Heinrich Gustke GmbH
- Zippel Logistik GmbH

Sebastian Schneider von der Firma REKNOW GmbH & Co. KG für die Abbildungen 1, 8 und 9

Benjamin Schreck von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) für die inhaltliche Unterstützung im Abschnitt 4.2

Albert Zaindl von der MAN Truck & Bus AG für die inhaltliche Unterstützung im Abschnitt 4.5

Bildrechte:

- Urheberrecht:
 - REKNOW GmbH & Co. KG: Abbildungen 1, 8 und 9
 - DGUV: alle anderen Abbildungen
- Nutzungsrechte:
 - DGUV, BG Verkehr

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Problemstellung und Relevanz für die Unfallversicherung.....	9
1.2	Stand der Kenntnisse, Aufgaben, Zielsetzung	9
1.2.1	Stand der Kenntnisse	9
1.2.2	Aufgaben	10
2	Zusammenfassung des Projekts.....	11
2.1	Allgemeines.....	11
2.2	Methodik	11
2.3	Ergebnisse	11
2.3.1	Rechtliche Basis	11
2.3.2	Untersuchung von Rechtsabbiegeunfällen	12
2.3.3	Befragung	13
2.3.4	Notwendige Eigenschaften der Systeme	14
2.3.5	Test der Eigenschaften	17
2.3.6	Kosten eines KMS.....	17
3	Methodik	18
3.1	Allgemeines.....	18
3.2	Zusammenarbeit mit der BG Verkehr	18
3.3	Überblick über die rechtliche Basis für KMS an Lkw	18
3.4	Überblick über relevantes Unfallgeschehen	19
3.5	Überblick über die vorgeschriebene Sicht zur rechten Seite	19
3.6	Fragebögen	19
3.6.1	Allgemeines.....	19
3.6.2	Fragebogen: Aufmerksamkeit und Anspruch der Fahrzeugführenden bei Abbiegemanövern.....	19
3.6.3	Fragebogen: Nutzungsverhalten von KMS	21
3.6.4	Verteilung der Fragebögen	22
3.6.5	Verbau von marktüblichen Systemen und Befragung von Lkw-Fahrenden.....	22
3.6.6	Auswertung der Ergebnisse der Befragung	23
3.7	Aufstellung von Kriterien für Kamera-Monitor-Systeme	23
3.8	Feedback durch herstellende Betriebe und andere interessierte Kreise.....	24
3.9	Beantwortung eines Fragenkatalogs durch herstellende Betriebe	24
4	Ergebnisse	25
4.1	Rechtliche Basis	25
4.1.1	Allgemeines.....	25

4.1.2	Normung.....	25
4.1.3	Arbeitsschutz.....	26
4.2	Untersuchung Rechtsabbiegeunfälle	26
4.3	Untersuchung der derzeitigen Sicht nach rechts.....	28
4.3.1	Gesetzlich vorgeschriebene Sicht.....	28
4.3.2	Praktisch umsetzbare Sicht.....	29
4.3.3	Spiegelsysteme	30
4.3.4	Das menschliche Auge	30
4.3.4.1	Auflösung des Sichtbildes	30
4.3.4.2	Adaption an die Lichtstärke.....	31
4.3.4.3	Altersweitsichtigkeit.....	32
4.3.5	Welche Sicht ist nötig, um Unfälle zu verhindern?.....	32
4.4	Befragungen	35
4.4.1	Allgemeines.....	35
4.4.2	Befragung zu eingeschätzter Aufmerksamkeit und Anspruch in Abbiegesituationen	36
4.4.2.1	Vermutete Ergebnisse vor Durchführung.....	36
4.4.2.2	Studienteilnehmende	36
4.4.2.3	Auswertung der Antworten: Übersicht.....	38
4.4.2.4	Auswertung der Antworten: Einzelanalyse	40
4.4.2.5	Überprüfung der Vermutungen	43
4.4.3	Bewertung der KMS durch befragte Personen	44
4.4.3.1	Vermutete Ergebnisse vor Durchführung.....	44
4.4.3.2	Studienteilnehmende	44
4.4.3.3	Auswertung der Antworten zur Priorisierung von Strecken.....	47
4.4.3.4	Auswertung der Antworten zu KMS: Übersicht	48
4.4.3.5	Einzelauswertungen.....	49
4.4.3.6	Auswertung der Fragen zum verwendeten Monitor	60
4.4.3.7	Auswertung der Meinungen zur Unfallverhinderung.....	61
4.4.3.8	Kommentare und Meinungen der Fahrzeugführenden	62
4.4.3.9	Überprüfung der Vermutungen	63
4.5	Notwendige Eigenschaften der Systeme	65
4.5.1	Allgemeines.....	65
4.5.2	Notwendige Eigenschaften der Kameras.....	65
4.5.2.1	Position.....	65
4.5.2.2	Auflösung	66
4.5.2.3	Verzerrte Darstellung von Bereichen	66

4.5.2.4	Linse	67
4.5.2.5	Bildwiederholffrequenz	68
4.5.2.6	Helle/Dunkle Bereiche	68
4.5.2.7	Robustheit gegen Umwelteinflüsse	71
4.5.2.8	Videoverkabelung.....	74
4.5.3	Notwendige Eigenschaften des Monitors	75
4.5.3.1	Position.....	75
4.5.3.2	Größe	75
4.5.3.3	Auflösung	76
4.5.3.4	Bildwiederholffrequenz	77
4.5.3.5	Helligkeitsanpassung/Nachtsicht.....	77
4.5.3.6	Reflexionsempfindlichkeit	78
4.5.3.7	Blickwinkel	78
4.5.3.8	Kontrast	78
4.5.3.9	Bildaufbauzeit	79
4.5.3.10	3D	79
4.5.3.11	Pixelfehler.....	79
4.5.3.12	Robustheit gegen Umwelt – Temperatur.....	79
4.5.4	Notwendige Eigenschaften des Systems	80
4.5.4.1	Allgemeines.....	80
4.5.4.2	Latenz	80
4.5.4.3	Farbe.....	80
4.5.4.4	Verfügbarkeit.....	81
4.5.4.5	Kontrast	81
4.5.4.6	Tiefenschärfe/Schärfentiefe.....	82
4.5.4.7	Flackern/Flimmern	82
4.5.4.8	EMV	82
4.5.4.9	Bedienbarkeit.....	83
4.5.5	Notwendige Eigenschaften der Darstellung	84
4.5.5.1	Standarddarstellung	84
4.5.5.2	Verzerrte Darstellung	84
4.5.5.3	Spiegelverkehrte Darstellung	84
4.5.5.4	Abschalten, wenn die Sicht nicht benötigt wird	85
4.5.5.5	Darstellung an Knickwinkel zwischen Zugmaschine und Anhänger anpassen.....	85
4.5.5.6	Optischer Fluss	85
4.5.5.7	Verändern des Blickwinkels durch Bewegen des Kopfes	86

4.5.6	Eigenständig durchführbare Tests	87
4.5.6.1	Allgemeines.....	87
4.5.6.2	Auflösung	88
4.5.6.3	Ausrichtung	88
4.5.6.4	Linse (bezüglich Kissen-Effekt).....	88
4.5.6.5	Helligkeitsempfindlichkeit (bezüglich Infrarot).....	89
4.5.6.6	Helle und dunkle Bereiche	89
4.5.6.7	(Mögliche) Größe der Darstellung im Vergleich	90
4.5.6.8	Helligkeitsanpassung.....	91
4.5.6.9	Reflexionsempfindlichkeit	92
4.5.6.10	Blickwinkel.....	93
4.5.6.11	Pixelfehler.....	94
4.5.6.12	Latenz	94
4.5.6.13	Verfügbarkeit – Einschaltzeit	95
4.5.6.14	Flackern	95
4.5.6.15	EMV	95
4.6	Eigenschaften der verfügbaren Systeme.....	96
4.6.1	Allgemeines.....	96
4.6.2	Kamera	97
4.6.2.1	Position.....	97
4.6.2.2	Auflösung	97
4.6.2.3	Verzerrte Darstellung von Bereichen	97
4.6.2.4	Linse	97
4.6.2.5	Bildwiederholfrequenz	98
4.6.2.6	Helligkeitsempfindlichkeit	98
4.6.2.7	Helle/Dunkle Bereiche	98
4.6.2.8	Robustheit gegen Umwelt	98
4.6.2.9	Videoverkabelung.....	99
4.6.3	Monitor	99
4.6.3.1	Größe.....	99
4.6.3.2	Auflösung	99
4.6.3.3	Bildwiederholfrequenz	99
4.6.3.4	Helligkeitsanpassung.....	100
4.6.3.5	Reflexionsempfindlichkeit	100
4.6.3.6	Blickwinkel	100
4.6.3.7	Kontrast	100

4.6.3.8	Bildaufbauzeit	100
4.6.3.9	Pixelfehler	100
4.6.3.10	Robustheit gegen Umwelt – Temperatur	100
4.6.4	System	101
4.6.4.1	Latenz	101
4.6.4.2	Farbe	101
4.6.4.3	Verfügbarkeit	101
4.6.4.4	Kontrast	101
4.6.4.5	Tiefenschärfe	101
4.6.4.6	Flackern	101
4.6.4.7	EMV	101
4.6.5	Notwendige Eigenschaften von Fahrzeugen zur Nutzung von KMS	101
4.6.5.1	Allgemeines	101
4.6.5.2	Positionen für den Verbau von Kameras generell	102
4.6.5.3	Verbau an Gefahrguttransportern	102
4.6.5.4	Verbau an Leasingfahrzeugen	102
4.6.5.5	Verbau an Fahrzeugen mit wechselnden Anhängern	102
4.6.5.6	Verbau an Fahrzeugen mit wechselnden Aufbauten/Wechselbehältern	103
4.7	Kosten eines KMS	103
4.8	Ausblick	104
5	Möglichkeiten einer Umsetzung der Ergebnisse in der Praxis	105
5.1	Umsetzung der Ergebnisse	105
5.2	Zusammenfassende Bewertung und Schlussfolgerung	105
6	Literatur	106
7	Glossar	113
8	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	115
8.1	Abbildungen	115
8.2	Tabellen	117
9	Anhang I: Checkliste für die Bewertung von Kamera-Monitor-Systemen	118
9.1	Anforderung an die Kamera	118
9.1.1	Position	118
9.1.2	Auflösung	118
9.1.3	Verzerrte Darstellung von Bereichen	118
9.1.4	Linse	118
9.1.5	Bildwiederholffrequenz	118
9.1.6	Helligkeitsempfindlichkeit	119

9.1.7	Helle/Dunkle Bereiche	119
9.1.8	Robustheit gegen Umwelt	119
9.1.9	Videoverkabelung.....	120
9.2	Anforderung an den Monitor	120
9.2.1	Position.....	120
9.2.2	Größe	120
9.2.3	Auflösung	120
9.2.4	Bildwiederholffrequenz	120
9.2.5	Helligkeitsanpassung.....	120
9.2.6	Reflexionsempfindlichkeit	120
9.2.7	Blickwinkel.....	120
9.2.8	Kontrast	121
9.2.9	Bildaufbauzeit.....	121
9.2.10	Pixelfehler.....	121
9.2.11	Robustheit gegen Umwelt – Temperatur.....	121
9.3	Anforderungen an das System.....	121
9.3.1	Latenz	121
9.3.2	Farbe.....	121
9.3.3	Verfügbarkeit.....	121
9.3.4	Kontrast	121
9.3.5	Tiefenschärfe	121
9.3.6	Flackern.....	121
9.3.7	EMV	122
10	Anhang II: Meinungen der Fahrzeugführenden	123
10.1	Haben Sie noch irgendwelche Anmerkungen zur Monitorposition?.....	123
10.2	Sie haben angegeben, mit den Helligkeitseinstellungen Ihres KMS nicht zufrieden zu sein. Aus welchem Grund sind Sie nicht zufrieden?	124
10.3	Haben Sie noch weitere Anmerkungen zu Ihrem KMS?.....	124
10.4	Sie haben angegeben, dass Kamera-Monitor-Systeme (möglicherweise) Unfälle verhindern können. Welche Unfälle könnten verhindert werden?	126
10.5	Sind Sie durch die Benutzung des KMS schon einmal so sehr abgelenkt gewesen, dass es zu einem (Beinahe)Unfall gekommen ist. In welchen Fahrsituationen empfinden Sie ein KMS als störend?.....	126
11	Anhang III: Fragebogen Aufmerksamkeit und Anspruch der Fahrzeugführenden bei Abbiegemanövern	127
12	Anhang IV: Fragebogen Nutzungsverhalten von KMS	160

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Relevanz für die Unfallversicherung

Bei Unfällen mit rechts abbiegenden Lkw, Abfallsammelfahrzeugen, Omnibussen oder Transportern werden zu Fuß gehende oder Rad fahrende Personen nicht selten schwer verletzt oder gar getötet. Die intensive und oftmals öffentliche Diskussion solcher Unfälle führt häufig zu einer Stigmatisierung der gesamten Transportbranche. Charakteristisch für solche Unfälle ist, dass die das Fahrzeug führende Person in der Regel selbst körperlich unverletzt bleibt, aber mit den vielfältigen Folgen dieses traumatisierenden Ereignisses fertig werden muss. Bei herstellenden Betrieben sowie bei Verbänden, wissenschaftlichen Instituten und Behörden befassen sich engagierte Arbeitsgruppen mit solchen Unfällen. Technische Lösungen, die vollständig vor Abbiegeunfällen schützen können, existieren bislang nicht. Untersuchungen und Gutachten von und für die BG Verkehr belegen jedoch konkreten Handlungsbedarf für deren Mitgliedsunternehmen. Vor diesem Hintergrund hat sich die BG Verkehr entschieden, Maßnahmen zur Verringerung von Rechtsabbiegeunfällen durchzuführen beziehungsweise zu unterstützen. Denn der Handlungsbedarf entsteht vor allem aus zwei Gründen:

1. Rechtsabbiegevorgänge sind ein erheblicher Stressor im täglichen Arbeitsablauf der Lkw-Fahrenden.
2. Rechtsabbiegeunfälle können bei den betroffenen Fahrzeug führenden Personen Psychotraumata verursachen und zur Berufsunfähigkeit führen.

Im Vorfeld dieser Studie hat die BG Verkehr verfügbare technische Lösungen recherchiert und dabei Kamera-Monitor-Systeme (KMS) als einen sehr vielversprechender Ansatz identifiziert. Interviewte Lkw-Fahrende beurteilten die einfache Bedienweise, die bessere Sicht in die Bereiche neben dem Fahrzeug sowie verminderten Stress durch ein sicheres Fahrgefühl als positiv. Vor-Ort-Termine bei KMS herstellenden Betrieben sowie bei KMS einsetzenden Mitgliedsunternehmen zeigten außerdem den möglichen sicherheitsrelevanten Nutzen, auch wenn dabei sicher noch Optimierungspotenzial besteht. Bislang liegen jedoch keine wissenschaftlichen Studienergebnisse über den tatsächlichen Nutzen von KMS vor.

1.2 Stand der Kenntnisse, Aufgaben, Zielsetzung

1.2.1 Stand der Kenntnisse

Zu Abbiegeunfällen von rechts abbiegenden Lkw mit Rad fahrenden und zu Fuß gehenden Personen gibt es zahlreiche Studien. In einer 2015 veröffentlichten Studie hat die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) mit verschiedenen Zahlen belegt, dass Abbiegeunfälle bzw. Unfälle an Kreuzungen über zwei Drittel der Unfälle zwischen Lkw und Rad-Fahrenden ausmachen. [13]

Ebenfalls in dieser Studie hat die BASt statistisch nachgewiesen, dass Abbiegeunfälle wesentlich häufiger als alle anderen Unfälle zwischen Lkw und Rad-Fahrenden für Letztere tödlich enden. 88 % aller tödlichen Unfälle zwischen Rad-Fahrenden und Lkw über 7,5 t in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und im Saarland zwischen 2008 und 2012 geschahen beim Abbiegen des Lkw. [13]

Laut einer weiteren Statistik des Allgemeinen Deutschen Fahrrad-Clubs e. V. (ADFC) Berlin sind Abbiegeunfälle mit Lkw die Haupttodesursache für Rad-Fahrende in Berlin zwischen 2008 und 2014 [10].

Die Suche nach Lösungen, um Lkw-Fahrende beim Abbiegen zu unterstützen, läuft bereits seit mehreren Jahren. Ein Forschungsansatz ist die Verwendung von Sensorsystemen. Darüber hinaus kommen für vielfältige Anwendungen bereits KMS zum Einsatz, die auch den Prozess des Abbiegens unterstützen. Ob KMS geeignet sind, Abbiegeunfälle zu verhindern, und welche Kriterien KMS erfüllen müssen, soll diese Studie klären. Front- und Anfahrspiegel dürfen KMS bereits ersetzen.

KMS für vordere Bereiche sind seit Veröffentlichung der Richtlinie 2003/97/EG [3] im Gesetz verankert. Die Forschung arbeitet mindestens seit 2004 an KMS als Lösung der Abbiegeproblematik [14].

Mit der für 2016 geplanten Veröffentlichung der neuen UN/ECE-Regelung Nr. 46 [8] erhalten KMS künftig generell die Zulassung als Ersatz für Spiegel. Wahrscheinlich lässt sich jedoch allein damit nicht das Problem der Abbiegeunfälle lösen, wenn die dargestellten Sichtbereiche nicht erweitert oder zusammengefasst werden.

1.2.2 Aufgaben

Kamera-Monitor-Systeme sind Hilfen für Fahrzeugführende, um die Bereiche neben dem Fahrzeug besser einsehen zu können. Ziel dieses Projekts ist es, für die Mitgliedsunternehmen der BG Verkehr einen Kriterienkatalog zur Auswahl geeigneter Systeme zu erstellen (Monitorposition, Kameraposition, Darstellung der Umgebung usw.).

Im Rahmen dieses Projektes hat das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) den Themenkomplex KMS analysiert. Gegenstand der Untersuchung waren die Eigenschaften existierender Systeme, die Anforderungen aus Normen und Richtlinien sowie vorhandene Forschungsergebnisse. Um herauszufinden, in welchen Bereichen des Lkw Sichteinschränkungen vermehrt zu Unfällen führen, wertete das IFA zudem Studien zu Unfällen aus.

Hinzu kamen zwei Befragungen. Die Erste konzentrierte sich darauf, wie Fahrzeugführende Anspruch und Aufmerksamkeit beim Rechtsabbiegen einschätzen und ob sich diese durch ein vorhandenes KMS verändern. Die zweite Befragung zielte darauf ab, wie Fahrzeugführenden das von ihnen verwendete KMS nutzen.

Die Ergebnisse der Untersuchung und der Befragungen ergaben einen Fragenkatalog, mit dessen Hilfe Transportunternehmen für ihre Fahrzeuge und ihre speziellen Bedürfnisse (z. B. viel/wenig Nachtfahrten) KMS bewerten und auswählen können.

Anschließend hat das IFA die Kriterien auf am Markt verfügbare Systeme angewendet und ermittelt, inwieweit verfügbare Geräte diese Kriterien bereits erfüllen.

Die im Rahmen des Projektes untersuchten Systeme sind sowohl zur Nachrüstung als auch zur Erstausrüstung geeignet. Systeme mit Rundumsicht (360°-Systeme) gehören ebenfalls dazu. Bei den Fahrzeugen konzentriert sich dieses Projekt auf Lkw und Sattelzugmaschinen (im Folgenden Lkw genannt).

Die Ergebnisse dieser Forschung lassen sich auf die meisten Abfallsammelfahrzeuge übertragen. Untersuchungen in Bezug auf Omnibusse sind nicht Bestandteil dieser Forschung.

2 Zusammenfassung des Projekts

2.1 Allgemeines

Dieses Kapitel fasst das Projekt kurz zusammen. Es stellt Vorgänge und Ergebnisse vor, ohne auf einzelne Unterpunkte in der Auswertung einzugehen. Ausführliche und detaillierte Erläuterungen zu diesen Teilen beinhalten die Folgekapitel.

2.2 Methodik

Das vorliegende Projekt hat das IFA – im Auftrag der BG Verkehr – in Zusammenarbeit mit der BG Verkehr, dem IAG und der DGUV durchgeführt. An den Teilen des Projekts, bei denen Fahrzeugführende nach ihren Erfahrungen gefragt wurden, waren psychologische Fachkräfte des IFA und des IAG beteiligt. Hierfür notwendige Verträge hat das Justitiariat der DGUV erstellt. Die rechtliche und normative Untersuchung der Anforderungen an KMS haben Fachkräfte des IFA und der BG Verkehr aus den Bereichen Elektrotechnik, Maschinenbau, Informatik und Physik übernommen. An den Befragungen waren darüber hinaus verschiedene KMS herstellende Betriebe und Transportunternehmen beteiligt.

Für das Projekt hat das IFA zwei Fragebögen erstellt und ausgewertet. Parallel und im Nachgang erfolgte eine Recherche zu den notwendigen Eigenschaften von KMS. Hinzu kamen mit einfachen Mitteln durchführbare Tests bei den KMS beteiligter Unternehmen. Gleichzeitig verglichen die beteiligten Unternehmen die Eigenschaften ihrer KMS mit den ermittelten Anforderungen und ermöglichten damit einen Überblick über den aktuellen Stand der Technik. Dieser Überblick ist als Checkliste zur schnellen Überprüfung der Anforderungen durch Transportunternehmen und Herstellerfirmen von KMS Teil dieses Berichts.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Rechtliche Basis

Lkw müssen beim Verkauf und bei der Benutzung den gesetzlichen Anforderungen entsprechen.

Die Zulassungsbedingungen für in Fahrzeugen verbaute Systeme legt eine Rahmenrichtlinie fest. Diese Rahmenrichtlinie verweist auf Einzelrichtlinien und Regelungen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie hat das IFA diese Einzelrichtlinien und Regelungen auf Vorgaben für „Einrichtungen für indirekte Sicht“ untersucht. Dazu gehören sowohl Spiegel als auch KMS. Aus rechtlicher Sicht wird ab der neuen Fassung der UN/ECE-Regelung 46 [8] voraussichtlich noch im laufenden Kalenderjahr 2016 der Ersatz aller Spiegel durch KMS möglich. Nach den aktuellen Einzelrichtlinien und Regelungen gilt dies bislang nur für den Front- und den Anfahrspiegel. Der Unterpunkt „Funkentstörung“ ist ebenfalls Teil dieser Studie.

Alle diese Einzelrichtlinien und Regelungen verweisen wiederum auf Normen, die – wie im Fahrzeugbereich üblich – zwingend anzuwenden sind. Die Norm ISO 16505 [27] behandelt speziell die Anforderungen an KMS und nennt Wege, wie der herstellende Betrieb deren Einhaltung zu überprüfen hat.

Parallel zu diesen Zulassungsbedingungen gelten die gesetzlichen Anforderungen des Arbeitsschutzes. Die neue Fassung der Betriebssicherheitsverordnung erwähnt KMS als geeignete Hilfsvorrichtungen

zur Überwachung des Fahrwegs. Damit ist deren Einsatz, zumindest bezogen auf die rechte Seite des Lkw, aber noch nicht zwingend vorgeschrieben.

2.3.2 Untersuchung von Rechtsabbiegeunfällen

Anlass für diese Studie ist die besondere Schwere der Rechtsabbiegeunfälle zwischen Lkw und Rad-Fahrenden sowie zu Fuß Gehenden. Einer BASt-Studie [13] zufolge spielten schlechte Sichtverhältnisse hierbei in der Regel nur eine untergeordnete Rolle. Das gleiche gilt für die Geschwindigkeit der Lkw, die in den untersuchten Fällen in der Regel niedrig war.

Warum also stellt gerade das Rechtsabbiegen einen Unfallschwerpunkt dar?

Die vorliegende Studie analysiert die Sicht aus dem Lkw zur rechten Seite hin. Die gesetzlichen Vorgaben schreiben eine ungehinderte Sicht auf den Bereich vor und rechts neben dem Lkw vor. Jüngste Vorgaben haben den einzusehenden Bereich rechts vom Lkw nach außen erweitert. Dieser Bereich darf aber außer durch Spiegel auch durch direkte Sicht abgedeckt sein.

Die einzusehenden Bereiche können an ihrem Rand unter Umständen zu klein für das Erkennen einer Person sein. Wegen der Vorgabe der Bereichsgröße auf Bodenniveau lassen sich im Randbereich des Front- und Anfahrspiegels daher oft nur die Reifen von Fahrrädern oder die Beine von Personen wahrnehmen. Die Firma REKNOW GmbH & Co. KG [69] hat hierzu für dieses Projekt zwei Simulationen angefertigt. Während die erste zeigt, dass die Spiegel in einem Lkw die einzusehenden Sichtbereiche auf dem Boden gesetzeskonform abdecken, zeigt die zweite (Abbildung 1), dass dieselben Spiegel bereits einen Meter über dem Boden auf der rechten Seite des Lkw nur einen eingeschränkten Sichtbereich abbilden.

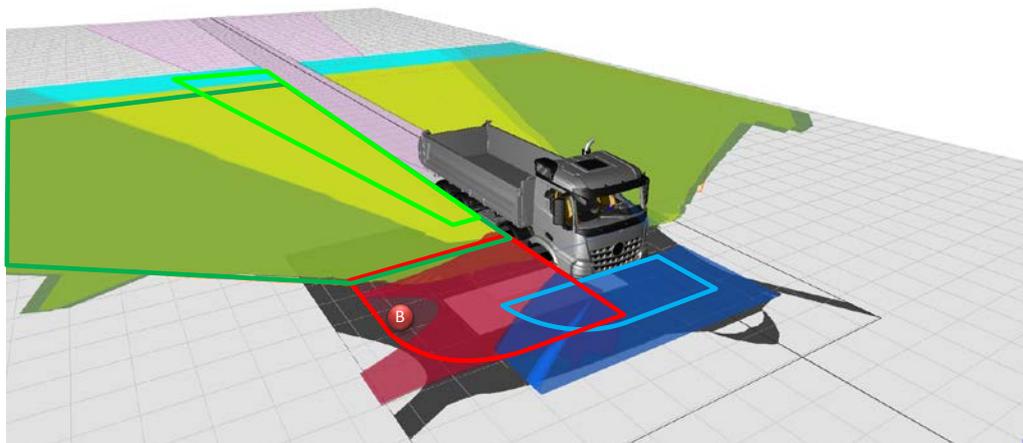


Abbildung 1: Sichtfeld berechnet für Front- und Anfahrspiegel in 1 m Höhe (siehe Abschnitt 4.3.2)
Bild aus: EMM-Check von REKNOW [69]; farbige Umrandungen der gesetzlichen Bereiche und „B“: IFA
Blau: Frontspiegel
Rot: Anfahrspiegel
Hellgrün: Hauptspiegel
Grün: Weitwinkelspiegel
B: Nicht einsehbarer Bereich auf 1 m Höhe, in dem Fahrzeugführende keine direkte oder indirekte Sicht haben

Im Rahmen ihrer Studie zu Assistenzsystemen für Lkw [13] hat die BASt unter anderem Testfälle zur Analyse des durch die Systeme abgedeckten Sichtbereichs definiert. Dabei fragt ein Testfall auch den Bereich ab, der laut der Simulation der REKNOW über die Spiegel nur eingeschränkt einsehbar ist. Der BASt zufolge muss eine fahrzeugführende Person aber auch hier eine mögliche Kollision erkennen, um diese noch rechtzeitig abwenden zu können.

Die BAST hat sich in ihrer Untersuchung auf solche Assistenzsysteme konzentriert, welche die Fahrzeugführenden warnen und so deren Blick auf die Spiegel lenken. Gegenüber der im Normalfall benötigten Zeit von etwa zwei Sekunden, um vor einer Abbiegesituation alle Spiegel auf der rechten Seite zu überblicken [11], lässt sich so die Zeit zur Reaktion bei einer möglichen Kollision verkürzen.

2.3.3 Befragung

Rechtsabbiegeunfälle stellen einen Unfallschwerpunkt dar, der Bereich auf der rechten Seite des Lkw ist nur schwer zu überblicken, und der Einsatz von KMS verspricht eine Verbesserung der Situation. Doch wie nehmen Fahrzeugführende das Rechtsabbiegen mit Lkw wahr? Um dieses Thema zu untersuchen, erhob das IFA mit Hilfe eines Fragebogens für 24 verschiedene Verkehrssituationen die Anforderungen an die Aufmerksamkeit und den Anspruch durch Rechtsabbiege-Manöver. An der Umfrage nahmen 214 Personen teil. Den Antworten auf die Fragebögen zufolge empfinden diese das Rechtsabbiegen in den gezeigten Verkehrssituationen als anspruchsvoller als das Linksabbiegen. Aufmerksamkeit und Anspruch schätzen die Befragten bei beiden Abbiegemanövern erwartungsgemäß höher ein als beim Geradeausfahren. Das Alter der teilnehmenden Personen spielte bei der Einschätzung ebenfalls eine Rolle: Mit zunehmendem Alter stiegen der eingeschätzte Aufmerksamkeitsbedarf und der eingeschätzte Anspruch an, möglicherweise weil erfahrenere Fahrzeugführende sich der Risiken durch Rechtsabbiegen bewusster sind.

Die Bewertung des gleichen Fahrmanövers bei unterschiedlichen Ampelphasen ergab keinen signifikanten Unterschied – trotz expliziter Hinweise an die Teilnehmenden, dass ihnen das Warten bei roter Ampel ein Überblicken der Verkehrssituation erlauben würde. Den Antworten auf die Fragebögen zufolge hatten somit mehr Zeit zum Überblicken der Verkehrssituation keinen belegbaren Einfluss auf das Ergebnis.

Zwischen Teilnehmenden, die ein KMS nutzen, und solchen ohne KMS ließ sich keine unterschiedliche Einschätzung von Aufmerksamkeit und Anspruch nachweisen. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass die Nutzung von KMS die Aufmerksamkeit des Nutzers nicht einschränkt und nicht zu Bequemlichkeit oder Nachlässigkeit führt.

Anhand dieser ersten Befragung ließen sich die Sichtvorteile durch KMS nicht ausreichend beurteilen. Zur Einschätzung derzeit auf dem Markt erhältlicher KMS erhob das IFA bei einer weiteren Befragung unter anderem die Einstufung dieser Vorteile. Die Teilnehmenden verfügten entweder bereits über Lkw mit einem KMS oder sollten diese Ausstattung im Rahmen des Projektes noch erhalten. Die zweite Befragung lieferte 108 Antwortsätze, davon entfielen allerdings 63 auf Rückfahrkameras, die keinen Sichtvorteil beim Abbiegen bieten.

Der Befragung zufolge bewerten Fahrzeugführende KMS überwiegend positiv. Vor allem die erweiterten Sichtbereiche und die Möglichkeit, sich schneller einen Überblick über die Verkehrssituation zu verschaffen, empfinden die Teilnehmenden als Vorteil gegenüber Spiegeln. Gleichzeitig ignorieren sie Spiegel als Hilfsmittel aber nicht, sondern nutzen sie zusätzlich zu den KMS.

Ihren subjektiv empfundenen Stress kann die überwiegende Anzahl der Befragten mit KMS reduzieren. Die Teilnehmenden bestätigen überwiegend, dass sie sich mit KMS sicherer fühlen und entspannter fahren. Nur wenige Befragte fühlen sich von einem KMS bei anderen Fahraufgaben abgelenkt.

Die Eingewöhnungszeit zur Nutzung eines KMS schätzt ein Großteil der Teilnehmenden als gering ein, die Nutzung selbst als leicht. Anderen Fahrzeugführenden trauen sie zu, schnell mit ihrem System zurechtzukommen.

Mit der Größe, der Platzierung und der Helligkeit ihrer Monitore sind die Teilnehmenden überwiegend zufrieden. Meist ist der Monitor direkt rechts neben der fahrzeugführenden Person platziert und hat in etwa die Größe eines Tablets bzw. eines DIN-A5-Blattes.

Die Teilnehmenden dieser Befragung gehen davon aus, dass KMS vor allem Unfälle beim Rückwärtsfahren und Abbiegen verhindern können. Konsequenterweise wünschen sie sich, dass Rückfahr- und Rechtsabbiegekameras als Pflichtausstattung an Lkw vorgeschrieben werden. Dabei liegt der Zuspruch zu den jeweiligen Systemen höher, wenn die befragte Person diese selbst kennt und nutzt.

2.3.4 Notwendige Eigenschaften der Systeme

Die bei den Befragungen gewonnenen Erkenntnisse sowie die gesetzlichen und normativen Forderungen lieferten dem IFA die Basis, um die notwendigen Eigenschaften von KMS zu untersuchen.

Erster Schritt war eine separate Betrachtung von Kameras und Monitoren. Anschließend standen die Eigenschaften im Fokus, die das System erst in Kombination der Komponenten gewinnt sowie die bei der Darstellung des Kamerabildes auf dem Monitor entstehen.

Für zusätzlich zu Spiegeln verbaute KMS existieren derzeit – mit Ausnahme der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) und der Positionierung von Kamera und Monitor – keine gesetzlichen Anforderungen. Für KMS, die Spiegel vollständig ersetzen, bestehen im Bereich des Front- und Anfahrspiegels grundsätzliche, im Bereich des Haupt- und Weitwinkelspiegels konkrete Anforderungen in der bereits gültigen Norm ISO 16505 [27] und der kommenden UN/ECE-Regelung 46 [8].

Zur Bewertung von KMS ist es sinnvoll, diese mit Blick auf die Anforderungen aus der Norm und der kommenden Regelung zu überprüfen. Transportunternehmen und ihre Angestellten können dann auf dieser Basis verschiedene Systeme miteinander vergleichen und, im Fall von zusätzlichen KMS, die unterschiedlichen Kriterien für sich selbst gewichten.

Die erste Frage bei der Verwendung von Kameras ist, wo diese am Fahrzeug verbaut werden können. Hier spielen neben dem Bereich, den die Kamera abdecken muss, auch die Eigenschaften des Fahrzeugs (mögliche Befestigungspunkte, andere hervorstehende Anbauten wie z. B. Spiegel) eine Rolle.

Die Auflösung der Kamera muss hoch genug sein, um die abzubildende Umgebung in der nötigen Schärfe darzustellen. Die dafür notwendige Auflösung der Kamera ergibt sich aus der Sehfähigkeit des Menschen und der Größe der vorhandenen Spiegel. Soll das aufgenommene Bild später verzerrt dargestellt werden, muss die Kameraauflösung entsprechend höher sein. Für eine ruckelfreie Darstellung sollte die Kamera zudem tagsüber mindestens 30 Bilder pro Sekunde aufnehmen können.

Der Hell-Dunkel-Wechsel und die gleichzeitige Darstellung von hellen und dunklen Bereichen können zu Problemen führen, die moderne Kameras in der Regel ausreichend beherrschen. Wichtig ist hier ein hoher Kontrastumfang, damit Teile des Bildes nicht zu sehr oder zu wenig belichtet werden. Die Umschaltzeit beim Wechsel zwischen hellen und dunklen Umgebungen sollte so kurz sein, dass die Kamera bei der Ausfahrt aus einem Tunnel, Waldstück oder Parkhaus nicht zu lange geblendet wird. Effekte, die durch einen starken Bildkontrast entstehen, etwa das „Blooming“ (ausstrahlende Überbelichtung) heller Bildbereiche, lassen sich dank moderner Sensoren in der Kamera teilweise komplett beherrschen.

Neben den Anforderungen an das aufgenommene Bild muss die Kamera am Lkw verschiedensten Umwelteinflüssen standhalten. Für das Transportunternehmen ist daher der Einsatzort seiner Fahrzeuge wichtig sowie etwa die Bandbreite der Temperaturen, in denen das Fahrzeug eingesetzt wird.

So muss die Kamera bei niedrigen Temperaturen auch Betauung und Vereisung – unter Umständen sogar von innen – vermindern können. Schließlich sind Kameras nicht immer so leicht zu erreichen wie Spiegel, um sie von Betauung oder Vereisung zu befreien.

Auch ein Steinschlag ist bei einer Kamera folgenschwerer als bei Windschutzscheibe oder Spiegel. Bei einer Kamera nimmt eine Beschädigung durch Steinschlag in der Regel einen großen Teil der Sicht. Verschmutzungen reduzieren die Sicht ebenfalls. Diese treten aber bei Kameras und Spiegeln meist gleichmäßig auf, und in einer weiteren Studie lieferte eine verschmutzte Kamera ein besseres Bild als ein verschmutzter Spiegel [15]. Eine Säuberung wiederum kann wegen der schlechten Erreichbarkeit schwierig sein.

Die Säuberung des Lkw führt regelmäßig dazu, dass Kameras mit einem Hochdruckreiniger bestrahlt werden. Sie sollten daher die entsprechende Schutzklasse IPX9K aufweisen. Auch gegen die üblichen Reinigungsmittel müssen Kameras resistent sein.

Außerdem muss die Kamera mit den Vibrationen und Schocks (Stößen) zurechtkommen, denen der Lkw bei Be- und Entladen und Fahrt ausgesetzt ist. Sie darf dabei nicht beschädigt werden. Auch das Bild der Kamera sollte so wenig wie möglich darunter leiden.

Lösen sich Kabelenden der Videoverkabelung voneinander, führt dies zum Funktionsausfall. In der Regel sind die Kabel so verlegt, dass die fahrzeugführende Person selbst diese nicht wieder verbinden kann. Die Kabel müssen daher fixierbar sein und über wasserdichte Verbindungsstellen verfügen. Auch gegen elektromagnetische Störfelder müssen die Kabel geschirmt sein.

Bei Monitoren ist ebenfalls die mögliche Position die erste wichtige Frage. Der Befragung zu KMS zufolge ist die Mitte des Armaturenbretts eine häufig gewählte Lösung. Zu nah am Lkw-Fahrenden sollte der Monitor nicht platziert werden, da bei älteren Fahrzeugführenden unter Umständen die Altersweitsichtigkeit ein Aspekt ist. Die notwendige Größe des Monitors wiederum ergibt sich aus seiner Position. Je näher der Monitor am Fahrzeugführenden ist, desto kleiner kann er sein. Auflösung und Bildwiederholfrequenz sollten dabei mindestens der der Kamera entsprechen.

Wenn Monitore im Dunkeln zu hell leuchten, können sie die Sicht der Fahrzeugführenden negativ beeinträchtigen. Dies ergab sich auch aus der Befragung, in der sich einzelne Teilnehmende über Blendung bei Nacht beschwerten. Generell muss die Helligkeit anpassbar sein, bestenfalls passt sie sich selbstständig an. Auf der anderen Seite darf der Monitor in heller Umgebung nicht zu dunkel sein und muss sich selbst bei Blendung, z. B. bei niedrigem Sonnenstand, noch gut ablesen lassen. Hier greifen wieder die Vorgaben zum Kontrast.

Je nach Position des Monitors spielt dessen Blickwinkelstabilität ebenfalls eine Rolle. Dabei ist zu beachten, dass unterschiedliche Fahrzeugführende verschiedene Sitzpositionen und Körperhaltungen haben können.

Zur Bildaufbauzeit, dem Wechsel einzelner Pixel zwischen Hell und Dunkel, ergab das Projekt verschiedene Aussagen. Die Norm für KMS lässt hier wesentlich mehr Zeit zu (55 ms) als die Norm für elektronische optische Anzeigen (10 ms). Letztere geht bei 55 ms davon aus, dass Bewegungen im Bild störende Artefakte verursachen.

Eine zulässige Anzahl von Pixelfehlern, wie sie bei Computermonitoren üblich ist, gibt es bei KMS nicht. Alle Pixel müssen bei Auslieferung des Systems funktionieren. Im Betrieb muss aber später die fahrzeugführende Person entscheiden, ob nachträglich auftretende Fehler stören oder ein Weiterbetrieb möglich ist.

Auch der Monitor muss Umwelteinflüssen wie Vibrationen und Schocks standhalten. Da der Monitor im Fahrzeuginneren verbaut wird, ist hier zudem mit höheren Temperaturen als im Außenbereich zu rechnen. Diesen Temperaturen muss der Monitor standhalten.

Die Zeit zwischen Aufnahme und Darstellung der Bilder muss ausreichend gering sein. Das ist bei einer Verzögerung von bis zu 200 ms der Fall. Bei aktuell am Markt vorhandenen Systemen liegt die Verzögerungszeit meist unter 50 ms.

Das Bild sollte in Farbe dargestellt werden. Eine Darstellung in schwarz-weiß ist allerdings zulässig und z. B. in der Nacht auch sinnvoll, wenn die Kamera die Umgebung mit infrarotem Licht ausleuchtet.

Das gesamte System muss spätestens sieben Sekunden nach Fahrzeugstart funktionsfähig sein. Diese Zeitspanne stammt aus den Anforderungen für automatisch ausklappende Außenspiegel. Ein Einfrieren des Monitorbildes müssen fahrzeugführende erkennen können. Bei der Fahrt ist das problemlos möglich, beim Warten an einer roten Ampel jedoch unter Umständen schwierig. Hier kann eine zusätzliche dynamische Bildkomponente hilfreich sein, die sich auch bei ruhendem Bild bewegt und damit eine Bildveränderung anzeigt. Bei Systemen, die Spiegel komplett ersetzen, muss zudem der Aspekt der funktionalen Sicherheit bedacht werden. Dies kann unter anderem bedeuten, dass einzelne Bauteilfehler noch nicht zum Ausfall des Systems führen dürfen. Eventuell ist es notwendig, dass unterschiedliche Komponenten bestimmte Systemfunktionen zweifach ausführen, um deren gegenseitige Überwachung zu ermöglichen und die Verfügbarkeit des Systems auch bei einzelnen Fehlern zu gewährleisten.

Das erzeugte Bild muss kontrastreich sein und alle Bereiche scharf darstellen. Es darf nicht flackern oder flimmern. Die Bildinformation muss sich auch unter dem Einfluss normativ festgelegter elektromagnetischer Strahlung noch deutlich erkennen lassen.

Fahrzeugführende müssen das KMS leicht bedienen können, zumal auch während der Fahrt manuelle Anpassungen notwendig werden können, z. B. bei der Helligkeit. Ein Bedienen ausschließlich über einen Touchscreen ist hierbei nicht praktikabel. Einstellungen, die von den Standardwerten abweichen, dürfen speicherbar sein; allerdings muss sich die Standardeinstellung immer wieder aufrufen lassen. Wenn die Verzerrung von Haupt- und Weitwinkelbereich die gesetzlich zugelassenen Werte überschreitet, muss das im Bild sichtbar sein. Eine automatische Verzerrung des Bildes ist möglicherweise sinnvoll, z. B. während des Abbiegevorgangs eines Sattelzuges. Dabei ist bei gewöhnlicher Einstellung im Bereich des Hauptspiegels oft nur der Anhänger zu sehen. Ein Schwenk des Bereichs vom Fahrzeug weg erlaubt hier einen besseren Überblick.

Bewegt eine fahrzeugführende Person während des Blicks in den Spiegel den Kopf, ändert sich auch der Blickwinkel. Entsprechend werden andere Außenbereiche einsehbar. Dieses Verhalten hat die Forschung für KMS nachgebildet. Es ließ sich aber noch nicht abschließend bewerten, ob eine technische Umsetzung sinnvoll ist oder eher eine Vergrößerung des über KMS eingesehenen Bereichs, sodass eine Veränderung des Blickwinkels hinfällig wird.

KMS, die nur als Zusatzsysteme dienen, dürfen Fahrzeugführende jederzeit abschalten. Systeme, die den Frontspiegel ersetzen, können sie nach dem Anfahren ebenfalls abschalten. So lässt sich ein Monitor zur Anzeige mehrerer Kamerabilder nutzen.

2.3.5 Test der Eigenschaften

In der Regel müssen die von der Regelung und den Normen vorgegebenen Tests für KMS in Labors erfolgen. Dieses Projekt hat zusätzlich mehrere Tests zusammengestellt, die sich auch ohne größeren Aufwand und zeitliche Investition durchführen lassen. Diese Tests erlauben es Transportunternehmen, bei der Auswahl des für sie passenden KMS fehlende Angaben abzuschätzen. Zur Veranschaulichung fanden die Tests an einem nicht verbauten und mehreren verbauten Systemen statt.

Gleichzeitig haben die herstellenden Betrieben, die ihre KMS im Rahmen des Projektes an Fahrzeugen verbauen ließen, einen Fragebogen zu den rechtlichen und normativen Anforderungen beantwortet. Obwohl diese Firmen zurzeit nur Zusatzsysteme und Systeme für den Ersatz von Front- und Anfahrspiegel am Markt anbieten, ergab die Befragung, dass diese KMS die meisten Anforderungen bereits erfüllen. Nach der rechtlichen Erlaubnis des vollständigen Ersatzes von Spiegeln durch KMS werden diese Firmen entsprechende Systeme auf dem Markt bereitstellen können.

2.3.6 Kosten eines KMS

Ein einfaches im Projekt genutztes System – bestehend aus einer Abbiege-, einer Rückfahrkamera und einem gemeinsamen Monitor – kostet ca. 850,- € netto. Dazu kommen die Einbaukosten, die abhängig vom Fahrzeug in der Regel zwischen 400,- € und 1150,- € netto liegen.

Komplexere Systeme mit mehreren Kameras sind teurer. Für ein 360°-Bird's-Eye-View-System oder ein 360°-Surround-View-System werden ca. 1700,- € netto fällig. Der Einbau ist aufwändiger und kostet in der Regel zwischen 2500,- € und 4200,- € netto.

Bei einigen Lkw-Typen ist die Montage eines konkreten Systems schwierig oder sogar unmöglich. Anhand dieser während des Projekts gemachten Erfahrung gibt dieser Bericht kurze Hinweise, was bei Gefahrguttransportern, Leasingfahrzeugen und Fahrzeugen mit wechselnden Anhängern zu beachten ist.

3 Methodik

3.1 Allgemeines

Dieses Kapitel zeigt die im Projekt angewandte Methodik. Die Ergebnisse der Studie finden sich in Kapitel 4.

3.2 Zusammenarbeit mit der BG Verkehr

Die Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation (BG Verkehr) ist als gesetzlicher Unfallversicherungsträger sachlich zuständig für fast alles, was rollt, fliegt und schwimmt.

Nach der Satzung sind bei ihr Unternehmen folgender Gewerbebezüge versichert:

- das gesamte straßengebundene Verkehrsgewerbe mit seinen Einrichtungen,
- der Flugverkehr mit seinen Einrichtungen,
- die Binnenschifffahrt mit ihren Einrichtungen,
- die Seefahrt mit ihren Einrichtungen,
- die private Entsorgungswirtschaft,
- Post- und Telekommunikationsunternehmen.

Die BG Verkehr hat die Aufgabe, ihre Mitgliedsbetriebe in allen Fragen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes zu beraten. Dazu zählt auch die wissenschaftliche Untersuchung der Effektivität von aktuell auf dem Markt verfügbaren KMS zur Verbesserung der Verkehrssicherheit.

Die BG Verkehr hat dieses Forschungsprojekt in Auftrag gegeben und durch Mitarbeit in allen Bereichen unterstützt.

3.3 Überblick über die rechtliche Basis für KMS an Lkw

Ausgehend von der Rahmenrichtlinie 2007/46/EG vom 5. September 2007 für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen [16] hat das Projekt alle für KMS relevanten Richtlinien aus den Verweisen der Richtlinie gesammelt.

Ausgehend von den darin referenzierten relevanten Richtlinien

- 2003/97/EG [3] (geändert durch 2005/27/EG [48]) bzw. der UN/ECE-Regelung 46 [7] für Systeme für indirekte Sicht und
- 72/245/EWG [51] bzw. der UN/ECE-Regelung 10 [26] für alle elektronischen Systeme im Fahrzeug

hat das Projekt relevante Normen für diese Richtlinien und Regelungen sowie Entwürfe zukünftiger Fassungen der Richtlinien und Regelungen zusammengestellt.

Aus den relevanten Normen folgte die Untersuchung weiterer mitgeltender Normen, die auf einzelne Aspekte von Kameras und Monitoren spezieller eingehen, auf ihre Relevanz für dieses Forschungsprojekt.

Nächster Schritt war die Sammlung weiterer Normenhinweise aus allen Dokumenten, die zwar nicht direkt für den Bereich Lkw gültig sind, hier aber teilweise angewendet werden können.

3.4 Überblick über relevantes Unfallgeschehen

Die Auswertung verschiedener Studien zum Thema lieferte einen Überblick über das relevante Unfallgeschehen. Hinzu kamen die relevanten Ergebnisse aus der aktuellen Studie der BAST [13].

3.5 Überblick über die vorgeschriebene Sicht zur rechten Seite

Gesetze sowie einzelne Richtlinien und Regelungen sind die Basis für die vorgeschriebene Sicht und die vorgeschriebenen Sichtfelder. Das Projekt hat diese Vorgaben mit Hilfe einer Simulation mit der realen Sicht der Lkw-führenden Person aus der Kabine abgeglichen.

Die gleichzeitige Untersuchung bestimmter Eigenschaften des menschlichen Auges legte darüber hinaus fest, was ein KMS können muss, um dem Spiegel gleichwertig zu sein.

3.6 Fragebögen

3.6.1 Allgemeines

Um die eingeschätzte Aufmerksamkeit und den Anspruch durch Rechtsabbiegen unter verschiedenen Bedingungen sowie das Nutzungsverhalten von KMS generell durch Fahrzeugführende beurteilen zu können, entwickelten das Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IAG) und das IFA zwei unterschiedliche Fragebögen. Diese standen über einen bei der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) betriebenen LimeSurvey [72] Server online sowie in verschiedenen Transportunternehmen auf Papier zur Verfügung. Die Antworten der Teilnehmenden hat das IFA statistisch aufgearbeitet und ausgewertet.

3.6.2 Fragebogen: Aufmerksamkeit und Anspruch der Fahrzeugführenden bei Abbiegemanövern

Grundlage der Fragebögen ist eine Sammlung unterschiedlicher Abbiegesituationen. Das IAG hat verschiedene Verkehrsmanöver an Kreuzungen innerorts und – in wenigen Fällen – außerorts untersucht sowie über eine Onlinerecherche eine Auswahl verschiedener Situationen gesammelt und zusammengestellt.

Diese Auswahl hat das IFA als Vorlage verwendet, um eigene Bilder der entsprechenden Verkehrssituationen zu erstellen. Um dabei das Blickfeld aus der Kabine der Lkw-führenden Person zu simulieren, hat das IFA ein Transportfahrzeug mit einer Kamera ausgestattet und verschiedene Strecken in Bonn und dem Rhein-Sieg-Kreis zur Nachstellung der vom IAG beschriebenen Verkehrsmanöver abfahren lassen. Die Fahrten fanden im Berufsverkehr statt.

Der Fragebogen erfasste Daten über die befragte Person (Teilnehmende), das Fahrzeug und die Bewertung der Verkehrsmanöver. Anhand der Ergebnisse sollte das Projekt die in Abschnitt 4.4.2.1 dargestellten Thesen zum Thema bestätigen oder widerlegen.

Alle Teilnehmenden gaben zudem Auskunft darüber, welche über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehende Zusatzausstattung (zusätzliche Spiegel, Fenster, Spurwechselassistent) an ihrem Fahrzeug verbaut ist und wie zufrieden sie mit der jeweiligen Zusatzausstattung sind.

Die Erhebung der demografischen Daten sollte eine möglichst große Differenzierung zulassen, jedoch eine persönliche Identifizierung der Teilnehmenden verhindern. Diese Notwendigkeit ergab sich vor allem aufgrund der geringen Zahl der Umfrageteilnehmenden aus den Transportunternehmen.

Zu den abgefragten Daten gehörten das Geschlecht, das Alter in Zehn-Jahres-Schritten, die Berufserfahrung in Jahren und die Erfahrung mit KMS. Zusätzlich generierten die Teilnehmenden aus den Transportunternehmen selbst einen Zuordnungscode, um die Ergebnisse der ersten Befragung mit denen der zweiten vergleichbar zu machen.

Der Hauptteil des Fragebogens enthielt 24 Bilder von Verkehrssituationen. Zu jeder Situation mussten die Teilnehmenden zwei Fragen beantworten:

- „Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?“
und
- „Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?“

Beide Fragen hatten jeweils vier Antwortkategorien: „sehr“, „normal“, „weniger“ und „nicht“.

Insgesamt umfasste der Fragebogen sieben verschiedene Kreuzungssituationen. Die Abbildungen 2 bis 4 zeigen diese Situationen. In allen Situationen ging es um den Vergleich zwischen Rechtsabbiegen und Geradeausfahren.

In drei der Situationen war eine Ampel vorhanden, was eine Unterscheidung zwischen Anfahren und Weiterfahren ermöglichte. Um die dargestellte Situation nicht zu verfälschen, hat das IFA die auf den Fotos abgebildeten Ampelphasen (Abbildung 3) mittels Bildbearbeitung an die jeweilige Fragestellung angepasst. In zwei dieser Situationen ging es zusätzlich um das Linksabbiegen. Auch hierzu hat das IFA die Fotos teilweise mittels Bildbearbeitung angepasst, um Abbiegen oder Geradeausfahren darstellen zu können. Alle Bildbearbeitungen hat das IFA intern und von nicht am Projekt Beteiligten prüfen lassen.

Insgesamt umfassten die 24 verschiedenen Verkehrssituationen vier Bilder mit Geradeausfahren und Rechtsabbiegen, ein Bild mit Ampel, Geradeausfahren und Rechtsabbiegen sowie zwei Bilder mit Ampel, Geradeausfahren, Links- und Rechtsabbiegen.



Abbildung 2: Vier Verkehrssituationen mit der Anforderung Rechtsabbiegen oder Geradeausfahren



Abbildung 3: Eine Kreuzungssituation, links mit grüner Ampel und Linksabbiegen, rechts mit grüner Ampel und Rechtsabbiegen



Abbildung 4: Zwei Kreuzungssituationen, links inklusive Linksabbiegen, rechts nur mit Geradeausfahren und Rechtsabbiegen

3.6.3 Fragebogen: Nutzungsverhalten von KMS

Der Fragebogen zur Prüfung der in Abschnitt 4.4.3.1 dargestellten Thesen entstand auf Grundlage einer Voruntersuchung. Dabei analysierte das IAG anhand von wenigen ausgesuchten Befragten das Nutzungsverhalten von KMS. Aus diesem Nutzungsverhalten erstellte das IAG einen Fragenkatalog mit möglichen Fragen zu KMS und deren Nutzung.

Diesen Fragebogen bearbeitete das IFA in Abstimmung mit dem IAG weiter. Zwischenstände des Fragebogens testete das IFA an ausgesuchten Beschäftigten, die nicht am Projekt beteiligt waren und selbst ein KMS nutzen. So konnte der Fragebogen basierend auf den Anmerkungen dieser Beschäftigten angepasst und die Zeit zum Beantworten ermittelt werden.

Der Fragebogen sammelte Daten über die Testperson, ihr Fahrzeug, ihre befahrenen Strecken, Kenntnisse zu Unfallgeschehen und die Nutzung des KMS.

Die Daten zur Testperson und zur Fahrzeugausstattung entsprachen denen des anderen Fragebogens (siehe Abschnitt 3.6.2).

Zu den befahrenen Strecken gaben die Testpersonen Auskunft, ob sie hauptsächlich innerorts oder außerorts unterwegs sind oder beides zu gleichen Teilen. Außerdem äußerten sie ihre Präferenzen.

Zum Thema Unfallgeschehen äußerten die Testpersonen ihre Meinung, ob KMS Unfälle verhindern oder verursachen können.

Der Hauptteil des Fragebogens bestand aus 40 Fragen zu KMS. Dazu gehörten die Dimensionen Stressreduktion, Akzeptanz, Nutzungsintensität, Spiegelvorteil, Ablenkung und Usability mit je fünf Fragen.

Hierbei bedeutet:

- Stressreduktion: Wird Stress der Teilnehmenden reduziert, wenn ein KMS eingesetzt wird?

- Akzeptanz: Wie stark wird das KMS von den Teilnehmenden akzeptiert?
- Nutzungsintensität: Wie oft wird das KMS im Vergleich zu Spiegeln genutzt?
- Spiegelvorteil: Wie groß sind die Vorteile von KMS gegenüber Spiegeln?
- Ablenkung: Wie sehr lenkt das KMS den Teilnehmenden während der Fahrt ab?
- Usability: Wie schnell kommen die Teilnehmenden mit dem KMS zurecht?

Sieben Fragen betrafen die Monitornutzung/-zufriedenheit. Dabei ging es darum, wo sich der Monitor befindet, welche Größe er hat und wie zufrieden die Teilnehmenden mit dieser Ausstattung sind.

Zusätzlich gab es ein Textfeld für weitere eigene Anmerkungen der Testperson zu KMS.

Neben solchen KMS, die beim Abbiegen mit Hilfe einer erweiterten Sicht Unterstützung bieten, erfasste der Fragebogen auch die Erfahrungen mit Rückfahr-KMS. Da der hintere Bereich eines Lkw in der Regel nicht einsehbar ist, haben Rückfahr-KMS einen besonders großen Nutzen und sind stark verbreitet. Die Bewertung von Rückfahr- und Abbiege-KMS enthält Abschnitt 4.4.3.

3.6.4 Verteilung der Fragebögen

Beide Fragebögen kamen sowohl als Online- als auch als Papierfragebögen zum Einsatz. Die Onlinefragebögen waren Teil einer Onlineumfrage der BG Verkehr.

Diese Onlineumfrage hat die BG Verkehr in verschiedenen Medien und auf verschiedenen Wegen beworben. Pressemitteilungen und Pressegespräche sorgten für Hinweise in Zeitungen und Zeitschriften. Weiterhin fand eine direkt Ansprache in Bezug auf die Umfrage durch die Aufsichtspersonen statt. Über ihre Webseite und ihren Newsletter hat die BG Verkehr die Onlineumfrage ebenfalls beworben. In der zweiten Hälfte des Testzeitraums flachte das Interesse am Fragebogen ab. Eine Bewerbung über die Sozialen Medien erhöhte das Interesse noch einmal und führte zu einem messbar erhöhten Rücklauf an Fragebögen.

Teilnahmeanreiz, den die BG Verkehr auch kommunizierte, war eine Verlosung von Sachpreisen unter allen Teilnehmenden.

Parallel zur Onlineumfrage hat das IFA bei ausgesuchten Transportunternehmen KMS verbauen lassen (siehe Abschnitt 3.6.5). Den Fragebogen zu „Aufmerksamkeit und Anspruch der Fahrzeugführenden bei Abbiegemanövern“ (siehe Abschnitt 3.6.2) mussten deren Fahrzeugführende jeweils vor der Nutzung des KMS und nach einmonatiger Nutzungsdauer ausfüllen. Darüber hinaus haben weitere Lkw-Fahrende der beteiligten Transportunternehmen, an deren Fahrzeugen keine KMS verbaut waren, diesen Fragebogen ausgefüllt.

Den Fragebogen zum Nutzungsverhalten (siehe Abschnitt 3.6.3) haben die Fahrzeugführenden nach einmonatiger Nutzungsdauer eines KMS ausgefüllt.

3.6.5 Verbau von marktüblichen Systemen und Befragung von Lkw-Fahrenden

Die teilnehmenden Fahrzeugführenden hatten vor dem Projekt an ihren Fahrzeugen noch keine KMS an der rechten Seite oder der Front installiert.

Mit KMS der Firmen Brigade, Continental, Mekra, Motec und Orlaco (siehe Glossar) hat das IFA fünf KMS herstellende Betriebe ausgewählt, die am deutschen Markt tätig sind. Diese Betriebe haben die im Test durch die Lkw-Fahrenden der Transportunternehmen bewerteten Systeme gestiftet. Fachwerkstätten haben die Systeme nach Vorgaben dieser Betriebe bzw. in Abstimmung mit ihnen

und den Transportunternehmen eingebaut. Die Kosten für den Einbau wurden im Rahmen des Projekts übernommen.

Eine Beeinflussung der Testergebnisse zugunsten der KMS herstellenden Betriebe ist wegen der Stiftung der Systeme nicht zu erwarten. Die Mitarbeit im Projekt verursachte äquivalente Kosten für die Transportunternehmen und zusätzlichen Aufwand für die Fahrzeugführenden.

Aus einer Auswahl mehrerer Transportunternehmen sind einige herausgefallen, da an ihren Fahrzeugen aus unterschiedlichen technischen Gründen keine KMS verbaut werden konnten. Insgesamt waren an dem Test vier Transportunternehmen beteiligt. Jedes Unternehmen erhielt unterschiedliche KMS, um die einzelnen Technologien möglichst gleichmäßig zu verteilen.

Während des Testzeitraums betreute eine Aufsichtsperson der BG Verkehr einzelne Unternehmen. Sie führte Kurztests der Systeme durch (siehe Abschnitt 4.5.6) und sprach mit den Lkw-Fahrenden.

Als Systeme kamen Abbiegekameras und 360°-Bird's-Eye-View-Systeme zum Einsatz. Die Abbiegekameras bestanden aus einer Kamera an der rechten Seite des Fahrzeugs und einem Monitor in der Kabine. Teilweise fügten die KMS herstellenden Betriebe diesen Systemen als Set auch Rückfahrkameras bei, die den gleichen Monitor nutzen. Das Setzen des Fahrtrichtungsanzeigers aktivierte die Abbiegekameras, wenn diese nicht permanent aktiv waren.

Die permanent aktiven 360°-Bird's-Eye-View-Systeme bestanden aus vier Kameras (je eine pro Lkw-Seite) und einem Monitor in der Kabine. Der Monitor vereinte die Kamerabilder so, dass Fahrzeugführende ihr Fahrzeug und dessen Umgebung von oben aus der Vogelperspektive sahen. Bei einem Bird's-Eye-View-System konnte keine Kamera hinten am Fahrzeug verbaut werden, so dass sich der hintere Bereich des Fahrzeugs mithilfe der Kamera nicht einsehen ließ. Die für das Abbiegen interessanten Bereiche vorne und rechts deckte aber auch dieses System ab.

3.6.6 Auswertung der Ergebnisse der Befragung

Die Online-Fragebögen haben die Teilnehmenden direkt in LimeSurvey beantwortet. Die Papier-Fragebögen hat das IFA nach Eingang in LimeSurvey überführt, um eine einheitliche Datenstruktur aller Fragebögen zu gewährleisten. Nächste Schritte waren eine gesammelte Vorverarbeitung und eine Auswertung mit SPSS [35].

Teil der Auswertung sind – wo sinnvoll – die Berechnungen von Häufigkeiten, Medianen und Mittelwerten, die statistische Signifikanz von Gruppenunterschieden sowie Korrelationen. Bei den erhobenen Daten war nicht von Intervallskalenqualität auszugehen. Daher hat das IFA für Gruppenvergleiche den nicht parametrischen Wilcoxon-Test und zur Berechnung von Korrelationen den Spearmans Rho herangezogen. Zur besseren Verständlichkeit umfasst der Bericht keine Mediane, sondern ausschließlich Mittelwerte. Alle angegebenen Signifikanzwerte beziehen sich jedoch auf die nicht parametrischen Verfahren.

3.7 Aufstellung von Kriterien für Kamera-Monitor-Systeme

Basis der Aufstellung von Kriterien für KMS war eine Literaturstudie. Diese begann mit einer Sammlung relevanter Literatur zum Thema KMS und umfasst ca. 100 Dokumente.

Die Zusammenstellung der Dokumente erfolgte aufgrund von Literaturempfehlungen der BG Verkehr, am Projekt beteiligten KMS herstellenden Betrieben und nicht am Projekt beteiligten Forschenden, die auf diesem Gebiet tätig sind.

Methode und Struktur der Untersuchung ergab sich aus den relevanten Rechtsvorschriften, die maßgeblich auch den Abschnitt 4.5 bestimmen. Von den Rechtsvorschriften ausgehend folgten Untersuchungen relevanter Normen und der Inhalte einzelner Veröffentlichungen.

Den Abschluss bildete die Zusammenstellung einer Reihe von Selbsttests, mit deren Hilfe Transportunternehmen mit geringem bis mittlerem Aufwand Eigenschaften von KMS untersuchen können. Diese Tests hat das IFA exemplarisch an einem von der Firma LUIS Technology GmbH zur Verfügung gestellten System durchgeführt und abgebildet.

3.8 Feedback durch herstellende Betriebe und andere interessierte Kreise

Im Anschluss an die Literaturanalyse hat das IFA das Ergebnis ausgewählten Forschenden, den beteiligten KMS herstellenden Betrieben sowie weiteren interessierten Firmen zur Verfügung gestellt. Deren Anmerkungen und Verbesserungen flossen in die Abschnitte 4.5 und 4.6 ein.

3.9 Beantwortung eines Fragenkatalogs durch herstellende Betriebe

Die erarbeiteten Kriterien für KMS hat das IFA in einem Fragenkatalog zusammengestellt. Die am Verbau von Systemen beteiligten Unternehmen (siehe Abschnitt 3.6.5) haben die Fragen beantwortet, die auf sie zutreffen.

Die Antworten der Betriebe wurden vom IFA in Tabellen zusammengefasst und nebeneinander dargestellt.

4 Ergebnisse

4.1 Rechtliche Basis

4.1.1 Allgemeines

Die Zulassungsbedingungen für Fahrzeuge und für in Fahrzeugen verbaute Systeme legt aktuell die Rahmenrichtlinie 2007/46/EG vom 5. September 2007 für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen [16] fest. Diese Richtlinie wiederum verweist in ihrem Anhang IV auf einzelne Rechtsakte, die nach ihrem Artikel 1 „besondere technische Anforderungen für den Bau und den Betrieb von Fahrzeugen festlegen“.

Ein solcher Rechtsakt kann eine Einzelrichtlinie, eine Einzelverordnung oder eine UN/ECE-Regelung sein. Teil I des Anhangs IV enthält eine Liste von Richtlinien und Verordnungen, Teil II eine Liste von UN/ECE-Regelungen. Die UN/ECE-Regelungen werden nach Zustimmung der europäischen Gemeinschaft als gleichwertig gesehen. Es ist also jeweils eine freie Wahl, ob die Einzelrichtlinie oder die UN/ECE-Regelung eingehalten wird.

Eine Besonderheit von UN/ECE-Regelungen ist, dass die Richtlinie 2007/46/EG lediglich die anzuwendende Mindestversionsnummer festlegt. Dies bedeutet, dass nicht nur diese Version angewendet werden kann, sondern auch alle Folgeversionen. Die gewählte Version ist dann vollständig anzuwenden.

Für den Einsatz von KMS sind Richtlinien und Regelungen unter dem Stichpunkt „Einrichtungen für indirekte Sicht“ besonders interessant. Dies sind die Richtlinie 2003/97/EG [3] sowie die UN/ECE-Regelung 46 ab der Änderungsnummer 02. Die aktuellste Version dieser Regelung hat die Nummer 05 [7] und sieht nur den Ersatz von Anfahrspiegeln und Frontspiegeln durch KMS vor. Dies wird bereits mit der Richtlinie 2003/97/EG ermöglicht. Der aktuelle Vorschlag für Version 06 der Regelung [8] beinhaltet nun auch den Ersatz aller Spiegel durch KMS. Die Verabschiedung der Version 06 soll aller Voraussicht nach Mitte 2016 erfolgen.

Ein weiterer interessanter Punkt ist die „Funkentstörung“ mit der Richtlinie 72/245/EWG [51] und der UN/ECE-Regelung 10 ab der Änderungsnummer 02 [26]. Auch diese Regelung liegt bereits in Version 05 vor.

Nicht direkt für Lkw zuständig aber trotzdem interessant ist die UN/ECE-Regelung 125 [33]. Diese behandelt das freizuhaltende Sichtfeld aus einem Pkw heraus. Da für Lkw keine entsprechende Regelung existiert, wird die UN/ECE-Regelung 125 von einigen Lkw herstellenden Betrieben auch für diese Fahrzeuge soweit wie möglich angewendet.

4.1.2 Normung

Neben den Richtlinien und Regelungen sind auch Normen zwingend anzuwenden, soweit dies in den Richtlinien und Regelungen vorgeschrieben ist. Für diesen Bericht hat das IFA die folgenden für Fahrzeuge geltende Normen untersucht:

- ISO 16505 [27]
- ISO 9241-302 [25]
- ISO/DIS 15008 [41; 42]
- ISO 16750 -3 bis -5 [43; 44; 46]
- ISO 26262-1 bis -12 [39]

Die Untersuchung umfasste zudem die folgenden Normen, in denen Fahrzeuge nicht zum Anwendungsbereich gehören:

- IEC/TS 61496-4-2 [28]
- ISO 2813 [40]

4.1.3 Arbeitsschutz

Bezogen auf das Arbeitsschutzgesetz ist die Entscheidung, ob KMS Spiegel zukünftig als Abbiegehilfe beim Rechtsabbiegen ersetzen sollen, zurzeit noch offen.

In diesem Zusammenhang ist auch die Betrachtung von Rückfahrkameras aus dem Blickwinkel des Arbeitsschutzgesetzes interessant. Hier sieht die Lage derzeit anders aus:

Zum 1. Juni 2015 trat in Deutschland die neue Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) in Kraft. Sie gilt nach § 1(1) für die Verwendung von Arbeitsmitteln. Nach § 2(1) der Betriebssicherheitsverordnung sind Arbeitsmittel „Werkzeuge, Geräte, Maschinen oder Anlagen, die für die Arbeit verwendet werden [...]“. Ein Lkw ist in der Regel ein solches Arbeitsmittel. Neben den sonstigen Bestimmungen der Verordnung muss eine Person, die eine andere Person beschäftigt, hinsichtlich der sicherheitstechnischen Anforderungen an den bereitgestellten Lkw Anhang 1 Nr.1 „Besondere Vorschriften für die Verwendung von mobilen, selbstfahrenden [...] Arbeitsmitteln“ beachten. Darin wird unter anderem festgelegt:

„1.5 Der Arbeitgeber hat vor der ersten Verwendung von mobilen selbstfahrenden Arbeitsmitteln Maßnahmen zu treffen, damit sie

a) [...]

e) über geeignete Hilfsvorrichtungen, wie zum Beispiel Kamera-Monitor-Systeme verfügen, die eine Überwachung des Fahrwegs gewährleisten, falls die direkte Sicht des Fahrers nicht ausreicht, um die Sicherheit anderer Beschäftigter zu gewährleisten,

[...]“ [38]

4.2 Untersuchung Rechtsabbiegeunfälle

Die BASt hat in einer Studie [13] Unfälle, die zwischen Lkw und Fahrrädern innerorts stattfanden, analysiert und zusammengefasst. Die drei häufigsten Szenarien für einen Unfall zwischen Lkw und Fahrrad beim Rechtsabbiegen sind in Abbildung 5 mit ihrem dreistelligen Unfallcode dargestellt.

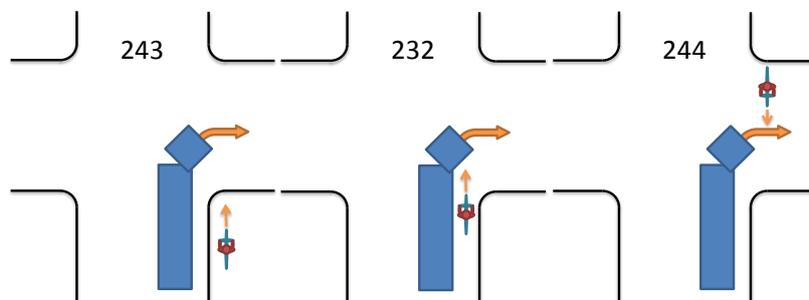


Abbildung 5: Unfalltyp-Nummern häufiger Unfallszenarien zwischen Lkw und Rad-Fahrenden

Die Unfalltypen sind im Unfalltypen-Katalog nur als Grafik abgebildet, sodass bei Typ 243 nicht zwingend auf einen vorhandenen Radweg geschlossen werden kann. Diesen Sachverhalt hat die BASt deshalb im Nachhinein anhand der jeweiligen Unfallorte analysiert.

In die Studie der BAST flossen die Daten der amtlichen Straßenverkehrsunfallstatistik von 2008 bis 2012 aus Niedersachsen (NI), Nordrhein-Westfalen (NW), Rheinland-Pfalz (RP) und dem Saarland (SL) ein. Bei insgesamt 5.728 Unfällen kam es zu 98 getöteten, 1.034 schwer verletzten und 4.596 leicht verletzten Personen. Auf Abbiegeunfälle entfielen 57 getötete, 305 schwer verletzte und 1.276 leicht verletzte Personen. Das bedeutet, dass bei Unfällen zwischen Lkw und Fahrrad über die Hälfte der Todesfälle und fast ein Drittel der Schwerverletzten auf Abbiegeunfälle zurückzuführen sind. Die Anzahl des Unfalltyps 244 ist dabei wesentlich geringer (Tabelle 1).

Auf die in Abbildung 5 dargestellten Szenarien entfallen zwischen 2008 und 2012 für Unfälle zwischen Lkw und Rad fahrenden Personen laut BAST-Studie [13] im Einzelnen:

Tabelle 1: Untersuchung der Abbiegeunfälle: Lkw nach zulässigem Gesamtgewicht und Fahrrad, Zeitraum 2008 bis 2012, in NI, NRW, RP und SL

Lkw	≥ 7,5 t				< 7,5 t			
	Unfalltyp	243	232	244	Rest	243	232	244
Getötet	36	8	-	6	3	2	-	2
Schwer verletzt	90	25	1	23	59	26	9	72

Alle tödlichen Unfälle und über 90 % der restlichen Unfälle geschahen tagsüber, sodass schlechte Sicht wegen Dunkelheit als Hauptursache ausscheidet. Andere Sichtbehinderungen schloss die BAST in der Studie ebenfalls als eine Hauptursache aus.

Eine Analyse von weiteren 229 Unfällen zwischen Lkw und Rad fahrenden Personen aus der Unfalldatenbank der Unfallforschung der Versicherer stützt diese Zahlen. Unter diesen 229 Unfällen sind 41 Rechtsabbiegeunfälle, welche die BAST detailliert analysiert hat. Aus der Analyse ergab sich eine mögliche Einteilung der Unfälle in vier verschiedene Szenarien (siehe Abbildung 6).

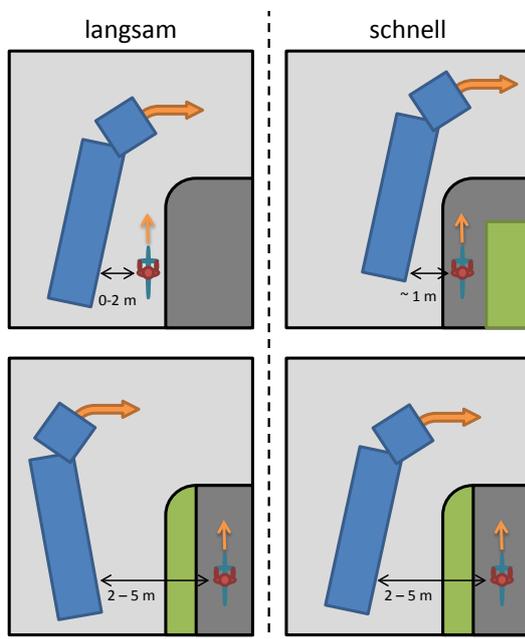


Abbildung 6: Unfallszenarien zwischen Lkw und Rad-Fahrenden beim Rechtsabbiegen, nach BAST [13]

Die überwiegende Zahl dieser detailliert untersuchten Unfälle (37) geschah tagsüber. Bei 29 Unfällen lag nachweislich keine Sichtbehinderung vor, bei den restlichen acht ließ sich im Nachhinein keine Sichtbehinderung feststellen. Eine Beeinträchtigung der Sicht lag also in den meisten Fällen nicht vor. Auch geschahen die Unfälle in der Regel (90 %) bei trockenen Verhältnissen, sodass es auch keine Sichtminderung durch Regen gab.

Bei 24 der Unfälle hatte die Kreuzung eine Ampel, 17 waren ohne Ampel. Allerdings mussten die Lkw nur bei gut einem Fünftel der Unfälle vorher an der Kreuzung anhalten.

Die bei den Unfällen bekannten Lkw-Geschwindigkeiten lagen überwiegend unter 20 km/h (25 Fälle), sonst bis 40 km/h (fünf Fälle). Zu den weiteren Fällen gibt es keine Daten, auch nicht zu den Geschwindigkeiten der Fahrräder. Eine BASt-Analyse der GIDAS-Datenbank (German In-Depth Accident Study) von 122 Abbiegeunfällen zwischen Lkw und Fahrrad (Unfalldaten von 1999 bis 2014) stützt diese Aussage. [13]

Bei allen Unfalluntersuchungen muss bedacht werden, dass schwer verletzte Unfallopfer teilweise später an den Folgen des Unfalls versterben. Nach Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz §2 (3) [89] fließen jedoch nur solche Folgetode in die Statistik ein, die innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall geschehen.

4.3 Untersuchung der derzeitigen Sicht nach rechts

4.3.1 Gesetzlich vorgeschriebene Sicht

Die vorgeschriebene Sicht auf der rechten Seite des Fahrzeugs regeln aktuell die Richtlinie 2003/97/EG [3] sowie die UN/ECE-Regelungen 46 ab der Änderungsnummer 02.

Alle aktuell gültigen Sichtfelder für Lkw sind in Abbildung 7 dargestellt.

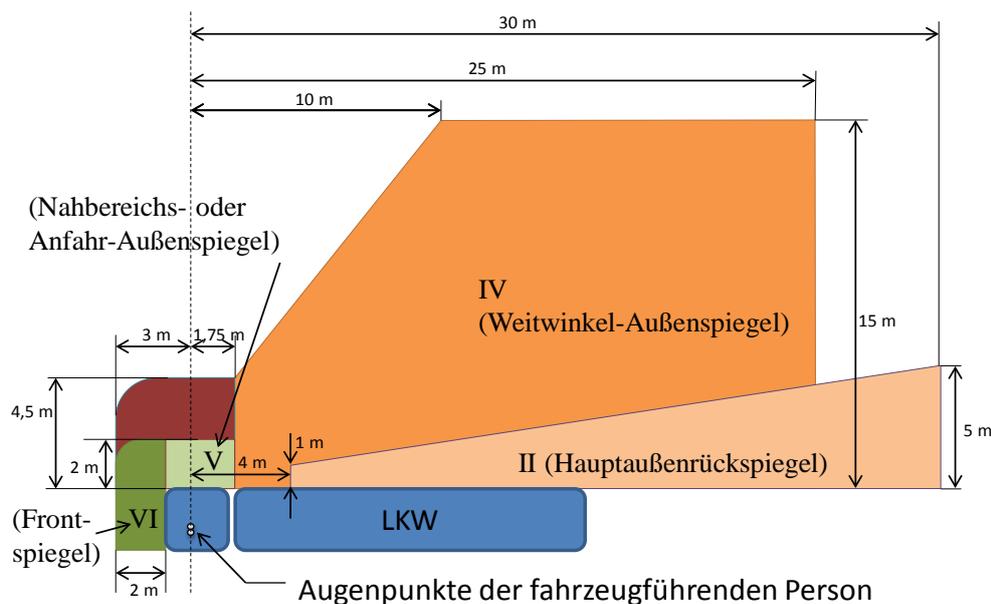


Abbildung 7: Sichtfelder nach Richtlinie 2003/97/EG [3] sowie nach der UN/ECE-Regelung 46 [7]; Sichtfeldgruppe I (Innenspiegel) ist beim Lkw nicht vorhanden, Sichtfeldgruppe III (Hauptaußenrückspiegel) ist durch Sichtfeldgruppe II ersetzt.

Die Sichtfeldgruppe V wurde schon 2005 von 1 x 2,25 m auf 2 x 2,75 m vergrößert. [3; 4; 5] Mit der Änderungsnummer 05 der UN/ECE-Regelungen 46 [7] gibt es im Abschnitt 15.2.4.5.6. neue Anforderungen an ein weiteres Sichtfeld, das keine Nummer erhalten hat und in Abbildung 7 rot dargestellt ist. Für die grün dargestellten Bereiche existiert aktuell die Möglichkeit, die Spiegelsysteme durch KMS zu ersetzen. Für den roten und die orangenen Bereiche wird diese Möglichkeit erst mit der neuen UN/ECE-Regelung 46 [8] entstehen.

Alle Sichtfelder stellen die notwendige Sicht auf Bodenniveau dar. Im Fall des neuen roten Feldes ist es der den Lkw herstellenden Firma überlassen, ob die Sicht direkt oder indirekt ermöglicht wird.

Dieser Bereich muss auch nur dann zwingend einsehbar sein, wenn die neue UN/ECE-Regelung 46 ab Änderungsnummer 05 als Grundlage für die Spiegel- und Kameraauslegung verwendet wird. Sollen die Sichtfeldgruppen II und IV allerdings mit KMS überwacht werden, ist mindestens die UN/ECE-Regelung 46 Änderungsnummer 06 anzuwenden, wodurch der rote Bereich überwacht werden muss.

Von allen Bereichen ist in der Praxis eine Einschränkung der Sicht im Bereich VI am wahrscheinlichsten. Der hierfür genutzte Spiegel ist in der Regel am schwersten zu erreichen, einzustellen und zu reinigen. Teilweise ist der Spiegel durch die Frontscheibe auch nicht einsehbar, beispielsweise wenn die Scheibenwischer die Sicht zum Spiegel nicht vollständig freihalten oder die Sonnenblende den Spiegel teilweise verdeckt.

4.3.2 Praktisch umsetzbare Sicht

Eine Untersuchung der Firma REKNOW GmbH & Co. KG [69] zeigt anhand eines generischen Lkw mit Standardspiegeln, dass sich die gesetzlichen Anforderungen in der Praxis umsetzen lassen. Abbildung 8 zufolge werden die Anforderungen in der Regel im Bereich des Front- und Anfahrspiegels (Gruppe VI und V), aber auch im Bereich des Hauptspiegels (Gruppe II) übererfüllt.

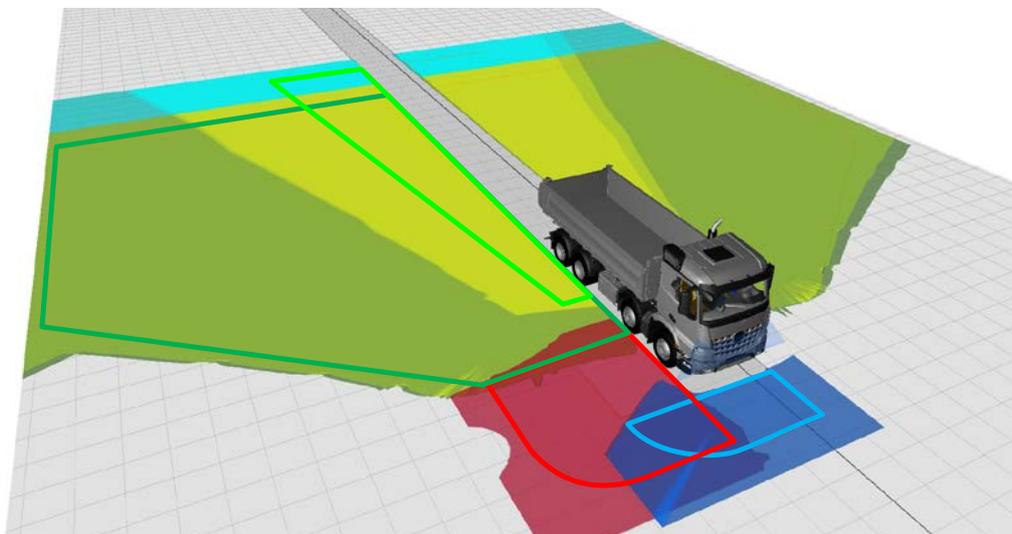


Abbildung 8: Überprüfung der gesetzlichen Anforderungen an das Sichtfeld gegen einen generischen Lkw mit Standardspiegeln auf Höhe des Bodens

Bild aus: EMM-Check von REKNOW [69]; farbige Umrandungen der gesetzlichen Bereiche: IFA

Blau: Frontspiegel

Rot: Rampenspiegel

Hellgrün: Hauptspiegel

Grün: Weitwinkelspiegel

Die dargestellte Sicht zeigt die Felder am Boden, welche die fahrzeugführende Person über die Spiegel einsehen kann. Diese werden bei einer Berechnung für eine Höhe von 1 m über dem Boden (Abbildung 9) allerdings kleiner. Zusätzlich sind hier die Bereiche dunkelgrau hinterlegt, die Fahrende nicht direkt einsehen können. Im Bereich „B“ sind über die Spiegel nur die Beine von Personen und die Räder der Fahrräder zu erkennen.

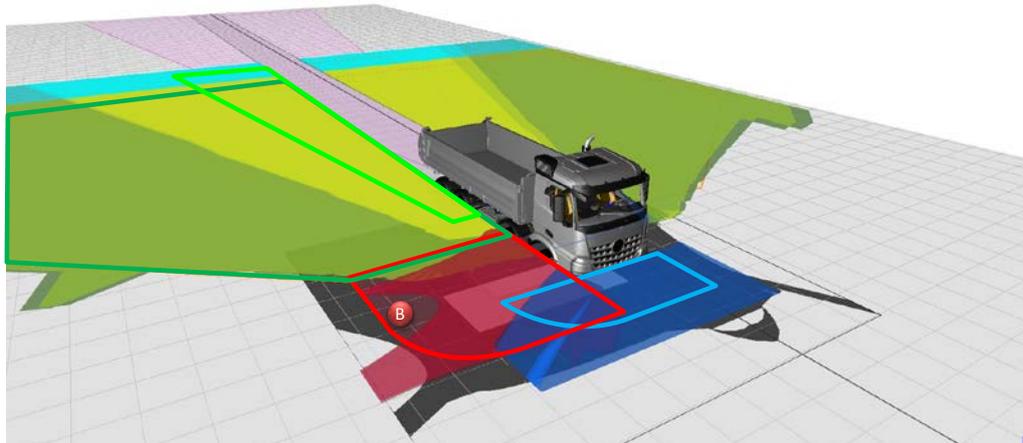


Abbildung 9: Sichtfeld berechnet für Front- und Anfahrspiegel in 1 m Höhe
 Bild aus: EMM-Check von REKNOW [69]; farbige Umrandungen der gesetzlichen Bereiche und „B“: IFA
 Blau: Frontspiegel
 Rot: Anfahrspiegel
 Hellgrün: Hauptspiegel
 Grün: Weitwinkelspiegel
 B: Nicht einsehbarer Bereich auf 1 m Höhe, in dem Fahrzeugführende keine direkte oder indirekte Sicht haben

4.3.3 Spiegelsysteme

Im Projekt hat die BG Verkehr an vier verschiedenen Lkw Haupt- und Weitwinkelspiegel vermessen, welche die gesetzlichen Anforderungen einhalten. Der Augenpunkt ist unter anderem in der Norm ISO 16505, Abschnitt 3.1.4 [27] definiert als Punkt, der mittig zwischen den errechneten Positionen der Augen der Fahrzeugführenden liegt.

Tabelle 2: Im Test gemessene Größen und Abstände von Haupt- und Weitwinkelspiegeln auf der rechten Seite des Lkw

	Lkw 1	Lkw 2	Lkw 3	Lkw 4
Höhe Hauptspiegel [cm]	44	43	38	38
Höhe Weitwinkelspiegel [cm]	20	20	17	17
Breite Spiegel [cm]	19	19	18	18
Abstand des Spiegels zum Augenpunkt der Fahrzeugführenden [cm]	195	205	200	204

Die Schrägstellung des Spiegels gegenüber den Fahrzeugführenden reduziert die effektive Breite der Spiegel. Für das System des zweiten Lkw hat das IFA eine Reduzierung der wahrgenommenen Breite um ca. 10 % auf 17 cm berechnet. Diese Reduzierung lässt sich auch auf die anderen Systeme übertragen.

4.3.4 Das menschliche Auge

4.3.4.1 Auflösung des Sichtbildes

Die Auflösung von Augen, die Sehschärfe, kann in Bogenminuten bzw. dem Kehrwert 1/Bogenminute bestimmt werden. Um eine ausreichende Sehschärfe von fahrzeugführenden Personen festzustellen, wird ein Test mit Landolt-C-Ringen durchgeführt. Der Test ist bestanden, wenn die getestete Person die Richtung der Öffnung des in Abbildung 10 dargestellten Rings in 60 % der Fälle richtig erkennt. Der Öffnungswinkel α ist dann die Auflösung in Bogenminuten.

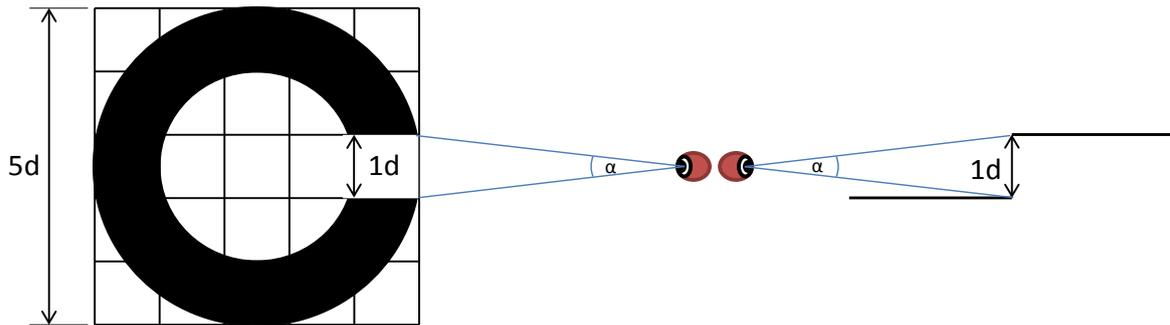


Abbildung 10: Landolt-C-Ring links und Vernier-Linien rechts

Die UN/ECE-Regelung 46 [7] verwendet die Einheit 1/Bogenminute und gibt an, dass für Spiegel der Gruppen II und IV 0,8/Bogenminute Auflösung notwendig sind. In Deutschland sind ebenfalls 0,8/Bogenminute Auflösung des Auges nötig, um eine Fahrerlaubnis für Lkw zu erhalten [27].

Das bedeutet, dass unter einem Öffnungswinkel des Landolt-C-Rings von 1,25 Bogenminuten dieser richtig erkannt wird. Auf zwei Meter Entfernung entspricht dies einer Öffnung von ca. 0,73 mm.

Gerechnet auf 30 cm Abstand ergibt sich damit eine Öffnung von 0,109 mm. Zur Darstellung auf einem Bildschirm sind hierfür mindestens 233 Pixel pro Inch (PPI) nötig. Eine Studie mit Versuchspersonen [29] hat gezeigt, dass diese bei 30 cm Abstand zwischen 339 PPI und 508 PPI einen Unterschied in der Auflösung des Monitors feststellen. In vielen Fällen haben die Versuchspersonen auch zwischen 508 und 1.016 PPI einen Unterschied gesehen.

Dies liegt zum einen daran, dass manche Menschen die dreifache Auflösung von 0,4 Bogenminuten, also 2,5/Bogenminuten, erreichen [30]. Weiterhin zeigt Abbildung 10 auch die Vernier-Linien, bei denen die Testperson entscheiden muss, welche Linie oberhalb und welche unterhalb ist. Die Vernier-Sehschärfe [31] zeigt, dass in diesem Test ein um den Faktor Zehn kleinerer Unterschied „d“ noch richtig erkannt werden kann [52].

Wenn dieser Umstand der Linienwahrnehmung mit der höheren Sehschärfe einzelner Personen kombiniert wird, lässt sich davon ausgehen, dass Menschen auf einem Monitor eine bis zu 30-mal höhere Auflösung noch unterscheiden können. Im Beispiel von 233 PPI auf 30 cm Abstand bedeutet dies, dass die meisten Menschen bis 2.330 PPI einen Unterschied wahrnehmen können und einzelne sogar bis 6.990 PPI. Feiner aufgelöste Bildschirme sollten keine sichtbare Verbesserung bringen.

In „The Psychology of Driving“ [73] führt *Hole* verschiedene Studien auf, die einen Zusammenhang zwischen Unfallhäufigkeit und Güte der Sicht untersuchen. *Hole* fasst die Studien folgendermaßen zusammen: „*In all, poor acuity per se does not seem to be an important factor in accident rates*“ (Übersetzung: Insgesamt scheint schlechte Sehschärfe kein wichtiger Faktor für die Unfallrate zu sein.) Somit könnte eine Sichtverbesserung über das Mindestmaß hinaus nur für den Komfort wichtig sein. Allerdings ist zu beachten, dass sich die Studien mit dem Unfallgeschehen im Allgemeinen und nicht mit dem Rechtsabbiegen von Lkw im Speziellen beschäftigt haben. Ein Zusammenhang ist daher nicht auszuschließen.

4.3.4.2 Adaption an die Lichtstärke

Die Anpassung des menschlichen Auges an helle und dunkle Umgebungen geschieht durch die Pupille und durch die Netzhaut. Die Pupille kann durch Verkleinern der Öffnung die Intensität des einfallenden Lichtes um den Faktor 16 verringern. Die Netzhaut kann sich um den Faktor 10^{12} anpassen. [53]

Die Anpassungsgeschwindigkeit der Pupille von Hell auf Dunkel sowie von Dunkel auf Hell liegt im Sekundenbereich [54; 55]. Das Anpassen der Netzhaut an dunklere Umgebungen dauert mehrere Minuten [53]. Die Anpassung an helle Lichtverhältnisse geschieht hingegen in weniger als einer halben Sekunde [55].

Somit benötigt ein Auge, das in dunkler Umgebung kurzzeitig einem hellen Licht ausgesetzt wurde, mehrere Minuten, um sich wieder an die dunkle Umgebung anzupassen. Ein heller Monitor in der Kabine kann daher die Nachtsicht nachhaltig negativ beeinträchtigen.

4.3.4.3 Altersweitsichtigkeit

Aufgrund altersbedingter Änderungen am Auge wird die Entfernung, ab der ein Mensch Objekte scharf erkennen kann, immer größer.

Altersweitsichtigkeit verläuft bei allen Menschen weitestgehend parallel [1; 2; 60; 61]. Die in der Literatur angegebenen Werte für die Altersweitsichtigkeit unterscheiden sich, wie Tabelle 3 darstellt.

Tabelle 3: Altersweitsichtigkeit aus verschiedenen Literaturquellen

Alter	Wikipedia [1] Text	Wikipedia [1] Diagramm	Lachenmayer et al. [60] Diagramm	Bredemeyer et al. [61]
40	22 cm	17,5 cm	12,5 bis 30 cm Mittelwert: 17 cm	17 cm
48				40 cm
50	40 cm	50 cm	30 bis 90 cm Mittelwert: 50 cm	
56				80 cm
60	100 cm	65 cm	50 bis 140 cm Mittelwert: 77 cm	
64				90 cm
65	200 cm	70 cm	52 bis 166 cm Mittelwert: 90 cm	

Stichprobentests an nicht am Projekt beteiligten Beschäftigten des IFA im Alter von 55 bis 60 Jahren haben ergeben, dass die Werte aus dem Text bei Wikipedia [1], die auch deutlich von den anderen gemeldeten Werten abweichen, zu große Distanzen angeben. Diese Quelle wird daher nicht berücksichtigt.

Den gezeigten Werten zufolge können Fahrzeugführende bis zum Alter von 65 Jahren Gegenstände im Abstand von 90 cm in der Regel noch fokussieren. Allerdings sind Abweichungen möglich, sodass ein Unternehmen die eigenen Fahrzeugführenden prüfen sollte, um die individuelle Altersweitsichtigkeit festzustellen.

4.3.5 Welche Sicht ist nötig, um Unfälle zu verhindern?

KMS können einen größeren Bereich darstellen, als dies mit Spiegeln sinnvoll möglich ist. Da verschiedene Quellen regelmäßig nicht einsehbare „blinde“ Bereiche als Unfallursache anführen, stellt sich die Frage, die Überwachung welcher Bereiche einen Unfall zwischen Lkw und Fahrrad verhindern kann.

Die BAST hat für die Untersuchung von Abbiegeassistenten, die der gleichen Problematik gegenüber stehen, verschiedene Werte zusammengestellt und Formeln entwickelt. Die betrachteten Abbiegeassistenten sollen Fahrzeugführende lediglich auf eine Gefahrensituation hinweisen. Die Schrecksekunde ist hierbei berücksichtigt. [13]

Der Untersuchung zufolge hatten Lkw vor einem Rechtsabbiegeunfall in 90 % der Fälle eine Ausgangsgeschwindigkeit zwischen 10 und 30 km/h (2,8 bis 8,3 m/s). Die Rad fahrenden Personen waren vor dem Unfall zu 85 % mit bis zu 20 km/h (bis 5,6 m/s) unterwegs [13]. Wegen der zunehmenden Zahl von Fahrrädern mit elektrischem Antrieb kann sich der Anteil an Rad-Fahrenden mit einer Geschwindigkeit bis zu 25 km/h (7 m/s) erhöhen.

Ebenfalls laut BASt [13] haben Lkw beim Bremsen eine negative Beschleunigung von ca. 6 m/s^2 . Dies bedeutet, dass ein 30 km/h schneller Lkw nach ca. 1,4 Sekunden zum Stehen kommt.

Das Bremsverhalten von Fahrrädern hängt von vielen Faktoren ab. Es existieren verschiedene Fahrradtypen mit unterschiedlicher Bereifung und unterschiedlichen Bremsen. Gleichzeitig ist das Bremsverhalten von der Erfahrung der Rad fahrenden Personen selbst abhängig. Bremsverläufe, die eine Diplomarbeit zu diesem Thema [47] ausgewertet hat, stellen dar, dass Fahrräder in den ersten 1,4 Sekunden des Bremsvorgangs eine durchschnittliche negative Beschleunigung von mindestens 1 m/s^2 haben.

Eine Kombination dieser Zahlen zeigt z. B., dass ein 30 km/h schneller Lkw, der eine mit 25 km/h Rad fahrende Person erst beim Abbiegen bemerkt, inklusive der üblichen Schrecksekunde 16 m Abstand zur Rad fahrenden Person benötigt, um vor einem möglichen Aufprall zum Stehen zu kommen. Die Rad fahrende Person ist zu diesem Zeitpunkt immer noch 21,5 km/h schnell. Abbildung 11 stellt den grafischen Zusammenhang dar. Gleichzeitig bewegt sich auch der Lkw noch weitere 14 Meter weiter. In diesem Fall wäre es unter Umständen günstiger, wenn der Lkw nicht bremst, sodass die Rad fahrende Person den Lkw eventuell hinten umfahren kann. Diese Entscheidung kann die fahrzeugführende Person in dieser Situation aber nicht zuverlässig treffen und bleibt somit theoretisch. Sie sollte deshalb nicht in die Praxis übertragen werden.

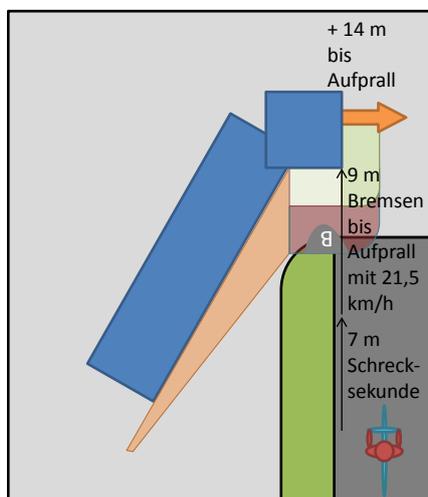


Abbildung 11: Situation: Das Fahrrad wird erst im Moment des Abbiegens wahrgenommen

Dieser dargestellte spezielle Fall ist eher selten. Eine Rad fahrende Person ist in der Regel nicht erst im letzten Moment wahrnehmbar, sondern befindet sich bereits vorher so neben dem Lkw, dass ein Sichtkontakt möglich ist.

Die BASt hat hierzu eine Simulation aller möglichen von ihr festgestellten Parameter durchgeführt und diese in einer Ortskarte der Aufenthaltsbereiche des Fahrrades neben dem Lkw dargestellt. Aus diesen wiederum hat die BASt acht verschiedene Testfälle entwickelt, in denen ein Abbiegeassistent eine Warnmeldung ausgeben muss, um Fahrzeugführende auf das Fahrrad hinzuweisen [13]. Diese Testfälle lassen sich auch für KMS in Punkte umrechnen, wo ein Fahrrad erkannt werden muss.

Abbildung 12 zeigt die von der BASt errechneten markanten Punkte, wo die Rad fahrende Person erkannt werden muss („Point of no return“ – rote Pfeile), zusammen mit den gesetzlich geforderten Sichtfeldern aus Abbildung 7. Die Annäherungswinkel von Lkw und Fahrrad verändern sich in Abhängigkeit von deren Geschwindigkeiten und dem Kurvenradius des Lkw.

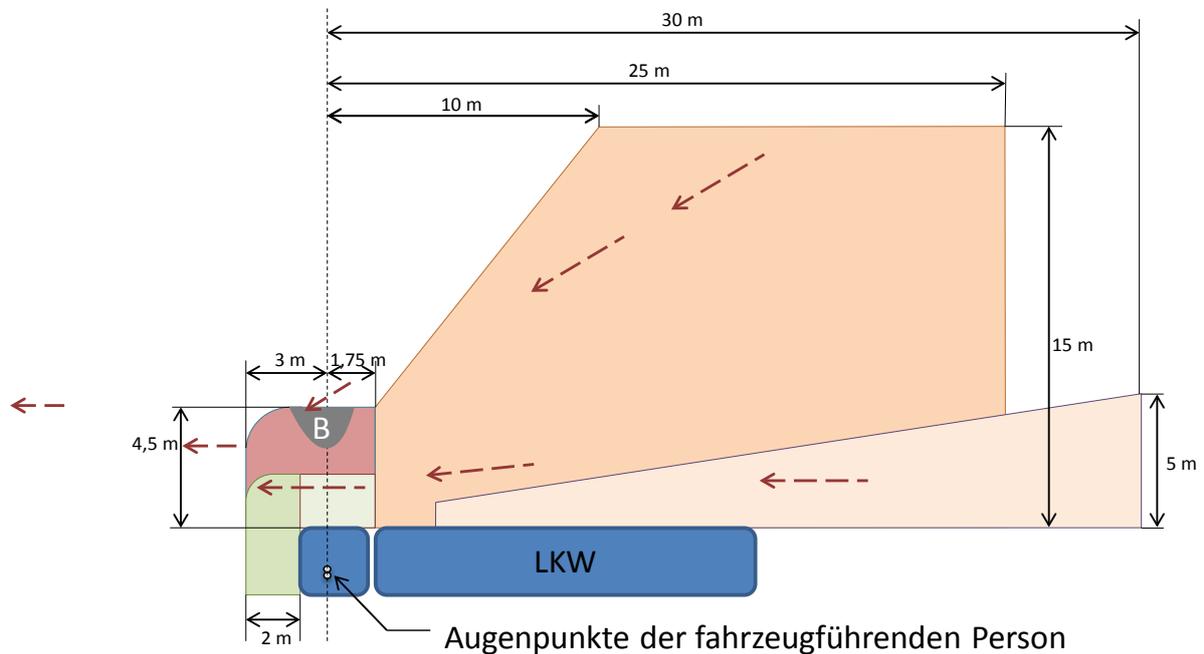


Abbildung 12: Sichtfelder nach Richtlinie 2003/97/EG [3] sowie die UN/ECE-Regelung 46 [7] kombiniert mit dem blinden Bereich in 1 m Höhe (B) aus Abbildung 9 und den Bewegungsvektoren („Point of no return“ – rote Pfeile) von Fahrrädern aus den Daten der BASt [13] (kurz = 10 km/h, lang = 20 km/h).

Wie Abbildung 12 zeigt, sind die meisten Bewegungsvektoren der Fahrräder innerhalb der gesetzlich geforderten Sichtbereiche oder so weit vor dem Fahrzeug, dass ein direkter Sichtkontakt besteht.

Ein gefährlicher Fall ist der Bewegungsvektor, der in den blinden Bereich eintaucht. Dieser von der BASt als „Testfall 5“ [13] beschriebene Fall kommt zustande, wenn Fahrrad und Lkw mit jeweils 10 km/h auf gleicher Höhe und in einem seitlichen Abstand von fünf Metern fahren. Im Anfahrspiegel ist die Rad fahrende Person dann erst im letzten Moment und auch nur mit der unteren Kante ihres Reifens zu sehen. Wenn hier vorher kein direkter Sichtkontakt durch die Seitenscheibe bestand, kann es zum Unfall kommen. Abbildung 13 zeigt den Testfall 5 übertragen auf die Darstellung des Abbiegevorgangs.

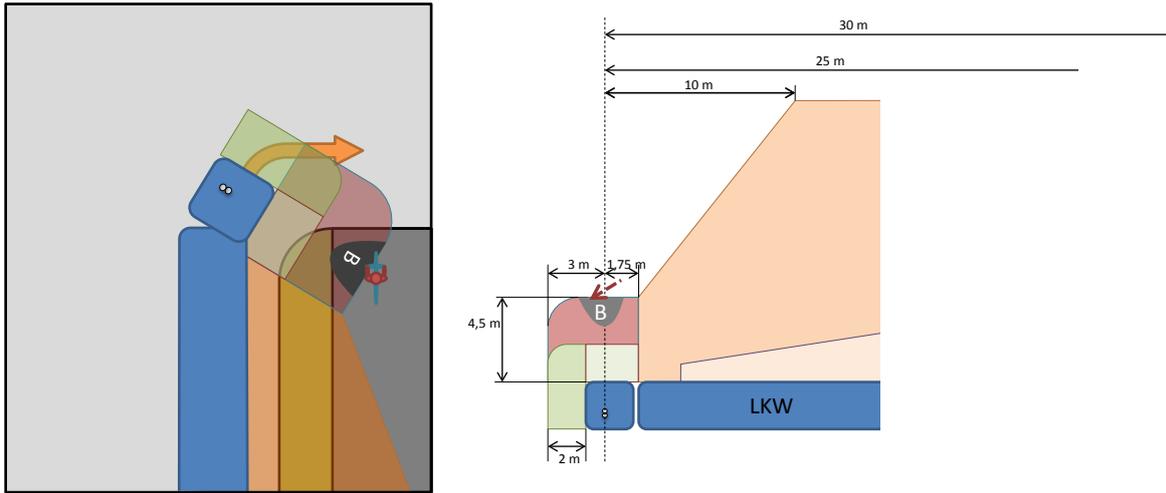


Abbildung 13: Links: Darstellung des „Point of no return“ aus Testfall 5 der BASt [13]
Rechts: Testfall 5 (roter Pfeil) aus Abbildung 12

Hinzu kommt, dass Fahrzeugführende im Lkw mindestens zwei Sekunden benötigen, um die drei Spiegel auf der Beifahrerseite zu überblicken [11]. Der Vorteil durch ein KMS kann hier – neben einem größeren Sichtfeld – darin bestehen, die Sicht der Spiegel in einem Bild zu vereinen. Im „Handbook of Camera Monitor Systems“ [11] ist ein Beispiel für die Vereinigung mehrerer Kamerabilder gezeigt. Auch das in Abschnitt 3.6.5 erläuterte Bird’s-eye-View ist ein solches Beispiel.

Eine Erweiterung des Sichtbereichs gerade in den blinden Bereich hinein ist somit sinnvoll, ebenso die aktuell freiwillige Erweiterung des Bereichs rechts neben dem Lkw. Dabei ist es nicht so notwendig, den Bereich auf dem Boden zu erweitern, als vielmehr, diesen auch in der Höhe einzuhalten. Dies lässt sich mit einem Spiegel über der Tür auf der rechten Seite des Lkw allerdings nur schwer umsetzen. Ein KMS kann hier einen günstigeren Blickwinkel bieten.

4.4 Befragungen

4.4.1 Allgemeines

Für eine bessere Lesbarkeit werden in diesem Text folgende Begriffe verwendet:

- Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch: Befragung nach Abschnitt 3.6.2
- KMS-Befragung: Befragung nach Abschnitt 3.6.3
- Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch/KMS-Befragung (online): entsprechende Befragung, nur Teilnehmende der Onlineumfrage nach Abschnitt 3.6.4
- Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch/KMS-Befragung (direkt): entsprechende Befragung, nur Teilnehmende bei ausgesuchten Transportunternehmen nach Abschnitt 3.6.4
- Abbiege-KMS: KMS, die einen Einfluss auf die Übersicht beim Abbiegeprozess haben (Frontkamera, Seiten-/Abbiegekamera, 360°-Kamera)
- Rückfahr-KMS: KMS, die keinen Einfluss auf die Übersicht beim Abbiegeprozess haben (Rückfahrkamera)

Bei der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch haben die Teilnehmenden anhand von abgebildeten Verkehrssituationen die sich hieraus ergebenden Anforderungen an ihre Aufmerksamkeit und den Anspruch eingeschätzt. Zur einfacheren Lesbarkeit werden diese beiden Werte in der Ergebnisdarstellung zum Teil gemittelt vorgestellt.

4.4.2 Befragung zu eingeschätzter Aufmerksamkeit und Anspruch in Abbiegesituationen

4.4.2.1 Vermutete Ergebnisse vor Durchführung

Vor der Durchführung der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch hatte das IFA Thesen über die zu erwartenden Ergebnisse aufgestellt, die in Abschnitt 4.4.2.5 überprüft werden.

Diese lauteten:

- 1. Fahrzeugführende schätzen die erforderliche Aufmerksamkeit und den Anspruch beim Rechtsabbiegen höher ein als beim Geradeausfahren.**
Beim Abbiegen nach rechts müssen Fahrzeugführende mehr Informationen verarbeiten, da sie die Bereiche aus Abbildung 7 zusätzlich zur direkten Sicht über die Spiegel überwachen müssen.
- 2. Fahrzeugführende schätzen die erforderliche Aufmerksamkeit und den Anspruch beim Rechtsabbiegen höher ein als beim Linksabbiegen.**
Beim Linksabbiegen müssen Fahrzeugführende zusätzlich den Gegenverkehr kreuzen. Das Beobachten des Verkehrs über Spiegel spielt hier allerdings eine untergeordnete Rolle.
- 3. Fahrzeugführende schätzen die erforderliche Aufmerksamkeit und den Anspruch beim Abbiegen an einer grünen Ampel höher ein als beim Abbiegen an einer Ampel nach der Rotphase.**
Beim Warten an einer roten Ampel können Fahrzeugführende den umgebenden Verkehr in Ruhe beobachten. Beim Durchfahren einer grünen Ampel müssen sie Entscheidungen direkt treffen. Die aufgeführte Statistik in Abschnitt 4.2 zeigt eine Häufung der Unfälle beim Durchfahren.
- 4. Bei der Einschätzung von erforderlicher Aufmerksamkeit und Anspruch treten Altersunterschiede auf.**
Mögliche Faktoren sind die Erfahrung, die im Alter zunimmt, und die Reaktionsgeschwindigkeit, die im Alter abnimmt. Beide Faktoren wirken allerdings gegeneinander.
- 5. Ein KMS entlastet Fahrzeugführende beim Abbiegen.**
Wegen der zusätzlichen Möglichkeit der Verkehrsbeobachtung haben Fahrzeugführende eine bessere Übersicht und können besser abschätzen, ob andere Personen gefährdet werden.

4.4.2.2 Studienteilnehmende

Das Ausfüllen einer Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (online) dauerte im Mittel 13,5 Minuten. Das Ausfüllen einer Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (direkt) auf Papier dauerte im Mittel 15 Minuten.

Insgesamt hat das IFA 218 Fragebögen ausgewertet. 194 Teilnehmende waren ohne Kamera oder lediglich mit einem Rückfahr-KMS unterwegs, das auf das Verhalten beim Abbiegen keinen Einfluss hat. 24 Fahrzeuge in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch waren mit einem Abbiege-KMS ausgestattet. Eine gesonderte vergleichende Auswertung von Teilnehmenden mit und ohne Abbiege-KMS hat allerdings keine signifikanten Unterschiede gezeigt.

2014 waren laut Bundesamt für Güterverkehr nur 1,7 % aller fahrzeugführenden Personen weiblich [36]. In der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (online) gaben 14 der teilnehmenden Personen an, weiblich zu sein, 191 gaben an, männlich zu sein, und vier Teilnehmende machten hierzu keine Angabe. Die Fahrzeugführenden der Transportunternehmen aus der Befragung zu

Aufmerksamkeit und Anspruch (direkt) waren alle männlich. Die Anzahl von weiblichen Teilnehmenden ist damit in der zu erwartenden Größenordnung.

Abbildung 14 zeigt, dass die Altersstruktur in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch insgesamt sehr gleichmäßig verteilt ist. Nur die teilnehmenden Personen über 60 Jahren sind unterrepräsentiert. Gleichzeitig zeigt die Abbildung, dass auch die Personen, die eine Kamera nutzen, unter den teilnehmenden Personen relativ gleichmäßig verteilt sind, mit einem Anstieg bei Personen über 51 Jahren.

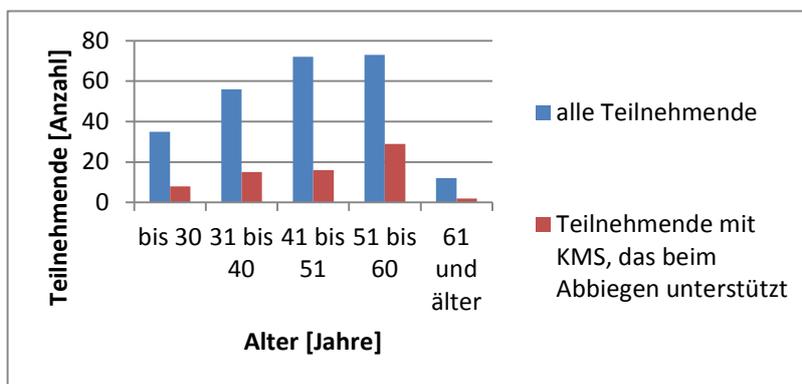


Abbildung 14: Altersstruktur der Teilnehmenden in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch

Laut Bundesamt für Güterverkehr [36] waren 2014 nur 2,6 % der fahrzeugführenden Personen unter 25 Jahre alt und nur 1,8 % älter als 65. 23,7 % waren zwischen 55 und 65 Jahre alt. Die übrigen 71,9 % waren zwischen 25 und 55 Jahre alt [36]. Wenn diese Gruppen zwischen 25 und 65 Jahren so gleichmäßig verteilt sind wie diese beiden Blöcke, kann zwischen 25 und 65 Jahren für jedes Fünf-Jahres-Intervall mit einem Anteil von ca. 12 % an allen fahrzeugführenden Personen gerechnet werden.

Damit ist die Zahl der Teilnehmenden bis 30 Jahre erwartungsgemäß halb so hoch wie die der restlichen Altersgruppen bis 60 Jahre. Hier kommt zu den erwarteten 12 % zwischen 25 und 30 Jahren nur eine geringe Anzahl Fahrzeugführende unter 25 Jahren hinzu. Die Zahl der Teilnehmenden über 60 Jahren müsste bei einer Gleichverteilung ähnlich zur Anzahl derer unter 30 Jahren sein.

Die Verteilung der Studienteilnehmenden über die Postleitzahlengebiete ist in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch sehr gleichmäßig. Die Antworten sind damit repräsentativ für die Bundesrepublik Deutschland. Abbildung 15 zeigt die Verteilung der Teilnehmenden über die deutschen Postleitzahlengebiete im Vergleich zur offiziellen Bevölkerung Deutschlands [37].

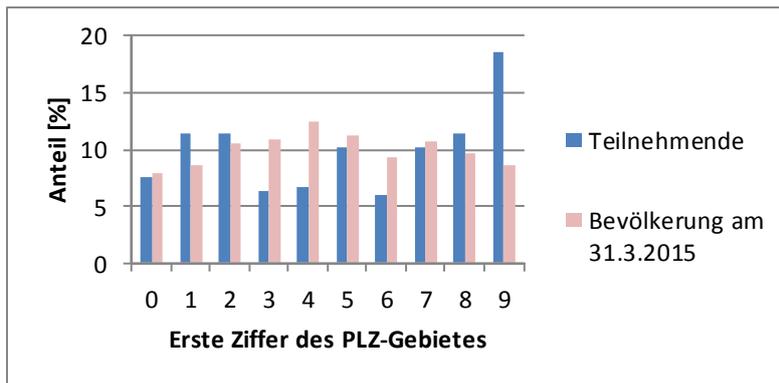


Abbildung 15: Verteilung der Teilnehmenden der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch über die Postleitzahlengebiete im Vergleich zur Bevölkerungsverteilung der Bundesrepublik Deutschland (Quelle der Bevölkerungszahlen: Destatis [37])

In den Gebieten 1, 8 und 9 sind aus der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (direkt) zusätzliche Daten präsent. Aus diesem Grund ist vor allem die Postleitzahlengruppe 9 stärker vertreten.

Die Verteilung der Teilnehmenden nach Unternehmensgrößen ist in Abbildung 16 dargestellt. Aus der Verteilung der 24 Teilnehmenden mit KMS lassen sich an dieser Stelle allerdings keine Schlüsse auf eine besonders hohe KMS-Dichte in bestimmten Unternehmenstypen ziehen. Dies ist erst durch den Vergleich zur KMS-Befragung möglich. (siehe Abschnitt 4.4.3.9)

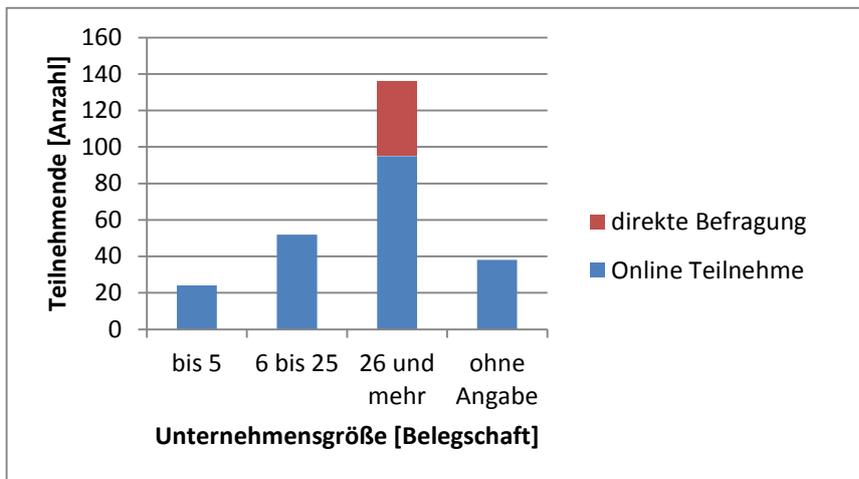


Abbildung 16: Verteilung der Teilnehmenden nach Unternehmensgröße

Hierbei ist zu beachten, dass 41 der ausgefüllten Fragebögen aus den vier an der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (direkt) beteiligten Unternehmen stammen. Dies sind alles Unternehmen mit einer Belegschaft von über 25 Personen.

4.4.2.3 Auswertung der Antworten: Übersicht

Da der Vergleich der Antworten von Teilnehmenden mit und ohne Abbiege-KMS keine signifikanten Unterschiede gezeigt hat, werden in den folgenden Abschnitten die Antworten aller Teilnehmenden gemeinsam ausgewertet.

Nach Auswertung aller Antworten zu den Fragen, bei der erforderliche Aufmerksamkeit und Anspruch auf einer vierstufigen Likert-Skala gemessen wurden, ergab sich das in Abbildung 17 gezeigte Bild.

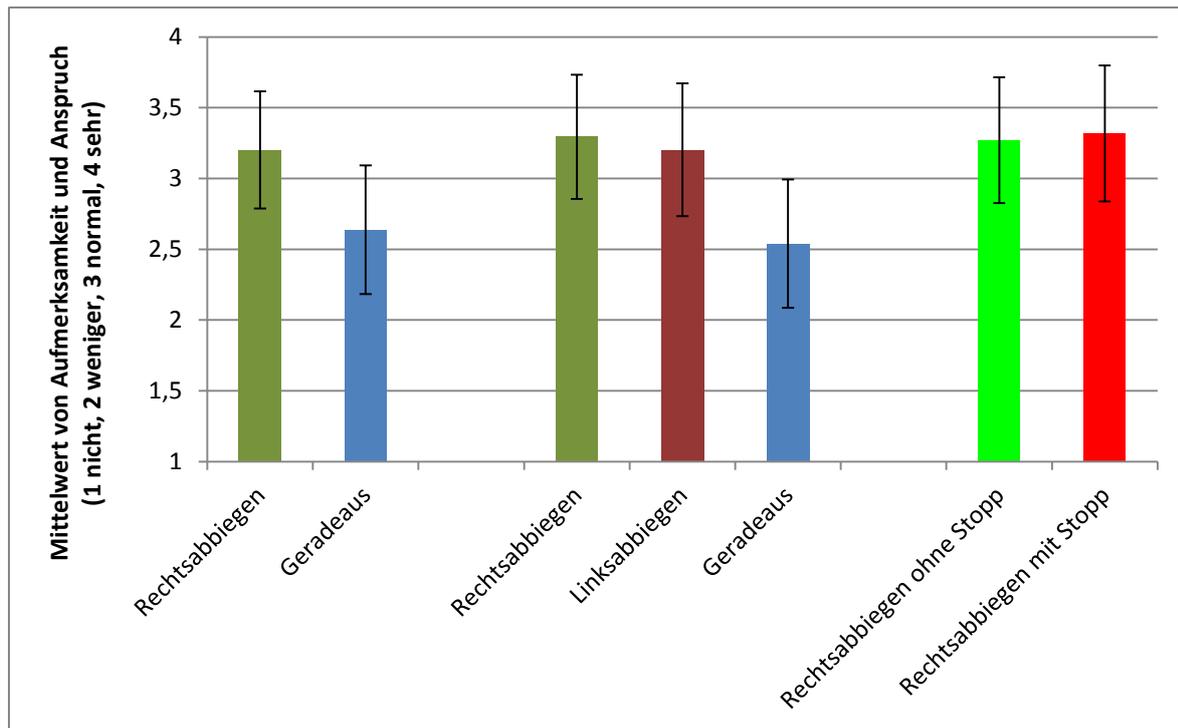


Abbildung 17: Zusammenfassung der Ergebnisse der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar)

In der Auswertung werden alle Situationen verglichen, die sowohl ein Rechtsabbiegen als auch ein Geradeausfahren ermöglichen (Balken 1 und 2). Weiterhin werden alle Situationen verglichen, die ein Rechtsabbiegen, ein Linksabbiegen und ein Geradeausfahren zeigen (Balken 3, 4 und 5) sowie alle ohne und mit Stopp durchfahrenen Situationen (Balken 6 und 7).

Die Auswertung zeigt, dass Aufmerksamkeit und Anspruch beim Rechtsabbiegen im Mittel bei 3,20 lagen, beim Geradeausfahren bei 2,64. Damit schätzen Fahrzeugführende Aufmerksamkeit und Anspruch bei Rechtsabbiegemanövern klar höher ein als beim Geradeausfahren. Dieser Unterschied war statistisch signifikant ($p < 0,001$).

In den Situationen, in denen Rechts- und Linksabbiegen möglich war, lagen Aufmerksamkeit und Anspruch für das Rechtsabbiegen im Mittel bei 3,29 und beim Linksabbiegen bei 3,20. In diesen Situationen lag dieser Wert für das Geradeausfahren bei 2,54. Der Unterschied zwischen Rechtsabbiegen und Linksabbiegen ist nicht besonders groß, aber statistisch signifikant ($p < 0,001$). Demnach schätzen die Befragten für die präsentierten Szenarien Aufmerksamkeit und Anspruch beim Rechtsabbiegen höher ein als beim Linksabbiegen in den gleichen Kreuzungssituationen.

Eingeschätzte Aufmerksamkeit und Anspruch lagen beim Rechtsabbiegen an einer Ampel ohne Anhalten im Mittel bei 3,27, beim Anfahren nach einer Rotphase bei 3,32. Dieser Unterschied ist nicht statistisch signifikant.

Insgesamt haben die Teilnehmenden bei der Frage „Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?“ die Antwortmöglichkeit „nicht aufmerksam“ in der Regel nicht genutzt. Aus den beteiligten Transportunternehmen hat z. B. nur eine teilnehmende Person diese Antwort für wenige Situationen gewählt. Das deutet darauf hin, dass alle untersuchten Fahrsituationen ein gewisses Maß an Aufmerksamkeit erfordern.

Bei der Frage „Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?“ haben die Befragten alle Antwortmöglichkeiten genutzt.

4.4.2.4 Auswertung der Antworten: Einzelanalyse

4.4.2.4.1 Rechtsabbiegen gegenüber Geradeausfahren

Diese beiden Fahrmanöver hat das IFA für alle in Abschnitt 3.6.2 gezeigten Situationen abgefragt. Die Einzelanalyse der Antworten zeigt Abbildung 18.

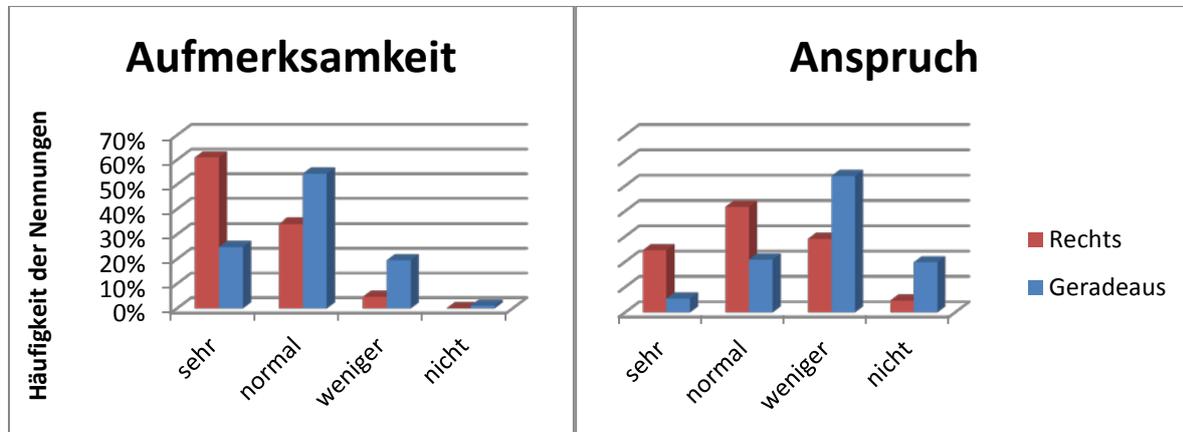


Abbildung 18: Einzelantworten für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Geradeausfahren und beim Abbiegen nach rechts

Die Einzelanalyse zeigt deutlich, dass die am häufigsten genannte Antwort beim Rechtsabbiegen einen Schritt höher liegt als die des Geradeausfahrens.

4.4.2.4.2 Rechtsabbiegen und Linksabbiegen gegenüber Geradeausfahren

Dieser Auswertung lagen nur die Situationen zugrunde, in denen alle drei Fahrmanöver auch möglich waren.

Gegenüber dem Geradeausfahren (Mittelwert: 2,54) zeigten sich deutlich höhere Werte für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Abbiegen nach links (Mittelwert: 3,18) und nach rechts (Mittelwert: 3,30). Die Ergebnisse sind jeweils statistisch signifikant ($p < 0,001$).

Ebenfalls lassen sich für die gezeigten Situationen geringfügig höhere Werte für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Rechtsabbiegen (Mittelwert: 3,30) gegenüber dem Linksabbiegen (Mittelwert: 3,18) feststellen. Dieser Unterschied war ebenfalls statistisch signifikant ($p < 0,001$).

Abbildung 19 zeigt die Verteilung der Antworten.

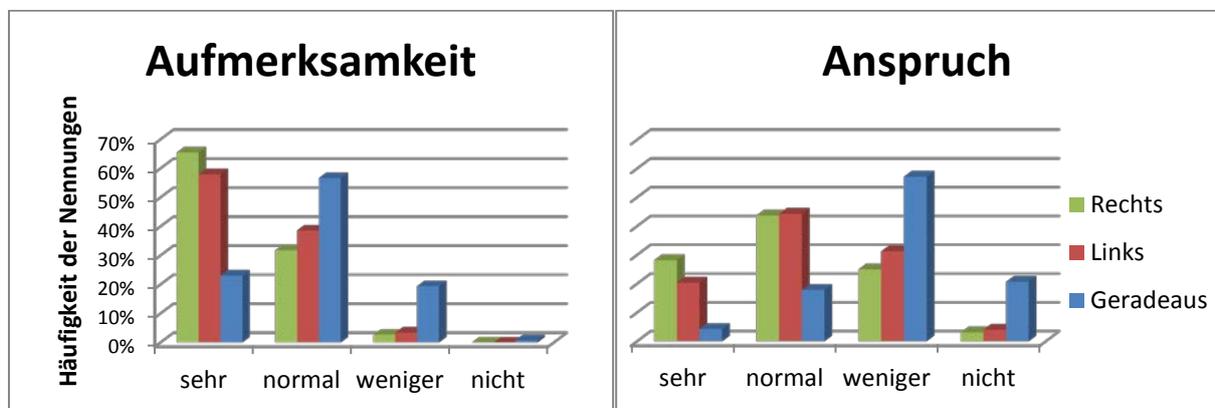


Abbildung 19: Einzelantworten für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Geradeausfahren, beim Abbiegen nach rechts und beim Abbiegen nach links

4.4.2.4.3 Überqueren einer Ampel mit Stoppen gegenüber ohne Stoppen

Die Auswertung der Antworten zu allen Fahrmanövern – Geradeausfahren, Rechts- und Linksabbiegen, an Ampelkreuzungen – ergab eine sehr geringe Tendenz dazu, dass Fahrzeugführende Aufmerksamkeit und Anspruch beim Durchfahren an einer grünen Ampel ohne Stopp höher einschätzen. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Abbildung 20 zeigt die Verteilung der Antworten.

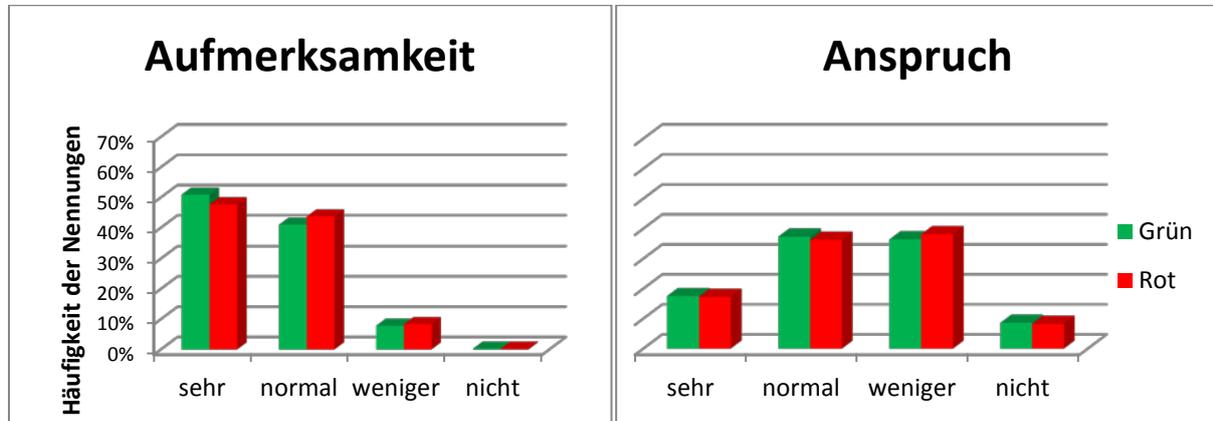


Abbildung 20: Einzelantworten für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Durchfahren einer grünen Ampel ohne Stopp gegenüber dem Weiterfahren nach Stoppen an einer roten Ampel

Der Mittelwert des Durchfahrens an einer grünen Ampel liegt bei 3,03, der Mittelwert des Anfahrens nach einer roten Ampel bei 3,01. Demgegenüber liegt der in Abschnitt 4.4.2.3 gezeigte mittlere Wert von Aufmerksamkeit und Anspruch für das Rechtsabbiegen beim Durchfahren an einer Ampel bei 3,28 und für das Anfahren nach einer Rotphase bei 3,32.

Je nach Auswahl der Fahrmanöver ändert sich somit das Ergebnis. Beide Ergebnisse sind zudem statistisch nicht signifikant. Ein Unterschied lässt sich im Rahmen dieses Projektes für das Überqueren einer Kreuzung mit und ohne Stopp nicht feststellen. Daraus ergibt sich für die gezeigten Situationen, dass eine Ampel, an der Fahrzeugführende anhalten und sich in Ruhe umschaun können, nicht wesentlich zu einer Veränderung von erforderlicher Aufmerksamkeit und Anspruch führt.

4.4.2.4.4 Einfluss des Alters der Teilnehmenden

Die Auswertung aller Antworten in Verbindung mit dem angegebenen Alter der Teilnehmenden zeigte eine positive Korrelation zwischen eingeschätzter Aufmerksamkeit und Anspruch und dem Alter. Diese lag für die eingeschätzte Aufmerksamkeit bei $r = 0,18$ ($p < 0,01$), für den eingeschätzten Anspruch bei $r = 0,2$ ($p < 0,01$).

Abbildung 21 zeigt die Verteilung der Antworten zu allen Fahrmanövern. Die Mittelwerte für die Antworten enthält Tabelle 4. In dieser zeigt sich, dass nur von der Gruppe über 61 Jahre der Durchschnittswert im Vergleich zur jüngeren Altersgruppe wieder gesunken ist.

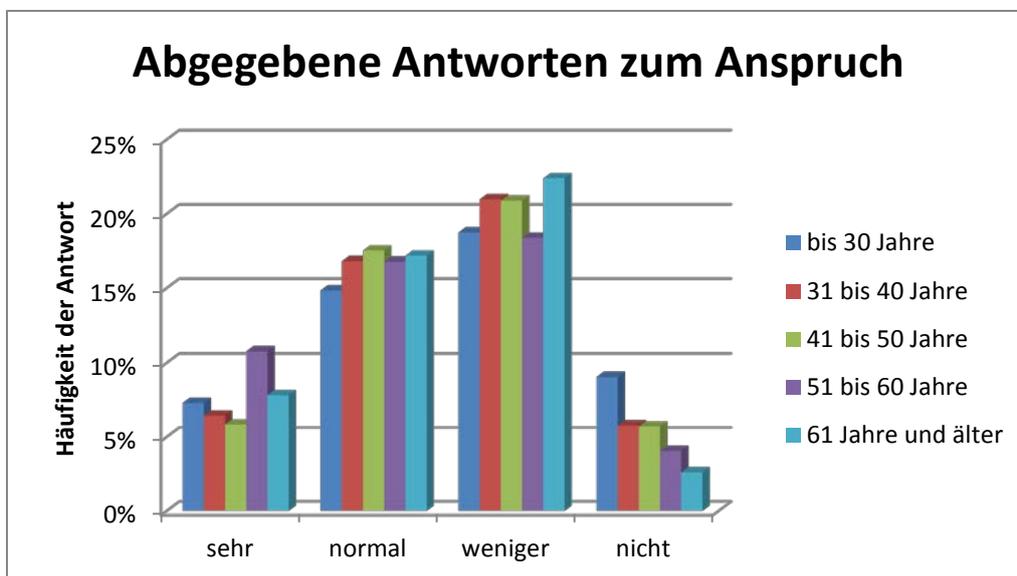
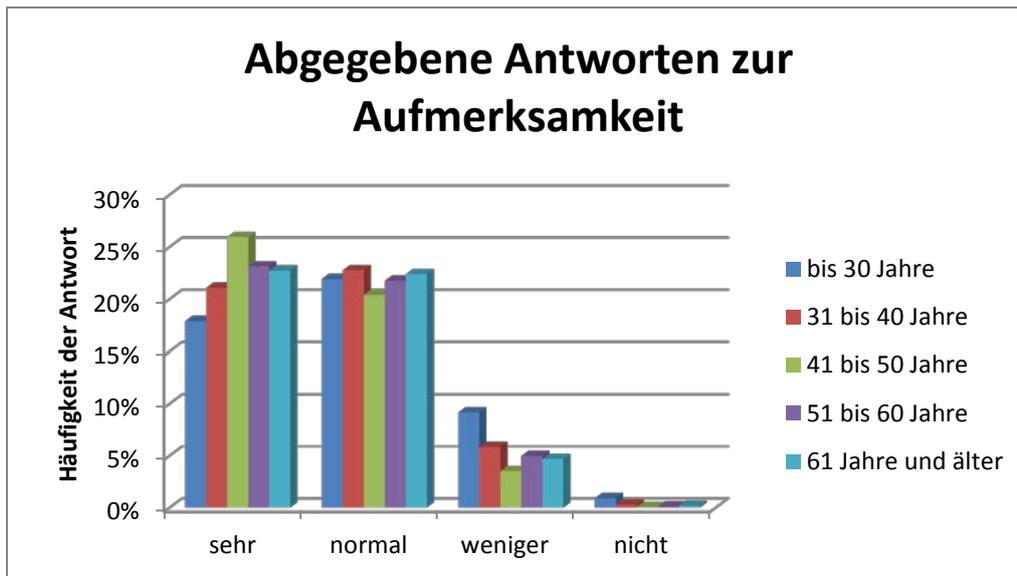


Abbildung 21: Einzelantworten für die Aufmerksamkeit und den Anspruch bei allen Fahrmanövern in Abhängigkeit zum angegebenen Alter der teilnehmenden Person

Tabelle 4: Mittelwerte für Aufmerksamkeit und Anspruch in Abhängigkeit vom angegebenen Alter der teilnehmenden Person

Alter [Jahre]	Aufmerksamkeit (4 = sehr; 1 = nicht)	Anspruch (4 = sehr; 1 = nicht)	Mittelwert aus Aufmerksamkeit und Anspruch (4 = sehr; 1 = nicht)
bis 30	3,14	2,35	2,75
31 bis 40	3,29	2,42	2,86
41 bis 50	3,45	2,42	2,93
51 bis 60	3,36	2,64	3,00
> 61	3,35	2,55	2,95

4.4.2.4.5 Unterschiede mit und ohne Kamera

Die Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch hat erfasst, welches KMS die teilnehmenden Personen seit wie vielen Fahrten verwenden.

Die Antworten verteilen sich auf „Kamera, die beim Abbiegen unterstützt“ (Seitenkamera, Frontkamera und 360°-Kamera) und „Abbiegen ohne Unterstützung“ (keine Kamera, nur Rückfahrkamera).

Weiterhin ist im Rahmen der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch bei ausgewählten Transportunternehmen (siehe Abschnitt 3.6.5) eine Unterscheidung zwischen „vor dem Verbau der KMS“ und „nach dem Verbau der KMS“ möglich.

Sowohl im Vergleich der Antworten von „Kamera, die beim Abbiegen unterstützt“ zu „Abbiegen ohne Unterstützung“ als auch im Vergleich „vor dem Verbau der KMS“ zu „nach dem Verbau der KMS“ haben sich keine signifikanten Unterschiede in den Antworten gezeigt. Gleichzeitig sind die Tendenzen bei den Antworten zu Anspruch und Aufmerksamkeit gegenläufig. Diese Fragestellung hat das IFA im zweiten Fragebogen erneut aufgegriffen. Die Ergebnisse dieser zweiten KMS-Befragung enthält Abschnitt 4.4.3.5.2.

4.4.2.5 Überprüfung der Vermutungen

Die Überprüfung der Vermutungen aus Abschnitt 4.4.2.1 ergibt:

1. Fahrzeugführende schätzen die erforderliche Aufmerksamkeit und den Anspruch beim Rechtsabbiegen höher ein als beim Geradeausfahren.

Diese Vermutung hat sich bestätigt. Die Übersicht in Abschnitt 4.4.2.3 zeigt, dass die Teilnehmenden angesichts der gezeigten Szenarien Aufmerksamkeit und Anspruch beim Rechtsabbiegen deutlich höher einschätzen als beim Geradeausfahren.

2. Fahrzeugführende schätzen die erforderliche Aufmerksamkeit und den Anspruch beim Rechtsabbiegen höher ein als beim Linksabbiegen.

Diese Vermutung hat sich für die in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch gezeigten Situationen bestätigt. Der Übersicht in Abschnitt 4.4.2.3 zufolge sehen die Teilnehmenden in den gezeigten Situationen einen geringen Unterschied bei Aufmerksamkeit und Anspruch zwischen Linksabbiegen und Rechtsabbiegen. Dieser Unterschied ist für die gezeigten Situationen signifikant.

3. Fahrzeugführende schätzen die erforderliche Aufmerksamkeit und den Anspruch beim Abbiegen an einer grünen Ampel höher ein als beim Abbiegen an einer Ampel nach der Rotphase.

Diese Vermutung lässt sich weder bestätigen noch widerlegen. Sowohl in der Übersicht in Abschnitt 4.4.2.3 als auch in der Einzelanalyse in Abschnitt 4.4.2.4.3 sind keine signifikanten Unterschiede zu sehen. Die Daten erlauben hierzu keine eindeutige Aussage.

4. Bei der Einschätzung von erforderlicher Aufmerksamkeit und Anspruch treten Altersunterschiede auf.

Diese Vermutung hat sich für die in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch gezeigten Situationen bestätigt. Die Einzelanalyse in Abschnitt 4.4.2.4.4 zeigt, dass eingeschätzte Aufmerksamkeit und Anspruch mit zunehmendem Alter geringfügig ansteigen.

5. Ein KMS entlastet Fahrzeugführende beim Abbiegen.

Diese Vermutung lässt sich mit diesem Fragebogen weder widerlegen noch bestätigen. Bei der genutzten Situationsauswahl und den erhaltenen Antworten zeigen sich, wie in Abschnitt 4.4.2.4.5 dargestellt, keine signifikanten Unterschiede in der eingeschätzten Aufmerksamkeit und dem

eingeschätzten Anspruch. Diese Fragestellung hat das IFA im zweiten Fragebogen erneut aufgegriffen, die Ergebnisse enthält Abschnitt 4.4.3.5.2.

4.4.3 Bewertung der KMS durch befragte Personen

4.4.3.1 *Vermutete Ergebnisse vor Durchführung*

Vor der KMS-Befragung hat das IFA Thesen über die zu erwartenden Ergebnisse aufgestellt.

Die Thesen lauteten:

1. **Die meisten KMS sind in Unternehmen mittlerer Größe zu finden.**
Nach Expertenmeinungen sind Unternehmen, in denen die Unternehmensführung selbst am Fahrgeschäft teilnimmt und die über Stamm-Lkw für Fahrzeugführende verfügen, oftmals besser ausgestattet als Großunternehmen, in denen die Fahrzeugführenden die Fahrzeuge häufiger wechseln.
2. **Fahrzeugführende bevorzugen Strecken außerorts gegenüber Strecken innerorts.**
Innerorts müssen die Fahrzeugführenden auf mehr und unterschiedlichere Verkehrsteilnehmende achtgeben.
3. **Fahrzeugführende bevorzugen bekannte Strecken gegenüber unbekanntem Strecken.**
Auf bekannten Strecken müssen sich Fahrzeugführende weniger auf die Streckenbeschilderung und die Wegfindung konzentrieren und können mehr Aufmerksamkeit dem restlichen Verkehr zuwenden. Für schwierige Kurven und Abbiegemanöver können sich Fahrzeugführende eine Fahr- und Blickstrategie zurechtlegen.
4. **Die Aspekte Stressreduktion, Akzeptanz, Nutzungsintensität, Vorteil gegenüber Spiegeln, Ablenkung und Usability werden für KMS in der Praxis positiv bewertet.**
5. **Die am Markt vorhandenen Monitorgrößen sind groß genug.**
6. **Eine Positionierung der Monitore auf der rechten Seite und in unmittelbarer Nähe des Fahrzeugführenden wird bevorzugt.**
7. **Spiegel werden bei der Benutzung eines KMS ignoriert.**

4.4.3.2 *Studienteilnehmende*

Insgesamt hat das IFA 88 Fragebögen ausgewertet. Davon stammen 15 Fragebögen aus am Projekt beteiligten Transportunternehmen (siehe Abschnitt 3.6.5).

Die Mehrzahl der Teilnehmenden (46) verfügte nur über eine Rückfahrkamera. Diese hat für das Vereinfachen des Abbiegevorgangs keine Funktion. Häufig ist sie auch nur bei eingelegtem Rückwärtsgang eingeschaltet.

Von Systemen, die für den Abbiegevorgang interessant sind, waren in der KMS-Befragung 29 Abbiegekameras, acht Frontkameras und acht Bird's-Eye-View Kameras (360°-Rundumsicht) vorhanden. Abbiegekameras sind hierbei alle Kameras, welche die Sicht auf der rechten Seite oder zu beiden Seiten verbessern, sowohl im Bereich des Anfahrspiegels als auch im Bereich des Haupt- und Weitwinkelspiegels. Abbildung 22 zeigt die Aufteilung der Systeme in der KMS-Befragung.

Mit den 63 Rückfahrkameras in der KMS-Befragung hat das IFA somit Antworten zu 108 KMS ausgewertet.

Kameraverteilung im Test

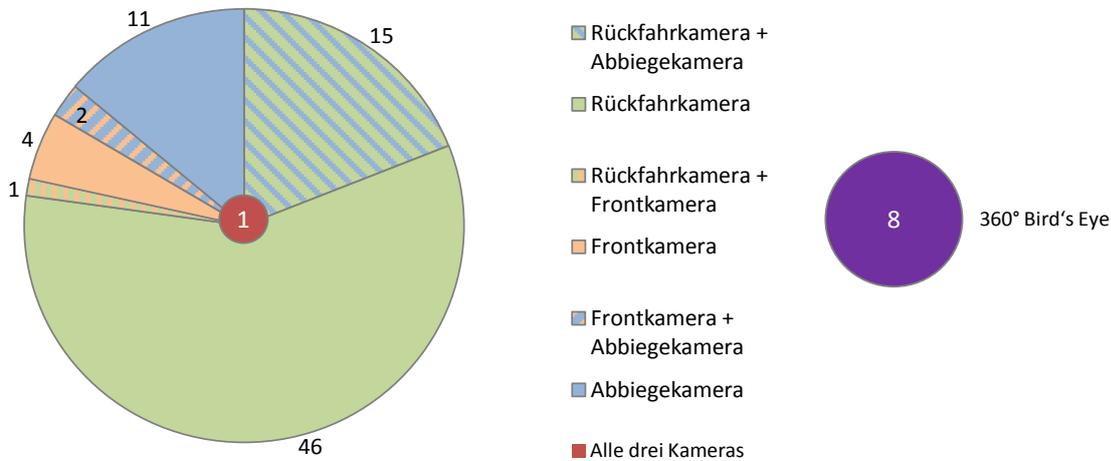


Abbildung 22: Aufteilung der Systeme in der KMS-Befragung

Die Verteilung der Altersstruktur zeigt Abbildung 23. Neben der Verteilung aller Teilnehmenden ist auch die Altersverteilung für diejenigen Personen im Test angezeigt, die ein KMS nutzen, welches das Abbiegen unterstützt. Beide Verteilungen sind im Mittelfeld relativ gleichmäßig. Die Gesamtteilnehmenden sind im Bereich unter 30 Jahren leicht unterrepräsentiert. Im Bereich 61 Jahre und älter sind sie stark unterrepräsentiert. Beides unterliegt der Annahme, dass hier die halbe Anzahl der anderen Altersbereiche zu erwarten ist (siehe Abschnitt 4.4.2.2).

Die Verteilung der Altersstruktur bei den Teilnehmenden, die mit einem Abbiege-KMS fahren, ist im Bereich von 31 bis 50 Jahren überrepräsentiert.

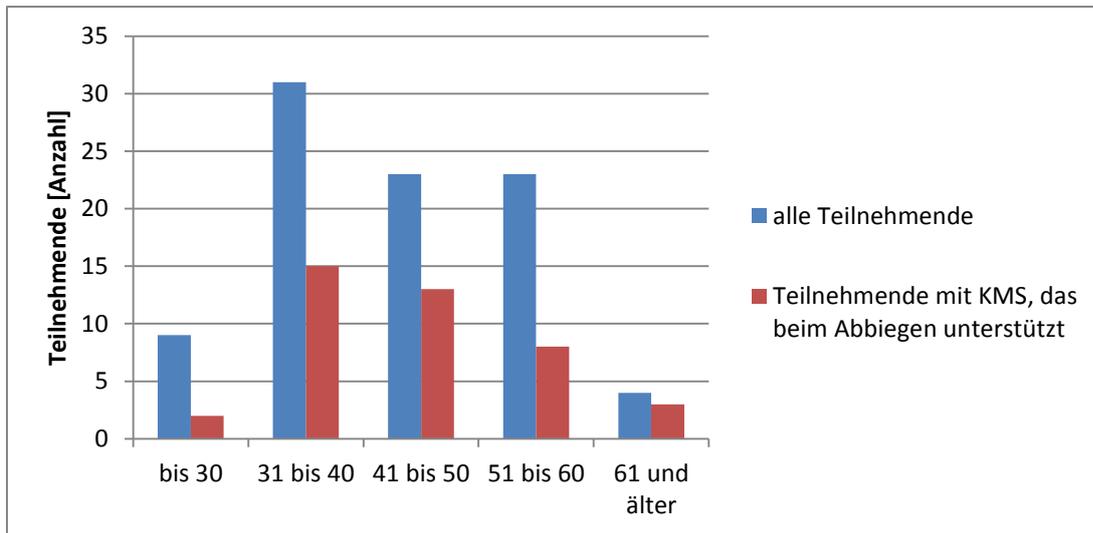


Abbildung 23: Verteilung der Altersstruktur in der KMS-Befragung

Die Verteilung über die Postleitzahlengebiete ist, wie in Abbildung 24 gezeigt, relativ nah an der Bevölkerungsverteilung. Nur die Gruppe aus dem Postleitzahlengebiet 6 weicht stärker nach unten ab. Somit ist eine ausreichende Verteilung der Antworten vorhanden und keine besondere Situation in einem Bundesgebiet überrepräsentiert.

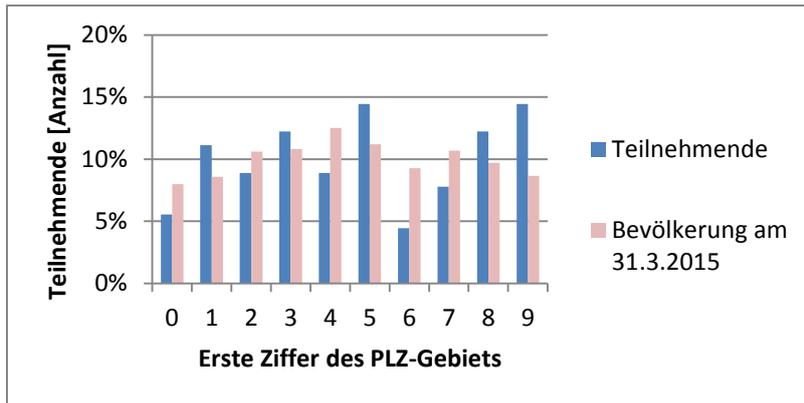


Abbildung 24: Verteilung der Teilnehmenden der KMS-Befragung über die Postleitzahlengebiete im Vergleich zur Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland (Quelle der Bevölkerungszahlen: Destatis [37])

Die Verteilung der Teilnehmenden über die Unternehmensgrößen zeigt, dass die meisten Teilnehmenden (64) aus größeren Betrieben stammen. Bei der in Abbildung 25 dargestellten Verteilung muss beachtet werden, dass die 15 Teilnehmenden aus den am Projekt beteiligten Transportunternehmen in die Menge der Teilnehmenden aus größeren Betrieben eingeht.

Der Vergleich mit der Verteilung der Teilnehmenden in Abbildung 16 in Abschnitt 4.4.2.2 aus der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch zeigt, dass die Anzahl der Teilnehmenden mit KMS aus größeren Unternehmen überproportional hoch ist.

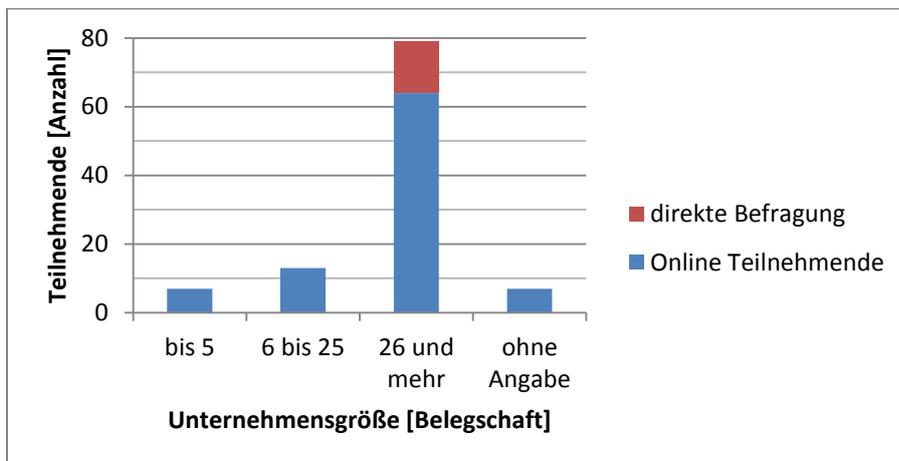


Abbildung 25: Verteilung der Teilnehmenden nach Unternehmensgröße

Die Verteilung über die befahrenen Strecken zeigt Abbildung 26. Diese ist in der KMS-Befragung sehr gleichmäßig. Ausnahme ist der innerbetriebliche Verkehr, in dem nur eine teilnehmende Person überwiegend unterwegs ist.

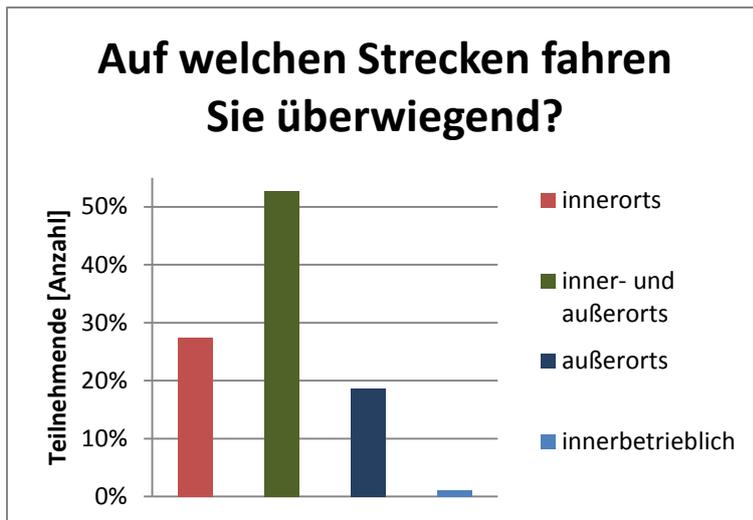


Abbildung 26: Verteilung der Teilnehmenden auf Strecken innerorts, außerorts und innerbetrieblich

4.4.3.3 Auswertung der Antworten zur Priorisierung von Strecken

4.4.3.3.1 Alle Antworten

Ein KMS unterstützt Fahrzeugführende in Situationen, in denen viele Vorgänge in der Umgebung beachtet werden müssen. Dies ist vor allem innerorts, in mäßigem bis starkem Verkehr und auf neuen Strecken der Fall.

Abbildung 27 zeigt, dass die Teilnehmenden vor allem das Fahren außerorts bevorzugen. Allerdings bevorzugt immerhin ein Viertel das Fahren innerorts.

Zwischen mäßigem und wenig Verkehr gibt es nur geringe Unterschiede. Erst in einem sehr hohen Verkehrsaufkommen sind die Teilnehmenden, auch trotz KMS, vornehmlich ungerne unterwegs.

Beim Vergleich von neuen zu bekannten Strecken gibt es nur eine leichte Tendenz hin zu den bekannten Strecken.

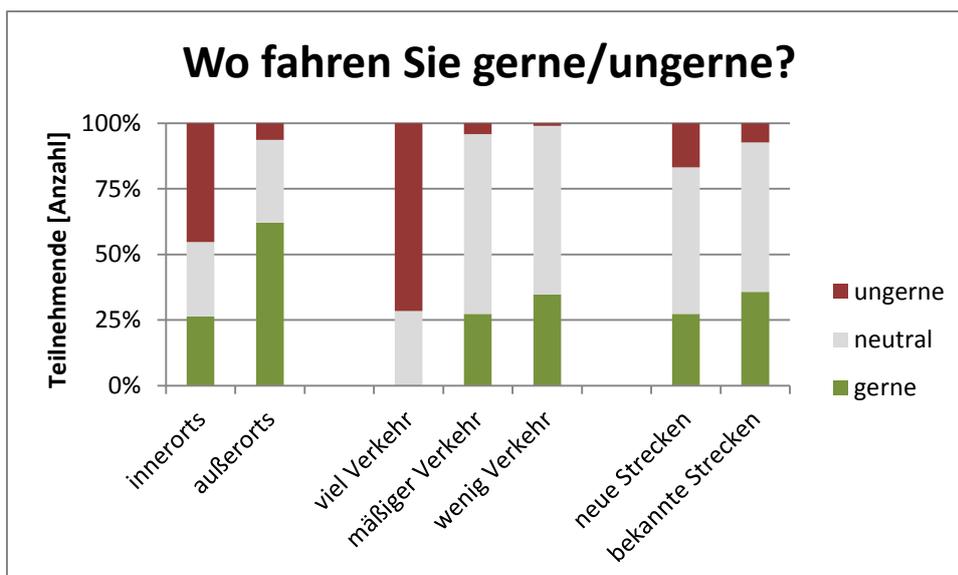


Abbildung 27: Auswertung der Antworten der Teilnehmenden zu verschiedenen Verkehrssituationen

4.4.3.3.2 Antworten nach befahrener Strecke

Werden die Teilnehmenden in die drei Gruppen innerorts, außerorts und gleiches Verhältnis eingeteilt, ergibt sich das in Abbildung 28 dargestellte Bild.

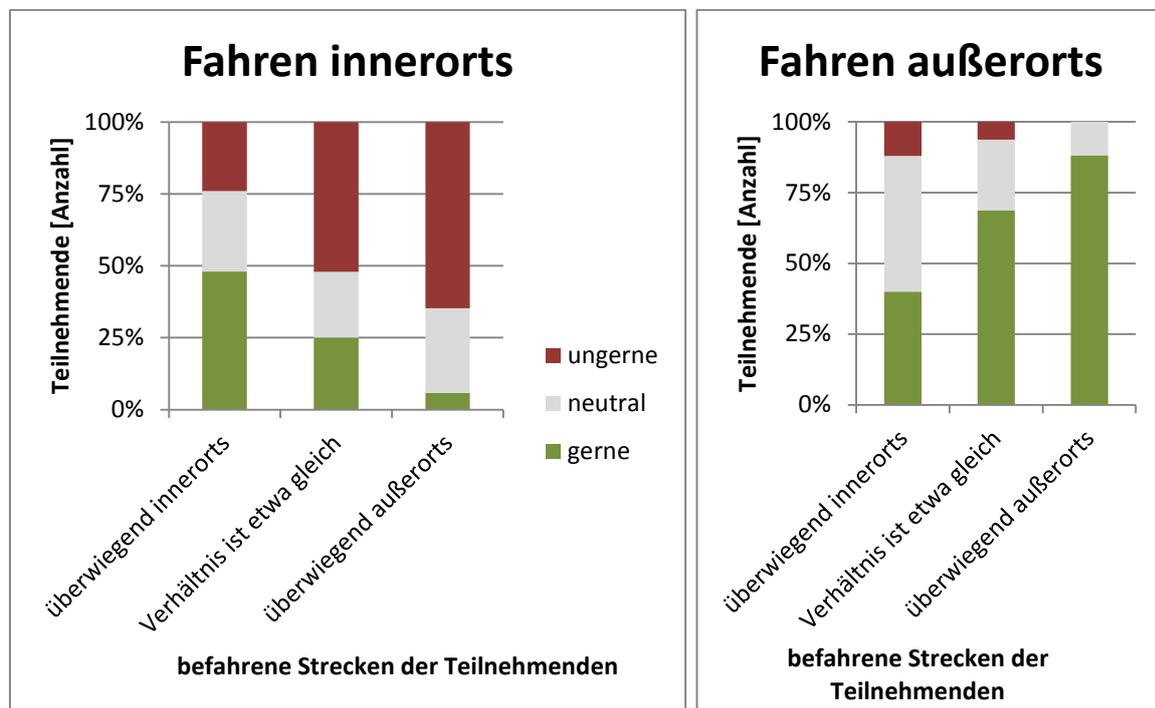


Abbildung 28: Auswertung „Wo fahren die Teilnehmenden gerne/ungerne“, getrennt nach ihren Fahrstrecken

Die Auswertung zeigt, dass Fahrzeugführende, die überwiegend innerorts unterwegs sind, diese Strecken lieber befahren als solche, die überwiegend außerorts fahren. Trotzdem fahren noch 24 % dieser Gruppe ungern in ihrer gewohnten Umgebung.

Fahrzeugführende, die überwiegend außerorts unterwegs sind, befahren diese Strecken mit 88 % überwiegend gerne. Innerorts sind diese Fahrzeugführenden zu 65 % überwiegend ungerne unterwegs.

Fahrzeugführende, die sowohl innerorts als auch außerorts unterwegs sind, bevorzugen den Verkehr außerorts (69 % gerne) gegenüber dem Verkehr innerorts (52 % ungerne).

4.4.3.4 Auswertung der Antworten zu KMS: Übersicht

Dieser Abschnitt und Abschnitt 4.4.3.5 stellen die Auswertungen der Fragen zum KMS selbst und dessen Nutzung vor. Die Kategorien, in denen die Fragen zusammengefasst sind, erläutert Abschnitt 3.6.3.

Abbildung 29 zeigt die durchschnittlichen Werte der Antworten aller Blöcke. Die Zustimmung zu den einzelnen Fragen bewerten die Teilnehmenden auf fünfstufigen Likert-Skalen. Eine hohe Ausprägung entsprach dabei hoher Zustimmung („trifft zu“ = 5, „trifft eher zu“ = 4, „weder noch“ = 3, „trifft eher nicht zu“ = 2, „trifft nicht zu“ = 1). Negativ formulierte Fragen – z. B. „Ich werde durch das KMS vom Fahren abgelenkt“ – wurden für die Berechnung umgepolt („trifft zu“ = 1, ... „trifft nicht zu“ = 5).

Die in Abbildung 29 gezeigten Fehlerbalken sind die Abweichungen des Mittelwerts der Kategorie zu den Abweichungen der Mittelwerte der einzelnen Fragen.

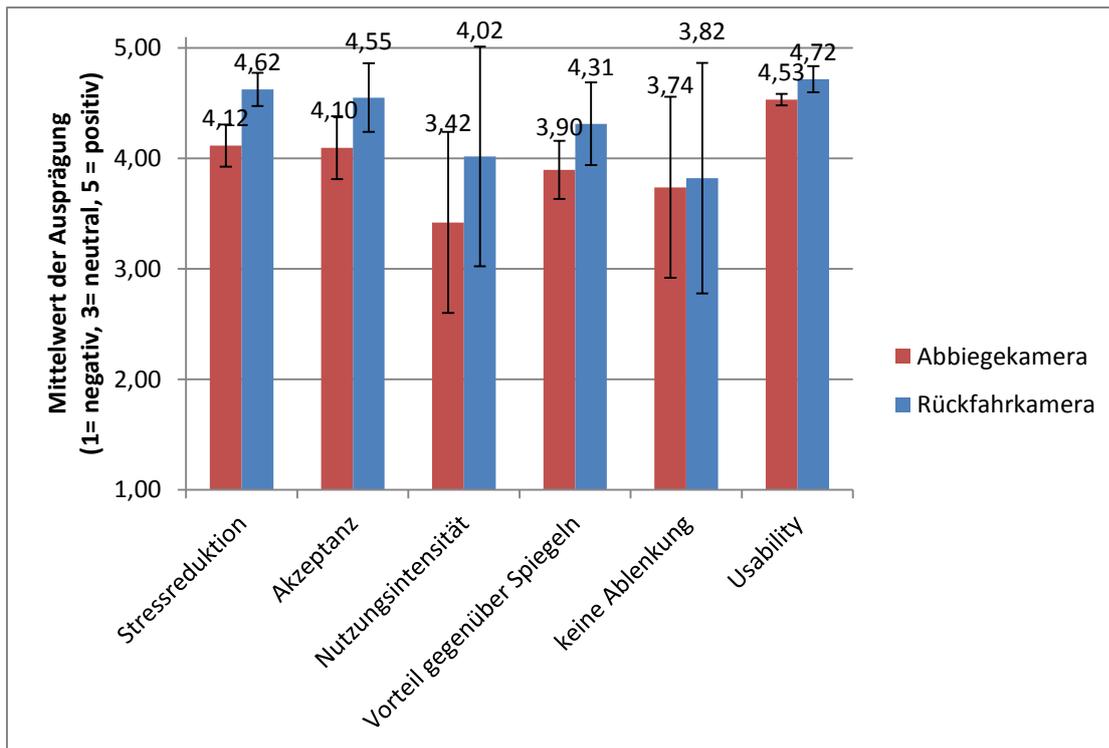


Abbildung 29: Auswertung der Antworten, geordnet nach Kategorien (Fehlerbalken stellen die Abweichungen des Mittelwerts der Kategorie zu den Abweichungen der Mittelwerte der einzelnen Fragen dar)

Für die Berechnung der Mittelwerte hat das IFA nur die Antworten der Teilnehmenden ausgewertet, die auch das entsprechende System nutzen.

Insgesamt bewerten die Teilnehmenden KMS positiv, das gilt vor allem für die Rückfahrkamera. Dies kann daran liegen, dass dieser Bereich in der Regel nicht mit Spiegeln eingesehen werden kann und das KMS somit einen zusätzlichen Bereich abdeckt. Die Abbiegekamera ist hingegen zurzeit noch ein Zusatzsystem, für deren Sicht auch Spiegel existieren, die in der Regel bereits einen großen Teil des Sichtbereichs des KMS abdecken.

Grund für den niedrigen Wert in der Nutzungsintensität ist die Frage „Ich nutze das KMS anstelle der Spiegel“. Auch bei Rückfahrkameras nutzen die Teilnehmenden das KMS größtenteils nur als Zusatz. Abschnitt 4.4.3.5.4 zeigt eine detaillierte Auflistung der Einzelantworten dieser Kategorie.

Der niedrigere Wert für Ablenkung entsteht durch die Frage „Das KMS ist für mich wie ein weiterer Spiegel, den es zu beachten gilt“. Wenn ein KMS verbaut ist, wird es in der Regel auch als weiterer Spiegel wahrgenommen und beansprucht einen Teil der Aufmerksamkeit. Abschnitt 4.4.3.5.6 zeigt eine detaillierte Auflistung der Einzelantworten dieser Kategorie.

Die Ergebnisse der 360°-Bird's-Eye-View-Kamera und der Frontkamera werden nicht einzeln dargestellt, da die Anzahl der Teilnehmenden mit jeweils acht zu gering für entsprechende Erkenntnisse ist. Die Ergebnisse dieser Gruppen liegen jedoch nah an den dargestellten Ergebnissen.

4.4.3.5 Einzelauswertungen

4.4.3.5.1 Allgemeines

Zum besseren Einordnen der einzelnen Antwortblöcke sind die negativ formulierten Fragen in den Abbildungen ab Abbildung 30 mit ** markiert.

4.4.3.5.2 Einzelauswertung Stressreduktion

Die Abbildungen 30 und 31 listen die einzelnen Antworten der Teilnehmenden zur Dimension Stressreduktion auf.

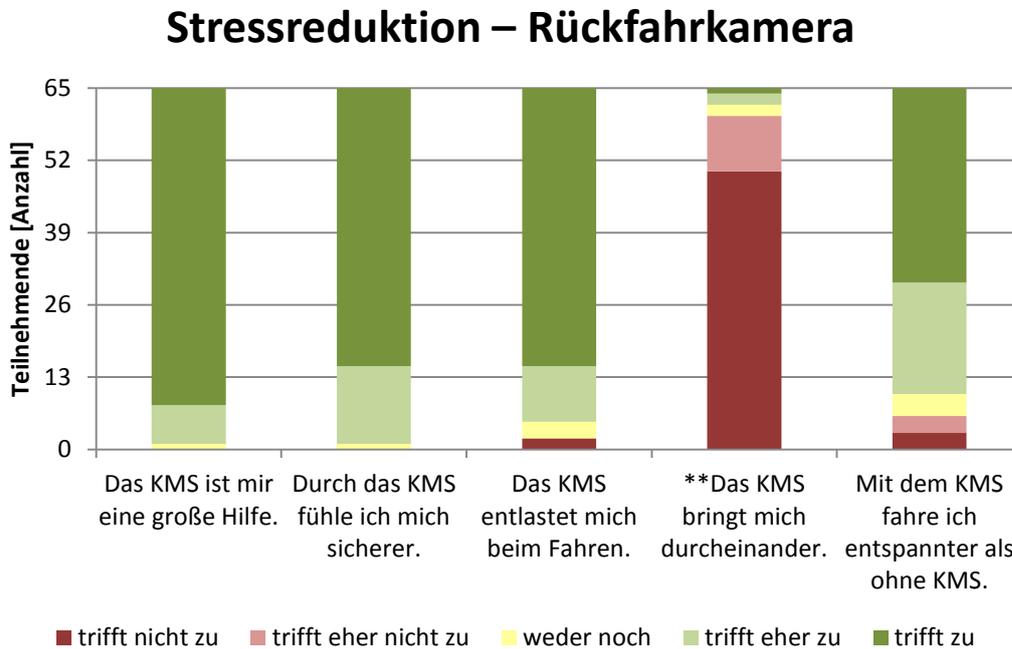


Abbildung 30: Antworten zur Dimension Stressreduktion, bezogen auf die Rückfahrkamera

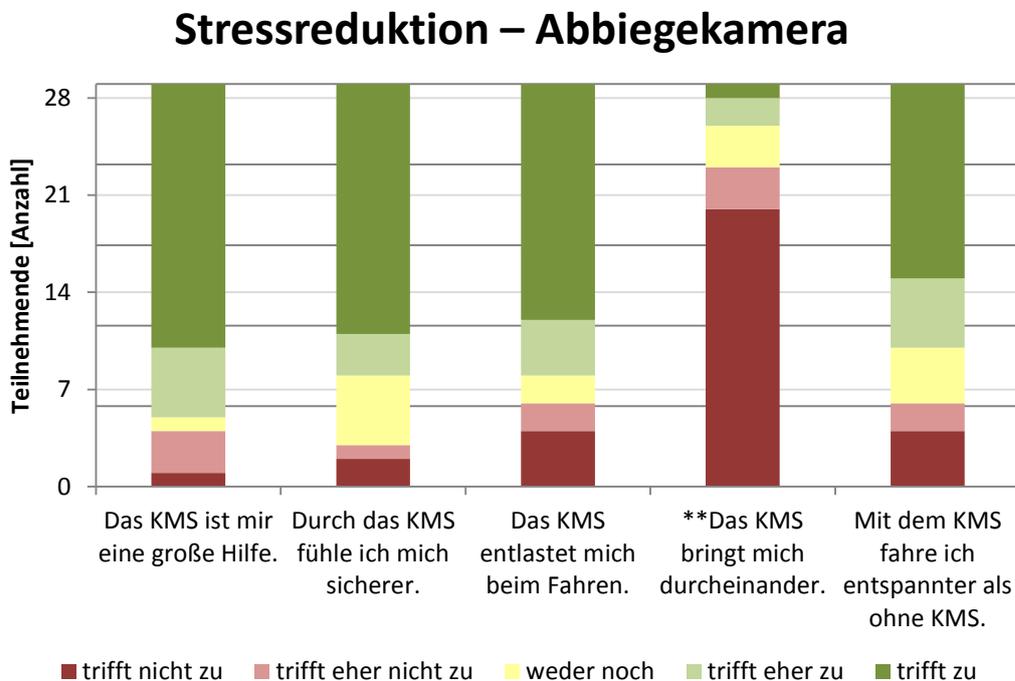


Abbildung 31: Antworten zur Dimension Stressreduktion, bezogen auf die Abbiegekamera

Die Frage „Das KMS bringt mich durcheinander“ ist negativ gepolt. Somit ist die Zustimmung negativ und die Ablehnung positiv zu interpretieren.

Alle Fragen haben die Teilnehmenden – in ihrem jeweiligen Mittelwert – für Rückfahrkameras positiver beantwortet als für Abbiegekameras.

Die Stressreduktion hat insgesamt jeweils den zweithöchsten Mittelwert für Rückfahr- und Abbiege-KMS. Diese Einschätzung der Stressreduktion widerspricht dem Ergebnis des Fragebogens zu Aufmerksamkeit und Anspruch. Abschnitt 4.4.2.4.5 beschreibt, dass sich in Kreuzungssituationen keine Unterschiede bezüglich Aufmerksamkeit und Anspruch von Fahrzeugführenden mit KMS gegenüber Fahrzeugführenden ohne KMS feststellen ließen.

Die Teilnehmenden haben größtenteils angegeben, dass sie sich mit KMS sicherer und entspannter fühlen als ohne. Das ließ sich im Fragebogen aus Abschnitt 4.4.2 nicht feststellen. Es ist somit möglich, dass in bestimmten Situationen ein KMS dennoch zu einer Stressreduktion führt.

4.4.3.5.3 Einzelauswertung Akzeptanz

Die Abbildungen 32 und 33 listen die Antworten der Teilnehmenden zur Dimension Akzeptanz auf.

Akzeptanz – Rückfahrkamera

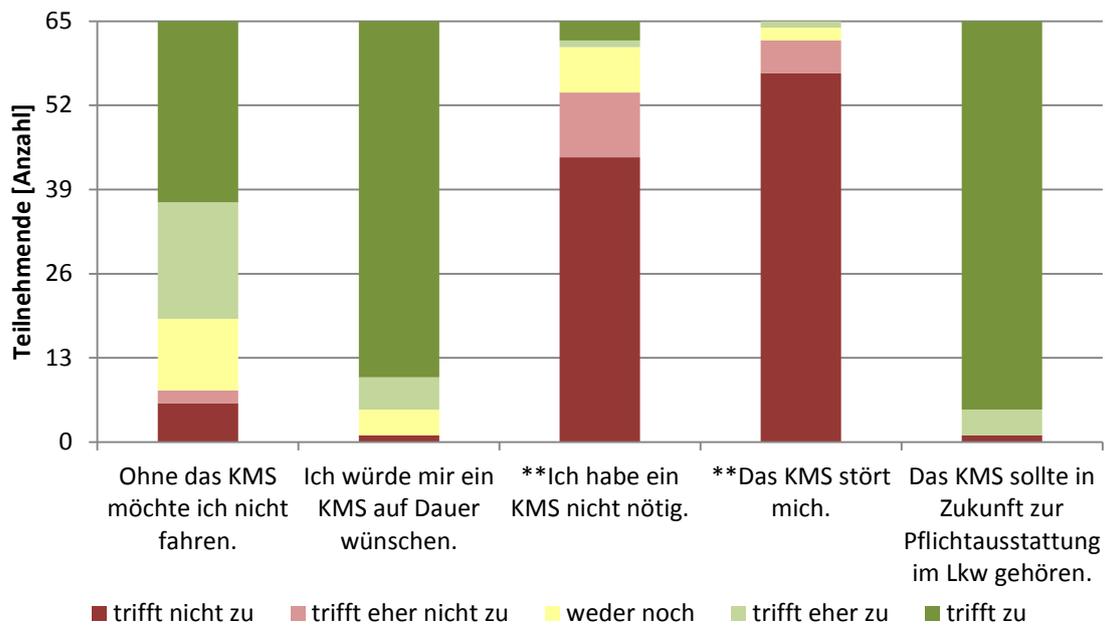


Abbildung 32: Antworten zur Dimension Akzeptanz, bezogen auf die Rückfahrkamera

Akzeptanz – Abbiegekamera

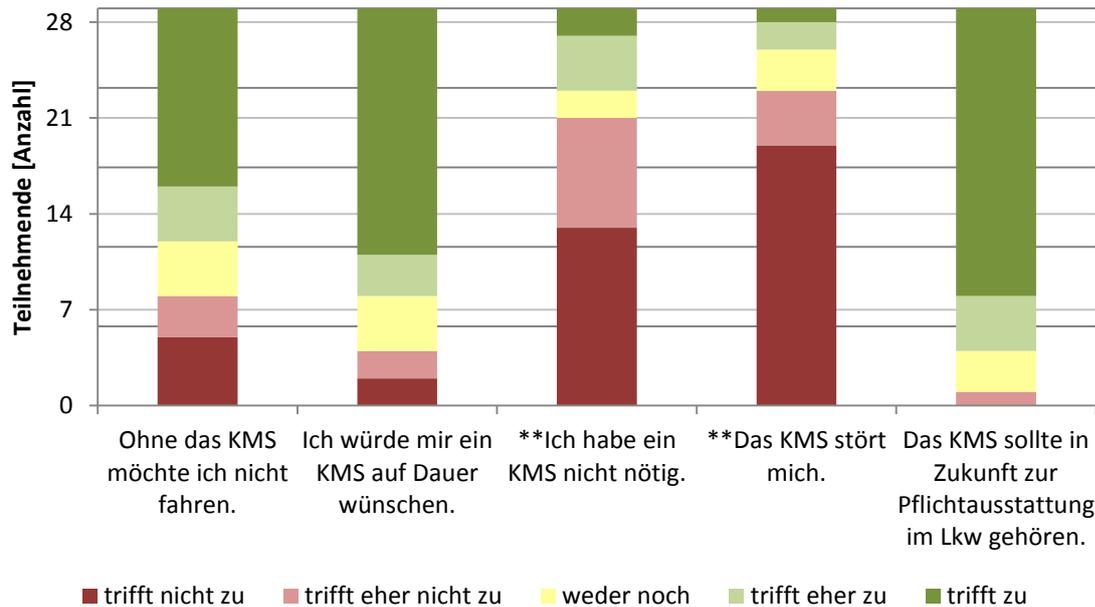


Abbildung 33: Antworten zur Dimension Akzeptanz, bezogen auf die Abbiegekamera

Zur Frage „Das KMS sollte in Zukunft zur Pflichtausstattung im Lkw gehören“ zeigen die Abbildungen nur die Antworten der Teilnehmenden, die das jeweilige System nutzen. Diese Frage wurde sowohl in der Einzelauswertung aller Kameratypen als auch in der Gesamtauswertung (siehe Abschnitt 4.4.3.5.8) für Rückfahrkameras am häufigsten positiv beantwortet.

Generell lässt sich für alle Kameratypen feststellen, dass Teilnehmende, die mit diesen regelmäßig unterwegs sind, sie auch eher zur Pflichtausstattung machen würden. Das spricht dafür, dass Fahrzeugführende, die ein System kennenlernen, dieses auch eher akzeptieren.

Die Aussage, ohne ihr KMS nicht mehr fahren wollen, unterstützen die Teilnehmenden mit jeweils über 50 % mit „trifft zu“ bzw. „trifft eher zu“.

Die Dimension Akzeptanz hat mit einem Mittelwert von jeweils über 4,0 für beide KMS den dritthöchsten Wert.

4.4.3.5.4 Einzelauswertung Nutzungsintensität

Die Abbildungen 34 und 35 listen die Antworten der Teilnehmenden zur Dimension Nutzungsintensität auf.

Nutzungsintensität – Rückfahrkamera

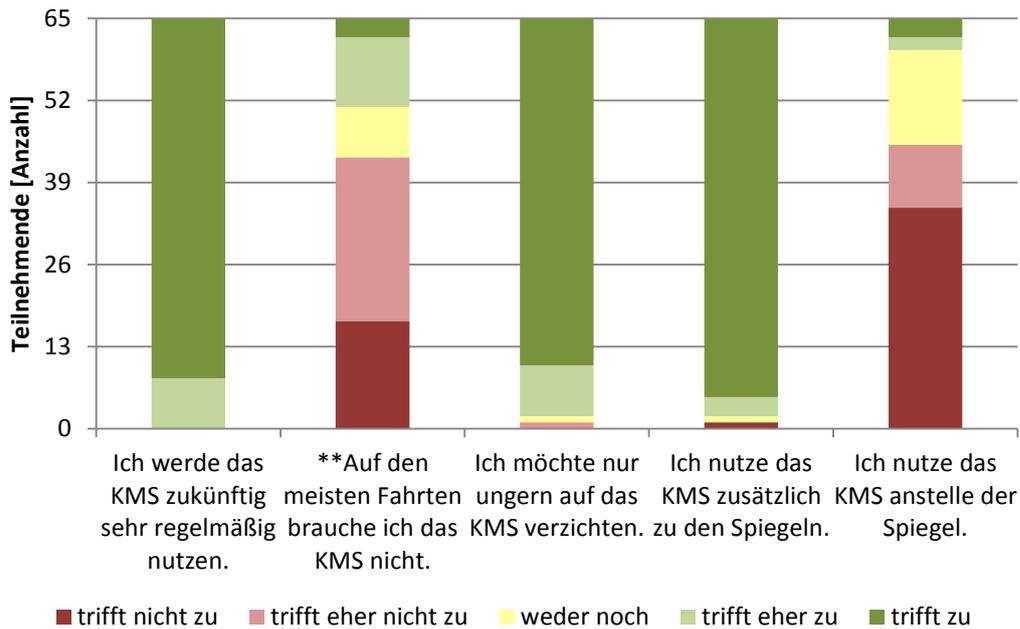


Abbildung 34: Antworten zur Dimension Nutzungsintensität, bezogen auf die Rückfahrkamera

Nutzungsintensität – Abbiegekamera

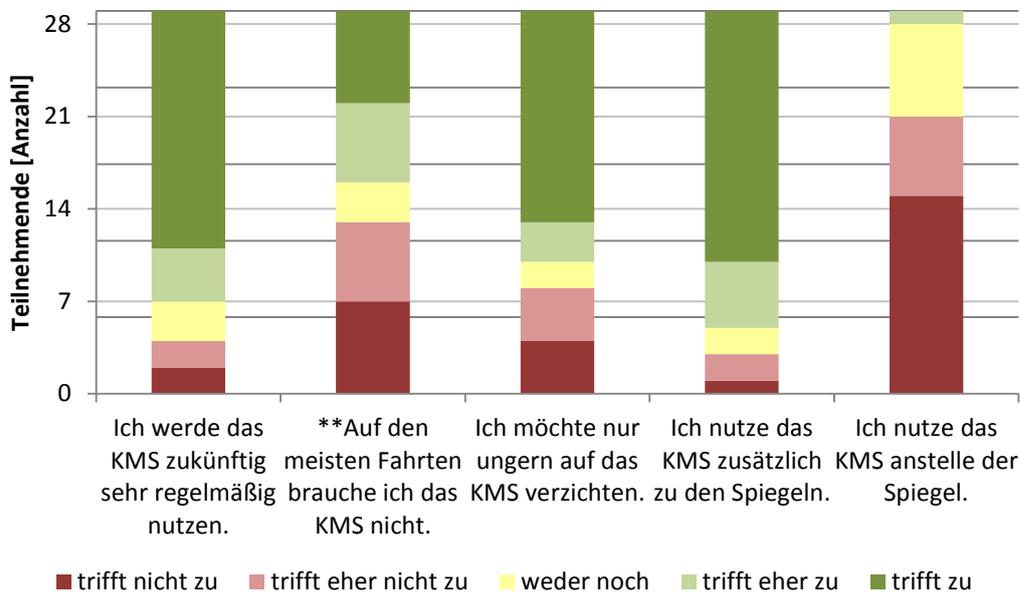


Abbildung 35: Antworten zur Dimension Nutzungsintensität, bezogen auf die Abbiegekamera

Die Frage „Auf den meisten Fahrten brauche ich das KMS nicht“ ist negativ gepolt. Auch hier ist die Zustimmung negativ und die Ablehnung positiv zu interpretieren. Die letzte Frage „Ich nutze das KMS anstelle der Spiegel“ wird ebenfalls größtenteils verneint. Dadurch ist der Mittelwert der Nutzungsintensität für beide KMS relativ niedrig. Für Abbiegekameras ist er mit 3,42 der niedrigste Wert in der Auswertung.

Generell geben die Teilnehmenden an, das KMS als zusätzliches System und nicht als Ersatz zu nutzen.

Selbst bei der Rückfahrkamera, bei der es keinen entsprechenden Rückspiegel gibt, nutzen die Befragten weiterhin zusätzlich die vorhandenen Spiegel. Die Spiegel werden also auch bei Nutzung des KMS nicht ignoriert, stattdessen teilen die Fahrzeugführenden die Aufmerksamkeit zwischen Spiegeln und KMS auf.

Aufgrund der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Änderung der gesetzlichen Lage, die aller Voraussicht nach Mitte 2016 eintritt, lassen sich die Spiegel komplett durch KMS ersetzen. Dies würde den Hauptgrund für das vergleichsweise hohe Ablenkungspotenzial der KMS eliminieren.

4.4.3.5.5 Einzelauswertung Spiegelvorteil

Die Abbildungen 36 und 37 listen die Antworten zur Dimension Spiegelvorteil auf.

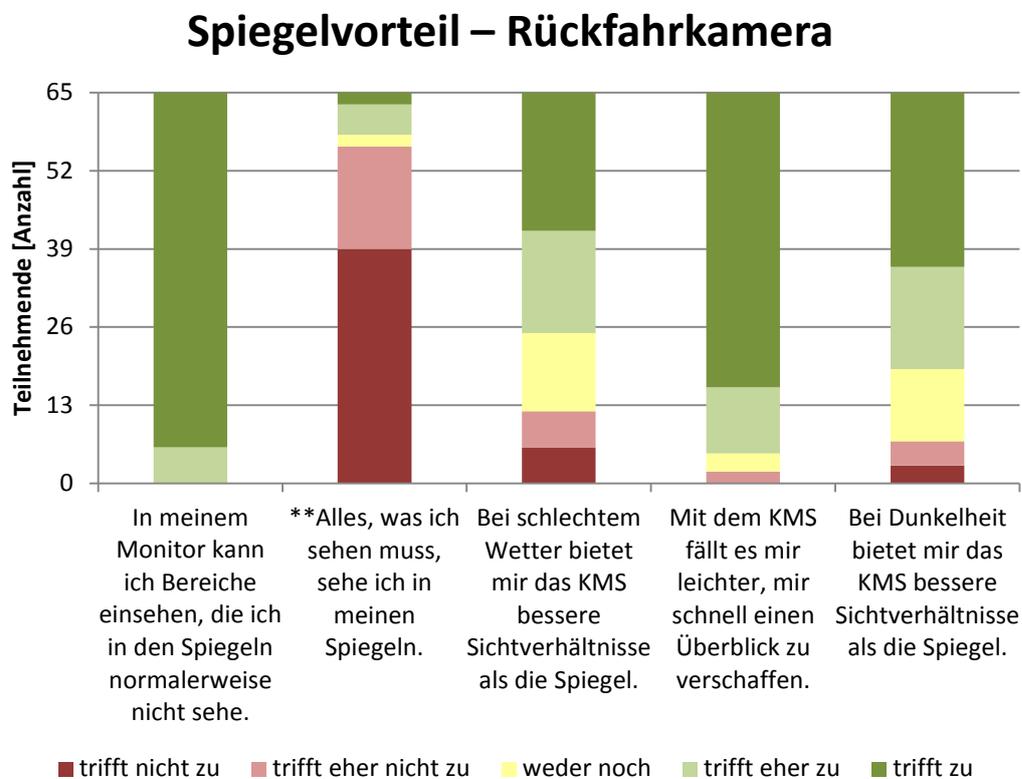


Abbildung 36: Antworten zur Dimension Spiegelvorteil, bezogen auf die Rückfahrkamera

Spiegelvorteil – Abbiegekamera

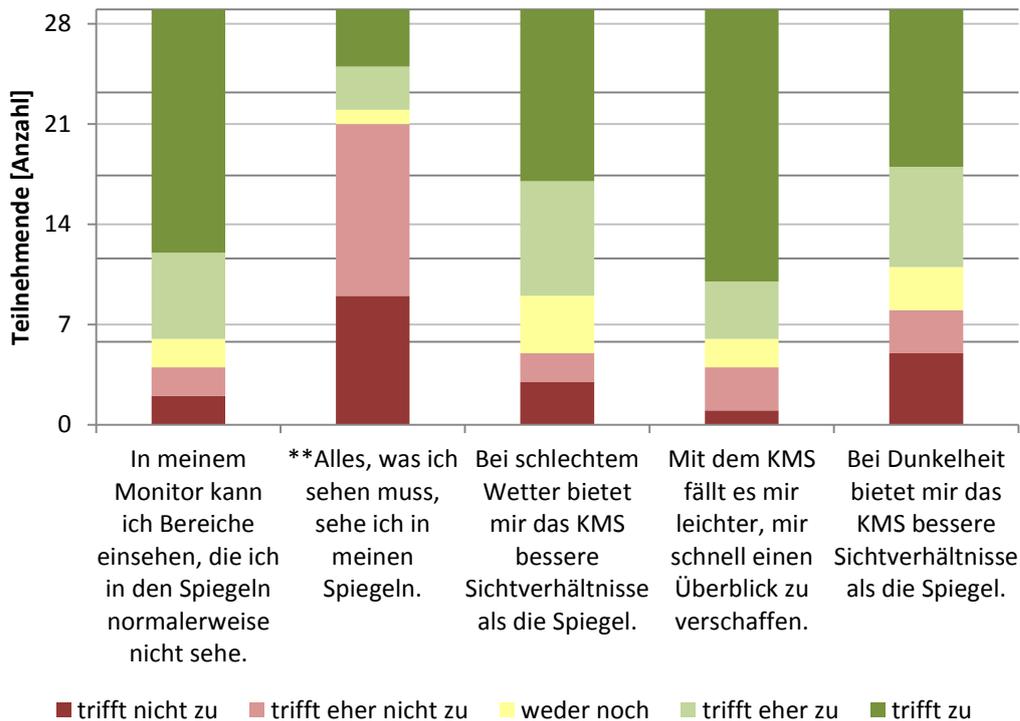


Abbildung 37: Antworten zur Dimension Spiegelvorteil, bezogen auf die Abbiegekamera

Die Frage „Alles, was ich sehen muss, sehe ich in meinen Spiegeln“ ist negativ gepolt. Auch hier ist die Zustimmung negativ und die Ablehnung positiv zu interpretieren. Erstaunlich ist, dass auch bei der Rückfahrkamera sieben Teilnehmende bei dieser Frage „trifft zu“ bzw. „trifft eher zu“ angeben.

Der überwiegenden Anzahl der Teilnehmenden zufolge haben beide Systeme einen Vorteil gegenüber Spiegeln. Dieser besteht darin, dass die KMS Bereiche abdecken, welche die Teilnehmenden sonst nicht einsehen können. Außerdem können sie sich mit den Systemen schneller einen Überblick verschaffen.

Vor allem bei der Rückwärtsfahrt gehen sie vornehmlich davon aus, dass sie nicht alles sehen können, was sie sehen müssen. Aber auch für Abbiegekameras geben mehr als 75 % an, dass sie eher nicht alles sehen, was sie sehen müssten.

Mehr als 75 % geben an, bei schlechtem Wetter im KMS mehr zu sehen als in den Spiegeln. Dies deckt sich mit den Beobachtungen der Studie der BASt [15]. Allerdings haben einzelne Teilnehmende angemerkt, dass sie gerade die Regentropfen auf der Kamera als besonders störend empfinden (siehe Abschnitt 10.2 b) und c) sowie Abschnitt 10.3 aa)).

Beim Abbiegen in Dunkelheit gehen mehr als 60 % der Teilnehmenden davon aus, im Kamerasystem mehr zu sehen als in den Spiegeln.

4.4.3.5.6 Einzelauswertung Ablenkung

Die Abbildungen 38 und 39 listen die Antworten zur Dimension Ablenkung auf.

Ablenkung – Rückfahrkamera

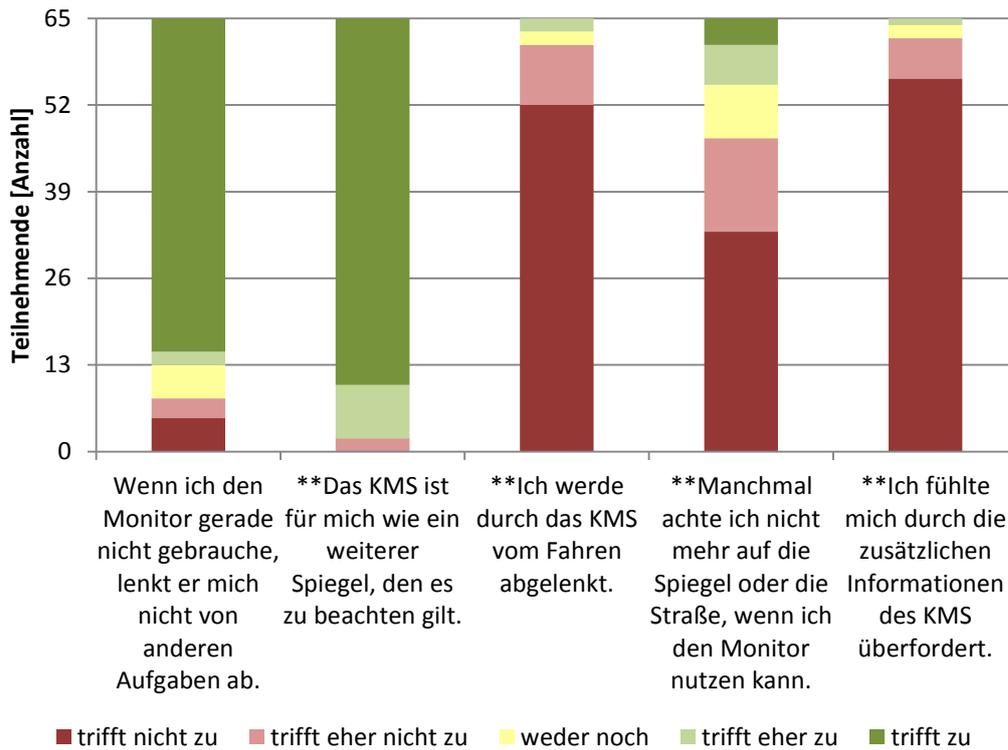


Abbildung 38: Antworten zur Dimension Ablenkung, bezogen auf die Rückfahrkamera

Ablenkung – Abbiegekamera

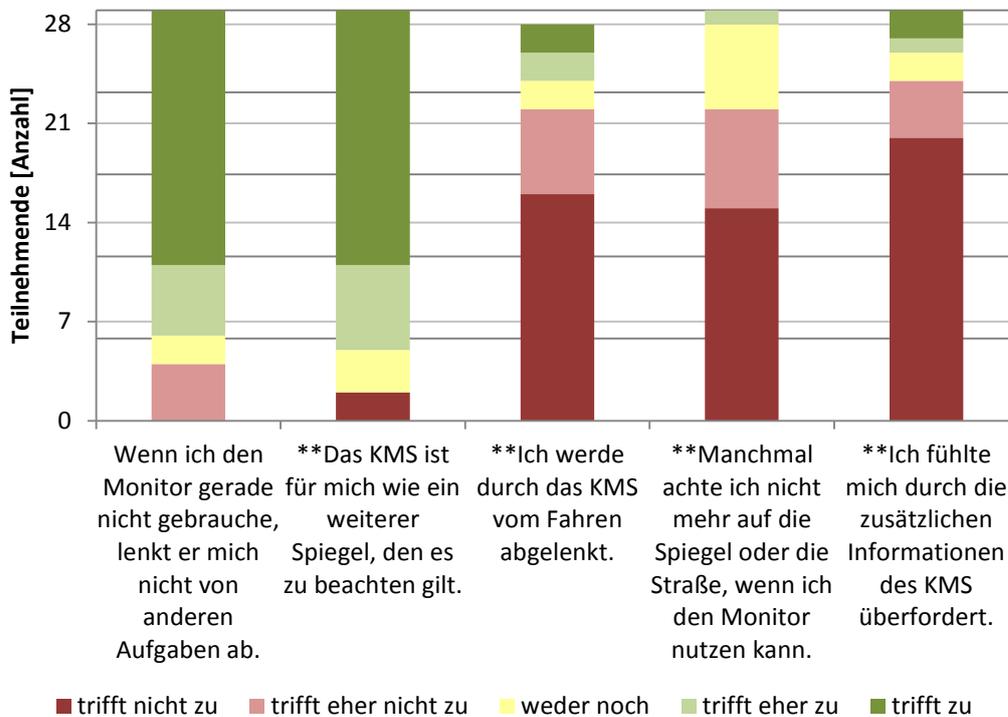


Abbildung 39: Antworten zur Dimension Ablenkung, bezogen auf die Abbiegekamera

Außer der ersten Frage sind alle Fragen negativ gepolt. Bei all diesen Fragen ist die Zustimmung negativ und die Ablehnung positiv zu interpretieren. Die Antworten zur zweiten Frage „Das KMS ist für mich wie einen weiterer Spiegel, den es zu beachten gilt“ beeinflusst den Durchschnitt stark negativ. Diese Antwort passt mit der Untersuchung der Nutzungsintensität in Abschnitt 4.4.3.5.4 zusammen.

Die KMS-Befragung zeigt, dass der Umgang mit dem KMS zusätzliche Aufmerksamkeit von den Fahrzeugführenden erhält und sich die Aufmerksamkeit nicht komplett von den Spiegeln auf das KMS verlagert. Dies führt zu einem größeren zeitlichen Aufwand für die Fahrzeugführenden oder zu einer kürzeren Zeit, in der sie die einzelnen Geräte betrachten. Gleichzeitig zeigen aber die Ergebnisse der restlichen Fragen, besonders der Stressreduktion in Abschnitt 4.4.3.5.2, dass Fahrzeugführende dies nicht generell als Beanspruchung wahrnehmen.

Die direkte Frage nach der Ablenkung durch das System verneinen die Befragten in der Regel. Bei dieser Frage hat eine teilnehmende Person für Abbiegekameras keine Antwort abgegeben, sodass hier nur 28 Antworten vorhanden sind.

4.4.3.5.7 Einzelauswertung Usability

Die Abbildungen 40 und 41 listen die Antworten zur Dimension Usability auf.

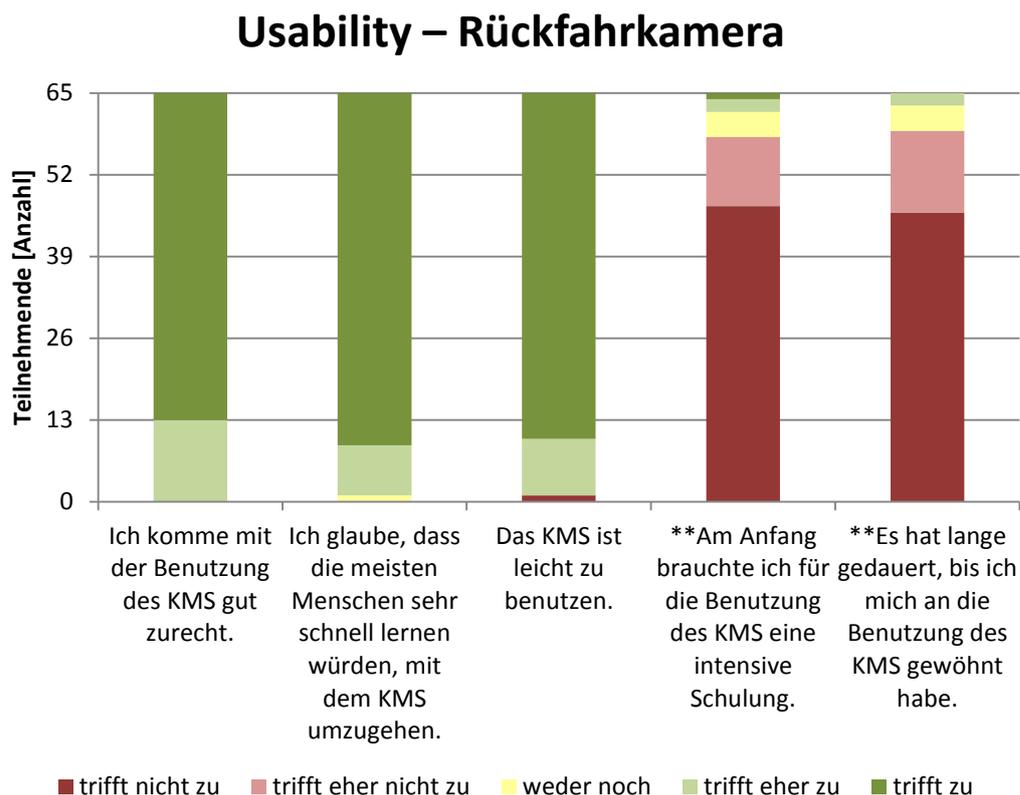


Abbildung 40: Antworten zur Dimension Usability, bezogen auf die Rückfahrkamera

Usability – Abbiegekamera

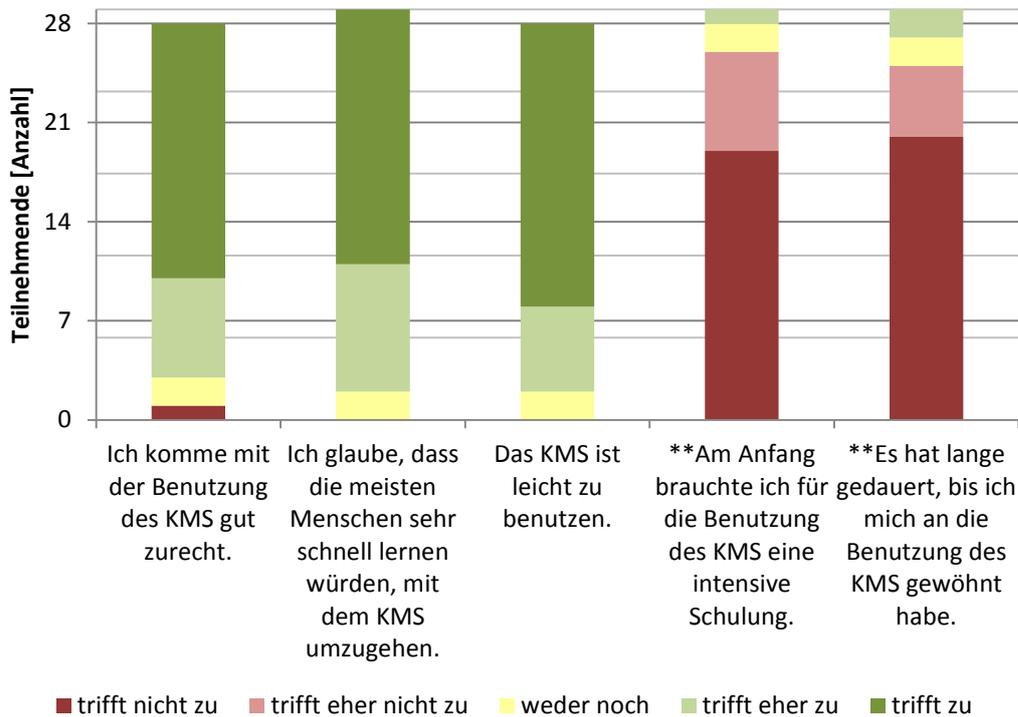


Abbildung 41: Antworten zur Dimension Usability, bezogen auf die Abbiegekamera

Die Fragen „Am Anfang brauchte ich für die Benutzung des KMS eine intensive Schulung“ und „Es hat lange gedauert, bis ich mich an die Benutzung des KMS gewöhnt habe“ sind negativ gepolt. Bei diesen Fragen ist die Zustimmung negativ und die Ablehnung positiv zu interpretieren.

Auf die Frage „Es hat lange gedauert, bis ich mich an die Benutzung des KMS gewöhnt habe“ haben in der gesamten KMS-Befragung nur fünf Teilnehmende (zwei mit Rückfahrkamera, zwei mit Abbiegekamera und einer mit 360°-Bird’s-Eye-View-System) angegeben, dass es eher länger gedauert hat, sich an die Benutzung eines KMS zu gewöhnen. Weitere sechs (drei mit Rückfahrkamera, drei mit Abbiegekamera) haben auf die Frage mit „weder noch“ geantwortet. Die überwiegende Mehrheit hat bei den 108 ausgewerteten Antworten zu dieser Frage nur eine sehr kurze Eingewöhnungszeit für ihr System angegeben.

Nur wenige Teilnehmende haben für das System eine Schulung benötigt. Generell trauen sie es anderen Leuten zu, mit dem System in kurzer Zeit umgehen zu können.

Bei den Fragen „Ich komme mit der Benutzung des KMS gut zurecht“ und „Das KMS ist leicht zu benutzen“ hat eine teilnehmende Person für Abbiegekameras keine Antwort abgegeben, sodass hier nur jeweils 28 Antworten vorhanden sind.

Die Dimension Usability hat von allen Blöcken für beide Kameratypen den höchsten Mittelwert. Die auf dem Markt verfügbaren Systeme funktionieren in der Regel selbstständig, wenn sie einmal richtig eingestellt sind. Die Monitore der untersuchten Systeme verfügen über eine automatische Abdunkelung in der Nacht und lassen sich über Fahrtrichtungsanzeiger für Abbiegekameras bzw. das Einlegen des Rückwärtsgangs für Rückfahrkameras aktivieren.

Trotzdem kam von einzelnen Teilnehmenden die Aussage, dass ihr KMS tagsüber zu dunkel oder nachts zu hell ist (siehe Abschnitt 4.4.3.6). Teilweise betraf diese Aussage Monitore, die frei parametrierbar sind.

4.4.3.5.8 Einzelauswertung Pflichtausstattung

Die Frage „Das KMS sollte in Zukunft zur Pflichtausstattung im Lkw gehören“ lag allen Teilnehmenden für alle ihnen bekannten Systeme vor. Neben der Auswertung aus Abschnitt 4.4.3.5.3, welche die Antworten der Teilnehmenden auswertet, die das System selbst nutzen, geht es hier um die Auswertung aller Antworten. Abbildung 42 zeigt die Durchschnittswerte der Antworten und deren Standardabweichung. Abbildung 43 zeigt die Verteilung aller Antworten in Prozent. Die Anzahl der abgegebenen Antworten liegt zwischen 119 für Rückfahrkameras und 101 für die Rundumsicht.

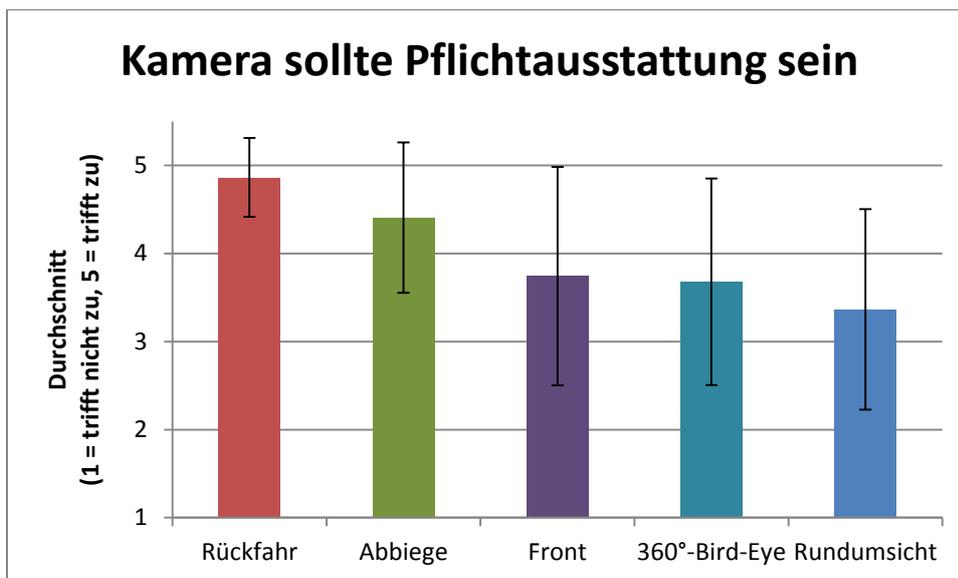


Abbildung 42: Mittelwerte und Standardabweichung zur Frage, ob das KMS zur Pflichtausstattung im Lkw gehören solle.

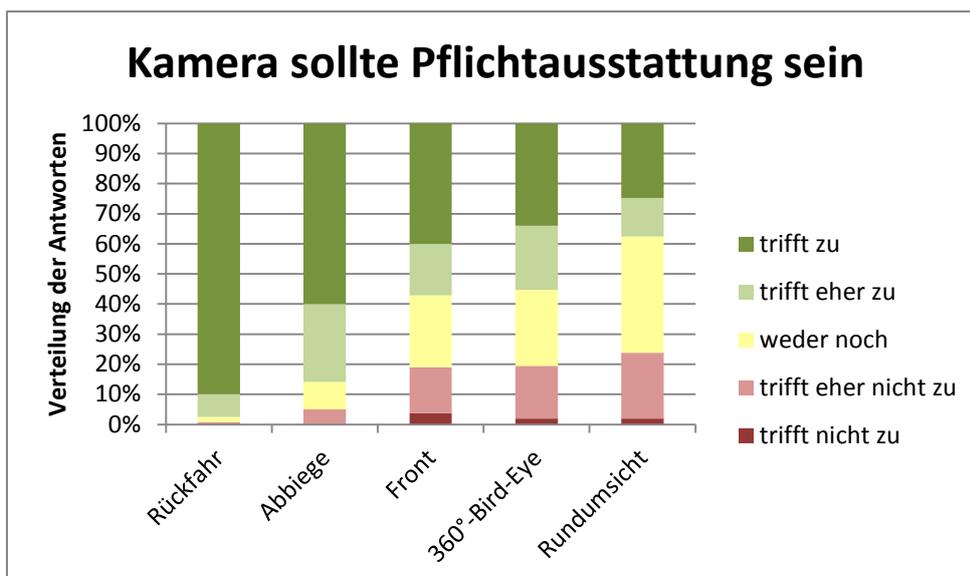


Abbildung 43: Verteilung der Antworten zur Frage, ob das KMS zur Pflichtausstattung im Lkw gehören solle.

Eine Rückfahrkamera, deren Bereich Fahrzeugführende in der Regel nicht mit Spiegeln einsehen können, wünschen sich die meisten Teilnehmenden mit einem Mittelwert von 4,8 als

Pflichtausstattung. Der Mittelwert der Teilnehmenden mit Rückfahrkamera liegt mit 4,88 nur leicht höher.

Bei der Abbiegekamera – im Gesamtfeld mit einem Mittelwert von 4,41 – ist der Unterschied deutlicher. Die Antworten der Teilnehmenden, die mit Abbiegekamera unterwegs sind, haben bei dieser Frage einen Mittelwert von 4,55.

Diese Tendenz wird stärker, je niedriger der Mittelwert ist. Somit lässt sich feststellen, dass Teilnehmende, die ein System nutzen, diesem im Durchschnitt als Pflichtausstattung positiver gegenüber stehen als solche, die es nicht nutzen.

Teilnehmende in der KMS-Befragung (online), die eine Front- oder 360°-Kamera besitzen, beantworten die Frage alle mit „trifft zu“ und „trifft eher zu“ (dargestellter Wert: 4 bis 5).

Die Teilnehmenden der KMS-Befragung (direkt), die das 360°-Bird’s-Eye-View-System genutzt haben, beantworten die Frage mit allen Antwortmöglichkeiten von „trifft zu“ bis „trifft nicht zu“.

Abschnitt 4.1.3 zeigt, dass bereits heute für Lkw Rückfahrkameras oder andere geeignete Hilfsvorrichtungen in Deutschland gesetzlich vorgeschrieben sind.

4.4.3.6 Auswertung der Fragen zum verwendeten Monitor

Abbildung 44 stellt die Verteilung der Anordnung der Monitore aus der KMS-Befragung dar. Da manche Monitore für mehrere Kameras eingesetzt werden, ist die Summe der Einzelmengen teilweise größer als die Gesamtmenge.

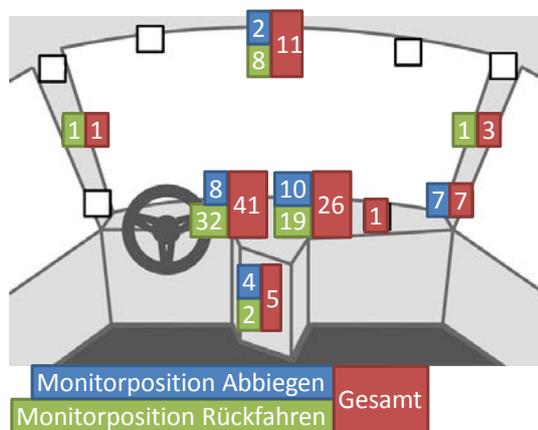


Abbildung 44: Verteilung der Anordnung der Monitore in der Kabine

An jeder Position ist die Anzahl der Monitore, die zu einer Abbiegekamera (blau) einer Rückfahrkamera (grün) und die Gesamtzahl an Monitoren angegeben. Positionen ohne Zahlen wurden nicht genannt. Wo mehr Abbiege- und Rückfahrssysteme als Gesamtmonitore angegeben sind, wurden einzelne Monitore für beide Systeme genutzt.

Die Verteilung zeigt eine deutliche Tendenz, den Monitor rechts neben dem Lenkrad auf das Armaturenbrett zu positionieren. In der gesamten KMS-Befragung waren fast alle Fahrzeugführenden mit den genutzten Positionen zufrieden. Nur vier wünschten sich einen Positionswechsel. Diese Positionswechsel zeigen keine einheitliche Tendenz und ermöglichen damit keine Rückschlüsse.

Die KMS-Befragung hat auch die Größe der Monitore abgefragt und ob die Teilnehmenden damit zufrieden sind. Das Ergebnis für alle Befragten ist in Abbildung 45 dargestellt.

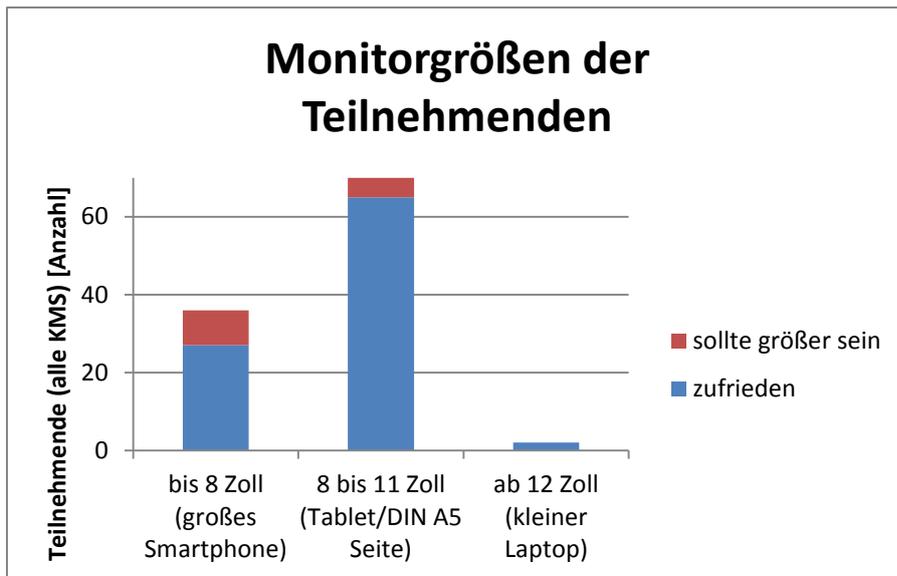


Abbildung 45: Größe der Monitore der in der KMS-Befragung bewerteten Monitore

Insgesamt empfanden bei 94 bewerteten Monitoren nur 14 Befragte die Größe ihres Monitors als nicht ausreichend. Dies entspricht 87 % zufriedene Befragte. Die Positionen, an denen die zu kleinen Monitore befestigt waren, und die Entfernung von den Fahrzeugführenden variierten.

Abbildung 46 zeigt, dass ein Großteil der Befragten mit den Helligkeitseinstellungen ihrer Monitore zufrieden war. Die sieben unzufriedenen Befragten gaben zweimal an, dass der Monitor tagsüber zu dunkel ist, und fünfmal, dass der Monitor nachts zu hell ist. Bei einem Befragten war die Abbiegekamera so eingestellt, dass nachts im Monitorbild der eingeschaltete Fahrtrichtungsanzeiger zu sehen war und blendete.

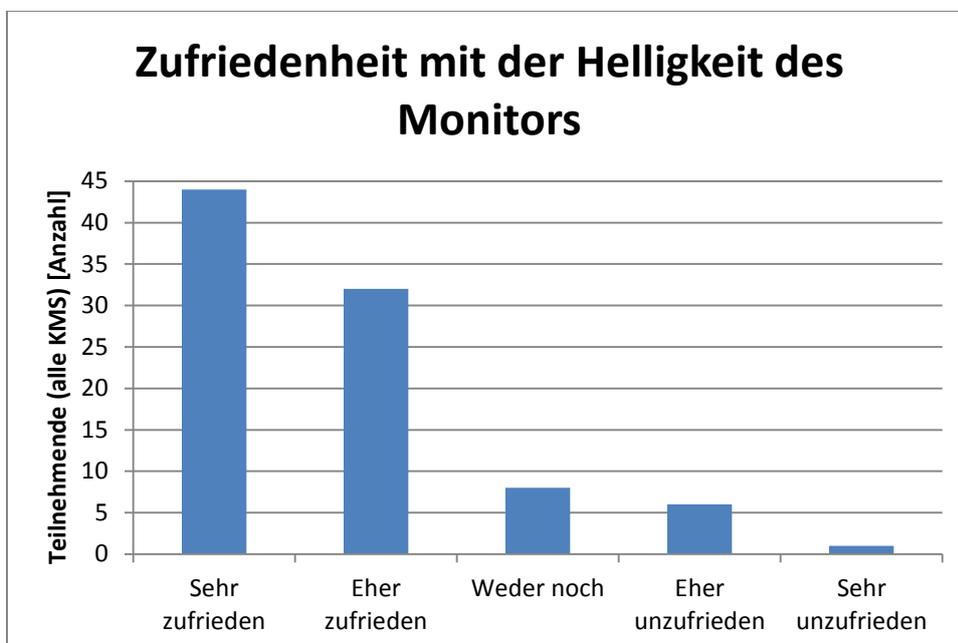


Abbildung 46: Zufriedenheit mit der Helligkeit der in der KMS-Befragung bewerteten Monitore

4.4.3.7 Auswertung der Meinungen zur Unfallverhinderung

Die 91 Befragten, die ein KMS nutzen, haben ihre Einschätzung zur Möglichkeit der Vermeidung von Unfällen abgegeben. Abbildung 47 zeigt die Antworten.

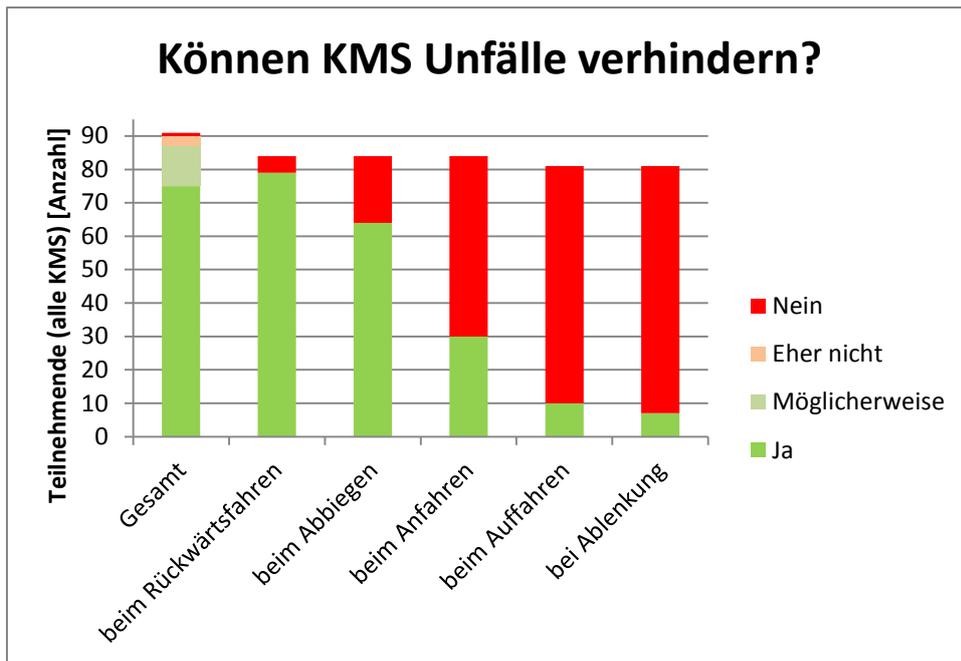


Abbildung 47: Bewertung der Möglichkeit durch KMS Unfälle zu vermeiden

87 Befragte gehen davon aus, dass KMS Unfälle verhindern oder möglicherweise verhindern können. Von diesen 87 geben 79 Befragte an, dass Unfälle beim Rückwärtsfahren verhindert werden können. 64 Befragte gehen davon aus, dass durch KMS Unfälle beim Abbiegen verhindert werden können.

Für Unfälle beim Anfahren des Lkw, beim Auffahren bzw. bei Missachtung des Mindestabstands und bei solchen, die durch Ablenkung geschehen, sind nur dreißig, zehn und sieben der Befragten der Ansicht, dass diese durch KMS verhindert werden können.

Die Befragten sehen im Bereich Unfallvermeidung das Potenzial von KMS überwiegend beim Rückwärtsfahren und beim Abbiegen.

4.4.3.8 Kommentare und Meinungen der Fahrzeugführenden

Kapitel 10 „Anhang II: Meinungen“ listet die Kommentare der Fahrzeugführenden aus den Fragebögen auf. Hier einige signifikante Kommentare:

4.4.3.8.1 Bemerkungen zur Monitorplatzierung:

„[...] Monitore, die in der Höhe verstellbar sind, könnte ich mir gut vorstellen. Auch eine seitliche Drehung wäre unter Umständen schon von Vorteil.“ Person ist 1,90 m groß (Abschnitt 10.1 m)

„Der Monitor sollte möglichst in Fahrernähe positioniert sein, sodass man beim Blickwechsel zwischen den Spiegeln automatisch mit den Augen draufgucken kann.“ (Abschnitt 10.1 e)

„Die optimale Monitorposition ist meiner Meinung nach die Mitte des Armaturenbrettes, da man bei der Außenspiegelkontrolle bei jeder Kopf-/Augenbewegung auch das Monitorbild erfasst.“ (Abschnitt 10.1 h)

4.4.3.8.2 Weitere Anmerkungen

„[...] Ik zou niet meer zonder willen en kunnen.“ (Ich könnte und wollte nicht mehr ohne) [KMS]. (Abschnitt 10.3 h)

4.4.3.8.3 (Beinahe-)Unfall

„Des Öfteren bezieht man sich mehr auf die Rückfahrkamera, man lässt also manchmal sogar die Spiegel außer Acht. Manchmal sieht man mehr in der Rückfahrkamera und mal mehr in den Spiegeln. Alle drei zur gleichen Zeit zu nutzen, ist eher schwierig. Und ja ich hätte bald mal einen Radfahrer so übersehen, da dieser nur im linken Spiegel zu sehen war und ich zu sehr auf Rückfahrkamera und rechten Spiegel fixiert war.“ (Abschnitt 10.5 a)

„Das Kamerasystem bezieht sich logischerweise nur auf den hinteren Teil des Lastwagens. Die Kamera ist am Trailer angebracht. Ich sah auf den Bildschirm und habe mich auf das genaue Rangieren des Trailers konzentriert. Ich bemerkte nur einige Zentimeter vor einem Pfeiler, dass ich mich dabei mit der Zugmaschine sehr nah an ihn heran gearbeitet hatte, da man weniger in die Spiegel sehen kann. Die Augen können ja nun mal leider nicht überall gleichzeitig sein.“ (Abschnitt 10.5 b)

„Ich habe nur auf den Monitor geachtet und dabei nicht auf die Straße geachtet.“ (Abschnitt 10.5 d)

4.4.3.8.4 Negative Bemerkungen

„Der richtige Platz im Lkw muss noch erfunden werden.“ (Abschnitt 10.3 c)

„Die Justierung der Helligkeit, wenn man in einen Schattenbereich fährt, reagiert zu spät.“ (Abschnitt 10.3 e)

„Die Rückfahrkamera ist oben am Heck des Aufliegers angebracht. Bei Regen ist sie sehr schnell verschmutzt [...]. Ich würde mir wünschen, dass die Kamera einen Verschluss hätte, der nur öffnet, wenn die Kamera eingeschaltet ist.“ (Abschnitt 10.3 m)

„Nachts bei Lichteinfall blendet die Kamera.“ (Abschnitt 10.2 a)

„Bei Gegenlicht blendet die Rückfahrkamera.“ (Abschnitt 10.3 b)

„Wenn die Spiegel richtig eingestellt sind und nicht irgendwelche Vorhänge die Sicht behindern, sollte es keinen toten Winkel geben. Ob eine zusätzliche Kamera das Problem lösen wird, bezweifle ich sehr, eher ist der Fahrer überfordert vor dem Abbiegen in fünf Spiegel plus einen Kameramonitor zu schauen.“ (Abschnitt 10.3 j)

4.4.3.9 Überprüfung der Vermutungen

Die Überprüfung der Vermutungen aus Abschnitt 4.4.3.1 ergibt:

1. Die meisten KMS sind in Unternehmen mittlerer Größe zu finden.

Abbildung 25 aus Abschnitt 4.4.3.2 zeigt, dass ein wesentlich höherer Anteil von Teilnehmenden mit KMS in Unternehmen mit mehr als 25 Beschäftigten arbeitet.

Da es keine Erhebung zur Verteilung der Fahrzeugführenden über die in der KMS-Befragung abgefragten Unternehmensgrößen gibt, wird hierzu der Vergleich beider Befragungen herangezogen. An der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch konnten Personen mit und ohne KMS teilnehmen. Die KMS-Befragung war auf Personen mit KMS beschränkt. Ein Vergleich der Teilnehmenden der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (Abbildung 16) mit denen der KMS-Befragung (Abbildung 25) ergibt, dass die Teilnehmenden der KMS-Befragung zu einem deutlich höheren prozentualen Anteil bei Unternehmen mit über 25 Beschäftigten arbeiteten.

Damit ist davon auszugehen, dass die meisten Fahrzeugführenden, die mit einem KMS unterwegs sind, in Unternehmen mit mehr als 25 Beschäftigten tätig sind und solche Unternehmen prozentual

auch mehr Fahrzeuge mit KMS ausgestattet haben. Nach einer Erhebung des Deutschen Speditions- und Logistikverbands (DSLVB) hatten 2014 nur 17 % aller deutschen Logistikunternehmen weniger als 11 Beschäftigte und insgesamt 53 % weniger als 51 Beschäftigte [83].

2. Fahrzeugführende bevorzugen die Strecken außerorts gegenüber den Strecken innerorts.

Diese These bestätigte sich für Fahrzeugführende, die hauptsächlich außerorts oder sowohl außerorts als auch innerorts fahren (siehe Abschnitt 4.4.3.3.2).

Fahrzeugführende, die hauptsächlich innerorts unterwegs sind, geben häufiger an, dass sie diese Strecken gegenüber außerorts bevorzugen (48 % zu 40 %). Gleichzeitig gibt diese Gruppe aber auch häufiger an, diese Strecken ungern zu befahren (24 % zu 12 %). Somit kann diese These für diese Gruppe weder bestätigt noch widerlegt werden.

3. Fahrzeugführende bevorzugen bekannte Strecken gegenüber unbekanntem Strecken.

Diese These bestätigt Abschnitt 4.4.3.3.1.

4. Die Aspekte Stressreduktion, Akzeptanz, Nutzungsintensität, Vorteil gegenüber Spiegeln, Ablenkung und Usability werden für KMS in der Praxis positiv bewertet.

Diese These bestätigen Abschnitt 4.4.3.4 und die Unterabschnitte von Abschnitt 4.4.3.5. Alle Aspekte für Abbiege- und Rückfahr-KMS liegen über dem Wert von 3,4 (3 = neutral, 5 = positiv), und die Hälfte der im Vergleich schlechter abschneidenden Abbiege-KMS liegt über 4,1.

5. Die am Markt vorhandenen Monitorgrößen sind groß genug.

Diese These bestätigen die Einschätzungen der Teilnehmenden. Die Teilnehmenden waren, wie in Abschnitt 4.4.3.6 gezeigt, zu 87 % mit der Größe ihres Monitors zufrieden. Der Anteil von unzufriedenen Befragten steigt allerdings an, wenn die Größe des Monitors abnimmt. 25 % der Teilnehmenden mit einem Monitor < acht Zoll waren unzufrieden.

6. Eine Positionierung der Monitore auf der rechten Seite und in unmittelbarer Nähe des Fahrzeugführenden wird bevorzugt.

Generell waren die Befragten mit allen Monitorpositionen zufrieden. Bei denen, die unzufrieden waren, zeigte sich keine klare Präferenz. Eine Bestätigung der These ist somit unter Vorbehalt möglich, da ein Großteil der Kameras (wie in Abschnitt 3.4.2.6 gezeigt) an der als Präferenz angenommenen Stelle verbaut war.

7. Spiegel werden bei der Benutzung eines KMS ignoriert.

Diese These widerlegen die direkte Frage in Abschnitt 4.4.3.5.4 „Ich nutze das KMS zusätzlich zu den Spiegeln“ und die indirekte Frage in Abschnitt 4.4.3.5.6 „Das KMS ist für mich wie ein weiterer Spiegel, den es zu beachten gilt“. Die Antworten auf beide Fragen zeigen deutlich, dass ein Großteil der Befragten KMS als Zusatzsysteme nutzt und zusätzlich zu den Spiegeln, nicht an ihrer Stelle, einsetzt.

4.5 Notwendige Eigenschaften der Systeme

4.5.1 Allgemeines

Die folgenden Abschnitte erläutern Ergebnisse und technische Details. Die konkreten Ergebnisse aus dem jeweiligen Abschnitt sind für das schnelle Erfassen der Einzelergebnisse am Anfang des Abschnitts in einer blau hinterlegten Box zusammengefasst.

Die Inhalte des Abschnitts 4.5 basieren auf Ergebnissen der KMS-Befragung (Abschnitt 4.4), auf den Gesprächen mit einzelnen Teilnehmenden sowie auf der Zusammenstellung gesetzlicher Forderungen aus den in Abschnitt 4.1 beschriebenen Quellen.

Dieser Abschnitt zeigt die notwendigen Eigenschaften von KMS auf, die als Spiegelersatz dienen. Für KMS, die ergänzend zu Spiegeln eingesetzt werden, gibt es keine normativen oder rechtlichen Anforderungen, mit Ausnahme der EMV-Anforderungen aus Abschnitt 4.5.4.8. Trotzdem ist es vorteilhaft, diese KMS ebenfalls an den hier vorgestellten Punkten zu messen. So lässt sich sicherstellen, dass die Systeme robust gegen Beeinflussung sind, die Fahrzeugführenden nicht stören und einen ausreichend guten Überblick bieten.

Für KMS, welche die Sichtfelder der Gruppe V und VI abdecken, gelten die Anforderungen der ISO 16505 nicht [27]. Stattdessen greifen gesetzlich nur die Anforderungen der UN/ECE-Regelung 46 [7] bzw. der Richtlinie 2003/97/EG [3].

Richtlinie 2003/97/EG legt diese Anforderungen im Anhang II B 2 „Kamera-Monitor-Einrichtungen für indirekte Sicht“ fest. Die funktionalen Anforderungen erstrecken sich allerdings lediglich auf die Funktion der Kamera bei tiefstehender Sonne sowie auf Leuchtdichte und Kontrast des Monitors. Weiterhin formuliert Anhang III allgemeine Anforderungen an eine Unempfindlichkeit gegenüber Vibrationen. Ähnliche Anforderungen finden sich auch in der UN/ECE-Regelung 46 von Version 02 bis 05. Die in ISO 16505 genannten Anforderungen an KMS sind nicht in Gänze auf KMS für die Sichtfelder der Gruppe V und VI übertragbar. Trotzdem ist das Übertragen eines Teils der Anforderungen sinnvoll, da diese den aktuellen Stand der Technik wiedergeben.

Gesetzliche Anforderungen für die anderen Gruppen von Sichtfeldern wird es vermutlich ab der UN/ECE-Regelung 46 Version 06 [8] geben. Normativ hat bereits heute die ISO 16505 diese Anforderungen festgelegt. Die Norm beschreibt in Kapitel 5 den Anwendungsbereich von KMS zur Wahrnehmung von anderen Verkehrsteilnehmenden und Objekten in Bezug auf Ort, Abstand und Geschwindigkeit.

4.5.2 Notwendige Eigenschaften der Kameras

4.5.2.1 Position

Die Kamera am Lkw muss innerhalb des gesetzlich zugelassenen Bereichs positioniert sein.

Die Kamera muss so am Fahrzeug positioniert sein, dass sie mindestens den gesetzlich vorgeschriebenen Mindestbereich (siehe Abschnitt 4.3.1) abbildet, dessen Einsicht sie verbessern soll. Gleichzeitig darf die Kamera nicht außerhalb der gesetzlich zulässigen Grenzen des Fahrzeugs [90] montiert werden.

Zur Positionierung von Kameras, welche die Sichtfelder der Bereiche V und VI abdecken, existieren Anforderungen im Anhang 11 der aktuellen UN/ECE-Regelung 46 [7].

Im Entwurf der neuen UN/ECE-Regelung 46 [8] fordert Abschnitt 6.2.1.1, dass sich Kameras wenn nötig ohne Werkzeug justieren lassen. Abschnitt 6.2.1.2 gestattet, dass Kameras das nötige Sichtfeld abscannen, solange sie in maximal zwei Sekunden wieder in ihre Ausgangsposition zurückkehren. Diese Zeit ist allerdings für Abbiegevorgänge in der Regel zu lang, da nach verschiedenen Beobachtungen Fahrzeugführende in alle vier beim Abbiegevorgang beteiligten Spiegel innerhalb von zwei Sekunden nacheinander hineinschauen.

4.5.2.2 Auflösung

Eine Kamera, die den rechten Weitwinkelspiegel ersetzt, benötigt mindestens 470 x 550 Pixel (B x H).

Eine Kamera, die den rechten Hauptspiegel ersetzt, benötigt mindestens 470 x 1210 Pixel (B x H).

Die notwendige Auflösung der Kamera ist abhängig von der Größe des gewählten Monitors und seines Abstands zur fahrzeugführenden Person. Die notwendige Größe des Monitors ist abhängig von dem Spiegel, dessen Bereich abgedeckt werden soll, und der Position des Monitors. Den Zusammenhang erläutert Abschnitt 4.5.5.1.

Weiterhin lässt sich für die Kamera eine Mindestauflösung aus der Distanz und Größe des jeweiligen Spiegels berechnen. Die im Projekt vermessenen Weitwinkelspiegel (siehe Abschnitt 4.3.3) hatten eine wahrgenommene Größe von bis zu 17 cm x 20 cm und waren ca. 2 m vom Augenpunkt der Fahrzeugführenden entfernt. Zusammen mit der in Abschnitt 4.3.4 erläuterten Auflösung des menschlichen Auges von 1,25 Bogenminuten entspricht dies einer Auflösung von ca. 470 x 550 Pixeln (Breite mal Höhe). Dieser Wert ist bei Ersatz dieses Spiegels die Mindestauflösung der Kamera, die den Anforderungen an den gesetzlichen Sehtest für Fahrzeugführende entspricht. Eine höhere Auflösung der Kamera ist, wie in Abschnitt 4.3.4 erläutert, bis zum Faktor 30 sinnvoll, aber nicht notwendig.

Für den Hauptspiegel liegen die wahrgenommenen Größen bei bis zu 17 cm x 44 cm. Dies entspricht somit 470 x 1210 Pixeln.

Ein weiterer Faktor, der zu einer höheren notwendigen Auflösung führt, ist die Darstellung eines dynamisch verzerrten Bereichs, den Abschnitt 4.5.2.3 beschreibt.

4.5.2.3 Verzerrte Darstellung von Bereichen

Wenn das Bild dynamisch verzerrt werden soll, muss die Kameraauflösung entsprechend höher sein.

Mit einer verzerrten Darstellung lassen sich die gesamte Ansicht oder Bereiche davon größer oder kleiner darstellen. Ein Beispiel ist der Weitwinkelbereich im Spiegel eines Pkw, der auf kleiner Fläche einen großen Bereich abbildet. Auch Anfahr-, Front- und Weitwinkelspiegel am Lkw sind üblicherweise gekrümmt und zeigen damit ein verzerrtes Bild der realen Sicht.

Mit KMS lässt sich diese Verzerrung statisch oder dynamisch erzeugen. Eine statische Verzerrung wird über Linsen erzeugt, wie in Abschnitt 4.5.2.4 beschrieben. Sie ist dann sinnvoll, wenn der Bereich dauerhaft so dargestellt werden muss, um z. B. den gesetzlichen Anforderungen zu entsprechen.

Eine dynamische Verzerrung bedeutet, dass der gesamte Bereich von der Kamera aufgenommen und das Bild im Nachhinein künstlich an manchen Stellen gestaucht oder gestreckt wird. Dadurch lässt sich z. B. der Effekt eines Weitwinkelbereichs im Spiegel nachbilden. Abbildung 10 zeigt einen Weitwinkelbereich im Bereich b.

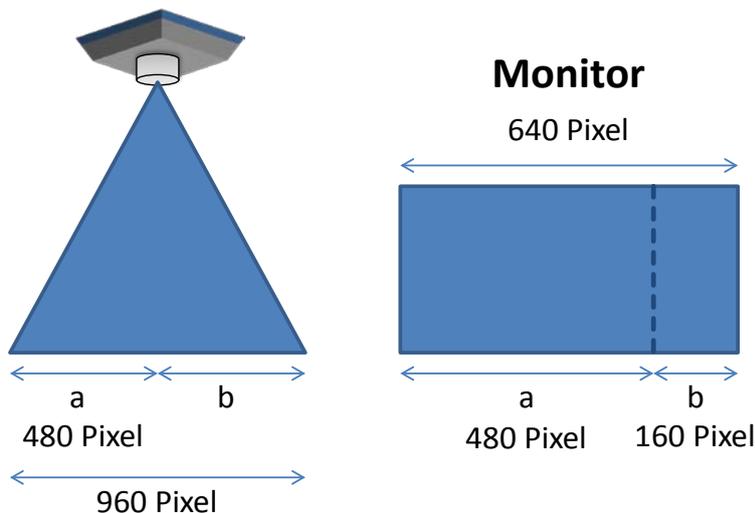


Abbildung 48: Weitwinkelbereich auf der Strecke b

In diesem Beispiel zeigt ein Viertel des Monitors die Hälfte des Bildes, drei Viertel des Monitors zeigen die andere Hälfte. Um dies verlustfrei zu erreichen, muss die Kamera die 1,5-fache Auflösung des Monitors haben. Ist dies nicht der Fall, liefert das Strecken einzelner Pixel keine neuen Informationen (siehe Abschnitt 4.5.3.3 zur Monitorauflösung).

Beim Abbiegen kann der Bereich, der nur den einknickenden Anhänger zeigt, dynamisch gestaucht und gleichzeitig der äußere Bereich dynamisch größer dargestellt werden. Damit verbessert sich die Übersicht des Gefahrenbereichs, ohne die Sicht auf den Anhänger komplett zu verlieren. Eine solche Lösung wird im „Handbook of Camera Monitor Systems“ [11] von Zaindl beschrieben.

Die Kamera kann auch einen größeren Bereich aufnehmen, als der Monitor darstellt. Dann ist ein virtuelles Schwenken des Kamerabildes möglich, ohne eine Mechanik nutzen zu müssen.

4.5.2.4 Linse

Für die Verzerrung sind in den Sichtfeldgruppen I bis III maximal 20 % zugelassen.
Für die Bewertung des Kisseneffekts der Linsen gibt es noch keine konkreten Anforderungen.

Eine Linse erlaubt die verlustfreie Darstellung eines großen Bereichs über einen besonders großen Winkel, der jedoch verzerrt dargestellt wird. Nach Abschnitt 6.2.2.3.3.7. des Entwurfs der neuen UN/ECE-Regelung 46 [8] ist für die Gruppen I bis III (siehe Abschnitt 4.3.1) eine maximale Verzerrung von 20 % zulässig.

Linsenfehler führen unter anderem zum Verlust von Schärfe im Bild. Dieser Verlust ist abhängig von der Güte der Linsen [23]. Abschnitt 6.2.2.3.3.6.1. des Entwurfs der UN/ECE-Regelung 46 [8] enthält Vorgaben zur Schärfe.

Linsen können zudem zu einem Kisseneffekt führen. Dabei biegt sich eine flache Ebene in der Darstellung an den Rändern wie der Bezug eines Kissens. Abbildung 49 zeigt eine solche Verzerrung.

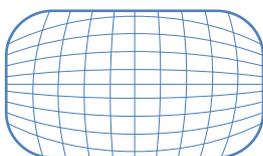


Abbildung 49: Darstellung eines Gitters, das durch den Kisseneffekt verzerrt wird.

Diesen Kisseneffekt kann die Software der Kamera bzw. des Systems wieder herausrechnen. Hierbei geht dann aber ein Teil der Auflösung verloren. ISO 16505 [27] gibt als Vorgabe nur an, dass der Kisseneffekt minimal sein sollte.

Die im Fragebogen verwendeten Fotos wurden mit großer Verzerrung aufgenommen und sind somit ein gutes Beispiel für dieses Phänomen (siehe Abschnitt 3.6.2).

4.5.2.5 Bildwiederholfrequenz

Die Bildwiederholfrequenz muss mindestens 30 Hz (30 Fps) betragen. Dieser Wert reicht aber unter Umständen nicht aus.

Abschnitt 6.2.2.3.4.1. des Entwurfs der UN/ECE-Regelung 46 sieht eine Mindestfrequenz von 30 Hz im Hellen und 15 Hz bei langsamer Bewegung oder wenig Licht vor. Diese Angabe entspricht den pro Sekunde gezeigten Bildern (Frames per second/Fps).

Praxistests zufolge muss sich die Frequenz erhöhen, wenn ein größerer Bereich dargestellt wird, da andernfalls die Darstellung ruckelt. Somit reichen die geforderten 30 Hz nicht unter allen Umständen aus.

Eine Reduzierung der Frequenz im Dunkeln ist sinnvoll, da dann dem Chip der Kamera eine längere Belichtungszeit zur Verfügung steht.

4.5.2.6 Helle/Dunkle Bereiche

4.5.2.6.1 Helligkeitsempfindlichkeit

Der Kontrastumfang sollte über 70 dB liegen.

Digitales Nachbearbeiten mit WDR/HDR kann einen geringeren Kontrast verbessern.

Die Helligkeitsempfindlichkeit stellt ein Problem dar, wenn sie zu hoch oder zu niedrig ist. Ist sie zu hoch, werden helle Bereiche weiß dargestellt und Fahrzeuge in hellen Bereichen durch die Überbelichtung nicht wahrgenommen. Ist sie zu niedrig, werden dunkle Bereiche schwarz dargestellt und Fahrzeuge in dunklen Bereichen schlechter gesehen.

Zu einer gleichzeitigen Aufnahme von hellen und dunklen Bereichen kommt es in unterschiedlichen Situationen, die auch beim Abbiegen auftreten können. Dies kann die Einfahrt in einen Tunnel oder ein Gebäude sein, wobei Wände und Horizont sehr unterschiedliche Helligkeit aufweisen. Ein anderes Beispiel ist die Fahrt auf einer Waldstraße mit einem starken Helligkeitsunterschied zwischen Waldrand und Horizont.

Die UN/ECE-Regelung Nr. 46 fordert in Abschnitt 6.2.2.2.1.: „Die Kamera muss bei Bestrahlung durch Sonnenlicht gut funktionieren“ [7]. Weitere Anweisungen erläutern, wie dies mithilfe der Aufnahme eines Schachbrettmusters zu prüfen ist.

Der Helligkeitsunterschied zwischen dem dunkelsten dargestellten Punkt im Bild und dem hellsten ist der Dynamik- oder Kontrastumfang. Ein Verhältnis von 1000 : 1 entspricht 60 dB. Eine Verdopplung des Verhältnisses entspricht einer Erhöhung des Umfangs um ca. 3 dB (2000 : 1 \approx 63 dB). [49; 50] Auch wenn der darstellende Monitor weniger Dynamikumfang anzeigen kann als die Kamera aufnimmt, ist ein höherer Umfang der Kamera sinnvoll. Das Kamerabild kann dann für den Monitor optimiert werden.

Gute CCD-Sensoren in Kameras weisen eine Dynamik zwischen 70 dB [49] und 80 dB [50] auf. Die Zahl allein ist allerdings nicht ausreichend: Kameras mit geringfügig höheren Werten können in der Praxis unter Umständen eine schlechtere Bildqualität liefern [49].

Bei hauptsächlich bewegungslosen Bildern lassen sich mehrere unterschiedlich belichtete Bilder in einem Bild kombinieren, um helle Bereiche abzudunkeln und dunkle Bereiche zu erhellen. Dies wird als Wide Dynamic Range (WDR) oder High Dynamic Range (HDR) bezeichnet. Bei bewegten Bildern kommt es durch das Mischen dieser zeitlich versetzt aufgenommenen Bilder in der Regel zu einer Bewegungsunschärfe [49]. Diese Lösung wird daher in der Regel noch nicht angewendet (siehe Abschnitt 4.8 „Ausblick“).

Für die Empfindlichkeit gegenüber infrarotem Licht gibt es keine Anforderungen. Dieses Licht kann z. B. aus den Assistenzsystemen anderer Fahrzeuge stammen und auf die Kamera den gleichen Einfluss haben wie sichtbares Licht. Hiergegen können spezielle Filter helfen [15]. Diese Filter sind allerdings nicht möglich, wenn die Kamera selbst aktiv Infrarotlicht einsetzt, um die Umgebung nachts auszuleuchten.

4.5.2.6.2 Geschwindigkeit der Anpassung/Trägheit des Systems

Das System sollte schnell auf Hell-Dunkel-Wechsel reagieren können, ohne dabei von einem dunkel dargestellten Bild zu einem aufgehellten Bild „aufzublitzen“.

Bei einem einmaligen Hell-Dunkel-Wechsel, z. B. bei einer Tunneleinfahrt, müssen sich Kamera und Bildschirm neu justieren. Die Kamera muss ihre Aufnahmefrequenz ändern (siehe Abschnitt 4.5.2.5), der Bildschirm seine Helligkeit anpassen. Das kann zu einem Aufblitzen des Bildschirms führen, wenn die Anpassung nicht träge genug ist. Dieser Effekt tritt auch bei Straßenlaternen auf, wenn das Fahrzeug den beleuchteten Bereich erreicht und das System zu träge ist.

Am Tag führt eine Einfahrt in einen Tunnel (hell auf dunkel) zu einem größeren Unterschied als in der Nacht (dunkel auf Beleuchtung) [15]. In einer BAST-Studie [15] reagierten die getesteten Kameras in unter einer Sekunde. Das im IFA vorliegende System benötigt keine mit der Hand messbare Zeit für das Umschalten. ISO 16505 [27] enthält für die Zeit der Anpassung keine Zeitvorgabe.

Periodische Wechsel von Hell und Dunkel erzeugen z. B. die Beleuchtung im Tunnel oder die nächtliche Straßenbeleuchtung. In solchen Situationen muss das System ständig nachregeln. Wenn diese Regelung zu träge ist und die Frequenz des Hell-Dunkel-Wechsels mit dem Anpassen des Systems übereinstimmt, kann dies dazu führen, dass das System helle Bereiche zu hell und dunkle Bereiche zu dunkel darstellt.

Ein typischer Abstand für Straßenbeleuchtung (Lichtpunktabstand), die in Bereichen für zu Fuß gehende und Rad fahrende Personen üblich ist (Klasse S5/S4), sind ca. 45 Meter [45]. Bei 50 km/h liegt hier die Zeit für einen Hell-Dunkel-Hell-Wechsel bei ca. drei Sekunden. Ein anderes Extrem ist ein Autobahntunnel mit 22,5 m Lichtpunktabstand, bei 80 km/h kommt es ca. alle 0,9 Sekunden zu einem Hell-Dunkel-Hell-Wechsel.

Somit darf das System nicht zu schnell und nicht zu langsam reagieren und sollte in einem großen Bereich keine Resonanzfrequenz haben.

Resonanzen für KMS, die nur als Unterstützung und nicht als Spiegelersatz dienen, lassen sich auch durch das Abschalten des Systems vermeiden, wenn es nicht benötigt wird. Systeme, die nur beim Abbiegen, bei langsamer Vorwärtsfahrt und beim Rückwärtsfahren aktiv sind, sind in der Regel keinen schnell periodisch wechselnden Lichtbedingungen ausgesetzt. Trotzdem kann es auch hier vorkommen, dass eine Lichtquelle wie z. B. ein nachfolgendes Fahrzeug in den Erfassungsbereich eintritt. Hier sollte der Monitor ebenfalls nicht aufblitzen.

4.5.2.6.3 Blooming

Im Test nach Norm darf auf maximal 25 % der Bildfläche Blooming auftreten.

Blooming ist das „Aufblühen“ heller Bereiche in ihre Umgebung. Dieser Effekt lässt sich auch ohne KMS wahrnehmen, z. B. nachts beim Blick in Scheinwerfer entgegenkommender Fahrzeuge.

Bei einer Kamera führt die begrenzte Lichtaufnahmefähigkeit einzelner Pixel dazu, dass sich deren Ladung auf benachbarte Pixel überträgt. Benachbarte Pixel werden also beeinflusst, wenn ein Pixel gesättigt (weiß) ist. Dies tritt hauptsächlich bei alten CCD-Chips auf, ist aber auch bei neueren CMOS-Sensoren möglich. Der Einsatz von Chips mit Anti-Blooming-Gates verhindert den Effekt, vergrößert aber den Kamera-Chip und reduziert damit die Auflösung der Kamera bei gleicher Chip-Größe [18].

Die BASt hat in einer Studie bei den getesteten Systemen festgestellt, dass Blooming besonders bei tief stehender Sonne zur kompletten Blendung der Sensoren führen kann. Dabei waren Fahrzeuge neben hellen Bereichen nicht wahrnehmbar. Diese Situationen führen allerdings in der Regel mit Spiegeln dazu, dass die Sonne die Fahrzeugführenden blendet. Im Gegensatz zu KMS liefern Spiegel den Fahrzeugführenden aber weiterhin reduzierte Informationen. [15]

Der BASt-Studie zufolge kann zudem Blooming in dunkler Umgebung wie z. B. bei starkem Regen dazu führen, dass die Scheinwerfer anderer Fahrzeuge zu einem einzelnen Punkt verschmelzen. Dies erschwert das Abschätzen von Geschwindigkeiten anderer Fahrzeuge in der Nacht. [15]

Der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] fordert im Abschnitt 6.2.2.3.3.5.3. für KMS einen Modus, bei dem dieses Verschmelzen nicht auftritt. Das KMS muss anzeigen, wenn dieser Modus nicht aktiv ist.

Nach ISO 16505 [27] sollte dieses Verschmelzen nicht auftreten.

Weiterhin fordern beide Vorgaben, dass Blooming im normativ vorgeschriebenen Test auf maximal 25 % der Bildfläche auftritt [8; 27].

4.5.2.6.4 Verschmieren („Smear-Effekt“)

Im Test nach Norm darf auf maximal 50 % der Bildfläche Verschmieren auftreten.

Bei dem Verschmieren eines Bildes treten bei sehr hellen Bereichen im Bild helle Streifen zu einem Rand des Monitors auf.

Diesen Effekt gibt es bei CCD-Chips in Kameras, weil diese zeilenweise ausgelesen werden. Bei CMOS-Sensoren tritt dieser Effekt nicht auf.

Der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] fordert im Abschnitt 6.2.2.3.3.5.1., dass der Effekt transparent sein muss und nicht mehr als 10 % der Helligkeit der Anzeige des hellen Objektes haben darf.

ISO 16505 [27] fordert, dass der Effekt nicht heller als 50 % der maximalen Helligkeit des Bildes sein darf.

4.5.2.6.5 Linsenreflexion („Lens-Flare“)

Im Test nach Norm darf auf maximal 25 % der Bildfläche Linsenreflexion auftreten.

Helles Licht, das durch mehrere Linsen in eine Kamera fällt, kann an den einzelnen Linsen reflektiert werden und mehrere helle Überlagerungen im Bild hervorrufen.

Der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] fordert im Abschnitt 6.2.2.3.3.5.2., dass diese Reflexionen im normativ vorgeschriebenen Test nicht mehr als 25 % des Bildes bedecken.

4.5.2.6.6 Starburst-Effect durch Beugung des Lichts

Durch einen Starburst-Effekt sollte nicht mehr als 25 % des Bildes verdeckt werden.

Kleinere Blenden-Öffnungen erzeugen durch Beugung [19] sternförmige Strahlen um die Lichtquelle [20]. Da Norm und Regelung hierzu keine Vorgaben machen, ist es sinnvoll, die Vorgaben für Linsenreflexion und Verschmieren zu übernehmen.

4.5.2.7 Robustheit gegen Umwelteinflüsse

4.5.2.7.1 Temperatur

Die Kamera sollte für den Verbau außen am Fahrzeug Temperaturen von -40°C bis $+65^{\circ}\text{C}$ widerstehen.

Kameras befinden sich in der Regel außen am Fahrzeug. In diesem Fall müssen sie die höchsten und niedrigsten Temperaturen aushalten, die im jeweiligen Einsatzgebiet auftreten können. Tabelle 5 zeigt die in Deutschland und Europa auftretenden Extremwerte.

Tabelle 5: Temperaturextremwerte in Europa

Land	Höchsttemperatur und Datum	Tiefsttemperatur und Datum
Deutschland	$40,3^{\circ}\text{C}$ am 5.7. und 7.8.2015 [21]	$-37,8^{\circ}\text{C}$ am 12.2.1929 [21]
Griechenland	$48,0^{\circ}\text{C}$ am 10.7.1977 [22]	
Spanien	$47,2^{\circ}\text{C}$ am 4.7.1994 [22]	
Österreich		$-52,6^{\circ}\text{C}$ am 19.2.1932 [22]
Schweden		$-53,0^{\circ}\text{C}$ am 13.12.1941 [22]

Die Norm ISO 16750-4 [44] beinhaltet die klimatische Beanspruchungen durch Umgebungsbedingungen und beschreibt verschiedene Temperaturlevel, in die ein Produkt eingeordnet werden kann. Die niedrigste zu prüfende Temperatur nach dieser Norm sind -40°C , die ab dem Code „C“ zu erreichen ist. Die hierbei zu prüfende Temperatur von 65°C reicht nach Tabelle 5 für die gezeigten oberen Werte aus. Um die Prüfungen der Norm zu bestehen, wird das zu prüfende Gerät verschiedenen Umgebungsbedingungen ausgesetzt, unter anderem auch kaltem Spritzwasser [44]. Umgebungstemperaturen unter -40°C sind nicht Teil der Prüfung, so dass die Funktion des Lkw in diesem Bereich eingeschränkt sein kann.

4.5.2.7.2 Betauung mit Kondenswasser, Eis

Die Kamera muss einen Schutz vor Betauung/Vereisung haben oder mit einer eigenen Heizung ausgerüstet sein.

Eine Betauung der Kameralinse, welche die Sicht reduziert, geschieht in der Regel von außen. Allerdings können Kameras auch von innen betauen. Eine innere Betauung lässt sich nicht per Hand entfernen. Bei entsprechend niedrigen Temperaturen bildet sich durch die Betauung Eis, das die Sicht in der Regel noch stärker reduziert.

Wenn Kameras beschlagen, beschlagen in der Regel auch die Scheiben des Lkw. Bereits damit ist die Fahrtüchtigkeit eingeschränkt. Die Kameras verfügen somit über eine Zeitspanne, in der sie die Betauung selbst entfernen können, ohne den Betrieb des Lkw zusätzlich einzuschränken.

Kameras sollten daher eine integrierte Heizung besitzen, die sich auch manuell anschalten lässt, oder selbst über ihre Elektronik ausreichend Abwärme produzieren. Eine Zeitspanne, in der die Kameras

abgetaut sein müssen, ist normativ noch nicht festgelegt. Alternativ können Kameras über Scheiben bzw. Linsen verfügen, die Betauung und Vereisung verhindern.

Die BAST hat in einer Studie an den getesteten Modellen festgestellt, dass Kondenswasser die Funktionsfähigkeit mancher Kameras einschränkt. In einem Test war ein beheizter Spiegel nach zwei Minuten einsatzbereit, während eine nicht beheizte Kamera nach 13 Minuten immer noch kein ausreichendes Bild anzeigte. Der Studie zufolge brauchen Kameras daher einen Schutz vor Betauung und Vereisung. [15]

Der technische Report DIN IEC/TR 61496-4-2 [28] für Kameras als Schutzeinrichtung an Maschinen fordert, dass Kameras bei einem Wechsel von 5°C auf (25 ± 5)°C und (70 ± 5) % relativer Luftfeuchtigkeit innerhalb von zwei Minuten nicht gefahrbringend ausfallen. Kameras als Schutzeinrichtungen dürfen allerdings abschalten, da die Maschinen dann stehenbleiben bzw. nicht anlaufen, also den sicheren Zustand annehmen. Kameras an Fahrzeugen, die als Spiegelersatz dienen, müssen hingegen weiter funktionstüchtig bleiben.

4.5.2.7.3 Steinschlag

Es existieren keine Vorgaben gegen Steinschlag. Allerdings lassen sich andere Tests ersatzweise übernehmen.

Ein Stein, der direkt die Linse der Kamera trifft, kann deren Funktion stark beeinträchtigen. Die Fläche einer Kameralinse ist in der Regel klein, sodass ein Steinschlag große Auswirkung auf das Kamerabild hat. Kameras werden allerdings in der Regel nach hinten oder nach unten ausgerichtet, was die Wahrscheinlichkeit eines Steinschlags reduziert.

Die aktuelle UN/ECE-Regelung 46 [7] enthält Schlag- und Biegeprüfungen für Lkw-Spiegel, die unter zwei Metern Höhe am Fahrzeug angebracht sind und 10 cm über die Fahrzeugbreite hinausragen. Diese müssen die Tests nach Abschnitt 6.1.3.2. der Regelung bestehen. Dieser Test zielt hauptsächlich auf Kopftreffer von Personen ab und nicht auf Steinschlag.

Der neue Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 erweitert diesen Test im Abschnitt 6.3 auch auf Kameras. Während Spiegel unter Umständen brechen dürfen, z. B. wenn sie aus Sicherheitsglas bestehen, ist das laut Abschnitt 6.3.3.4. für die Linse von Kamera-Monitor-Systemen nicht erlaubt.

Andere Vorgaben in der UN/ECE-Regelung oder der ISO 16505 zur Stabilität der Linse einer Kamera existieren bislang nicht.

4.5.2.7.4 Verschmutzung

Kameras müssen vor Verschmutzung geschützt positioniert sein und sollten sich für eine Reinigung mit Bordmitteln erreichen lassen. Alternativ können Kameras über Funktionen zur Selbstreinigung verfügen.

Bei Verschmutzung sind – wie beim Steinschlag in Abschnitt 4.5.2.7.3 – nach hinten oder nach unten ausgerichtete Kameras vorteilhaft. Wegen Verwirbelungen der Luft verschmutzen aber auch günstig positionierten Kameras, speziell am Heck.

Einer BAST-Studie [15] zufolge können verschmutzte Kameras noch ein besseres Bild liefern als Rückspiegel, die den gleichen Bedingungen ausgesetzt waren. Außerdem verschmutzen zusätzlich auch die Seitenscheiben, durch die Fahrzeugführende den Spiegel beobachten.

Da besonders Spritzwasser von der Straße zu Verschmutzungen führt, speziell aufgrund von Salz im Winter, ist eine höhere Position der Kameras günstiger. Gleichzeitig müssen sich die Kameras

reinigen lassen. Bei einer Position in der Umgebung der Spiegel ist das in der Regel von der Kabine aus möglich. An der Seite des Lkw bzw. an dessen Rückseite werden hierzu eventuell an Teleskopstangen befestigte Reinigungswerkzeuge nötig.

Aus der KMS-Befragung der Teilnehmenden und speziell aus dem im Anhang in Abschnitt 10.3 m) gelisteten Kommentar geht hervor, dass auch Kameras am Heck, die nach hinten oder unten ausgerichtet sind, schnell bei nasser Straße verschmutzen. Gerade bei solchen Kameras ist es dem Kommentar zufolge sinnvoll, einen Schutz vor Verschmutzung zu installieren, der sich bei Nutzung der Kamera automatisch öffnet.

Alternativ können Kameras auch über Funktionen zur Selbstreinigung verfügen.

Die Norm ISO 16505 [27] enthält lediglich die Forderung, dass die Bedienungsanleitung entsprechende Hinweise zur Reinigung beinhalten muss.

Tests zur Widerstandsfähigkeit der Kamera gegen die genutzten Reinigungsmittel beschreibt die Norm ISO 16750-5 [46]. Die Auflistung geeigneter und ungeeigneter Reinigungsmittel fällt dann unter die Forderung der ISO 16505.

4.5.2.7.5 Regen/Wasser

Kameras müssen mindestens eine IP-Schutzklasse IPX4K/9K (X = meist Ziffer ab 5) zum Schutz vor Wasser haben.

In der Regel ist dies bei Kameras mit IP-Schutzklasse IPX9K der Fall.

Regen führt nicht nur zu einer stärkeren Verschmutzung der Kamera, sondern ist auch ein Problem für die Widerstandsfähigkeit der Kamera gegenüber Wasser, Sichtbehinderung und Absenken der Helligkeit der Umgebung.

In einer Studie der BAST [15] sorgte eher ein Absenken der Umgebungshelligkeit für Probleme, weniger die Benetzung der Linse mit Wasser.

In der Regel haben KMS im Regen keinen Sicht-Nachteil gegenüber Spiegeln.

Wichtig ist ein Schutz der Kamera gegen eindringendes Wasser. Für Fahrzeugzubehör wird dies nach der Norm ISO 20653 [59] geprüft. Diese Norm ist die Fahrzeugzubehör-Version der allgemeinen EN 60529 [71]. Die Norm ISO 20653 unterscheidet sich von der allgemeinen Norm darin, dass sie in zusätzlichen Klassen, die mit „K“ gekennzeichnet sind, spezielle Anforderungen stellt. Beim Schutz gegen das Eindringen von Wasser sind diese höher [59].

Die Norm ISO 20653 gibt in ihrer Tabelle 8 Beispiele, an welcher Stelle des Fahrzeugs welche Anforderungen greifen. Extern am Lkw angebrachte Kameras müssen in der Regel spritzwasserfest nach der Anforderung 4K sein. Nur in seltenen Fällen, z. B. bei der Reinigung des Motorraums vor der Wartung, ist die Anforderung 6K statt 4K zu erfüllen. Da die Kamera beim Reinigen Wasser aus einem Hochdruckreiniger ausgesetzt sein kann, muss sie zusätzlich auch die Anforderung nach 9K erfüllen. [59]

Bei der Klassifizierung ist zu beachten, dass der Widerstand gegen das Eindringen von Wasser bis zur Klasse 6K steigt, die Klassen 7 und 8 sowie 9 aber separat zu betrachten sind. Eine Kamera muss somit die Klassifizierung IPX4K/9K, IPX5/9K, IPX6/9K oder IPX6K/9K einhalten. Das X steht dabei für den Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern und kann zwischen 0 und 6K liegen. Andere Schutzarten, z. B. die gerne angegebene Schutzart IP67 (richtig IP6K7), sind für Kameras nicht ausreichend.

Eine Kamera, welche die Prüfung nach IPX9K besteht, würde in der Regel auch die Prüfung nach IPX4K bestehen. Bei einer Prüfung nach IPX9K wird mehr Wasser aus kürzerem Abstand unter größerem Druck auf die Kamera gebracht, dies aber nur aus vier verschiedenen Winkeln und nicht von allen Seiten [59].

4.5.2.7.6 Nebel

Aktives und passives Infrarot kann im Nebel die Sicht verbessern.

Die Norm ISO 16505 [7] sagt zu Nebel nur aus, dass dessen Einfluss zu beachten ist.

Wenn das KMS das Kamerabild vor der Anzeige auf dem Monitor bearbeitet, ist ein höherer Kontrast und damit die Verbesserung der Sicht möglich [56]. Kameras, die aktiv Infrarotlicht aussenden, können damit Nebel besser durchdringen. Auch passive Infrarotsysteme – Wärmebildkameras – haben im Nebel Vorteile [57; 58].

4.5.2.7.7 Widerstandsfähigkeit gegen Stoffe

Kameras müssen gegen die üblichen Stoffe nach der Norm ISO 16750-5 und Salzwasser nach der Norm ISO 16750-4 resistent sein.

Vor allem die Kameras sind am Lkw verschiedenen Stoffen ausgesetzt. Die Norm ISO 16750-4 [44] stellt Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit gegen Salzwasser. Die Norm ISO 16750-5 [46] testet die Widerstandsfähigkeit gegen Chemikalien allgemein. Hierunter fallen auch Tests gegen z. B. Scheibenreiniger, Reinigungsmittel, Glasreiniger und Enteisler.

4.5.2.7.8 Schock/Vibration

Kameras müssen nach der Norm ISO 16750-3 schock- und vibrationsgeprüft sein.

Schock und Vibration treten an verschiedenen Stellen auf. Der Motor selbst, gepflasterte Straßen und Bordsteine verursachen unterschiedliche mechanische Belastungen für das KMS. Auch das Beladen des Lkw z. B. mit Schüttgut kann Erschütterungen verursachen.

Die Norm ISO 16750-3 [43] enthält Vorgaben für Tests, welche die Systeme bestehen müssen. Diese zielen aber nur auf den Ausfall der Geräte ab und nicht darauf, ob z. B. das Bild so stark wackelt, dass sich der Inhalt nicht mehr erkennen lässt.

Die BASt hat in einer Studie [15] die Sicht mittels KMS und Außenspiegel bei Vibrationen auf unebenen Straßen (Pflaster) verglichen. Die Vibrationen führten bei beiden gleichermaßen zu Sichtproblemen.

4.5.2.8 Videoverkabelung

Die Verkabelung muss an den Enden fixierbar, wasserdicht und gegen EMV geschirmt sein.

Die Steckverbindungen der Videoverkabelung dürfen sich nicht lösen können. Hierzu sind z. B. Schraubverbindungen sinnvoll.

Verbindungen im Außenbereich müssen gegen eindringendes Wasser geschützt sein.

Die Videokabel benötigen eine ausreichende Abschirmung, um Störungen durch andere Geräte zu vermeiden. Im IFA-Labor ließen sich einfach Störsignale über das Videokabel einbringen (siehe Abschnitt 4.5.6.15).

4.5.3 Notwendige Eigenschaften des Monitors

4.5.3.1 Position

Der Monitor sollte mindestens 90 cm vom Augenpunkt der fahrzeugführenden Person entfernt und möglichst senkrecht zum Augenpunkt dieser Person ausgerichtet sein.

Für die Positionierung des Monitors in der Kabine ist die Altersweitsichtigkeit von entscheidender Bedeutung, die Abschnitt 4.3.4.3 beschreibt. Damit auch Fahrzeugführende in höherem Alter den Monitor ohne Sehhilfe ablesen können, muss sich dieser in einer Entfernung von mindestens ca. 90 cm befinden. Größere Entfernungen sind zu bevorzugen.

Die Norm ISO 16505 [27] stellt hierzu fest, dass die Betriebsanleitung auf Altersweitsichtigkeit hinweisen muss. Weiterhin muss sie erläutern, wie damit umzugehen ist.

Der maximale Abstand zur fahrzeugführenden Person ist abhängig von der Größe des Monitors und der darauf dargestellten Sicht. Die Ermittlung der notwendigen Größe des Monitors behandelt Abschnitt 4.5.3.2.

Der Monitor darf nicht so positioniert sein, dass andere Geräte oder mitfahrende Personen die Sicht auf den Monitor verdecken können.

Die UN/ECE-Regelung Nr. 125 [33] regelt die Sicht aus dem Fahrzeug für Klasse-M1-Fahrzeuge (Pkw). In der ISO 16505 wird sie als Beispiel für die Abschätzung genannt, ob ein Monitor die direkte Sicht nach außen mehr als nötig verdeckt. Die Einhaltung der Sichtbereiche ist auch für Lkw sinnvoll.

Dabei ist zu beachten, dass Fahrzeugführende im Lkw wesentlich höher als im Pkw hinter dem Lenkrad sitzen und die Scheiben mehr Sicht nach unten ermöglichen. Eine einfache Abschätzung der erforderlichen freien Sichtbereiche hat die Stadtpolizei der Stadt Zürich online gestellt [62].

4.5.3.2 Größe

Die Größe des Monitors ist abhängig vom Abstand zum Augenpunkt. Bei 90 cm Abstand muss ein Monitor ca. 7,5 cm x 9 cm (B x H) groß sein, um den Weitwinkelspiegel zu ersetzen. Um den Hauptaußenrückspiegel zu ersetzen, muss er 7,5 cm x 20 cm (B x H) groß sein. Größere Abstände machen größere Monitore notwendig.

Nach ISO 16505 [27] muss der Monitor die Objekte in der Standarddarstellung in einer Vergrößerung darstellen, die mindestens der der ersetzten Spiegel entspricht. Die bedienende Person darf diese Darstellung an ihre Bedürfnisse anpassen und hierbei die Werte für die Vergrößerung verändern. Die bedienende Person darf diese Einstellung auch speichern, um sie bei späteren Fahrten wieder aufrufen zu können. Die Standarddarstellung muss aber unverändert erhalten bleiben.

Die Vergrößerung bezieht sich auf den Augenpunkt der bedienenden Person. Abbildung 50 zeigt, dass ein Bildschirm, der halb so weit weg ist ($1 \times a$) wie der entsprechende Spiegel ($2 \times a$), bei halber Größe ($1 \times b$) die gleiche wahrgenommene Größe ($2 \times b$) zeigen kann.

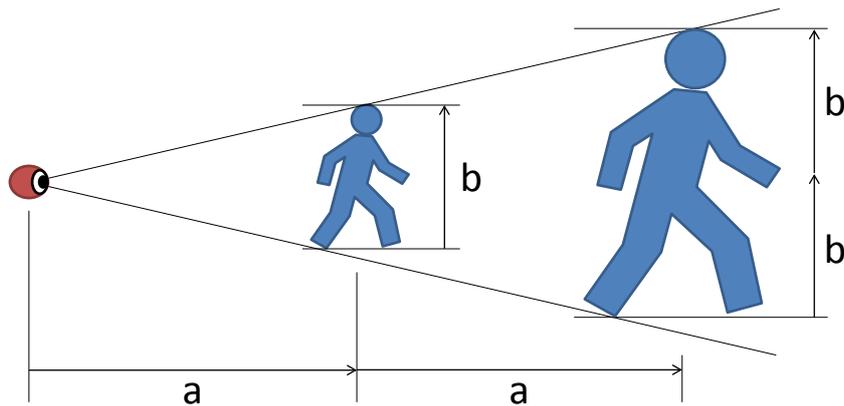


Abbildung 50: Zusammenhang zwischen Größe des Bildschirms, Abstand und wahrgenommener Größe

Abschnitt 4.5.3.1 zufolge sollte sich ein Monitor in mindestens 90 cm Abstand befinden. Abschnitt 4.4.3.6 zeigt, dass für Monitore, die das Bild von der rechten Fahrzeugseite zeigen, eine Positionierung auf oder im Armaturenbrett rechts neben dem Lenkrad als zufriedenstellend gilt.

Laut Norm ISO 16505 [27] sollten Monitore bzw. die Bilder auf Monitoren sinnvoll angeordnet sein. Ein Monitor, der Bilder von der rechten Fahrzeugseite zeigt, sollte rechts von dem Monitor sein, der ein Bild aus der Fahrzeugmitte zeigt. Ein gemeinsamer Monitor sollte die Bildbereiche ebenfalls in dieser Form darstellen.

Abschnitt 4.3.3 listet typische Spiegelgrößen und Abstände auf. Ausgehend von einem im Projekt ermittelten durchschnittlichen Abstand von 2 m zwischen der Augenposition der Fahrzeugführenden und den rechten Außenspiegeln sowie dem im Projekt ebenfalls häufig gefundenen Abstand von 70 cm zum Monitor, muss der Monitor für diesen Fall 35 % der Größe des zu ersetzenden Spiegels haben. Für den vorgeschlagenen Mindestabstand von 90 cm sind dies bereits 45 %.

Der größte im Projekt gemessene Weitwinkelspiegel war 20 cm x 19 cm groß. Nach Abschnitt 4.3.3 reduziert sich die wahrgenommene Breite um ca. 10 % auf ca. 17 cm. Das bedeutet für einen Monitor, dass er zum Erreichen der 45 % ca. 7,5 cm x 9 cm groß sein muss, um ein gleichwertiges Bild darstellen zu können. Die im Projekt eingesetzten marktüblichen Bildschirme waren mit 9 cm Höhe und über 15 cm Breite groß genug. Sie ließen sich bis zu 90 cm weit entfernt montieren und waren gleichzeitig groß genug, um zwei Weitwinkelspiegel nebeneinander darzustellen.

4.5.3.3 Auflösung

Die Auflösung des Monitors muss mindestens so gut sein wie die der Kamera. Eine höhere Auflösung kann den Sichteindruck verbessern, generiert aber keine neuen Details.

Die Auflösung des Monitors sollte auf die in Abschnitt 4.5.2.2 festgelegte Auflösung der Kamera abgestimmt sein. Wenn die Auflösung des Monitors niedriger ist, können Details verlorengehen.

Ein Zusammenhang zwischen der notwendigen Sehstärke der Fahrzeugführenden und der Auflösung des Monitors, der in Abschnitt 4.5.2.2 für Kameras beschrieben ist, lässt sich für den Monitor nicht direkt herstellen. Ein größerer Monitor mit gleicher Auflösung hat, bezogen auf die Sehstärke, einen schlechteren Wert, bietet aber die gleiche Übersicht.

Besitzt der Monitor eine höhere Auflösung als die Kamera, lässt sich z. B. durch die Glättung von Kanten der Bildeindruck verbessern. Der Monitor liefert aber keine zusätzlichen Informationen, denn er kann nur die Details wiedergeben, welche die Kamera aufnimmt. Abbildung 51 zeigt als Beispiel

hierfür dieselbe Szene dreimal. Im linken Teil haben Kamera und Monitor dieselbe Auflösung. Im mittleren Teil ist die Auflösung des Monitors in X- und Y-Richtung um den Faktor 5 vergrößert und das Bild mit kubischer Interpolation verbessert. Die Informationen bleiben gleich, aber die Kanten im mittleren Bild wirken weicher als im linken. Im rechten Teil ist auch die Auflösung der Kamera in X- und Y-Richtung um den Faktor 5 vergrößert.



Abbildung 51: Auswirkung der Verbesserung der Auflösung:

Links: Monitor und Kamera haben dieselbe Auflösung,

Mitte: Die Auflösung des Monitors ist in X- und Y-Richtung 5 mal größer als links, der Bildinhalt ist interpoliert,

Rechts: Die Auflösung von Monitor und Kamera sind in X- und Y-Richtung 5 mal größer als links

Für den Monitor gilt wie für die Kamera, dass eine Steigerung der Auflösung bis zum Faktor 30 wahrnehmbar, aber nicht unbedingt notwendig ist. (siehe Abschnitt 4.3.4.1)

4.5.3.4 Bildwiederholfrequenz

Für eine optimale Ausnutzung der Kameradaten sollte die Bildwiederholfrequenz der der Kamera entsprechen oder ein Vielfaches der im Abschnitt 4.5.2.5 beschriebenen Frequenz des Kamerabildes sein.

4.5.3.5 Helligkeitsanpassung/Nachtsicht

Die Helligkeit des Monitors muss möglichst automatisch, mindestens aber manuell einstellbar sein.

Abschnitt 4.3.4.2 zufolge passt sich das menschliche Auge nur langsam an dunkle Umgebungen an. Ein kurzer Blick in eine helle Lichtquelle kann die Nachtsicht des Auges für mehrere Minuten stören. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass der Monitor in der Nacht abgedunkelt wird, um die direkte Sicht auf die Straße nicht negativ zu beeinflussen. Die aktuelle UN/ECE-Regelung 46 fordert hierzu in Abschnitt 6.2.2.2.3. „Die mittlere Leuchtdichte des Monitors muss manuell oder automatisch an die Umgebungsbedingungen angepasst werden können“ [7]. Dieser Abschnitt der Regelung [8] hat der neue Entwurf in Abschnitt 6.2.2.3.1. übernommen. Die Forderung formuliert auch die Norm ISO 16505. [27]

Darüber hinaus legt die Norm ISO 16505 [27] in Abschnitt 3.28 einen unteren Helligkeitswert für den Monitor fest. Es muss möglich sein, den Monitor bei abgedeckter Kamera so einzustellen, dass dieser Wert nicht überschritten wird. Weiterhin fordert die Norm, dass der Bildschirm nicht zu störenden Reflexionen auf den Scheiben führt.

In der Praxis ist eine rein manuelle Anpassung der Helligkeit während der Fahrt in der Regel zu aufwändig. Gerade auf Strecken mit häufig wechselnden Lichtverhältnissen, z. B. auf Straßen in den Bergen mit Tunneln, ist dies in der Regel nicht praktikabel. Hier könnte zumindest eine Halbautomatik helfen, die an ein automatisches Abblendlicht gekoppelt ist und zwischen zwei Zuständen umschaltet.

4.5.3.6 Reflexionsempfindlichkeit

Monitore müssen ein mattes Display haben.

Reflexionen auf dem Bildschirm können dazu führen, dass sich darauf nichts mehr erkennen lässt. Außerdem kann Sonnenlicht die Farbwahrnehmung auf dem Bildschirm beeinflussen. Beide Effekte schildert die von der BASt durchgeführte Studie [15].

Eine mögliche Lösung ist, die Helligkeit des Bildschirms (siehe Abschnitt 4.5.3.5) zu erhöhen. Bildschirme lassen sich selten so einzubauen, dass kein direktes Sonnenlicht von außen auf sie fällt. Hilfreich sind aber Kragen und Sonnenblenden um den Bildschirm herum. Abschnitt 6.2.2.1.1. der aktuellen UN/ECE-Regelung 46 [7] zufolge müssen berührbare Teile einen Abrundungsradius von mindestens 2,5 mm haben, um ein Verletzungsrisiko durch scharfe Ecken und Kanten zu vermeiden.

Der Einsatz matter Bildschirme ist eine weitere Möglichkeit, Reflexionen auf Bildschirmen zu verhindern. Matte Displays verringern zwar eventuell das Kontrastverhältnis [63], lassen sich dafür aber auch bei schräg einfallendem Fremdlicht noch ablesen. Der Einsatz solcher Bildschirme fordert die Norm ISO 16505 [27] in Abschnitt 6.7.7.4. Die Messung des Displayglanzes regelt ISO 2813 [40]. Der Glanz eines Displays ist in Hochglanz (über 70 Glanzeinheiten), Mittelglanz (10 bis 70 Glanzeinheiten) und Mattglanz (unter 10 Glanzeinheiten) unterteilt [34]. Nach ISO 16505 sollte das Display nicht mehr als 10 Glanzeinheiten haben, also maximal an der unteren Grenze zum Mittelglanz liegen.

4.5.3.7 Blickwinkel

Der Blickwinkel auf den Monitor muss möglichst groß sein, mindestens aber 11° nach oben und unten sowie 12° nach rechts und links zulassen.

LCD-Bildschirme sind zurzeit am Markt üblich. Diese sind nicht blickwinkelstabil, die notwendige Helligkeit und der notwendige Kontrast sind also meist nicht in jedem Winkel vorhanden (siehe Abschnitt 4.4.2 in [12]).

OLED-Bildschirme haben zwar einen größeren Blickwinkel, verlieren aber über die Nutzungsdauer an Leuchtkraft. Drei Jahre Dauerbetrieb galten 2011 als eine lange Lebensdauer für OLED [64]. Da die Einsatzzeit dieser Systeme als Spiegeleratz in der Regel länger ist, sind OLED-Bildschirme derzeit noch ungeeignet. Als Zusatzsystem, das nur bei Rückwärtsfahrt oder beim Abbiegen aktiv ist, sind sie jedoch geeignet.

Zusätzlich zur Ausrichtung des Monitors auf einen geeigneten Blickwinkel ist laut Norm ISO 16505 zu beachten, dass es nach der Ausrichtung des Bildschirms im Fahrzeug durch Kopfbewegungen zu weiteren 11° Abweichung nach oben und unten sowie 12° Abweichung nach rechts und links kommen kann (siehe dort in Abschnitt 3.4.31 und 3.4.32 [27]).

Die Norm ISO 16505 [27] gibt vor, dass im Blickwinkelbereich alle Punkte des Monitors ähnliche Eigenschaften bezüglich ihrer Helligkeit haben müssen.

4.5.3.8 Kontrast

Der Kontrast muss im Tageslicht mindestens 2 : 1 betragen, bei anderen Lichtverhältnissen evtl. mehr.

Die Norm ISO 16505 [27] macht im Abschnitt 6.7.2 Vorgaben zum minimalen Kontrast des Bildschirms. Nach der Definition der Norm ISO 9241-302 [25] ist die Kontraste die hellste dividiert durch die dunkelste Leuchtstärke.

Der Kontrast bei Tageslicht und bei Sonnenaufgang bzw. -untergang muss mindestens 2 : 1 betragen, in diffuser Umgebungsbeleuchtung mindestens 3 : 1 und nachts 10 : 1.

4.5.3.9 Bildaufbauzeit

Die Bildaufbauzeit darf nach der Norm ISO 16505 maximal 55 ms lang sein. Ab 10 ms sind allerdings störende Effekte möglich.

Die Bildaufbauzeit ist nach der Norm ISO 9241-302 [25] die Zeit, die den Wechsel zwischen hellen und dunklen Bildpunkten beschreibt. Nach Tabelle 2 der Norm lassen sich ab einer Bildaufbauzeit von weniger als 3 ms Bewegungsartefakte nicht mehr erkennen. Ab einer Bildaufbauzeit von über 10 ms können Bewegungsartefakte störend wirken.

Der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] verlangt in Abschnitt 6.2.2.3.3.3. eine Bildaufbauzeit von weniger als 55 ms. Den gleichen Wert verlangt auch die Norm ISO 16505 [27]. Bei dieser Zeit können Bewegungsartefakte nach der Norm ISO 9241-302 [25] jedoch bereits störend wirken.

4.5.3.10 3D

Der Einsatz von 3D ist nicht notwendig.

Die BAST-Studie hat verschiedene andere Studien untersucht, die darauf hinweisen, dass die stereoskopische Sicht für in Spiegeln kurzzeitig betrachtete Objekte eine untergeordnete Rolle spielt. Die Erfahrung, z. B. mit der Größe von Objekten und der Umgebung, spielt eine größere Rolle. [15]

Der Einsatz eines 3D-Monitors ist daher nicht notwendig. Allerdings müssen die Bedienenden sich an die Verzerrungen im Bild gewöhnt haben. [15]

4.5.3.11 Pixelfehler

Pixelfehler dürfen nicht vorhanden sein.

Pixelfehler sind entweder Pixel, die schwarz bleiben und nichts mehr anzeigen oder in einer Farbe, auch weiß, dauerhaft leuchten. Dabei sind schwarze Pixel am Tag weniger störend als leuchtende in der Nacht. Jeder Pixelfehler bedeutet für Betrachtende einen Verlust an Informationen.

Die Norm ISO 16505 [27] fordert, dass der Monitor bei Auslieferung frei von Pixelfehlern sein sollte (Pixelfehlerklasse 0). Das Handbuch sollte die das KMS nutzende Person anweisen, bei störenden Fehlern den Monitor auszutauschen.

4.5.3.12 Robustheit gegen Umwelt – Temperatur

Ein Monitor wird evtl. größerer Hitze ausgesetzt als eine Kamera und sollte für den Einsatz von -40°C bis +85°C geeignet sein.

Gegenüber den Anforderungen an Kameras aus Abschnitt 4.5.2.7.1 läuft ein Monitor in der Regel nicht dauerhaft bei sehr niedrigen Temperaturen, da er sich in der Kabine befindet. Allerdings ist die mögliche Lagertemperatur zu beachten, da auch die Kabine im Winter auskühlt.

Die Kabine eines Lkw heizt sich zudem im Sommer unter Umständen stark auf, sodass ein ausgeschalteter Monitor über längere Zeit Temperaturen von über 80°C ausgesetzt sein kann. Verschiedene automobilherstellende Betriebe fordern für ihre Komponenten daher eine Robustheit gegen Temperaturen bis 85°C. Dies entspricht dem Code „G“ nach ISO 16750-4 [44].

Eine BAST-Studie [15] hat an den getesteten Modellen keine negativen Einflüsse bei 83°C beobachtet.

4.5.4 Notwendige Eigenschaften des Systems

4.5.4.1 Allgemeines

Dieser Abschnitt beschreibt Eigenschaften, die aufgrund der Kombination von Kamera und Monitor entstehen und sich nicht direkt einer der Komponenten alleine zuordnen lassen.

4.5.4.2 Latenz

Die Latenz sollte nach Norm ISO 16505 unter 200 ms liegen. Dies ist für KMS, die Spiegel ersetzen, ausreichend. Viele der am Markt verfügbaren Systeme sind wesentlich besser.

Latenz ist die Zeit von der Aufnahme eines Bildes bis zu dessen Darstellung auf dem Monitor. Die Kamera benötigt Zeit, das Bild aufzunehmen und eventuell zu komprimieren. Danach schickt die Kamera die Daten an den Monitor. Dieser muss die empfangenen Daten kurzzeitig speichern, eventuell wieder entkomprimieren und danach darstellen. Alle diese Aufgaben benötigen Zeit [65]. Somit ist technisch bedingt immer eine Latenz vorhanden.

Die Bearbeitung der Bilder verursacht ebenfalls eine Latenz. Das Rotieren von Bildern, die Anpassung der Kamera- und Monitorauflösung, das Herein- oder Herausrechnen von Linseneffekten usw. beanspruchen Prozessorzeit. [65]

Im neuen Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] fordert Abschnitt 6.2.2.3.4.3., dass diese Latenz kleiner als 200 ms ist. Der gleiche Wert steht in der Norm ISO 16505 [27].

Der Einfluss der Latenz auf die Bewältigung einer Aufgabe ist von Aufgabe zu Aufgabe verschieden.

Beim Halten einer Spur durch Blick in das KMS führt steigende Latenz zum Schwingen. Die fahrzeugführende Person erkennt nicht rechtzeitig das Erreichen der optimalen Position und übersteuert.

Bei der Nutzung eines KMS als Außenspiegel eines Pkw, zeigt eine Studie der BASt [15], dass die Versuchspersonen beim Einfädeln in den fließenden Verkehr eher mehr Platz lassen, als bei der Nutzung des Außenspiegels selbst. Für einen Spurwechsel auf der Autobahn sind 200 ms daher in der Regel problemlos.

Abschnitt 4.2 zufolge geschehen Rechtsabbiegeunfälle meist bei bis zu 20 km/h bzw. 5,5 m/sec. Das bedeutet, dass sich der Lkw in der maximal zulässigen Latenzzeit um ca. einen Meter bewegt. Gleichzeitig bewegt sich eine Rad fahrende Person mit ähnlicher Geschwindigkeit, die aber die Unfallberichte in der Regel nicht erfassen.

4.5.4.3 Farbe

Ein Farbmonitor ist in der Regel sinnvoll und sollte die Anforderungen der ISO 16505 an die Farbdarstellung einhalten.

Generell ist es sinnvoll, das Kamerabild in Farbe auf dem Monitor wiederzugeben. Nur auf einem Farbbild lassen sich blaue und gelbe Warnleuchten voneinander unterscheiden.

Eine Schwarz-Weiß-Darstellung auf dem Monitor ist gesetzlich erlaubt. Nach dem Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8], Abschnitt 6.2.2.3.3.3., müssen sich mindestens acht verschiedene Grautöne unterscheiden lassen. Das gilt auch bei der Verwendung von Farbmonitoren. Eine solche Schwarz-Weiß-Ansicht ist sinnvoll, wenn bei geringer Beleuchtung der Kontrast verbessert werden soll oder die Umgebung mit nahem Infrarotlicht ausgeleuchtet wird.

Für die Farbdarstellung enthält der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] in Abschnitt 6.2.2.3.3.4. ein festgeschriebenes Farbspektrum, also eine Vorgabe, welche Farben der Monitor wiedergeben muss. Diese findet sich auch in der Norm ISO 16505 in Abschnitt 6.7.3 [27].

4.5.4.4 Verfügbarkeit

Ein System muss sieben Sekunden nach Motorzündung und danach – als Spiegeleratz – ständig verfügbar sein.

Kann ein Bild z. B. wegen digitaler Bearbeitung einfrieren, hilft ein bewegtes Symbol, dieses Einfrieren zu erkennen.

Nach Abschnitt 6.2.2.3.2 des Entwurfs der UN/ECE-Regelung 46 [8] muss das System anzeigen, wenn es nicht verfügbar ist. Dies kann in der Praxis z. B. die Anzeige eines großen roten X auf schwarzem Grund sein, wenn die Übertragung von der Kamera zum Monitor ausfällt.

Nach der Norm ISO 16505 [27] muss das System in höchstens sieben Sekunden nach Fahrzeugstart zur Verfügung stehen. Maßgabe war hier die Zeit für das Ausklappen automatischer Außenspiegel. Weiterhin muss die Bedienungsanleitung beschreiben, wie Fehler angezeigt werden und was bei Fehlern zu tun ist.

Die Norm ISO 16505 sagt in Kapitel 8 ganz klar aus, dass KMS, die Spiegel komplett ersetzen, sicherheitsrelevant sind. Eine Norm, welche die funktionale Sicherheit im Bereich Fahrzeuge behandelt, ist daher für solche KMS anzuwenden. Als Beispiel nennt Norm ISO 16505 die Norm ISO 26262 [39], deren Anwendungsbereich aber nur Systeme in Pkw bis 3,5 t umfasst.

Die BASt hat in der Studie kurze Aussetzer des Systems während der Fahrt beobachtet [15]. Diese dürfen bei sicheren Systemen nicht mehr vorkommen bzw. nur so lange dauern, dass keine gefährlichen Situationen entstehen können.

Neben Aussetzern während der Fahrt kann auch ein Einfrieren des Kamerabildes gefährlich sein. Während Fahrzeugführende ein Aussetzen des Systems bemerken, können sie ein eingefrorenes Bild bei stillstehendem Fahrzeug unter Umständen nicht erkennen. Ändert sich die Situation dann gefahrbringend, bemerken sie den Fehler des Systems eventuell zu spät. Abhilfe schafft hier ein sich ständig änderndes Symbol, das die Kamera erzeugt. Friert das Kamerabild ein, muss auch das Symbol stillstehen, sodass Fahrzeugführende den Fehler am dargestellten Bild erkennen können.

4.5.4.5 Kontrast

Die Norm ISO 16505 gibt detaillierte Anweisungen an den herstellenden Betrieb, wie der Kontrast zu prüfen ist. Der herstellende Betrieb muss die Einhaltung der Norm bestätigen.

Schon für aktuelle KMS, die im System die Spiegel der Bereiche IV und V ersetzen, gilt nach der Richtlinie 2003/97/EG 2.2.1: „Die Kamera muss bei Sonnentiefstand außerhalb des Bildteils, in dem die Lichtquelle abgebildet wird, einen Leuchtdichtekontrast von mindestens 1 : 3 gewährleisten (Bedingungen nach EN 12368: 8.4)“ [3]. Nach Anhang II B Abschnitt 2.2.2. der Richtlinie gilt: „Der Monitor muss unter unterschiedlichen Beleuchtungsbedingungen den im internationalen Normentwurf ISO/DIS 15008 [BO: mittlerweile ISO 15008:2009 [41]] festgelegten Mindestkontrast wiedergeben.“

Die aktuelle UN/ECE-Regelung 46 schreibt in Abschnitt 6.2. ebenfalls vor, dass ISO 15008:2009 [41] die Messungen regelt, aber ISO 15008:2003 [42] die Werte für den Mindestkontrast festlegt.

Der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] beschränkt diese Anforderungen auf die Systeme für die Bereiche Gruppe V und VI.

Die Norm ISO 16505 [27] gibt in Abschnitt 7.8.2 detaillierte Anweisungen dazu, wie der KMS herstellende Betrieb den dargestellten Kontrast seines Systems unter verschiedenen Beleuchtungsbedingungen zu prüfen hat.

4.5.4.6 *Tiefenschärfe/Schärfentiefe*

Die Tiefenschärfe wird in 4 m, 6 m und 10 m gemessen. Das stellt sicher, dass die Kamera die Umgebung ab einer Entfernung von 4 m scharf abbildet.

Die Tiefenschärfe (oder auch: Schärfentiefe) gibt an, ob eine Kamera mehrere Objekte in unterschiedlicher Entfernung gleichzeitig scharf darstellen kann [66]. Die weit geöffnete Blende einer Kamera lässt mehr Licht in die Kamera, was die Beleuchtungszeit verkürzt, aber gleichzeitig den scharfen Bereich verkleinert. Somit ist besonders in dunklen Situationen eine Balance zwischen Tiefenschärfe und Helligkeit notwendig.

Auch die Brennweite der Linse hat Einfluss auf die Tiefenschärfe. In KMS ist die Brennweite der Kameras in der Regel fest eingestellt.

Der Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] sieht in Abschnitt 6.2.2.3.3.6.2. eine Messung der Tiefenschärfe in drei Distanzen (4 m, 6 m und 10 m) vor, um festzustellen, ob sich die Objekte ausreichend detailliert wahrnehmen lassen. Hierzu dient der MTF10-Wert (MTF: Modular Transfer Function), dessen Anwendung Norm ISO 16505:2015 [27] näher beschreibt. Die Entfernung von 10 m steht hierbei für einen Punkt im Unendlichen, ein Test mit größeren Abständen ist nicht vorgesehen. Üblicherweise verwendete Objektive allerdings können bei Bestehen des Tests in der Regel auch entferntere Objekte scharf abbilden.

4.5.4.7 *Flackern/Flimmern*

Ein Flackern ist bei modernen TFT-Bildschirmen (LCD/LED) in der Regel kein Problem mehr.

Ein Monitor flackert (bzw. flimmert), wenn das menschliche Auge zwei hintereinander folgende Bilder als Einzelbilder wahrnimmt. Die Flimmerverschmelzungsfrequenz, ab der zwei hintereinander angezeigte Bilder verschmelzen, liegt zwischen 22 Hz und 90 Hz. Die genaue, individuelle Frequenz hat viele Ursachen [24]. Das Flackern eines Monitors nimmt eine Person im Augenwinkel schneller wahr als im Fokuspunkt des Auges, da dort die Stäbchen im Auge auf das schnelle Erkennen von Bewegung ausgelegt sind.

Wegen des flächendeckenden Einsatz von TFT-Bildschirmen (Flachbildschirme inklusive „LCD“ und „LED“) ist ein Flackern des Monitors fast ausgeschlossen. Diese Bildschirme flackern aufgrund ihrer technologischen Eigenschaften bei richtiger Einstellung nicht [67]. Eine Fehlparametrierung, z. B. beim Dimmen der Hintergrundbeleuchtung über eine Pulsweitenmodulation, kann allerdings auch bei diesen Monitoren zu einem Flackern führen.

Der aktuelle Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] schreibt in Anhang 12 Abschnitt 1.2. vor, dass ein Monitor einen Testablauf für Frequenzen bis 120 Hz bestehen muss. Beim Bestehen dieses Tests ist der Monitor für mindestens 90 % der Bevölkerung flackerfrei.

4.5.4.8 *EMV*

Das gesamte System – Monitor, Kamera und alle Kabel – muss als Einheit nach der UN/ECE-Regelung 10 auf EMV getestet werden.

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt sowohl die Robustheit des Systems gegen elektromagnetische Störfelder von außen als auch die Eigenschaft des Systems, möglichst wenig

elektromagnetische Störfelder selbst zu erzeugen. Beides ist im Fahrzeug wichtig, damit das KMS weder von anderen Geräten gestört wird noch selbst andere Geräte stört.

Solche Störungen hat die BAST in einer Studie [15] bei den dort getesteten Geräten in der Nähe von Funkgeräten beobachtet. Auch in anderen Situationen, z. B. bei ankommenden Anrufen auf dem Mobiltelefon oder auch aufgrund von Radarstrahlung in der Nähe von Flughäfen, können elektronische Geräte im Auto mit Fehlfunktion reagieren [68].

Nach dem Entwurf der UN/ECE-Regelung 46, Abschnitt 6.2.1.3, gilt für die EMV die UN/ECE-Regelung 10 Revision 04 [26] oder höher. Die aktuelle UN/ECE-Regelung 10 ist die Revision 05 [26].

Bei KMS, die nur als Zusatzgeräte dienen und nicht als Spiegelersatz, macht ein kurzzeitiger Ausfall in der Regel keine Probleme, solange dieser deutlich erkennbar ist (siehe Abschnitt 4.5.4.4 zur Verfügbarkeit).

Ein im IFA getestetes KMS hat im EMV-Labor deutliche Bildstörungen bei mehreren Frequenzen gezeigt. Das Bild ist allerdings nicht eingefroren, sodass sich jederzeit erkennen ließ, ob das Gerät gerade beeinflusst war. Abbildung 52 zeigt zwei Fotos des Monitors, eines während der Beeinflussung und eines zum Vergleich ohne Beeinflussung.



Abbildung 52: Aufnahmen eines Monitors eines KMS in der EMV-Kammer. Rechts unbeeinflusst, links beeinflusst mit 156 MHz und 20 V/m Feldstärke

4.5.4.9 Bedienbarkeit

Während der Fahrt genutzte Funktionen sollten auf eigenen Knöpfen/Bedienelementen liegen. Diese sollten bei Bedarf auch mit Handschuhen bedienbar sein.

KMS haben in der Regel verschiedene Einstellmöglichkeiten. Die meisten müssen Fahrzeugführende einmalig oder zur Wartung bedienen. Sie müssen unter Umständen allerdings auch einen zu hellen oder zu dunklen Monitor, der sich nicht automatisch seiner Umgebung anpasst (siehe Abschnitt 4.5.3.5), während der Fahrt manuell anpassen. Hierbei ist es ein Nachteil, wenn sich die Helligkeit nur über das Bildschirmmenü verändern lässt.

Während der Fahrt genutzte Funktionen sollten auf eigenen Knöpfen/Bedienelementen liegen. Hierbei ist zu bedenken, dass Fahrzeugführende die meisten Touchscreens nicht ohne Sichtkontakt bedienen können.

Für notwendige Funktionen zum Einstellen und Warten des Systems hat ein Touchscreen in der Regel keine Nachteile.

4.5.5 Notwendige Eigenschaften der Darstellung

4.5.5.1 Standarddarstellung

Der Bildschirm muss über eine feste Standarddarstellung verfügen. Individuelle Veränderungen dürfen sich als weitere Darstellungen speichern lassen.

Nach ISO 16505 [27] muss der Monitor die Objekte in der Standarddarstellung in einer Vergrößerung darstellen, die mindestens der Vergrößerung der ersetzten Spiegel entspricht.

Die bedienende Person darf diese Darstellung an ihre Bedürfnisse anpassen und dabei auch die Vergrößerung verändern. Diese Einstellung darf die bedienende Person auch speichern, um sie bei späteren Fahrten wieder aufrufen zu können. Die Standarddarstellung selbst muss dabei jedoch erhalten bleiben. [27]

4.5.5.2 Verzerrte Darstellung

Für KMS, die den Bereich der Haupt- und Weitwinkelspiegel darstellen, sind maximale Verzerrungen festgelegt.

Für KMS, die keine Haupt- und Weitwinkelspiegel ersetzen, gibt es keine Vorschrift hinsichtlich verzerrter Darstellungen. Um relevante Bereiche auf einem Bild darzustellen, nutzen KMS teilweise Linsen mit großem Winkel, was die Abschätzung von Entfernungen in Teilen vom Bild erschwert.

Auch die Darstellung von Haupt- und Weitwinkelspiegel darf von der Standarddarstellung abweichen. Allerdings muss das System der Norm ISO 16505 das Abweichen der Anzeige von der Standarddarstellung bzw. der selbst angepassten Darstellung anzeigen. Der Wechsel zwischen verschiedenen Verzerrungen muss außerdem graduell erfolgen. Damit sind zeitweise veränderte Darstellungen, z. B. beim Abbiegen und Parken, zulässig. [27]

Teilweise ist es sinnvoll, in Darstellungen Hilfslinien einzublenden, die den Fahrzeugführenden z. B. das Ende ihres Fahrzeugs im Bild anzeigen. In stark verzerrten Ansichten können mehrere Linien, die in der Realität den gleichen Abstand haben, zur Abschätzung von Annäherungsgeschwindigkeiten dienen.

4.5.5.3 Spiegelverkehrte Darstellung

Die Sicht nach hinten muss spiegelverkehrt dargestellt werden, die Sicht nach vorne seitenrichtig.

Eine spiegelverkehrte Darstellung der Umgebung ist nötig, wenn eine Ansicht entgegen der Fahrtrichtung erfolgt, z. B. als Hauptaußenrückspiegel oder Rückspiegel.

Für Ansichten nach vorne, z. B. als Frontspiegeleratz, bei dem der Monitor auf dem Armaturenbrett ein Fenster nach vorne darstellt, muss die Darstellung seitenrichtig geschehen.

Es ist somit sinnvoll, wenn universelle Systeme als Option sowohl die spiegelverkehrte als auch die seitenrichtige Darstellung ermöglichen. Ist eine eventuelle Fehlfunktion der gewählten Darstellung nicht offensichtlich, z. B. durch die Position eines Fahrzeugteils im Bild, muss entweder die Software die Fehlfunktion verhindern oder das Bild diese den Fahrzeugführenden deutlich anzeigen. Um eine Fehlbedienung zu verhindern, sollte die Wahl der Anzeige nicht mit anderen häufig einzustellenden Parametern – beispielsweise der manuellen Helligkeitsanpassung aus Abschnitt 4.5.3.5 – in einem gemeinsamen Menü auftauchen.

4.5.5.4 Abschalten, wenn die Sicht nicht benötigt wird

Wird das Bild eines zusätzlichen KMS nicht benötigt, sollte es abgeschaltet werden, um Fahrzeugführende nicht mit zu vielen Informationen zu überfordern.

Ein KMS als Zusatzsystem sehen Fahrzeugführende, wie in der Untersuchung in Abschnitt 4.4.3.5.6 dargestellt, als weiteres System an, das beachtet werden muss. Daher ist es sinnvoll, solche Systeme abzuschalten, wenn sie in der aktuellen Situation keinen Vorteil bringen.

Ein System, das die rechte Seite zeigt, lässt sich z. B. über das Setzen des Fahrtrichtungsanzeigers aktivieren, eine Rückfahrkamera über das Einlegen des Rückwärtsgangs.

KMS, die als Spiegelersatz dienen, müssen eingeschaltet bleiben. Eine Ausnahme ist die Kamera, die den Frontspiegel ersetzt, der die Gruppe VI (siehe Abbildung 7) beobachtet. Diese Kamera darf sich nach aktuellem Recht [3; 7] und nach dem neuen Entwurf der UN/ECE-Regelung 46 [8] ab 10 km/h Fahrtgeschwindigkeit abschalten.

4.5.5.5 Darstellung an Knickwinkel zwischen Zugmaschine und Anhänger anpassen

KMS bieten eine bessere Übersicht, wenn sie beim Einlenken einer Zugmaschine die Darstellung des Anhängers stauchen, um den benachbarten Bereich größer darzustellen.

Wie in Abschnitt 4.5.2.2 beschrieben, kann eine Kamera, deren Auflösung hoch genug ist, das Kamerabild dynamisch verzerren. *Zaindl* [11] beschreibt verschiedene Methoden dieser virtuellen Kameranachführung am Knickwinkel zwischen Zugmaschine und Anhänger.

Ein Wegführen des Kamerabilds von der Fahrzeugseite hat den Vorteil, dass Fahrzeugführende weiter in die Kurve einsehen können. Allerdings entsteht so eine Sichtlücke direkt neben dem Fahrzeug. In der Standarddarstellung ist der Weitwinkelbereich wesentlich stärker verzerrt als im Hauptaußenrückspiegel. Das „Handbook of Camera Monitor Systems“ [11] stellt die „Manövrieransicht“ als optimale Lösung vor, bei der Hauptaußenrückspiegel und Weitwinkelspiegel in einem Bild kombiniert sind und beide die gleiche Verzerrung haben. Hierdurch wächst der dargestellte Weitwinkelbereich, ohne dass Informationen im Bereich des Hauptaußenrückspiegels komplett verloren gehen.

4.5.5.6 Optischer Fluss

Fahrzeugführende müssen KMS wie Spiegel aktiv beobachten. Im Gegensatz zu Spiegeln lassen sich verschiedene Ansichten in einem Bild vereinen. Dies erspart Zeit, und Gefahren lassen sich schneller erkennen.

Der optische Fluss ist die Bewegung einzelner Bildpunkte in aufeinander folgenden Bildern, die bei Fortbewegung der Beobachtenden an diesen vorbeifließen. Das bedeutet: Bewegt eine Person sich auf einer geraden Allee, bewegen sich die Teile der Straße, die weit entfernt sind, langsam aus der Mitte des Blickfelds nach unten. Die Bäume, die am Rand des Sichtfelds stehen, bewegen sich schnell zur Seite weg. Fahrzeuge, die im gleichbleibenden Abstand voraus fahren, haben im Bild keine Bewegung. Eine Störung dieses erwarteten optischen Flusses – z. B. durch Wild, das von der Seite des Blickfelds zur Mitte auf die Straße läuft – verarbeitet das Gehirn, bevor das Auge die Störung fokussiert. Das Fokussieren und Erkennen eines Objekts dauert daraufhin wesentlich länger, aber die Wahrnehmung der Bewegung ermöglicht bereits eine Reaktion. *Zaindl* [11] fasst zusammen, dass die Identifizierung eines fokussierten Objekts mindestens 200 ms benötigt und der Fokusbereich des menschlichen Auges auf 2 m Entfernung ungefähr so groß ist wie eine Zigarettenschachtel.

Abbildung 53 zeigt die unterschiedlich schnelle Bewegung von Objekten im Bild am Beispiel von vier überlagerten Bildern. Zur Bildmitte hin sind diese fast deckungsgleich.



Abbildung 53: Optischer Fluss am Beispiel von vier überlagerten Bildern

Störungen im optischen Fluss können somit zur Fokussierung eines Fremdobjekts und zum Einleiten einer Reaktion führen.

Der optische Fluss in Spiegeln fließt entgegen des generellen optischen Flusses oder hat, wie beim Anfahrspiegel, eine vorbeifließende Richtung. Diese Teilflüsse – im Gesamtfluss eine dauerhafte Störung – blendet das Gehirn aus, sodass Störungen in diesen Teilflüssen selbst nicht zur Reaktion führen. Fahrzeugführende müssen Spiegel somit aktiv nutzen und dürfen diese nicht nur aus dem Augenwinkel beobachten.

Auch ein Monitor, der das Bild einer Frontkamera in Fahrtrichtung darstellt, hat einen abweichenden optischen Fluss, dessen Störung in der Regel nicht wahrgenommen wird.

Für ein KMS bedeutet dies, dass Fahrzeugführende auch hier alle Monitorbilder einzeln betrachten müssen. Daher ist es vorteilhaft, wenn das System mehrere Kamerabilder passend zu einem Gesamtbild mit einem gemeinsamen optischen Fluss verknüpft.

4.5.5.7 *Verändern des Blickwinkels durch Bewegungen des Kopfes*

Mehrere herstellende Betriebe haben getestet, durch Kopfbewegungen veränderte Blickwinkel mit KMS nachzubilden. Daraus ergab sich bisher kein Vorteil im Vergleich zu einer starren Ansicht. Weitere Entwicklungen auf diesem Gebiet laufen noch.

In der Forschung gab es Versuche, das Monitorbild an die Position der Betrachtenden anzupassen. Dies sollte die Veränderung des Blickwinkels in den Spiegel simulieren, etwa wenn sich die fahrzeugführende Person nach vorne lehnt. Dazu lassen sich entweder die Position der Augen dieser Person oder ihr gesamter Kopf über Sensoren im Fahrzeug messen.

Diese Methode haben einzelne herstellende Betriebe verworfen, da es vielversprechender erscheint, das Blickfeld an die Fahrzeugsituation anzupassen (siehe Abschnitt 4.5.5.5). Andere herstellende Betriebe sind hierzu aber noch in der Entwicklungsphase.

Als Nachteil entsteht bei dieser Methode ein Konfigurationsaufwand, da bei jeder fahrzeugführenden Person die Ruheposition des Kopfes anders ist, z. B. aufgrund der Körpergröße.

Ob die Nachteile oder Vorteile dieser Methode überwiegen, lässt sich an dieser Stelle aufgrund fehlender Studien nicht klären.

4.5.6 Eigenständig durchführbare Tests

4.5.6.1 Allgemeines

Von einigen Eigenschaften des KMS können sich Interessierte einen eigenen Eindruck verschaffen. Dieser Abschnitt stellt dafür Tests vor, die sich mit einfachem bis mittlerem Aufwand durchführen lassen. Die Ergebnisse haben allerdings häufig keinen wissenschaftlichen Anspruch. Außerdem können die Tests, wenn sie von verschiedenen Personen durchgeführt werden, zu verschiedenen Ergebnissen führen.

Da bei diesen Tests die Wahl der Testmittel (z. B. verschiedene Lampen und Handys) frei ist, werden eventuell die Anforderungen des jeweiligen Normtests überschritten. Dabei ist z. B. auch die Blendung eines normkonformen Displays oder die Beeinflussung eines EMV-geprüften System durch ein Handy möglich. Die hier beschriebenen Selbsttests können daher die Tests nach Norm, die der herstellende Betrieb durchführt oder veranlasst, weder widerlegen noch bestätigen.

Die in den Tests eingesetzten Materialien sind:

- Messband für ca. 70 cm und ca. 200 cm
- Messband für 30 m, Abschreiten ist auch möglich
- Taschen- oder Handylampe
- Stopp- oder Handystoppuhr mit einer Auflösung von 0,01 Sekunden
- Fotoapparat (oder Handy, wenn Taschenlampe für das Licht und Stoppuhr für die Zeitmessung benutzt wird)
- Infrarot-Fernbedienung
- ein weißes Blatt Papier
- ein Schachbrettmuster auf Papier oder
- ein Testmuster auf Papier

Das IFA hat während des Tests ein aus dem Fernsehen bekanntes Testmuster, das in Abbildung 54 dargestellte Philips PM5544 [81], benutzt.



Abbildung 54: Philips PM5544 Testmuster, Quelle: [81]

4.5.6.2 Auflösung

Um im KMS den Bereich des rechten Weitwinkelspiegel darstellen zu können, muss die Kamera mindestens mit 470 x 550 Pixel auflösen (siehe Abschnitt 4.5.2.2). Gleiches gilt für den Monitor bzw. den Teil des Monitors, der den Bereich darstellt.

Für den rechten Hauptspiegel, der ca. doppelt so hoch ist (siehe Abschnitt 4.3.3), müssen Kamera und Monitor mindestens mit 470 x 1100 Pixel auflösen.

Wegen der Komprimierung des Videosignals zwischen Aufnahme und Darstellung kann es zu Artefakten im Bild kommen. Dies ist meist auf gleichfarbigen Flächen der Fall. Im Bild sollten keine größeren rechteckigen einfarbigen Flächen zu sehen sein.

Abbildung 55 zeigt ein Straßenbild, bei dem die Komprimierung im oberen Teil zu starken Detailverlusten führt.



Abbildung 55: Bild mit starker Komprimierung im oberen Teil

4.5.6.3 Ausrichtung

Wenn nötig müssen Fahrzeugführende die Ausrichtung der Kameras einfach ändern können, z. B. bei wechselnder Anhängerbreite und nicht digital anpassbarem Kamerabild. Dies muss ohne Werkzeug möglich sein.

Alternativ können Auflösung und Blickwinkel der Kamera so groß sein, dass sich der dargestellte Bereich digital verschieben lässt.

4.5.6.4 Linse (bezüglich Kissen-Effekt)

Kameras, deren Linsen nicht auf starke Verzerrung ausgerichtet sind, sollten möglichst alle geraden Linien gerade darstellen. Das lässt sich am besten anhand eines Musters mit geraden Linien prüfen.

Alternativ lässt sich ein rechteckiges Objekt abbilden, z. B. ein Buch, ein Feuerzeug oder die Brieftasche. Die Kanten des Objekts sollten besonders am Rand des Bildes als Geraden gezeigt werden.

Abbildung 56 zeigt einen deutlich wahrnehmbaren Kissen-Effekt.



Abbildung 56: Aufnahme eines Testmusters mit einem KMS, deutlich wahrnehmbarer Kisseneffekt

4.5.6.5 Helligkeitsempfindlichkeit (bezüglich Infrarot)

Ob eine Kamera einen Infrarotfilter hat, lässt sich mit einer Fernbedienung klären. Wird beim Drücken eines der Knöpfe die Lampe auf dem Monitor als leuchtend gezeigt, hat die Kamera keinen Infrarotfilter.

Kameras mit einem Nachtsicht-Modus, in dem sie ihrerseits die Umgebung mit Infrarotlicht ausleuchten, haben generell keinen Infrarotfilter. Bei diesen entfällt dieser Test.

Gleichzeitig lässt sich – wie in Abbildung 57 dargestellt – prüfen, ob die Fernbedienung infrarotes Licht abstrahlt. Dafür genügt in der Regel die Kamera des Handys, da die meisten Handys infrarotes Licht wahrnehmen.



Abbildung 57: Fernbedienung mit einem Handy fotografiert: links ohne gedrückte Taste, rechts mit gedrückter Taste

4.5.6.6 Helle und dunkle Bereiche

Um die Reaktion des KMS auf helle und dunkle Bereiche zu testen, wird die Kamera mit einer Taschenlampe beleuchtet. Hierbei ist darauf zu achten, ob der Lichtkegel im Bild größer erscheint als in Wirklichkeit. Abbildung 58 zeigt, dass die Lichtquelle das Bild auch in ihrer Umgebung überstrahlt.

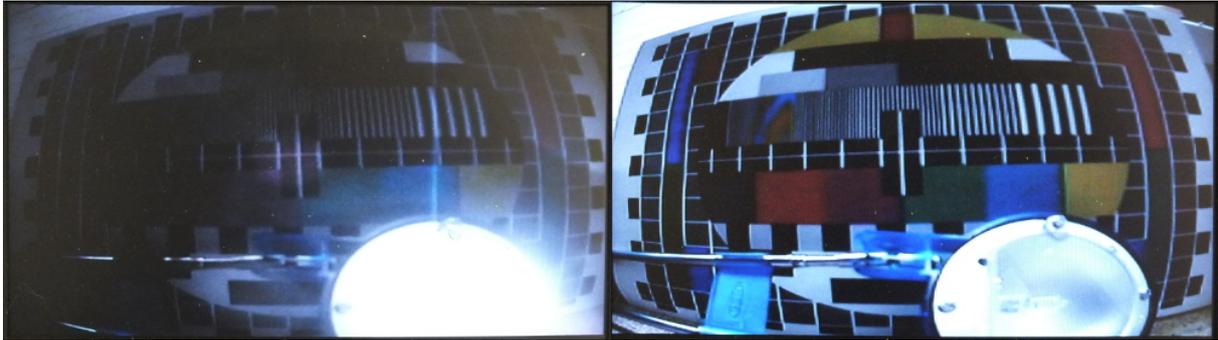


Abbildung 58: Aufnahme des Testbilds mit einem KMS; links mit aktiver Lichtquelle, rechts ohne aktive Lichtquelle

Gleichzeitig lässt sich prüfen, ob der Rest des Bildes viel dunkler oder zu dunkel dargestellt wird. Dies ist ebenfalls in Abbildung 58 zu beobachten. Auch sollte möglichst keine helle Spur von der Lichtquelle nach unten oder oben zum Rand zu sehen sein. Die in Abbildung 58 sichtbare Spur führt allerdings nicht dazu, dass das Bild an dieser Stelle nicht mehr sichtbar ist.

Bei einem bereits verbauten System lassen sich während der Fahrt in der Nacht andere Fahrzeuge im KMS beobachten. Werden deren Vorderlampen als zwei unterschiedliche Punkte gezeigt, oder verschmelzen sie zu einem gemeinsamen helleren Punkt?

Ebenfalls während der Fahrt lässt sich beobachten, wie schnell sich die Darstellung im KMS einem Hell-Dunkel-Wechsel anpasst, z. B. beim Durchfahren eines Tunnels. Bei einer noch nicht verbauten Kamera lässt sich dieser Wechsel durch Abdecken der Linse mit der Hand simulieren.

Für Smartphones gibt es Apps, die neben einer Taschenlampe ein Stroboskop simulieren. Mithilfe einer solchen App lässt sich in begrenztem Rahmen der Hell-Dunkel-Wechsel beim Durchfahren von Lichtkegeln nachbilden. Hierzu muss die Umgebung allerdings abgedunkelt sein, um einen angemessenen Effekt zu erzeugen.

Aufschlussreich ist zudem, ob Objekte auch dann gut zu erkennen sind, wenn ein Teil des Bildes dunkel ist und ein anderer hell. Dieser Eindruck lässt sich im einfachen Verfahren nur subjektiv messen.

4.5.6.7 (Mögliche) Größe der Darstellung im Vergleich

Ob ein KMS das Blickfeld eines Spiegels abdeckt und dabei groß genug darstellt, lässt sich am einfachsten im verbauten Zustand prüfen. Im nicht verbauten Zustand sind die Berechnungen aus Abschnitt 4.5.3.2 nötig, im verbauten Zustand genügt ein Foto.

Dieses Foto wird aus der Position des Kopfes der fahrzeugführenden Person aufgenommen. Am günstigsten ist es, Monitor und Spiegel in einem Bild zu fotografieren. Hierbei sollte der Bildmittelpunkt (Abbildung 59) möglichst genau zwischen diesen liegen, um Verzerrungen der Fotolinse auszugleichen. Ist dies nicht möglich, ist auch je ein Bild von Kamera und Monitor praktikabel; hierbei darf allerdings der Zoom im Bild nicht verändert werden.



Abbildung 59: Vergleich von Spiegel und Monitorgröße, wahrgenommen aus der Position der fahrzeugführenden Person;

rote Striche = wahrgenommene Größe der Person im Weitwinkelspiegel/Kamerabild

rote Umrandung = wahrgenommene Größe des Hauptspiegels

grüne Umrandung = wahrgenommene Größe des Weitwinkelspiegels

Abbildung 59 zeigt, dass Fahrzeugführende den Weitwinkelspiegel kleiner wahrnehmen als den Monitor. Obwohl der Monitor ein geteiltes Bild darstellt, werden beide Flächen des geteilten Monitors größer wahrgenommen als der Weitwinkelspiegel. Die im Weitwinkelspiegel dargestellte Person erscheint im rechten Monitorbild um ca. 10 % kleiner und im linken Bild um ca. 10 % größer.

Außerdem zeigt das KMS im Bereich des Weitwinkelspiegels ein breiteres Bild an, was gerade zur Vermeidung von Abbiegeunfällen hilfreich ist. Dieses KMS kann somit eine bessere Übersicht als der Weitwinkelspiegel bieten.

Weiterhin lässt sich im verbauten Zustand an dieser Stelle prüfen, ob Personen, die ca. 30m weit weg stehen, gut zu erkennen sind. Dies ist die in Abschnitt 4.3.1 dargestellte minimal abzudeckende Sicht durch die Spiegel. Der Blick in den Monitor und den Spiegel erlaubt einen subjektiven Vergleich.

4.5.6.8 Helligkeitsanpassung

Bei der Helligkeitsanpassung lässt sich testen, ob die Helligkeit des Monitors manuell einstellbar ist und ob es eine automatische Anpassung an Umgebungslicht oder Steuersignale wie beispielsweise vom Abblendlicht gibt.

Ist eine automatische Anpassung der Bildschirmhelligkeit an die Helligkeit der Umgebung vorhanden, läuft die Regelung häufig über eine einzelne Fotodiode. Diese liegt meist hinter einem kleinen schwarzen Glas. Die Geschwindigkeit der Anpassung lässt sich durch Abdecken dieser Diode mit dem Finger und Beobachten der Anpassung testen. Geschieht diese zu schnell, kann es im Betrieb mit kurzzeitig auf das Display fallenden Schatten Probleme geben. Die Anpassung an Dunkelheit sollte mehrere Sekunden dauern, da sich das Auge nur langsam an Dunkelheit gewöhnt (siehe Abschnitt 4.3.4.2).

Bei niedrigster Helligkeit des Monitors zeigt ein Abdecken der Kamera, wie hell subjektiv die im schwarzen Bild sichtbare Hintergrundbeleuchtung noch ist. Diese sollte in der Nacht nicht stören.

Abbildung 60 zeigt denselben Monitor mit maximaler, mittlerer und minimaler Hintergrundbeleuchtung, aufgenommen mit der gleichen Belichtungszeit und Empfindlichkeit. Die Bilder wurden nachträglich gleichmäßig aufgehellt, damit der Monitor im rechten Bild erkennbar ist. Die gezeigte Helligkeit war auch im dunklen Raum nur geringfügig wahrnehmbar.



Abbildung 60: Monitor mit unterschiedlichen Helligkeitsstufen

Im verbauten Zustand lassen sich die Reflexionen eines hellen Monitorbildes auf den Fahrzeugscheiben aus der Sicht der fahrzeugführenden Person ansehen. Dafür leuchtet eine zweite Person mit einer Taschenlampe in die Kamera, um ein helles Bild zu erzeugen. Das ermöglicht eine subjektive Einschätzung, ob die Reflexion die Sicht nach außen behindert. Eventuell lässt sich dies mit einem veränderten Monitorwinkel verbessern, notfalls mit einem Kragen (siehe Abschnitt 4.5.3.5).

4.5.6.9 Reflexionsempfindlichkeit

Um die Reflexionsempfindlichkeit des Monitors subjektiv zu testen, wird mit einer Lampe schräg auf den Monitor geleuchtet und eingeschätzt, ob sich das dargestellte Bild aus einer senkrechten Beobachtungsposition ausreichend gut erkennen lässt. Einen Vergleich liefert derselbe Test mit einem Handybildschirm. Wie Abbildung 61 zeigt, haben diese Bildschirme meist einen hoch reflektierenden Bildschirm. Lichteinfall beeinträchtigt die Sichtbarkeit der Inhalte eines glänzenden Bildschirms stärker als die eines matten.

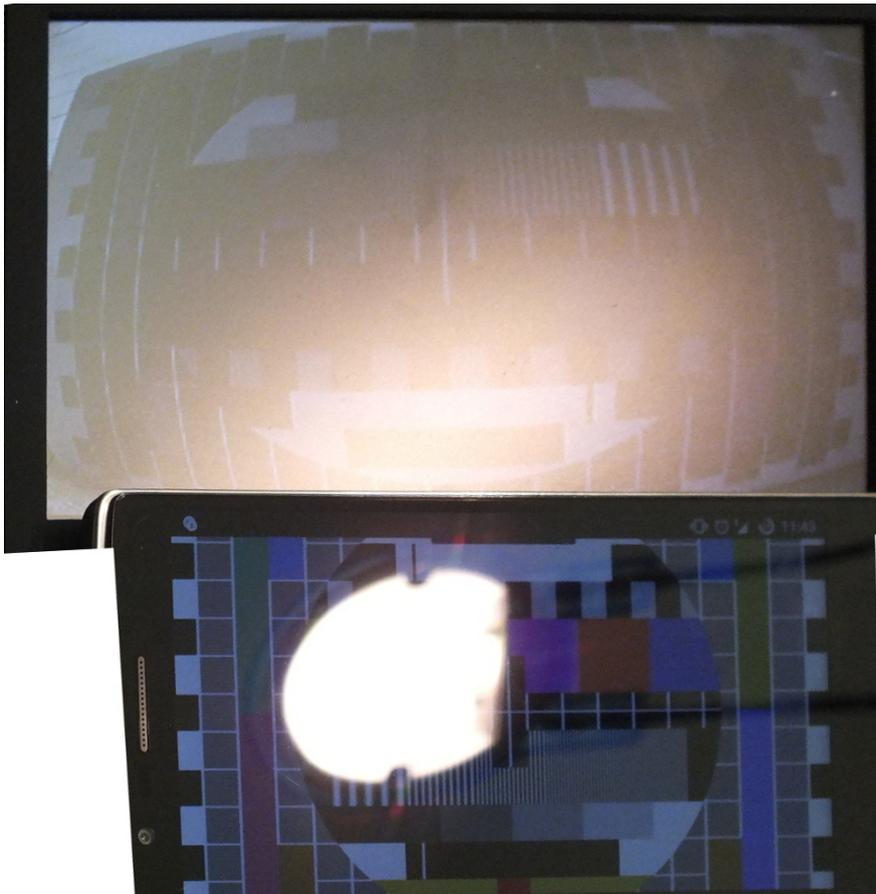


Abbildung 61: Reflexion – Vergleich matter Monitor (oben) zu glänzendem Handybildschirm (unten)

Im matten Monitor aus Abbildung 61 stört Lichteinfall das Bild insgesamt. Auf dem glänzenden Handybildschirm ist im Bereich der Fremdlichtreflexion allerdings kein Bildinhalt mehr wahrnehmbar.

Während der Fahrt lässt sich bei einem verbauten System beobachten, ob der Monitor durch einfallendes Sonnenlicht schwer abzulesen ist. Dies lässt sich eventuell mit einem anderen Monitorwinkel oder mit einem Kragen optimieren.

4.5.6.10 Blickwinkel

Der Monitor erlaubt subjektive Rückschlüsse, wie stabil die Farben und die Helligkeit des Monitors aus verschiedenen Blickwinkeln sind. Im verbauten Zustand sollte eine fahrzeugführende Person auf dem Sitz den Kopf in die äußersten Positionen bewegen können, ohne dass sich das Bild subjektiv wahrnehmbar verschlechtert.

Abbildung 62 zeigt ein Monitorbild von der Seite und von vorne. Farbverfälschungen sind nur geringfügig vorhanden und liegen größtenteils an der Aufnahme mit dem Fotoapparat. Von der Seite ist das Bild deutlich zu erkennen.



Abbildung 62: Aufnahme eines Testbilds, links aus fast senkrechter Position, rechts von der Seite

4.5.6.11 Pixelfehler

Pixelfehler im Monitor zeigen sich, wenn bei abgedeckter Kamera im schwarzen Bild leuchtende Pixel erscheinen. Diese leuchten meist weiß, rot, grün oder blau. Zur Abdeckung ist ein Gegenstand sinnvoll, im Test war die Hand in der Regel nicht ausreichend.

Ein helles Bild lässt sich durch Abfilmen eines weißen Blattes erzeugen. Allerdings sind die fehlerhaft schwarz dargestellten Pixel in diesem Bild in der Regel schwer zu erkennen.

Abbildung 63 zeigt die Aufnahme eines weißen Blattes. Das Bild ist nicht komplett weiß, aber defekte, schwarz erscheinende Pixel sind nicht zu erkennen.



Abbildung 63: Aufnahme eines weißen Blattes

4.5.6.12 Latenz

Ein einfacher subjektiver Test für die Latenz ist das Winken vor der Kamera. Hier zeigt sich eventuell zwischen dem Winken und dessen Darstellung eine merkbare Verzögerung. Die Verzögerung muss so kurz sein, dass sie sich mit einer Stoppuhr nicht messen lässt.

Im nicht verbauten Zustand filmt die Kamera den Monitor und eine neben dem Monitor laufende Stoppuhr. Auf einem Foto von Monitor und Stoppuhr lässt sich die Latenzzeit als Differenz der dargestellten Zeiten ablesen. Diese Latenzzeit beträgt ein Vielfaches der Bildrate [65]. Abbildung 64 zeigt ein mit dieser Messmethode entstandenes Foto.



Abbildung 64: Foto einer Stoppuhr (07:45:86 – links) und eines Monitors. Im Monitor ist die Abbildung der Stoppuhr (07:45:81 – mitte) und die Abbildung des Monitors (07:45:78 – links) sichtbar.

Das Bild zeigt die Stoppuhr, die für das getestete Gerät bis zu 0,05 s vorlief, sowie die erste und zweite Abbildung, zwischen denen in der Regel genau 0,04 s (im Bild 0,03 s) lagen. Der Versatz zwischen erstem und zweitem Bild bestätigt die Angabe des herstellenden Betriebs von 25 Bildern pro Sekunde, also 0,04 s pro Bild. Weiterhin zeigt der Versatz von Stoppuhr zum ersten Bild, dass der Monitor diese Bilder ohne einen mit dieser Methode messbaren Verzug darstellt. In einzelnen Bildern war nur ein Unterschied von 0,01 s sichtbar.

Die hier gezeigten Ergebnisse sind ausreichend genau, da sie weit unter den geforderten 0,2 s liegen (siehe Abschnitt 4.5.2.5).

4.5.6.13 Verfügbarkeit - Einschaltzeit

Die Verfügbarkeit testet ein Messen der Zeit, bis die Kamera nach Einschalten der Zündung betriebsbereit ist. Diese Zeit darf nicht länger als sieben Sekunden sein.

4.5.6.14 Flackern

Ein Flackern des Monitors lässt sich in der Regel nicht feststellen (siehe Abschnitt 4.5.4.7). Falls vorhanden, ist es am besten im Augenwinkel zu beobachten. Dazu geht der Blick am Monitor vorbei, sodass dessen Bild gerade noch am Rand des Sichtfelds zu sehen ist. Ist hier kein Flackern feststellbar, wird es im Betrieb damit keine Probleme geben.

4.5.6.15 EMV

Mit Störsender lässt sich die ausreichende Störnunempfindlichkeit eines KMS testen. Solche Störsender können z. B. ein Handy oder ein CB-Funkgerät sein, aber auch Bohrmaschinen oder Leuchtstofflampen.

Das nicht verbaute Gerät lässt sich in einer Halle testen, die über Leuchtstofflampen mit Startern verfügt. Das Einschalten aller Lampen kann zu einer Störung im Bild führen. Hierbei dürfen aber die veränderten Lichtverhältnisse nicht als Störung interpretiert werden.

Als weiterer Versuch, das System zu stören, eignet sich der Anruf eines neben Monitor oder Kamera platzierten Handys. Auch einige Bohrmaschinen verursachen beim Starten des Bohrers unterschiedliche Störsignale.

In einem Projekt der BASt [15] ließ sich die Bilddarstellung eines KMS mithilfe eines in der Nähe betriebenen CB-Funkgeräts beeinflussen.

Das IFA war im Labor in der Lage, ein Testgerät mit Hilfe eines angerufenen Handys zu stören. Sowohl Kamera als auch Monitor und Monitorkabel waren ausreichend geschirmt. Über das Kamerakabel ließen sich die Störungen jedoch einfach einbringen, sobald das Handy in die Nähe des Kabels (ca. 5 cm) kam. Abbildung 65 zeigt die dadurch verursachten Querstreifen auf dem Monitor. Diese waren an mehreren Stellen vorhanden und wechselten ihre Position. Das Bild war trotz Störung noch erkennbar. Zusätzlich kam es zu Störungen im Lautsprecher des Monitors, wenn das Handy nah am Monitor war.

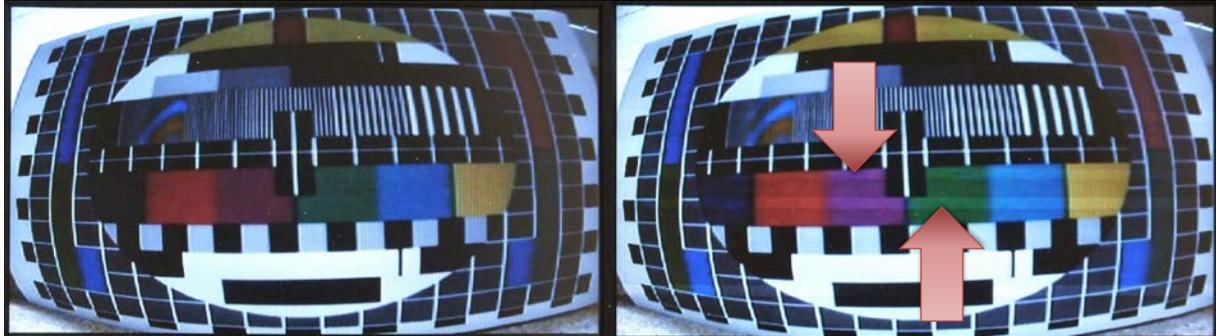


Abbildung 65: Aufnahme des Testbilds: links ohne Einstrahlung, rechts mit Einstrahlung am Kamerakabel, die helle horizontale Streifen im Monitorbild erzeugte (rote Pfeile)

Um Störungen oder ein einfrierendes Bild erkennen zu können, muss sich das Bild auf dem Monitor eventuell bewegen. Im Labor des IFA zeigten sich deutliche Störmuster (horizontale Streifen) auch im Standbild.

4.6 Eigenschaften der verfügbaren Systeme

4.6.1 Allgemeines

Die notwendigen Eigenschaften der Systeme in Abschnitt 4.5 sind im Anhang I (Kapitel 9) als Fragekatalog zusammengefasst.

Dieser Abschnitt stellt eine stichprobenartige Untersuchung der am Markt verfügbaren Systeme anhand der Unterlagen und Auskünfte der an dieser Untersuchung beteiligten Firmen (siehe Abschnitt 3.6.5) anhand des Fragenkatalogs vor. Die Unterlagen der Firmen liefern in der Regel zurzeit nur rudimentäre Informationen.

Folgende Unterlagen bildeten die Grundlage für die Zusammenstellung der Daten:

- Brigade: aktueller Katalog (Zusammenstellung der besten Eigenschaften) [75] sowie direkte Antwort der Firma auf den Fragenkatalog
- Continental: direkte Antwort der Firma auf den Fragenkatalog
- Mekra: aktueller Katalog [76] und Datenblätter von Kamera [77] und Monitor [78] sowie direkte Antwort der Firma auf den Fragenkatalog
- Motec: direkte Antwort der Firma auf den Fragenkatalog
- Orloco: Datenblätter der Kamera [79] und des Monitors [80] sowie direkte Antwort der Firma auf den Fragenkatalog

Für Continental hat das IFA das Bird's-Eye-View-System überprüft, für Orloco das Corner-Eye. In beiden Fällen sollen die Kameras nicht die Bereiche von Haupt- und Weitwinkelspiegel abdecken. Die Systeme von Brigade, Mekra und Motec arbeiten im Bereich Haupt- und Weitwinkelspiegel, sind aber zurzeit nur als Zusatzsysteme zu den Spiegeln konzipiert. Für diese drei herstellenden Betriebe stellen die Daten eine Zusammenfassung der Eigenschaften verschiedener bei ihnen verfügbarer Systeme dar. Alle drei Betriebe bieten verschiedene Kameras und Monitore an, die sich unterschiedlich kombinieren lassen.

Alle herstellenden Betriebe arbeiten an Systemen, die alle gesetzlich festgelegten Kriterien für den Spiegeleratz erfüllen. Die folgenden Tabellen (Abschnitt 4.6.2 bis 4.6.4), die die Fragen an die herstellenden Betriebe des Fragenkatalogs beinhalten, geben somit nur Aufschluss über den aktuellen Entwicklungsstand und Leistungsumfang solcher Systeme. Die Daten sind wie folgt aufgeführt:

- X: trifft zu/erfüllt/vorhanden (positiv)
- o: trifft teilweise zu/teilweise erfüllt/teilweise vorhanden
- -: trifft nicht zu/nicht erfüllt/nicht vorhanden (negativ)
- n/a: (not applicable – nicht zutreffend) Merkmal passt nicht zu diesem System
- leer: Informationen waren nicht verfügbar

4.6.2 Kamera

Frage	Firma				
	Brigade	Continental	Mekra	Motec	Orloco
4.6.2.1 Position					
Können die gesetzlichen Vorgaben zur Montage eingehalten werden? (siehe Abschnitt 4.5.2.1)	X	X	X	X	X
4.6.2.2 Auflösung					
Weitwinkelspiegel: Beträgt die Auflösung der Kamera mindestens 470 x 550 Pixel (B x H)? (siehe Abschnitt 4.5.2.2)	X	X	X	X	X
Hauptspiegel: Beträgt die Auflösung der Kamera mindestens 470 x 1210 Pixel (B x H)? (siehe Abschnitt 4.5.2.2)	-	-	-	-	X
Ist die Auflösung der Kamera groß genug, um Blickwinkel zu verschieben? Ist die Auflösung der Kamera groß genug für eine verzerrte Darstellung? (siehe Abschnitt 4.5.2.2)	-	X	X		X
4.6.2.3 Verzerrte Darstellung von Bereichen					
Kann der Blickwinkel der Kamera manuell/automatisch verändert werden? (siehe Abschnitt 4.5.2.3)	-	X	X		-
4.6.2.4 Linse					
Entspricht die Verzerrung der Linse dem UN/ECE-46-Entwurf? (siehe Abschnitt 4.5.2.4)		n/a ¹	-	n/a1	n/a1

¹ Dieses System hat bauartbedingt starke Verzerrungen. Darum ist dieser Punkt nicht anwendbar.

Frage	Firma				
	Brigade	Continental	Mekra	Motec	Orlaco
Entspricht der Schärfeverlust der Linse dem UN/ECE-46-Entwurf? (siehe Abschnitt 4.5.2.4)		n/a ²	-		X
4.6.2.5 Bildwiederholfrequenz					
Kann die Kamera mit 30 Hz (Fps) oder mehr aufnehmen? (siehe Abschnitt 4.5.2.5)	X	X	- ³	-3	X
4.6.2.6 Helligkeitsempfindlichkeit					
Ist die Kamera gemäß UN/ECE-Regelung Nr. 46 geprüft? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.1)	X	-	X	X	X
Ist der Kontrastumfang größer als 70 dB? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.1)		X	X		X
Wenn die Kamera selbst keine Infrarotbeleuchtung hat: Hat die Kamera einen Infrarotfilter? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.1)	n/a	X	X	X	X
4.6.2.7 Helle/Dunkle Bereiche					
Besitzt die Kamera einen HDR-Modus? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.1)	-	-	-	-	X
Ist das Blooming nach UN/ECE-46-Entwurf beschränkt? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.3)	X	o ⁴	X ⁵	X	X
Ist das Verschmieren nach UN/ECE-46-Entwurf beschränkt? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.4)		o4	X5	X	X
Ist die Linsenreflexion gemäß UN/ECE-46-Entwurf beschränkt? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.5)		X	X5	X	X
Ist der Starbursteffekt beschränkt? (siehe Abschnitt 4.5.2.6.6)			X		X
4.6.2.8 Robustheit gegen Umwelt					
Verträgt die Kamera eine Temperatur von -40°C bis +65°C (Code „C“) nach ISO 16750-4:2010? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.1)	X	X	X	X	X
Ist die Kamera gegen Betauung geschützt (Heizung oder Spezialglas)? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.2)	X		X	X	X
Ist die Kamera auf Robustheit gegen Steinschlag, z. B. nach UN/ECE-Regelung 46 Abschnitt 6.1.3.2, geprüft? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.3)			X	X	X
Verfügt die Kamera über eine Selbstreinigung? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.4)	o		X ⁶		-
Ist die Kamera mit IP-Schutzklasse IPX4K/9K oder höher gegen Wasser geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.5)	o ⁷	o ⁸	X	X	o ⁹

² Ist danach nicht getestet worden.

³ Die Kameras nehmen mit PAL (entspricht 25 Hz) auf.

⁴ Hängt vom Anbauort der Kamera am Fahrzeug ab.

⁵ Geprüft nach UN/ECE 46 Revision 04.

⁶ Entsprechende Vorrichtung von Mekra verfügbar.

⁷ Einige Kameras sind mit IP66 geschützt, andere mit IP69K.

⁸ IP6K9K

⁹ IP69K und zusätzlich IP68 sind angegeben.

Frage	Firma				
	Brigade	Continental	Mekra	Motec	Orlaco
Ist die Kamera gegen Korrosion geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.7)		X ¹⁰	X	X	X
Ist die Kamera widerstandsfähig gegenüber Chemikalien? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.7)		X ¹⁰	X	X	X
Ist die Kamera nach ISO 16750-3 schock- und vibrationsgeprüft? (siehe Abschnitt 4.5.2.7.8)	o ¹¹		X	o ¹²	o ¹³
4.6.2.9 Videoverkabelung					
Sind die Steckerverbindungen der Videoverkabelung gegen unbeabsichtigtes Lösen geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.8)	X	X	X	X	X
Ist die Videoverkabelung gegen das Eindringen von Wasser geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.8)	X	X	X	X	X
Ist die Videoverkabelung gegen EMV geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.8)	X	X	X	X	X

4.6.3 Monitor

Frage	Firma				
	Brigade	Continental	Mekra	Motec	Orlaco
4.6.3.1 Größe					
Weitwinkelspiegel: Ist der Monitor mindestens 7,5 x 9 cm groß, um im Abstand von 90 cm platziert werden zu können? (siehe Abschnitt 4.5.3.2)	X	X	X	X	X
Hauptspiegel: Ist der Monitor mindestens 7,5 x 20 cm groß, um im Abstand von 90 cm platziert werden zu können? (siehe Abschnitt 4.5.3.2)	o	X	-	-	X
4.6.3.2 Auflösung					
Ist die Auflösung des Monitors mindestens so hoch wie die der Kamera/des Kameraausschnitts? (siehe Abschnitt 4.5.3.3)	X	X	X	X	X
4.6.3.3 Bildwiederholfrequenz					
Ist die Bildwiederholfrequenz mindestens 30 Hz (30 Fps)? (siehe Abschnitt 4.5.3.4)	-3		X	-3	X

¹⁰ Eingeschränkt gemäß Spezifikation.

¹¹ Angabe des herstellenden Betriebs: Abhängig vom Typ, mechanische Vibration: 10 G, mechanische Erschütterung: 50 G.

¹² Sinusförmiges Schwingen, Schock, Dauerschocken, Breitbandrauschen, halbsinusförmiges Schocken, geprüft gemäß DIN EN 60068-Teil 2.

¹³ Resistenz gegen Schock und Vibration wird ohne Werte angegeben.

Frage	Firma				
	Brigade	Continental	Mekra	Motec	Orlaco
4.6.3.4 Helligkeitsanpassung					
Hat der Bildschirm eine automatische Helligkeitsanpassung? oder Hat der Monitor eine automatische Tag-Nacht-Umschaltung und lässt sich die Helligkeit manuell einstellen? (siehe Abschnitt 4.5.3.5)	X	X	X	X	X
4.6.3.5 Reflexionsempfindlichkeit					
Hat das Display höchstens 10 Glanzeinheiten? (siehe Abschnitt 4.5.3.6)	o ¹⁴	o ¹⁴	o ¹⁴	X	o ¹⁴
4.6.3.6 Blickwinkel					
Entspricht das Display den Vorgaben für Blickwinkel nach ISO 16505? (siehe Abschnitt 4.5.3.7)			-		-
4.6.3.7 Kontrast					
Entspricht das Display den Vorgaben für Kontrast nach ISO 16505? (siehe Abschnitt 4.5.3.8)			-		-
4.6.3.8 Bildaufbauzeit					
Ist die Bildaufbauzeit gemäß UN/ECE-46-Entwurf/ISO 16505 kleiner als 55 ms? (siehe Abschnitt 4.5.3.9)			X	X	X
Ist die Bildaufbauzeit gemäß DIN EN ISO 9241-302:2009 kleiner als 10 ms? (siehe Abschnitt 4.5.3.9)			- ¹⁵	- ¹⁶	X
4.6.3.9 Pixelfehler					
Entspricht der Monitor Pixelfehlerklasse 0? (siehe Abschnitt 4.5.3.11)	o	-	-	X ¹⁷	X ¹⁷
4.6.3.10 Robustheit gegen Umwelt - Temperatur					
Hält der Monitor Temperaturen von -40°C bis +85°C nach ISO 16750-4 aus? (siehe Abschnitt 4.5.3.12)	o ¹⁸	-	o ¹⁹		X

¹⁴ Angabe des herstellenden Betriebs: „Entspiegelter Bildschirm“, „Anti glare coating“, „AG LR (Low Reflection) polarizer“, in der Regel entspricht dies „matt“ und damit weniger als 10 Glanzeinheiten.

¹⁵ Typische Aufbauzeit: 5 bis 11 ms.

¹⁶ Typische Aufbauzeit: 10 bis 15 ms.

¹⁷ Über interne Qualitätssicherung.

¹⁸ Maximal -40 °C bis +75 °C.

¹⁹ Lagertemperatur ab -40°C, Betriebstemperatur erst ab -30°C.

4.6.4 System

Frage	Firma				
	Brigade	Continental	Mekra	Motec	Orlaco
4.6.4.1 Latenz					
Ist die Latenz nach ISO 16505 kleiner als 200 ms? (siehe Abschnitt 4.5.4.2)	X	X	X	X	X
4.6.4.2 Farbe					
Entspricht die Farbdarstellung den Anforderungen der ISO 16505? (siehe Abschnitt 4.5.4.3)			-		-
4.6.4.3 Verfügbarkeit					
Sind die Anforderungen der ISO 16505 an die Verfügbarkeit eingehalten? (siehe Abschnitt 4.5.4.4)			X	X	-
Ist das System nach ISO 26262 gebaut? (siehe Abschnitt 4.5.4.4)	o	-	-	-	-
Kann ein Einfrieren des Bildes auf dem Monitor erkannt werden? (siehe Abschnitt 4.5.4.4)	X	X	X	X	X
4.6.4.4 Kontrast					
Werden die Kontrastwerte nach ISO 15008:2003 eingehalten? (siehe Abschnitt 4.5.4.5)	X			X	X
4.6.4.5 Tiefenschärfe					
Werden Werte für Tiefenschärfe nach UN/ECE-46-Entwurf eingehalten? (siehe Abschnitt 4.5.4.6)			X5		X
4.6.4.6 Flackern					
Hat das System (Kamera und Monitor) den Test nach UN/ECE-46-Entwurf bestanden? (siehe Abschnitt 4.5.4.7)		-	X5	-	X
4.6.4.7 EMV					
Besteht das System die Tests nach UN/ECE-Regelung 10? (siehe Abschnitt 4.5.4.8)	X	X	X	X	X

4.6.5 Notwendige Eigenschaften von Fahrzeugen zur Nutzung von KMS

4.6.5.1 Allgemeines

In dieser Studie zeigten sich bei Fahrzeugen verschiedene Eigenschaften, die einen Verbau von KMS begünstigen, erschweren oder verhindern. Die hier gelisteten Eigenschaften erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Mögliche Positionen, Sichtwinkel und erfasste Bereiche sowie alle Schwierigkeiten beim Verbau sollten Transportunternehmen mit den KMS vertreibenden Firmen vor dem Kauf absprechen. In diesem Projekt kamen mehrere Transportunternehmen nicht für den Test in Frage, da an ihren Fahrzeugen ein Verbau nicht möglich war. Die Abschnitte 4.6.5.3 und 4.6.5.4 beschreiben die im Projekt beobachteten Probleme.

4.6.5.2 Positionen für den Verbau von Kameras generell

Kameras, welche die rechte Seite abdecken, sind häufig an den Außenspiegeln oder in deren Nähe befestigt. Möglich sind auch weitwinklige Kameras in der Mitte der Lkw-Seite oder Kameras, die von hinten nach vorne ausgerichtet sind.

Weitwinklige Kameras, welche die Seite und den Bereich vor dem Lkw abdecken, werden an der vorderen rechten Kante des Lkw befestigt.

Bei den möglichen Positionen sind ihre Vor- und Nachteile zu bedenken. Je höher eine Kamera angebracht ist, desto besser ist sie in der Regel vor Verschmutzung, Steinschlag und Vandalismus geschützt. Gleichzeitig hat sie damit einen steileren Blickwinkel auf Personen, die direkt neben dem Lkw stehen, und ist teilweise nicht mehr einfach für eventuelle Enteisung und Reinigung zu erreichen.

An der Seite der Kabine befestigte Kameras lassen sich in der Regel auch in größerer Höhe aus dieser Kabine heraus gefahrlos erreichen, um sie zu reinigen und zu enteisen.

Im Test hat das IFA eine Kamera vorne rechts, nahe über dem Fahrtrichtungsanzeiger angebracht. Da dieser im Blickfeld der Kamera war und das Bild an dieser Stelle nicht maskiert wurde, führte das für die Fahrzeugführenden nachts zu erheblichen Beeinträchtigungen.

Im Onlinetest berichtete eine fahrzeugführende Person, dass ihre Kamera am Heck durch die Verwirbelungen der Luft stark verschmutzt und sie diese aufgrund deren Höhe schlecht erreichen und somit schlecht reinigen könne.

4.6.5.3 Verbau an Gefahrguttransportern

Bei Gefahrguttransportern ist unter Umständen kein zerstörendes Arbeiten zulässig. Dies erschwert das Anbringen von KMS, da für die Verlegung von Kabeln regelmäßig vorhandene Teile verändert, z. B. durchbohrt, werden.

Für Kameras, die am Auflieger montiert werden müssen, muss dieser unter Umständen erweitert werden. Bei Gastransportern müssen z.B. um den Behälter zusätzliche Streben angebracht und Befestigungspunkte für die Kameras geschaffen werden. Dies ist aber in der Regel nicht zulässig oder nur schwierig durchführbar, da die Integrität des Behälters nicht gefährdet werden darf.

Unter Umständen ist es auch nicht zulässig, zusätzliche stromführende Teile zu verbauen.

4.6.5.4 Verbau an Leasingfahrzeugen

Bei Leasingfahrzeugen ist in der Regel nur ein zerstörungsfreier Anbau zugelassen. Dies war für einige der getesteten Systeme möglich, andere schieden hierdurch aus. Die möglichen Positionen, an denen sich Kameras zerstörungsfrei fest montieren lassen, sind am Fahrzeug eingeschränkt. In der Regel sind dies die vorhandenen Arme der Spiegel.

4.6.5.5 Verbau an Fahrzeugen mit wechselnden Anhängern

Hat ein Fahrzeug wechselnde Hänger, ist es meist nicht praktikabel, diese mit fest verdrahteten Kameras am Hänger auszustatten. Lösungen hierfür existieren allerdings.

Kameras lassen sich über Funk mit der Kabine verbinden. Dann ist auch das Wechseln von Hängern möglich. Allerdings müssen dann alle Hänger mit Kameras ausgestattet werden; dies ist jedoch nur für eine begrenzte Zahl von wechselnden Hängern sinnvoll. Unter Umständen stehen diese Hänger längere Zeit bei der Kundschaft des Transportunternehmens und werden hier als zusätzliche Lagerräume genutzt. Fest verbaute Kameras sind hier ein unnötiger Kostenfaktor.

Eine weitere Lösung bieten KMS, bei denen die Kamera mit einem Magnetfuß und eigener Stromversorgung (Batterie) ausgestattet ist und ihre Bilder per Funk an den Monitor schickt. Diese Kameras können bei Bedarf befestigt werden und liefern dann ein Bild in die Kabine.

Da sich diese Studie hauptsächlich auf die Abbiegeproblematik konzentriert, für die für solche Fahrzeuge andere Lösungen existieren, hat das IFA diese Systeme nicht getestet.

Einen Sonderfall stellen 360°-Systeme dar. Diese Systeme benötigen eine Kamera an allen vier Seiten des Lkw. Im Test hat das IFA ein 360°-Bird's-Eye-View-System an einem Lkw mit wechselnden Hängern verbaut. Dabei ließ das IFA die Kamera am Heck weg und montierte die seitlichen Kameras an der Kabine. Damit ließ sich das System noch als 270°-System nutzen und erweiterte die Übersicht beim Abbiegevorgang.

4.6.5.6 *Verbau an Fahrzeugen mit wechselnden Aufbauten/Wechselbehältern*

Bei diesen Fahrzeugen ist am Heck eventuell ein Verbau einer Kamera am Fahrzeuggestell möglich, dies allerdings nur in niedriger Höhe.

Eine weitere Lösung ist wie in Abschnitt 4.6.5.5 beschrieben eine Funkkamera mit Magnetfuß.

4.7 Kosten eines KMS

Beim nachträglichen Einbau eines KMS fallen für Transportunternehmen drei Kostenpunkte an. Der erste ist der Aufwand selbst bzw. die Ausfallzeit des Lkw während des Einbaus. Die zwei weiteren Punkte sind die Kosten für das System und die für dessen Einbau.

Der zeitliche Aufwand und die Kosten beim Einbau lassen sich nur abschätzen. Teilweise verfügen Fahrzeuge über Leerrohre, die eine nachträgliche Verlegung von Kabeln vereinfachen. Andere Fahrzeuge haben wiederum an den Positionen, an denen die Kameras befestigt werden sollen, keine Haltepunkte, sodass diese erst montiert werden müssen. Die hier gemachten Angaben bestehen aus denen der im Projekt beteiligten KMS herstellenden Betriebe und den im Projekt gesammelten Erfahrungen beim Verbau der Systeme im Test.

Der Verbau eines einfachen Systems, bestehend aus zwei Kameras und einem Monitor, ist in der Regel an einem Tag erledigt. Teilweise lässt sich dies in der Stammwerkstatt des Transportunternehmens durchführen und der Termin für andere Reparaturen mitnutzen.

Der Einbau eines aufwändigeren Systems, z. B. eines 360°-Bird's-Eye-View-Systems, erfordert eine Kalibrierung des Systems. Dies müssen in der Regel speziell dafür ausgerüstete Werkstätten durchführen. Hier ist mit mindestens einem Tag Ausfallzeit zu rechnen.

Die Kosten für ein einfaches System liegen bei ca. 850 € für zwei Kameras und einen Monitor. Die Einbaukosten liegen in einer Größenordnung von ca. 400 € bis 1.150 €. Somit sind, je nach System und Aufwand, Kosten von ca. 1.250 € bis ca. 2.000 € zu erwarten.

Die Kosten für ein 360°-Bird's-Eye-View-System oder Surround-View ohne Verbau liegen bei bis zu ca. 1.700 €. Die Systeme am Markt unterscheiden sich in ihrem Funktionsumfang, Installationsumfang und Preis. Bei einem 360°-Surround-View-System entfällt z. B. die Kalibrierung. Inklusive Einbau sind für ein einzelnes 360°-System Kosten zwischen 2.500 € und 4.200 € realistisch. Bei der Auswahl von günstigeren Systemen – z. B. als 270°-Bird's-Eye-View-Ausführung mit nur drei Kameras – und dem gleichzeitigen Verbau in einer Reihe gleicher Fahrzeuge lässt sich der Kalibrierungsaufwand unter Umständen so weit reduzieren, dass ein Komplettpreis von ca. 2.100 € möglich wird.

4.8 Ausblick

Die in Abschnitt 4.5 vorgestellten notwendigen Eigenschaften der Systeme zum Ersatz der Spiegel hat, wie in Abschnitt 4.6 dargestellt, bereits ein Großteil der herstellenden Betriebe erfüllt. Alle beteiligten Firmen haben angekündigt, an KMS zu arbeiten, die Haupt- und Weitwinkelspiegel ersetzen können. Für Front- und Anfahrspiegel sind bereits entsprechende KMS auf dem Markt.

Mit einer Markteinführung der neuen Systeme ist nach der Verabschiedung der neuen UN/ECE-Regelung 46 Version 06 zu rechnen.

Parallel gibt es Forschungen an weiteren Verbesserungen der KMS:

Abschnitt 4.5.2.3 beschreibt, dass sich eine Kamera mit großem Blickfeld virtuell schwenken lässt. Gleichzeitig sind Systeme in der Entwicklung, bei denen die Kameras mit dem Hänger mechanisch mitschwenken.

Abschnitt 4.5.5.7 zeigt, dass Forscher an einer Verfolgung des Augenpunktes bzw. des Kopfes der fahrerführenden Person arbeiten, um das Blickfeld dynamisch an deren Position anzupassen.

Für einige Systeme existieren bereits Hervorhebungen im Bild, die den Fahrer z. B. anzeigen, an welcher Stelle ihr Fahrzeug endet. Dies ist vor allem bei stark verzerrter Ansicht hilfreich. Auch dynamische Hervorhebungen, die z. B. erkannte Hindernisse oder die Fahrspur anzeigen, existieren bereits im Automobilbereich [84]. Ein Ziel ist es hierbei für Lkw, den Bereich hervorzuheben, den der Auflieger in der Kurve überfährt.

Systeme, die zuverlässig zu Fuß gehende und Rad fahrende Personen erkennen, sogenannte Abbiegeassistenten, sind seit mehr als zehn Jahren in der Entwicklung (2004) [14]. Die aktuellen Entwicklungen in diesem Bereich verwenden unterschiedliche Sensoren, aber auch an reinen KMS-Lösungen wird gearbeitet. Vorbild ist hierfür die Programmierschnittstelle von Microsoft [85], die es seit 2011 auch unabhängigen Forschenden erheblich vereinfacht, Personen mit Sensoren zu erkennen [86].

Für die Aufnahme von Bildern mit sehr unterschiedlichen Helligkeitsstufen, ein in Abschnitt 4.5.2.6.1 beschriebenes und in Abschnitt 4.5.6.6 dargestelltes Problem, haben Forschende im Jahr 2015 ein neues Aufnahmeverfahren [87] vorgestellt, das diesen Nachteil nicht mehr hat. Sobald dieses System in der Praxis verfügbar ist, sollten die geschilderten Probleme stark reduziert sein.

5 Möglichkeiten einer Umsetzung der Ergebnisse in der Praxis

5.1 Umsetzung der Ergebnisse

In diesem Projekt hat das IFA verschiedene Ergebnisse erarbeitet. Die Untersuchungen, speziell im Rahmen der Fragebögen, haben Fragen beantwortet und Grundlagen für weiterführende Untersuchungen gelegt. Aus den Erkenntnissen und den Untersuchungen zu den notwendigen Eigenschaften von KMS ist eine Checkliste (siehe Kapitel 9) entstanden, an der sich herstellende Betriebe solcher Systeme messen lassen. Damit erhalten Unternehmen, die ein KMS erwerben wollen, Informationen dazu, welche Systeme die zukünftigen Anforderungen bereits heute abdecken.

Gleichzeitig liefert das Projekt den Transportunternehmen eine Anzahl an Tests, die sie mit einfachen Mitteln selbst durchführen und anhand derer sie KMS einschätzen können. Damit lassen sich zukünftig KMS, für die keine anderen Daten vorliegen, miteinander vergleichen. Auch diese Tests sind in die Checkliste eingegangen, sodass sich schnell erkennen lässt, an welcher Stelle Transportunternehmen eigene Tests durch Angaben des herstellenden Betriebs ersetzen kann.

5.2 Zusammenfassende Bewertung und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse der KMS-Befragung aus Abschnitt 4.4.3 zeigen, dass KMS den Fahrzeugführenden bereits heute in den meisten Fällen eine Hilfe sind und sie diese in der Praxis in der Regel gut annehmen.

KMS haben nicht nur den Vorteil der freien Platzierung, wodurch sich größere Bereiche als mit Spiegeln abdecken lassen, sowie den Vorteil, dass ein Monitorbild mehrere Bereiche gleichzeitig darstellen kann. Dank der Nachbearbeitung von Bildern, z. B. Anpassung der Helligkeit im Bild, können sie zudem bessere Ergebnisse erzielen als Spiegel.

Ein großer Nachteil von KMS, der auch in naher Zukunft weiter bestehen wird, ist mit der Altersweitsichtigkeit der Menschen verbunden. Spiegel lenken den Blick um und zeigen somit weiterhin ein entferntes Bild. Monitore zeigen ein Bild dort, wo sie platziert sind. Somit ist es wichtig, dass sich alle Beteiligten beim Einbau eines KMS bei der Platzierung des Monitors Gedanken um Altersweitsichtigkeit machen, damit später alle Altersgruppen das Fahrzeug bedienen können.

Die in Abschnitt 4.6 dargestellten Eigenschaften der verfügbaren Systeme zeigen, dass KMS derzeit die notwendigen Eigenschaften für einen kompletten Ersatz von Spiegeln für Haupt- und Weitwinkelspiegel noch nicht erfüllen. Gleichzeitig ist zu erkennen, dass für ein vollständiges Erreichen der notwendigen Eigenschaften keine großen technischen Neuerungen mehr notwendig sind. Nach Anpassung der gesetzlichen Vorgaben und bei wachsendem Interesse an solchen Systemen wird es bis zur Verfügbarkeit voraussichtlich nicht lange dauern.

6 Literatur

- [1] Wikipedia: Akkomodation (Auge)
https://de.wikipedia.org/wiki/Akkommodation_%28Auge%29#Akkommodationsbreite
29.01.2016
- [2] Akkommodation und Presbyopie
Teil 1: Physiologie der Akkommodation und Entwicklung der Presbyopie
M. Baumeister, T. Kohnen; Springer; 14.6.2008
<http://link.springer.com/article/10.1007/s00347-008-1761-8>
- [3] 2003/97/EG
Typgenehmigung von Einrichtungen für indirekte Sicht und von mit solchen Einrichtungen ausgestatteten Fahrzeugen
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32003L0097>
- [4] 71/127/EWG
Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Rückspiegel von Kraftfahrzeugen
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:31971L0127>
- [5] EURichtlinienSichtfeldklassen
Mekra Lang; 28.07.2008
http://www.mekra.de/fileadmin/upload_images/FE_images/PRODUKTE/EU-Umruestung/EURichtlinienSichtfeldklassen.pdf
- [6] Zukünftig fahren Lkw ohne Außenspiegel
nextDrive.de; 20.8.2015
<http://nextdrive.de/zukuenftig-fahren-Lkw-ohne-aussenspiegel/>
- [7] Regelung Nr. 46 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE)
— Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Einrichtungen für indirekte Sicht und von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Anbringung solcher Einrichtungen
Amtsblatt der Europäischen Union; 8.8.2014
http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX_%3A42014X0808_%2802%29
- [8] IGCMS-II final Informal Document
Proposal for a draft Supplement to the 04 series of amendments to Regulation No. 46 (Devices for indirect vision)
29.09.2015
<https://www2.UN/ECE.org/wiki/display/trans/IGCMS-II+final+Informal+Document>
- [9] Exkurs: Der "tote Winkel"
ADFC: Es gibt keinen „Toten Winkel“ an schweren Lkw.
ADFC Berlin; 04.05.2015
<http://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/121-fahrradunfaelle-in-berlin-unfallstatistik/222-exkurs-der-tote-winkel.html>
- [10] Verursacher und Opfer von Radunfällen mit Todesfolge
ADFC Berlin; 04.05.2015
<http://adfc-berlin.de/radverkehr/sicherheit/information-und-analyse/121-fahrradunfaelle-in-berlin-unfallstatistik/217-verursacher-und-opfer-von-radunfaellen-mit-todesfolge.html>
- [11] Handbook of Camera Monitor Systems
A. Terzis (Ed.), Springer, 17.03.2016, ISBN: 978-3-319-29609-8
Chapter: Camera Monitor Systems optimized on human cognition - Fundamentals of Optical Perception and Requirements for Mirror Replacements in Commercial Vehicles
A. Zaindl
- [12] Analyse von Sichteinschränkungen im Fahrzeug
W. M. Remlinger, 29.10.2012, Technische Universität München
<https://mediatum.ub.tum.de/doc/1118731/1118731.pdf>
- [13] Abbiege-Assistenzsystem für Lkw - Grundlagen eines Testverfahrens
B. Schreck, P. Seiniger; BAST-Bericht F 104, 2015
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2015/1222/>

- [14] Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw
W. Niewöhner, F. A. Berg; BASt-Bericht, 2004;
<http://bast.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2011/292/>
- [15] Camera-Monitor Systems as a Replacement for Exterior Mirrors in Cars and Trucks
E. A. Schmidt, et al.; BASt, 22.01.2015
https://www2.UN/ECE.org/wiki/download/attachments/25264588/IGCMS-II-07-17%20BASt%20Final_Report_CMS.PDF
- [16] Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge (Rahmenrichtlinie)
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32007L0046>
- [17] Is this retina?
<http://isthisretina.com/>
- [18] Blooming – Wikipedia 09.02.2016
<https://de.wikipedia.org/wiki/Blooming>
- [19] Beugung (Physik) – Wikipedia 09.02.2016
https://de.wikipedia.org/wiki/Beugung_%28Physik_%29
- [20] Diffraction, Aperture, and Starburst Effects, 09.02.2016
<https://www.srlounge.com/school/diffraction-aperture-and-starburst-effects/>
- [21] Wetterrekorde in Deutschland
Deutscher Wetterdienst (DWD)
http://www.dwd.de/SharedDocs/broschueren/DE/presse/wetterrekorde.pdf?__blob=publicationFile&v=9
- [22] Temperaturextrema – Wikipedia (12.02.16)
<https://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturextrema>
- [23] Sharpness: What is it and how is it measured? (12.02.2016)
<http://www.imatest.com/docs/sharpness/>
- [24] Flimmerverschmelzungsfrequenz – Wikipedia (12.02.2016)
<https://de.wikipedia.org/wiki/Flimmerverschmelzungsfrequenz>
- [25] DIN EN ISO 9241-302:2009
Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 302: Terminologie für elektronische optische Anzeigen
<http://www.beuth.de/de/norm/din-en-iso-9241-302/103588159>
Engl., frei: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-302:ed-1:v1:en>
- [26] UN/ECE-Regelung 10
Agreement Concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these Prescriptions
<http://www.UN/ECE.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html>
- [27] ISO 16505:2015
Road vehicles – Ergonomic and performance aspects of Camera Monitor Systems – Requirements and test procedures
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=56896
- [28] DIN IEC/TS 61496-4-2:2015-06
Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen – Teil 4-2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, die bildverarbeitende Schutzeinrichtung (VBPD) verwenden – Zusätzliche Anforderungen bei Verwendung von Testmusterverfahren
<https://www.beuth.de/de/vornorm/din-iec-ts-61496-4-2/230760471>
- [29] Spencer, L., Jakobsen, M., Shah, S. and Cairns, G. (2013), Minimum required angular resolution of smartphone displays for the human visual system. Journal of the Society for Information Display, 21: 352-360. doi: 10.1002/jsid.186
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsid.186/abstract>

- [30] Sehschärfe – Wikipedia 16.02.16
[https://de.wikipedia.org/wiki/Sehsch %C3 %A4rfe#Vergleichswerte f.C3.BCr Winkel-Minuten](https://de.wikipedia.org/wiki/Sehsch%C3%A4rfe#Vergleichswerte_f.C3.BCr_Winkel-Minuten)
- [31] Vernier acuity – Wikipedia 16.02.16
https://en.wikipedia.org/wiki/Vernier_acuity
- [32] Visual Acuity ↔ Hyperacuity
 Visual Phenomena & Optical Illusions by Michael Bach
 16.02.16
<http://www.michaelbach.de/ot/lum-hyperacuity/index.html>
- [33] UN/ECE-Regelung Nr. 125 Rev. 2
 Uniform provisions concerning the approval of motor vehicles with regard to the forward field of vision of the motor vehicle driver
<http://www.UN/ECE.org/trans/main/wp29/wp29regs121-140.html>
- [34] Glanzmessung
 ZEHNTNER Testing Instruments
http://www.zehntner.com/download/prospekt_intro_gloss_d_e.pdf
- [35] SPSS – Wikipedia 18.02.16
<https://de.wikipedia.org/wiki/SPSS>
- [36] Marktbeobachtung Güterverkehr
 Auswertung der Arbeitsbedingungen in Güterverkehr und Logistik 2015-I
 – Fahrerberufe –
 Bundesamt für Güterverkehr
https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Marktbeobachtung/Turnusberichte_Arbeitsbedingungen/SB_5D_%202015_Fahrerberufe.html
- [37] Alle politisch selbständigen Gemeinden mit ausgewählten Merkmalen am 31.03.2015 (1. Quartal)
 Destatis – Statistisches Bundesamt
<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnisse/Administrativ/Archiv/GVAuszugQ/AuszugGV1QAktuell.html>
- [38] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)
 Anhang 1 (zu § 6 Absatz 1 Satz 2)
 Besondere Vorschriften für bestimmte Arbeitsmittel
http://www.gesetze-im-internet.de/betr_sich_v_2015/anhang_1.html
- [39] ISO 26262-1 bis 12
 Road vehicles – Functional safety
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=43464
- [40] ISO 2813
 Paints and varnishes – Determination of gloss value at 20 degrees, 60 degrees and 85 degrees
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=56807
- [41] ISO 15008:2009
 Road vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Specifications and test procedures for in-vehicle visual presentation
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=50805
- [42] ISO 15008:2003
 Road vehicles – Ergonomic aspects of transport information and control systems – Specifications and compliance procedures for in-vehicle visual presentation
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=34886
- [43] ISO 16750-3:2012
 Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 3: Mechanical loads
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=58049

- [44] ISO 16750-4:2010
Elektrische und elektronische Kraftfahrzeugausrüstung – Umgebungsbedingungen – Teil 4:
Klimatische Beanspruchungen
Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment
– Part 4: Climatic loads
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=46043
- [45] 13201 Planungshilfe
Licht für Europas Straßen
Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen nach DIN EN 13 201
TRILUX GmbH & Co. KG, April 2005, Arnsberg
https://www.trilux.com/fileadmin/Downloads/33_3_Europas_Strassen-D_02.pdf
- [46] ISO 16750-5:2010
Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment
– Part 5: Chemical loads
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=46042
- [47] Geschwindigkeiten, Verzögerungen und Beschleunigungen nicht motorisierter,
ungeschützter Verkehrsteilnehmer am Beispiel Fahrrad und Inlineskates
Bulla, 2004, Fachhochschule München
Diplomarbeit
http://www.gutax.de/Diplomarbeit_Manfred_Bulla.pdf
- [48] Richtlinie 2005/27/EG der Kommission
vom 29. März 2005
zur Änderung der Richtlinie 2003/97/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über
die Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für die Typgenehmigung von
Einrichtungen für indirekte Sicht und von mit solchen Einrichtungen ausgestatteten
Fahrzeugen im Hinblick auf die Anpassung an den technischen Fortschritt
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32005L0027>
- [49] Wide Dynamic Range – Challenges and solutions
Axis Communications AB, 2014
http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_wide_dynamic_range_58576_en_1406_lo.pdf
- [50] Kamera-Elektronik
Vision Doctor – Industrielle Bildverarbeitung gelöst (Abruf 16.03.16)
<http://www.vision-doctor.de/kamera-grundlagen/kamera-elektronik.html>
- [51] Richtlinie 72/245/EWG des Rates vom 20. Juni 1972 zur Angleichung der
Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Funkentstörung von Kraftfahrzeugmotoren
mit Fremdzündung
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:31972L0245>
- [52] Visual hyperacuity
Scholarpedia – 18.03.16
http://www.scholarpedia.org/article/Visual_hyperacuity
- [53] Taschenatlas Physiologie
Stefan Silbernagl, Agamemnon Despopoulos; Georg Thieme Verlag, 2007
<https://books.google.de/books?id=0ONH04MaYpsC>
- [54] BAuA-Projekt F 2310 – Untersuchungsergebnisse zum Pupillenreflex – Vortrag
Dipl.-Ing. Dirk Beckmann, M.Sc.; Fachhochschule Köln, 16.09.2013
http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Optische-Strahlung/pdf/Blendung-2013-4.pdf?_blob=publicationFile&v=2
- [55] Light & Dark Adaptation in human vision
James T. Fulton; Processes in Biological Vision, Vision Concepts, 2000
<http://neuronresearch.net/vision/files/adaptation.htm>
- [56] Überwachungskamera sieht durch Nebel und Dunkelheit
L. Diggelmann; Pctipp.ch, 20.11.2014
<http://www.pctipp.ch/news/fotografie/artikel/ueberwachungskamera-sieht-durch-nebel-und-dunkelheit-81348/>

- [57] Wärmebildkamera – Zivile Anwendung
Wikipedia – 23.03.2016
[https://de.wikipedia.org/wiki/W %C3 %A4rmebildkamera#Zivile Anwendung](https://de.wikipedia.org/wiki/W%C3%A4rmebildkamera#Zivile_Anwendung)
- [58] Neue Technologie: Terroristen im Nebel erkennen
D. Frick; Israelnetz, 12.02.2016
<http://www.israelnetz.com/sicherheit/detailansicht/aktuell/neue-technologie-terroristen-im-nebel-erkennen-94992/>
- [59] ISO 20653:2013
Straßenfahrzeuge – Schutzarten (IP-Code) – Schutz gegen fremde Objekte, Wasser und Kontakt – Elektrische Ausrüstungen
Road vehicles – Degrees of protection (IP code) – Protection of electrical equipment against foreign objects, water and access
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=58048
- [60] Auge – Brille – Refraktion: Schober-Kurs: verstehen – lernen – anwenden
B. Lachenmayer et al.; 4. Auflage, 2006 Georg Thieme Verlag
(Abb. 1.29)
<https://books.google.de/books?id=mEDSuIv08X0C>
- [61] Orthoptik
H. G. Bredemeyer, K. Bullock; Walter de Gruyter & Co. 1977
(Tab. 1)
https://books.google.de/books?id=6OrxG1nc_6cC
- [62] Die sichere Verwendung mobiler Navigationsgeräte
Internet-Merkblatt Verkehrspolizei 30.7.2012 / JI
Stadt Zürich, Stadtpolizei Zürich; 2012
[https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/pd/Deutsch/Stadtpolizei/Weitere %20Dokumente/VP/naviext.pdf](https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/pd/Deutsch/Stadtpolizei/Weitere%20Dokumente/VP/naviext.pdf)
- [63] Glare-Type-Display
Wikipedia, Stand 30.03.2016
<https://de.wikipedia.org/wiki/Glare-Type-Display#Besonderheiten>
- [64] NKK's Extended Life OLED SmartSwitch Honored as Finalist For Design News' Golden Mousetrap Award
Market Wired, 11.04.2011
<http://www.marketwired.com/press-release/nkks-extended-life-oled-smartswitch-honored-as-finalist-for-design-news-golden-mousetrap-1500907.htm>
- [65] Latency in live network video surveillance
Axis Communications AB, 2015
http://www.axis.com/files/whitepaper/wp_latency_live_netvid_63380_external_en_1504_lo.pdf
- [66] Schärfentiefe
Wikipedia, Stand 1.4.2016
[https://de.wikipedia.org/wiki/Sch %C3 %A4rfentiefe](https://de.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%A4rfentiefe)
- [67] Bildwiederholffrequenz für TFT-Monitore – Infos zum Artikel
c't, Heise Medien GmbH & Co. KG, 1.1.2001
<http://heise.de/-309346>
- [68] The first 855 “Banana Skins”
K. Armstrong; Cherry Clough Consultants Ltd, 30.12.2014
Fall Nr. 305, 524, 677 und 313, 382, 394
[http://www.compliance-club.com/pdf/banana %20skins.pdf](http://www.compliance-club.com/pdf/banana%20skins.pdf)
- [69] EMM-Check ...the next generation of visibility field analysis!
Version 4.1.0.0; REKNOW GmbH & Co. KG
<http://www.reknow.de/index.php?menu=11>
- [70] ISO deliverables
Abgerufen am 20.04.2016
http://www.iso.org/iso/home/standards_development/deliverables-all.htm

- [71] DIN EN 60529:2014-09
Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529:1989 + A1:1999 + A2:2013); Deutsche Fassung EN 60529:1991 + A1:2000 + A2:2013
<https://www.beuth.de/de/norm/din-en-60529/206456159>
- [72] LimeSurvey
LimeSurvey GmbH
<https://www.limesurvey.org/de/>
- [73] The Psychology of Driving
Graham Hole, 2007, Mahwah, New Jersey
ISBN: 0-8058-5978-0
https://books.google.de/books?id=MJX_AwAAQBAJ
- [74] 40 Jahre Kollisionsprävention – Produkt Katalog 2016
Brigade Electronics Group plc
http://www.brigade-electronics.com/uploads/footer_assets/German_Catalogue_16.pdf
- [75] Eurofins Product Testing – Certification e-Mark
Abgerufen am 03.05.2016
<http://www.eurofins.com/product-testing-services/services/certification/market-european-union/e-mark-automotive-electromagnetic-compatibility-directive.aspx>
- [76] Original Equipment for the aftermarket – Spiegel- und Kamerasysteme
MekraLang 2016/2017
http://www.mekra.de/fileadmin/upload_images/FE_images/OEFFENTLICHKEIT/Downloads/Kataloge/Handelskatalog2016.pdf
- [77] Bedienungsanleitung/Technische Daten – CMOS Farbkamera MCC-5015 - MCC-5024
MekraLang
- [78] Anbau- und Bedienungsanleitung – MEKRA Color Monitor [Standard / SurroundView]
MekraLang
Version 1.2 Date 07/2015
- [79] Product Data – Camera HMOS 180° DigiCoax, Article no. 0185510
Orlaco, 2016
- [80] Product Data – Monitor HLED 10” 1 MRB, Article no. 0224000
Orlaco, 2016
- [81] Philips PM5544
Wikipedia – abgerufen am 06.05.2016
https://en.wikipedia.org/wiki/Philips_PM5544
- [82] Die ungesicherte Rückwärtsfahrt des Müllwerkers
Thomas Wilrich, 2015, BPUVZ Ausgabe 07+08/2015, Seite 359
<http://www.bepdigital.de/ce/bpuvz-zeitschrift-fuer-betriebliche-praevention-und-unfallversicherung-ausgabe-07-08-2015/ausgabe.html>
- [83] Zahlen-Daten-Fakten aus Spedition und Logistik 2014/2015
DSLVL Deutscher Speditions- und Logistikverband e. V., 2015
http://www.dslv.org/dslv/web.nsf/id/pa_de_zdf.html
- [84] Aus Freude am Surfen – ConnectedDrive von BMW im Praxis-Test
H.-C. Dirscher, PC Welt, Auto & Technik, 12.10.2014
http://www.pcwelt.de/produkte/ConnectedDrive_von_BMW_im_Praxis-Test-Aus_Freude_am_Surfen-7904111.html
- [85] Kinect API Overview
Microsoft, abgerufen am 17.05.2016
<https://msdn.microsoft.com/en-us/library/dn782033.aspx>
- [86] Kinect – History
Wikipedia, abgerufen am 17.05.2016
<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect#History>
- [87] Unbounded High Dynamic Range Photography using a Modulo Camera
H. Zhao et al., International Conference on Computational Photography 2015, Houston, TX
<http://web.media.mit.edu/~hangzhao/modulo.html>

- [88] Unfalltypen-Katalog – Leitfaden zur Bestimmung des Unfalltyps
Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V., Januar 2016
<http://udv.de/de/publikationen/broschueren/unfalltypen-katalog>
- [89] Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle
(Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz – StVUnfStatG)
Ausfertigungsdatum: 15.06.1990
https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/stvunfstag_1990/gesamt.pdf
- [90] Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)
§32 Abmessungen von Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen
https://www.gesetze-im-internet.de/stvzo_2012/BJNR067910012.html

7 Glossar

Abkürzung	Bedeutung
3D	Dreidimensional
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club e. V.
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BG Verkehr	Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation
Bird's-eye View	Eine Sicht des Fahrzeugs von oben, bei der das Fahrzeug meist in der Mitte des Bildschirms positioniert ist.
Brigade	Brigade Elektronik GmbH
B x H	Breite mal Höhe
CCD-Sensor	charge-coupled device: Ein Sensor aus lichtempfindlichen Fotodioden, die zeilenweise ausgelesen werden
CMOS-Sensor	complementary metal-oxide-semiconductor: Ein Sensor aus lichtempfindlichen Fotodioden, die alle direkt ausgelesen werden können
Continental	Continental Trading GmbH/Continental Automotive GmbH
dB	Dezibel
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DIN	Deutsches Institut für Normung
DIS	Draft International Standard: Standardentwurf
EG	Europäische Gemeinschaft
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
Fps	Frames per second (Bilder pro Sekunde)
GIDAS	German In-Depth Accident Study
HDR/WDR	High Dynamic Range/Wide Dynamic Range
Hz	Hertz: Einheit der Frequenz – 5 Hz = fünf pro Sekunde
IAG	Institut für Arbeit und Gesundheit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
IEC Norm	Von der International Electrotechnical Commission veröffentlichte Norm
IFA	Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
IP	International Protection/Ingress Protection: Schutz gegen das Eindringen von Fremdkörpern und Wasser
ISO	International Organization for Standardization
KEP-Fahrzeuge	Kurier-, Express-, Paket-Fahrzeuge
KMS	Kamera-Monitor-System
LCD	liquid crystal display: Flüssigkristallanzeige
LED	light-emitting diode: Leuchtdiode
Lkw	Lastkraftwagen
LUIS	LUIS Technology GmbH
Mekra	Mekra Lang GmbH & Co. KG/MEKRAtronics GmbH
Motec	Motec GmbH
MTF10	modular transfer function
OLED	organic light emitting diode: organische Leuchtdiode
Orlaco	Orlaco GmbH
SPSS	ursprüngliche Bedeutung: Statistical Package for the Social Sciences – heute als Eigenname eines Programms zur statistischen Auswertung von Daten genutzt [35]
StVUnfStatG	Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz
TFT-Bildschirm	Thin-film transistor-Display

Abkürzung	Bedeutung
TR	technical report: technischer Bericht – ein informatives Dokument, das eine andere Art von Informationen enthält als die, die normalerweise in einem normativen Dokument stehen [70]
TS	technical specification: technische Spezifikation – ein normatives Dokument das den technischen Konsensus innerhalb eines ISO Komitees repräsentiert [70]
UN/ECE	United Nations Economic Commission for Europe
Fps	Frames per Second: Bilder pro Sekunde

8 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

8.1 Abbildungen

Abbildung 1: Sichtfeld berechnet für Front- und Anfahrspiegel in 1 m Höhe (siehe Abschnitt 4.3.2) Bild aus: EMM-Check von REKNOW [69]; farbige Umrandungen der gesetzlichen Bereiche und „B“: IFA Blau: Frontspiegel Rot: Anfahrspiegel Hellgrün: Hauptspiegel Grün: Weitwinkelspiegel B: Nicht einsehbarer Bereich auf 1 m Höhe, in dem Fahrzeugführende keine direkte oder indirekte Sicht haben	12
Abbildung 2: Vier Verkehrssituationen mit der Anforderung Rechtsabbiegen oder Geradeausfahren	20
Abbildung 3: Eine Kreuzungssituation, links mit grüner Ampel und Linksabbiegen, rechts mit grüner Ampel und Rechtsabbiegen.....	21
Abbildung 4: Zwei Kreuzungssituationen, links inklusive Linksabbiegen, rechts nur mit Geradeausfahren und Rechtsabbiegen.....	21
Abbildung 5: Unfalltyp-Nummern häufiger Unfallszenarien zwischen Lkw und Rad-Fahrenden.....	26
Abbildung 6: Unfallszenarien zwischen Lkw und Rad-Fahrenden beim Rechtsabbiegen, nach BASt [13]	27
Abbildung 7: Sichtfelder nach Richtlinie 2003/97/EG [3] sowie nach der UN/ECE-Regelung 46 [7]; Sichtfeldgruppe I (Innenspiegel) ist beim Lkw nicht vorhanden, Sichtfeldgruppe III (Hauptaußenrückspiegel) ist durch Sichtfeldgruppe II ersetzt.	28
Abbildung 8: Überprüfung der gesetzlichen Anforderungen an das Sichtfeld gegen einen generischen Lkw mit Standardspiegeln auf Höhe des Bodens Bild aus: EMM-Check von REKNOW [69]; farbige Umrandungen der gesetzlichen Bereiche: IFA Blau: Frontspiegel Rot: Rampenspiegel Hellgrün: Hauptspiegel Grün: Weitwinkelspiegel.....	29
Abbildung 9: Sichtfeld berechnet für Front- und Anfahrspiegel in 1 m Höhe Bild aus: EMM-Check von REKNOW [69]; farbige Umrandungen der gesetzlichen Bereiche und „B“: IFA Blau: Frontspiegel Rot: Anfahrspiegel Hellgrün: Hauptspiegel Grün: Weitwinkelspiegel B: Nicht einsehbarer Bereich auf 1 m Höhe, in dem Fahrzeugführende keine direkte oder indirekte Sicht haben	30
Abbildung 10: Landolt-C-Ring links und Vernier-Linien rechts	31
Abbildung 11: Situation: Das Fahrrad wird erst im Moment des Abbiegens wahrgenommen.....	33
Abbildung 12: Sichtfelder nach Richtlinie 2003/97/EG [3] sowie die UN/ECE-Regelung 46 [7] kombiniert mit dem blinden Bereich in 1 m Höhe (B) aus Abbildung 9 und den Bewegungsvektoren („Point of no return“ – rote Pfeile) von Fahrrädern aus den Daten der BASt [13] (kurz = 10 km/h, lang = 20 km/h).....	34
Abbildung 13: Links: Darstellung des „Point of no return“ aus Testfall 5 der BASt [13] Rechts: Testfall 5 (roter Pfeil) aus Abbildung 12.....	35
Abbildung 14: Altersstruktur der Teilnehmenden in der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch	37
Abbildung 15: Verteilung der Teilnehmenden der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch über die Postleitzahlengebiete im Vergleich zur Bevölkerungsverteilung der Bundesrepublik Deutschland (Quelle der Bevölkerungszahlen: Destatis [37]).....	38
Abbildung 16: Verteilung der Teilnehmenden nach Unternehmensgröße	38
Abbildung 17: Zusammenfassung der Ergebnisse der Befragung zu Aufmerksamkeit und Anspruch (Fehlerbalken stellen Standardabweichungen dar).....	39
Abbildung 18: Einzelantworten für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Geradeausfahren und beim Abbiegen nach rechts	40

Abbildung 19: Einzelantworten für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Geradeausfahren, beim Abbiegen nach rechts und beim Abbiegen nach links	40
Abbildung 20: Einzelantworten für Aufmerksamkeit und Anspruch beim Durchfahren einer grünen Ampel ohne Stopp gegenüber dem Weiterfahren nach Stoppen an einer roten Ampel ...	41
Abbildung 21: Einzelantworten für die Aufmerksamkeit und den Anspruch bei allen Fahrmanövern in Abhängigkeit zum angegebenen Alter der teilnehmenden Person	42
Abbildung 22: Aufteilung der Systeme in der KMS-Befragung	45
Abbildung 23: Verteilung der Altersstruktur in der KMS-Befragung.....	45
Abbildung 24: Verteilung der Teilnehmenden der KMS-Befragung über die Postleitzahlengebiete im Vergleich zur Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland (Quelle der Bevölkerungszahlen: Destatis [37]).....	46
Abbildung 25: Verteilung der Teilnehmenden nach Unternehmensgröße	46
Abbildung 26: Verteilung der Teilnehmenden auf Strecken innerorts, außerorts und innerbetrieblich	47
Abbildung 27: Auswertung der Antworten der Teilnehmenden zu verschiedenen Verkehrssituationen	47
Abbildung 28: Auswertung „Wo fahren die Teilnehmenden gerne/ungerne“, getrennt nach ihren Fahrstrecken.....	48
Abbildung 29: Auswertung der Antworten, geordnet nach Kategorien (Fehlerbalken stellen die Abweichungen des Mittelwerts der Kategorie zu den Abweichungen der Mittelwerte der einzelnen Fragen dar)	49
Abbildung 30: Antworten zur Dimension Stressreduktion, bezogen auf die Rückfahrkamera.....	50
Abbildung 31: Antworten zur Dimension Stressreduktion, bezogen auf die Abbiegekamera.....	50
Abbildung 32: Antworten zur Dimension Akzeptanz, bezogen auf die Rückfahrkamera	51
Abbildung 33: Antworten zur Dimension Akzeptanz, bezogen auf die Abbiegekamera.....	52
Abbildung 34: Antworten zur Dimension Nutzungsintensität, bezogen auf die Rückfahrkamera	53
Abbildung 35: Antworten zur Dimension Nutzungsintensität, bezogen auf die Abbiegekamera.....	53
Abbildung 36: Antworten zur Dimension Spiegelvorteil, bezogen auf die Rückfahrkamera	54
Abbildung 37: Antworten zur Dimension Spiegelvorteil, bezogen auf die Abbiegekamera	55
Abbildung 38: Antworten zur Dimension Ablenkung, bezogen auf die Rückfahrkamera.....	56
Abbildung 39: Antworten zur Dimension Ablenkung, bezogen auf die Abbiegekamera.....	56
Abbildung 40: Antworten zur Dimension Usability, bezogen auf die Rückfahrkamera.....	57
Abbildung 41: Antworten zur Dimension Usability, bezogen auf die Abbiegekamera	58
Abbildung 42: Mittelwerte und Standardabweichung zur Frage, ob das KMS zur Pflichtausstattung im Lkw gehören solle.	59
Abbildung 43: Verteilung der Antworten zur Frage, ob das KMS zur Pflichtausstattung im Lkw gehören solle.....	59
Abbildung 44: Verteilung der Anordnung der Monitore in der Kabine An jeder Position ist die Anzahl der Monitore, die zu einer Abbiegekamera (blau) einer Rückfahrkamera (grün) und die Gesamtzahl an Monitoren angegeben. Positionen ohne Zahlen wurden nicht genannt. Wo mehr Abbiege- und Rückfahrssysteme als Gesamtmonitore angegeben sind, wurden einzelne Monitore für beide Systeme genutzt.	60
Abbildung 45: Größe der Monitore der in der KMS-Befragung bewerteten Monitore.....	61
Abbildung 46: Zufriedenheit mit der Helligkeit der in der KMS-Befragung bewerteten Monitore	61
Abbildung 47: Bewertung der Möglichkeit durch KMS Unfälle zu vermeiden	62
Abbildung 48: Weitwinkelbereich auf der Strecke b	67
Abbildung 49: Darstellung eines Gitters, das durch den Kisseneffekt verzerrt wird.	67
Abbildung 50: Zusammenhang zwischen Größe des Bildschirms, Abstand und wahrgenommener Größe	76

Abbildung 51: Auswirkung der Verbesserung der Auflösung: Links: Monitor und Kamera haben dieselbe Auflösung, Mitte: Die Auflösung des Monitors ist in X- und Y-Richtung 5 mal größer als links, der Bildinhalt ist interpoliert, Rechts: Die Auflösung von Monitor und Kamera sind in X- und Y-Richtung 5 mal größer als links	77
Abbildung 52: Aufnahmen eines Monitors eines KMS in der EMV-Kammer. Rechts unbeeinflusst, links beeinflusst mit 156 MHz und 20 V/m Feldstärke	83
Abbildung 53: Optischer Fluss am Beispiel von vier überlagerten Bildern	86
Abbildung 54: Philips PM5544 Testmuster, Quelle: [81]	87
Abbildung 55: Bild mit starker Komprimierung im oberen Teil	88
Abbildung 56: Aufnahme eines Testmusters mit einem KMS, deutlich wahrnehmbarer Kisseneffekt	89
Abbildung 57: Fernbedienung mit einem Handy fotografiert: links ohne gedrückte Taste, rechts mit gedrückter Taste	89
Abbildung 58: Aufnahme des Testbilds mit einem KMS; links mit aktiver Lichtquelle, rechts ohne aktive Lichtquelle	90
Abbildung 59: Vergleich von Spiegel und Monitorgröße, wahrgenommen aus der Position der fahrzeugführenden Person; rote Striche = wahrgenommene Größe der Person im Weitwinkelspiegel/Kamerabild rote Umrandung = wahrgenommene Größe des Hauptspiegels grüne Umrandung = wahrgenommene Größe des Weitwinkelspiegels	91
Abbildung 60: Monitor mit unterschiedlichen Helligkeitsstufen	92
Abbildung 61: Reflexion – Vergleich matter Monitor (oben) zu glänzendem Handybildschirm (unten)	93
Abbildung 62: Aufnahme eines Testbilds, links aus fast senkrechter Position, rechts von der Seite ...	94
Abbildung 63: Aufnahme eines weißen Blattes	94
Abbildung 64: Foto einer Stoppuhr (07:45:86 – links) und eines Monitors. Im Monitor ist die Abbildung der Stoppuhr (07:45:81 – mitte) und die Abbildung des Monitors (07:45:78 – links) sichtbar.	95
Abbildung 65: Aufnahme des Testbilds: links ohne Einstrahlung, rechts mit Einstrahlung am Kamerakabel, die helle horizontale Streifen im Monitorbild erzeugte (rote Pfeile).....	96

8.2 Tabellen

Tabelle 1: Untersuchung der Abbiegeunfälle: Lkw nach zulässigem Gesamtgewicht und Fahrrad, Zeitraum 2008 bis 2012, in NI, NRW, RP und SL	27
Tabelle 2: Im Test gemessene Größen und Abstände von Haupt- und Weitwinkelspiegeln auf der rechten Seite des Lkw	30
Tabelle 3: Altersweitsichtigkeit aus verschiedenen Literaturquellen	32
Tabelle 4: Mittelwerte für Aufmerksamkeit und Anspruch in Abhängigkeit vom angegebenen Alter der teilnehmenden Person	42
Tabelle 5: Temperaturextremwerte in Europa	71

9 Anhang I: Checkliste für die Bewertung von Kamera-Monitor-Systemen

Diese Checkliste richtet sich an herstellende Betriebe sowie an Betriebe, die ein KMS erwerben wollen.

Herstellende Betriebe können die weiß hinterlegten Fragen vorab beantworten und zur Verfügung stellen.

Betriebe, die ein KMS erwerben wollen, können versuchen, die weiß hinterlegten Fragen aus den Unterlagen des herstellenden Betriebs zu beantworten. Gleichzeitig haben sie mit den grau hinterlegten Fragen („S“) Ausweichmöglichkeiten, mit denen sie diese Punkte (ungenauer) selbst testen können. Dunkelgrau hinterlegte Fragen („S-F“) lassen sich nur am verbauten System und meist nur während der Fahrt beantworten.

Die Fragen sind so gestellt, dass ein „Ja“ immer eine positive und ein „Nein“ immer eine negative Rückmeldung bedeutet. Manche Fragen sind auszulassen, wenn sie mit einer Bedingung beginnen, die nicht erfüllt ist. Z. B. ist die Frage „Wenn die Kamera selbst keine Infrarotbeleuchtung hat:“ für KMS mit eigener Infrarotbeleuchtung nicht zutreffend.

9.1 Anforderung an die Kamera

	Ja	Nein
9.1.1 Position		
Können die gesetzlichen Vorgaben zur Montage eingehalten werden? (siehe Abschnitt 4.5.2.1)		
9.1.2 Auflösung		
Weitwinkelspiegel: Beträgt die Auflösung der Kamera mindestens 470 x 550 Pixel (B x H)? (siehe Abschnitt 4.5.2.2)		
Hauptspiegel: Beträgt die Auflösung der Kamera mindestens 470 x 1210 Pixel (B x H)? (siehe Abschnitt 4.5.2.2)		
Ist die Auflösung der Kamera groß genug, um Blickwinkel zu verschieben? Ist die Auflösung der Kamera groß genug für eine verzerrte Darstellung? (siehe Abschnitt 4.5.2.2)		
9.1.3 Verzerrte Darstellung von Bereichen		
Kann der Blickwinkel der Kamera manuell/automatisch verändert werden? (siehe Abschnitt 4.5.2.3)		
9.1.4 Linse		
Entspricht die Verzerrung der Linse dem UN/ECE-46-Entwurf? (siehe Abschnitt 4.5.2.4)		
Entspricht der Schärfeverlust der Linse dem UN/ECE-46-Entwurf? (siehe Abschnitt 4.5.2.4)		
S Ist ein Kisseneffekt sichtbar? Gibt es nur dort Verzerrung, wo der herstellende Betrieb dies angibt? (siehe Abschnitt 4.5.6.4)		
9.1.5 Bildwiederholfrequenz		
Kann die Kamera mit 30 Hz (Fps) oder mehr aufnehmen? (siehe Abschnitt 4.5.2.5)		

	Ja	Nein
9.1.6 Helligkeitsempfindlichkeit		
S		
9.1.7 Helle/Dunkle Bereiche		
S		
S		
S		
S-F		
S-F		
S-F		
S-F		
9.1.8 Robustheit gegen Umwelt		
S		
S		

	Ja	Nein
9.1.9 Videoverkabelung		
Sind die Steckerverbindungen der Videoverkabelung gegen unbeabsichtigtes Lösen geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.8)		
Ist die Videoverkabelung gegen das Eindringen von Wasser geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.8)		
Ist die Videoverkabelung gegen EMV geschützt? (siehe Abschnitt 4.5.2.8)		

9.2 Anforderung an den Monitor

	Ja	Nein
9.2.1 Position		
S Kann der Monitor im Fahrzeug günstig positioniert werden? (notwendige Größe bestimmen) (siehe Abschnitt 4.5.6.7)		
S Ist ausreichend Abstand möglich?		
S Wird die Sicht nach außen nicht zu stark verdeckt?		
S Kann der Bildschirm so ausgerichtet werden, dass keine störenden Reflexionen auf der Scheibe zu sehen sind?		
9.2.2 Größe		
Weitwinkelspiegel: Ist der Monitor mindestens 7,5 x 9 cm groß, um im Abstand von 90 cm platziert werden zu können? (siehe Abschnitt 4.5.3.2)		
Hauptspiegel: Ist der Monitor mindestens 7,5 x 20 cm groß, um im Abstand von 90 cm platziert werden zu können? (siehe Abschnitt 4.5.3.2)		
9.2.3 Auflösung		
Ist die Auflösung des Monitors mindestens so hoch wie die der Kamera/des Kameraausschnitts? (siehe Abschnitt 4.5.3.3)		
S Ist die Auflösung des Monitors hoch genug? (siehe Abschnitt 4.5.6.2)		
9.2.4 Bildwiederholfrequenz		
Ist die Bildwiederholfrequenz mindestens 30 Hz (30 Fps)? (siehe Abschnitt 4.5.3.4)		
S Ist der Bildschirm im Augenwinkel flimmerfrei? (siehe Abschnitt 4.5.6.14)		
9.2.5 Helligkeitsanpassung		
Hat der Bildschirm eine automatische Helligkeitsanpassung? oder Hat der Monitor eine automatische Tag-Nacht-Umschaltung und lässt sich die Helligkeit manuell einstellen? (siehe Abschnitt 4.5.3.5)		
S Stört die Helligkeit des Displays bei Dunkelheit, wenn die Kamera abgedeckt ist? (siehe Abschnitt 4.5.6.8)		
9.2.6 Reflexionsempfindlichkeit		
Hat das Display höchstens 10 Glanzeinheiten? (siehe Abschnitt 4.5.3.6)		
S Lässt sich das Display noch ablesen, wenn eine Taschenlampe schräg daraufleuchtet? (siehe Abschnitt 4.5.6.9)		
9.2.7 Blickwinkel		
Entspricht das Display den Vorgaben für Blickwinkel nach ISO 16505? (siehe Abschnitt 4.5.3.7)		
S Bleiben die Farben bestehen, wenn der den Monitor aus größerem Winkel betrachtet wird? (siehe Abschnitt 4.5.6.10)		

	Ja	Nein
9.2.8 Kontrast		
Entspricht das Display den Vorgaben für Kontrast nach ISO 16505? (siehe Abschnitt 4.5.3.8)		
9.2.9 Bildaufbauzeit		
Ist die Bildaufbauzeit gemäß UN/ECE-46-Entwurf/ISO 16505 kleiner als 55 ms? (siehe Abschnitt 4.5.3.9)		
Ist die Bildaufbauzeit gemäß DIN EN ISO 9241-302:2009 kleiner als 10 ms? (siehe Abschnitt 4.5.3.9)		
9.2.10 Pixelfehler		
Entspricht der Monitor Pixelfehlerklasse 0? (siehe Abschnitt 4.5.3.11)		
S Ist der Monitor frei von Pixelfehlern? (siehe Abschnitt 4.5.6.11)		
9.2.11 Robustheit gegen Umwelt - Temperatur		
Hält der Monitor Temperaturen von -40°C bis +85°C nach ISO 16750-4 aus? (siehe Abschnitt 4.5.3.12)		

9.3 Anforderungen an das System

	Ja	Nein
9.3.1 Latenz		
Ist die Latenz nach ISO 16505 kleiner als 200 ms? (siehe Abschnitt 4.5.4.2)		
S Ist die Verzögerung beim Winken vor der Kamera zwischen dem Winken und der Darstellung des Winkens ausreichend klein? (siehe Abschnitt 4.5.6.12)		
9.3.2 Farbe		
Entspricht die Farbdarstellung den Anforderungen der ISO 16505? (siehe Abschnitt 4.5.4.3)		
9.3.3 Verfügbarkeit		
Sind die Anforderungen der ISO 16505 an die Verfügbarkeit eingehalten? (siehe Abschnitt 4.5.4.4)		
Ist das System nach ISO 26262 gebaut? (siehe Abschnitt 4.5.4.4)		
Kann ein Einfrieren des Bildes auf dem Monitor erkannt werden? (siehe Abschnitt 4.5.4.4)		
S Ist das System sieben Sekunden nach Einschalten der Zündung verfügbar? (siehe Abschnitt 4.5.6.13)		
9.3.4 Kontrast		
Werden die Kontrastwerte nach ISO 15008:2003 eingehalten? (siehe Abschnitt 4.5.4.5)		
9.3.5 Tiefenschärfe		
Werden Werte für Tiefenschärfe nach UN/ECE-46-Entwurf eingehalten? (siehe Abschnitt 4.5.4.6)		
9.3.6 Flackern		
Hat das System (Kamera und Monitor) den Test nach UN/ECE-46-Entwurf bestanden? (siehe Abschnitt 4.5.4.7)		

	Ja	Nein
9.3.7 EMV		
S		
S		

10Anhang II: Meinungen der Fahrzeugführenden

10.1 Haben Sie noch irgendwelche Anmerkungen zur Monitorposition?

- a) Am besten ist es, wenn man das originale Display verwendet. Das ist in vielen Fällen bereits möglich.
- b) Bei uns ist es das Radio, was als Monitor dient. Das ist auch so in Ordnung, damit nicht zu viele verschiedene Monitore im Fahrzeug sind. Das bringt die Fahrer nur durcheinander!
- c) Beim Scania Originalsystemmonitor wäre es gut, wenn er weiter oben angebracht wäre. Z. B. kombiniert im Radioschacht als Doppel-DIN.
- d) Das Bild wird über das Navi angezeigt und benötigt somit keinen zusätzlichen Monitor.
- e) Der Monitor sollte möglichst in Fahrernähe positioniert sein, sodass man beim Blickwechsel zwischen den Spiegeln automatisch mit den Augen draufgucken kann.
- f) Der Monitor könnte noch ein Stück höher, jedoch finde ich keine richtigen, zuverlässigen Halter für die Scheibe, obwohl ich diese Position auch nicht nutzen wollen würde, da ich so meine Sicht eingrenze.
- g) Die Monitore sollten auf keinen Fall an den vertikalen Säulen an den Spiegeln angebracht sein, da sie so den toten Winkel vergrößern.
- h) Die optimale Monitorposition ist meiner Meinung nach die Mitte des Armaturenbrettes, da man bei der Außenspiegelkontrolle bei jeder Kopf-/Augenbewegung auch das Monitorbild erfasst.
- i) Ein Kamerasystem sollte bei Entsorgungsfahrzeugen, Post und Paketdienst zur Pflicht werden.
- j) Einen Monitor für eine Abbiegekamera würde ich auf Position 5 oder 6 bevorzugen. Einen für ein Bird's Eye- oder Surround-View-System halte ich genau wie den für die Rückfahrkamera auf Position 10 am sinnvollsten. Eine Frontkamera sollte ihren Monitor meiner Meinung nach auf Position 3 haben. Einen Monitor auf Position 2 sollte man aufgrund der Einschränkung des Sichtfeldes verbieten.
- k) Ein externer Monitor mit größerer Diagonale ist bei Weitem besser als ein eingebundenes Fahrzeugsystem im Kombiinstrument.
- l) Habe diese Position mit der Werkstatt selber gewählt.
- m) Ich bin knapp 1,90 m groß und habe meinen Sitz im oberen Drittel eingestellt. Der verbaute Monitor ist in etwa auf Pos. 9, nur höher im Verhältnis zum Lenkrad. Für meine Größe und meine Blickfolge einfach ideal. Wenn ich ein anderes Lkw-Fabrikat fahre, ist hier schon eine Umstellung zu merken. Monitore, die in der Höhe verstellbar sind, könnte ich mir gut vorstellen. Auch eine seitliche Drehung wäre unter Umständen schon von Vorteil.
- n) In Armatur integrieren.
- o) Nicht im direkten Sichtfeld des Fahrers zu verbauen, aber auch nicht zu hoch verbauen (Positionen 1-5 nicht sinnvoll!!)
- p) Monitor hat vier Kameraeingänge und alle drei Kamerabilder können gleichzeitig oder einzeln angezeigt werden. Monitorposition wurde von mir ausgewählt.
- q) Monitor Abbiege und Rückfahrkamera sind die gleichen. Bei Einlegen des Rückwärtsganges schaltet das Bild um. Wenn nötig bleibe ich stehen und schalte kurz auf Vorwärts und sehe somit alles im rechten Bereich der Abbiegekamera.
- r) Original: Deze camera beelden zitten alle twee op de zelfde positie (monitor). De hele tijd is het beeld van de achteruit rijcamera te zien. Dit omdat de kraan aan de achter zijde uit zwenkt. Maar alleen als de richting aanwijzer naar rechts staat gaat de rechter camera aan.

Übersetzung: Die Kamerabilder sind beide an der gleichen Position (Monitor). Die ganze Zeit können sie das Bild der Heckkamera sehen. Dies liegt daran, dass der Kran an der Rückseite ausschwenkt. Aber nur, wenn der Blinker auf der rechten Seite an ist, geht die rechte Kamera an.

- s) Kamera und Monitor wurden von mir selbst erworben und verbaut!
- t) Bildschirm ist kombiniert mit Rückfahrkamera und schaltet je nach Geschwindigkeit oder Fahrposition auf Standby. Anschlussmöglichkeit für eine dritte Kamera vorhanden.
- u) 2 Monitore verbaut. Fahrerseitig auf Position 13, Beifahrerseitig auf Position 6
System veröffentlicht unter <http://www.springerprofessional.de/kamera-monitor-system-als-spiegellersatz-beim-nutzfahrzeug/5682964.html>
- v) Direkt neben dem Cockpit auf der Höhe des Armaturenbrettes und somit habe ich noch den Blick auf den Verkehr, ähnlich des Ablesens der Geschwindigkeit im Cockpit selbst.

10.2 Sie haben angegeben, mit den Helligkeitseinstellungen Ihres KMS nicht zufrieden zu sein. Aus welchem Grund sind Sie nicht zufrieden?

- a) Nachts bei Lichteinfall blendet es die Kamera.
- b) Der Blinker blendet. Die Pixel sind im Dunkel nicht ausreichend.
- c) Wassertropfen blitzen im Dunkeln viel zu hell.

10.3 Haben Sie noch weitere Anmerkungen zu Ihrem KMS?

- a) Ist sehr einfach zu bedienen, da man nur das Radio einschalten muss und welche Kamera man benutzen möchte = Kamera für Tiefkupplung; Kamera Heck Maschinenwagen oder Heckkamera vom Anhänger.
- b) Bei Gegenlicht blendet die Rückfahrkamera.
- c) Der richtige Platz im Lkw muss noch erfunden werden.
- d) Monitor ist gleichzeitig Bediendisplay für den Kehraufbau, manuelle Umschaltung auf dauerhaften Monitorbetrieb ist möglich.
- e) Die Justierung der Helligkeit, wenn man in einen Schattenbereich fährt, reagiert zu spät. Erst, wenn die Kamera selbst sich im Schatten befindet, wird die Helligkeit angepasst. Ansonsten bin ich mit der Kombination aus Navi, TV und Rückfahrkamera (Snooper S8000) sehr zufrieden.
- f) Möchte meine drei Kameras nicht mehr missen.
- g) So ein System sollte Pflicht werden!!
- h) Original: Niet echt alleen is mijn camera systeem van 2008 en er ondertussen al veel betere systemen op de markt van orlaco. Zoals nacht camera's die ook in de nacht een dag beeld weer geven. Ik zou niet meer zonder willen en kunnen.
Übersetzung: Nicht wirklich. Allerdings ist mein Kamerasystem von 2008 und es gibt bereits viel bessere Systeme auf dem Markt von Orlaco. Z. B. Nacht-Kameras, die auch in der Nacht ein Bild wie am Tag wiedergeben. Ich könnte und wollte nicht mehr ohne.
- i) Das System besteht aus drei fahrtrelevanten Kameras und einer ladungsüberwachenden Kamera. Die erste Kamera ist für den toten Winkel nach vorne rechts vor dem Fahrzeug. Die zweite Kamera deckt die Sicht nach seitlich bzw. hinten rechts ab, um diesen toten Winkel zu minimieren, und die dritte Kamera sitzt hinten unter dem Auflieger, um somit eine gerade Sicht auf die Fahrbahn zu haben, um auch herannahende Fahrzeuge oder ähnliches wahrzunehmen und nicht nur die letzten 3-5 Meter.

- j) Aufgrund des Frontspiegels ergibt sich eigentlich kein toter Winkel, in dem man einen Radfahrer übersehen kann. Wenn die Spiegel richtig eingestellt sind und nicht irgendwelche Vorhänge die Sicht behindern, sollte es keinen toten Winkel geben. Ob eine zusätzliche Kamera das Problem lösen wird, bezweifle ich sehr, eher ist der Fahrer überfordert vor dem Abbiegen in fünf Spiegel plus einen Kameramonitor zu schauen.
- k) Benutzung bzw. Monitor nur an wenn gebraucht wird. Abbiegekamera wenn Blinker gesetzt usw.
- l) Das sollte Pflicht, nicht nur in Neu-Fahrzeugen, sondern in allen sein.
- m) Die Rückfahrkamera ist oben am Heck des Aufliegers angebracht. Bei Regen ist sie sehr schnell verschmutzt und liefert nur noch ein schlechtes Bild. Würde mir wünschen, dass die Kamera einen Verschluss hätte, der nur öffnet wenn die Kamera eingeschaltet wird. Das wäre sehr sinnvoll, da sie nur bei schneller Fahrt verschmutzt und in dieser Zeit sowieso nicht gebraucht wird.
- n) Es gibt bei neuen Autos ein Vorwarnsystem für tote Winkel. Das kann man auch für die Lkws.
- o) Es wäre schön, wenn die Monitore vereinheitlicht werden. So werden z. B. in allen Systemen gewisse Linien in cm-Angabe angezeigt.
- p) Hoffe, dass wenigstens die Rückfahrkamera endlich zur Pflicht wird.
- q) Kamera auf dem Dach zur Überwachung der Ladungssicherheit (Entsorgungscontainer FZ)
- r) Kameras, die das Fahrerhaus in einem größerem Umfeld überwachen, wären während der Fahrt nicht unüblich, da mittlerweile viele Pkw-Fahrer die Lkws schneiden und böse in Gefahr bringen können, ohne darüber nachzudenken, was die gerade da anstellen ... im selben Atemzug sollten aber auch viele Lkw-Fahrer mal drüber nachdenken, was für ein Blödsinn die teilweise anstellen u.a.: gerade die Osteuropäer mit dem zu dichtem Auffahren auf vorausfahrende Verkehrsteilnehmer ...
- s) System gekoppelt mit dem Tacho/Speedpuls, aktiviert sich erst unter 5 km/h.
- t) Meine Rückfahrkamera ist ein treuer Helfer beim Rangieren. Außerhalb der Rangiervorgänge wird der Monitor als Navi genutzt und stört kein bisschen. Ich bin froh, diese Unterstützung zu haben, und würde mich über eine erweiterte Unterstützung (am liebsten Bird's eye) sehr freuen, da dieses die Verkehrssicherheit in meinen Augen nur steigern kann. Ich würde mich sehr freuen, Bird's eye und Rückfahrkamera an jedem Nutzfahrzeug (auch Transporter) zu wissen, da man dadurch eine erhöhte Fahrsicherheit und ein geringeres Unfallrisiko erwarten kann.
- u) Wenn man von vornherein in der Ausbildung lernt, das Bird's-Eye-View-System einzusetzen, ist es sicherlich eine große Hilfe.
- v) Es ist ein Werkzeug ebenso wie die zahlreichen Spiegel, die alle zu ihrer Zeit ihren persönlichen Höhepunkt an Aufmerksamkeit erhalten und ansonsten in der gemischten Aufmerksamkeit der allgemein gesamten Spiegel landen. Somit haben alle Spiegel/Monitore im Fahrzeug eine gleichwertige Bedeutung. In den erforderlichen Situationen bekommen die gefährdeten Bereiche/Spiegel mehr Beachtung, z. B. beim Rückwärtsfahren ist die Sicht nach vorne weniger von Bedeutung (nicht gleichzusetzen mit bedeutungslos!)
- w) Störend bei Nässe, Ansage auf Cam2, die nicht verbaut ist.
- x) Es muss halt für jeden Fahrer einstellbar sein wie er es benutzen möchte...
- y) Wird Zeit, dass alles, was die Sicherheit erhöht und verbessert zur Pflicht wird... genauso wie eine Standklimaanlage Pflicht sein sollte.
- z) Beim Abbiegen wird ein runder Sichtbereich dargestellt, der Personen, Fahrzeuge usw. darstellt, die einen verunsichern, da als Fahrer nicht ersichtlich ist, ob diese in den Fahrbereich des Fahrzeugs einfahren/laufen. Ein Bild im Monitor, welches wie ein tatsächlicher Spiegel dargestellt wird, wäre sicher hilfreicher!

- aa) System ist nicht ausgereift. Das Bild ist zu stark verzerrt und nicht realistisch.
Im Dunkeln leuchten Wassertropfen wie Blitzlicht. Wassertropfen, Staub und kleine Partikel werden viel zu hell wiedergegeben. Der Monitor muss vom Lenkrad aus abschaltbar sein.
Zu geringer Sichtkreis.
Verfälschte Wiedergabe der Situation. Usw.
Absolut unzufrieden. Komplette Fehlentwicklung des Systems.

10.4 Sie haben angegeben, dass Kamera-Monitor-Systeme (möglicherweise) Unfälle verhindern können. Welche Unfälle könnten verhindert werden?

- a) beim rückwärts Rangieren
- b) Rangieren und Ankuppeln
- c) Benötigen Beweis
- d) Toter Winkel

10.5 Sind Sie durch die Benutzung des KMS schon einmal so sehr abgelenkt gewesen, dass es zu einem (Beinahe)Unfall gekommen ist. In welchen Fahrsituationen empfinden Sie ein KMS als störend?

- a) Des Öfteren bezieht man sich mehr auf die Rückfahrkamera, man lässt also manchmal sogar die Spiegel außer Acht. Manchmal sieht man mehr in der Rückfahrkamera und mal mehr in den Spiegeln. Alle drei zur gleichen Zeit zu nutzen, ist eher schwierig. Und ja ich hätte bald mal einen Radfahrer so übersehen, da dieser nur im linken Spiegel zu sehen war und ich zu sehr auf Rückfahrkamera und rechten Spiegel fixiert war.
- b) Das Kamerasystem bezieht sich logischerweise nur auf den hinteren Teil des Lastwagens. Die Kamera ist am Trailer angebracht. Ich sah auf den Bildschirm und habe mich auf das genaue Rangieren des Trailers konzentriert. Ich bemerkte nur einige Zentimeter vor einem Pfeiler, dass ich mich dabei mit der Zugmaschine sehr nah an ihn heran gearbeitet hatte, da man weniger in die Spiegel sehen kann. Die Augen können ja nun mal leider nicht überall gleichzeitig sein.
- c) Das System sollte bei V Max > 10 km/h aus sein.
- d) Ich habe nur auf den Monitor geachtet und dabei nicht auf die Straße geachtet.

11 Anhang III: Fragebogen Aufmerksamkeit und Anspruch der Fahrzeugführenden bei Abbiegemanövern

Befragung zu Verkehrssituationen

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

mit diesem Fragebogen möchten wir herausfinden, wie verschiedene Situationen von LKW-Fahrern eingeschätzt werden. Hierzu zeigen wir Ihnen 24 Bilder von typischen Verkehrssituationen.

Bitte versuchen Sie, sich so gut wie möglich in die Situation hineinzusetzen. Stellen Sie sich dabei vor, Sie würden gerade den LKW fahren, den Sie auch sonst am häufigsten fahren. Bedenken Sie auch sämtliche Zusatzausstattung, über die Ihr LKW verfügt (z.B. Kameras oder Spiegel). Zu jeder Abbildung stellen wir Ihnen zwei Fragen.

Ihre Antworten werden absolut vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben. Die erhobenen Daten werden in anonymisierter Form ausgewertet. Sie können somit nicht mit Ihrer Person in Verbindung gebracht werden.

Hier noch einige Hinweise:

- Das Ausfüllen dieses Fragebogens dauert etwa 15 Minuten.
- Schauen Sie sich die Bilder sorgfältig an.
- Bei Ihrer Antwort interessieren wir uns für Ihre persönliche Einschätzung.
- Wenn Sie den Fragebogen ausgefüllt haben, schicken Sie ihn uns bitte zurück. Hierfür können Sie den vorfrankierten Umschlag nutzen, den wir Ihnen geschickt haben.

Vielen Dank und viel Spaß beim Ausfüllen!

Bitte geben Sie zunächst an, für welches Unternehmen Sie arbeiten.

(Ihre Antwort hilft uns, den Überblick zu behalten. Wir werden Ihrem Unternehmen keine Antworten mitteilen!)

Ihr persönlicher Code

Wir werden Ihnen in einigen Monaten noch weitere Fragebögen schicken. Um Ihre Antworten verbinden zu können, brauchen wir einen persönlichen Code. Diesen können Sie ganz leicht hier erstellen, indem Sie die drei Kästchen ausfüllen:

- Erster Buchstabe vom Vornamen Ihrer Mutter: z.B. **G** für „Gisela“
- Erster Buchstabe vom Vornamen Ihres Vaters: z.B. **P** für „Peter“
- Geburtsjahr Ihrer Mutter: z.B. **65** für 1965

Fahrzeug und Ausstattung

Verfügt Ihr LKW über ein Kamera-Monitor-System (KMS)?

(Sie dürfen ggf. mehrere Kreuze setzen.)

KMS System	Hersteller (wenn bekannt)	Modell (wenn bekannt)	Genutzt seit (Jahre, Monate)
<input type="checkbox"/> Rückfahrkamera			
<input type="checkbox"/> Abbiegekamera ¹			
<input type="checkbox"/> Frontkamera			
<input type="checkbox"/> 360°- System <input type="checkbox"/> Bird's-Eye View ² <input type="checkbox"/> Surround View ³			
<input type="checkbox"/> Sonstiges System: (1).....			
<input type="checkbox"/> Sonstiges System: (2).....			

¹ Bei einer Abbiegekamera handelt es sich um eine Kamera, deren Sicht die rechte Seite des LKW abdeckt. Damit erhält die fahrzeugführende Person Informationen über Hindernisse während des Abbiegevorgangs.

² Beim „Bird's-Eye View“ System werden die Bilder mehrerer Kameras (in der Regel eine pro Fahrzeug-Seite) zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. In der Mitte des Bildschirms ist in der Regel das eigene Fahrzeug abgebildet.

³ Beim „Surround View“ System werden die Bilder mehrerer Kameras (in der Regel eine pro Fahrzeug-Seite) gemeinsam auf einem Monitor als mehrere Einzelbilder dargestellt.

Nun möchten wir von Ihnen wissen, über welche technische Zusatzausstattung /
Sichthilfen Ihr Fahrzeug verfügt und wie zufrieden Sie damit sind.

Verfügt Ihr LKW über Zusatzausstattung (mehr als gesetzlich vorgeschrieben)?

zusätzliche Spiegel

Wie zufrieden sind Sie mit diesen zusätzlichen Spiegeln?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie
uns den Grund hierfür:

.....

Zusätzliches Fenster in der Beifahrertür

Wie zufrieden sind Sie mit diesem zusätzlichen Fenster?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie
uns den Grund hierfür:

.....

Notbremsassistent/Abstandswarner

Wie zufrieden sind Sie mit diesem Notbremsassistent/Abstandswarner?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie
uns den Grund hierfür:

.....

Fresnell-Linse⁴

Wie zufrieden sind Sie mit dieser Fresnell-Linse?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie uns den Grund hierfür:

.....

ACC / Abstandshalter / Abstandsregeltempomat

Wie zufrieden sind Sie mit diesem ACC/ Abstandshalter/
Abstandsregeltempomat?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie uns den Grund hierfür:

Spurwechselassistent

Wie zufrieden sind Sie mit diesem Spurwechselassistent?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie uns den Grund hierfür:

.....

⁴ Scheiben aus Sicherheitsglas und Folien für Scheiben aus Sicherheitsglas müssen in einer amtlich genehmigten Bauart ausgeführt sein (§ 22a und § 40 StVZO).

Es gibt unseres Wissens nach keine Folien mit Fresnel-Linsen-Optik auf dem Markt, die eine Bauartgenehmigung nach § 22a StVZO besitzen. Durch die Anbringung von Folien ohne Bauartgenehmigung erlischt die Betriebserlaubnis der Fahrzeuge.

Die Beantwortung dieser Frage ist, wie der gesamte Fragebogen, anonym.

Spurhalteassistent

Wie zufrieden sind Sie mit diesem Spurhalteassistent?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie uns den Grund hierfür:

.....

Tempomat/Tempobegrenzer

Wie zufrieden sind Sie mit diesem Tempomat/Tempobegrenzer?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie uns den Grund hierfür:

.....

Sonstiges, und zwar:.....

Wie zufrieden sind Sie mit dieser Zusatzausstattung?

- Sehr zufrieden
- Eher zufrieden
- Weder noch
- Eher unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Wenn Sie „eher unzufrieden“ oder „sehr unzufrieden“ sind: Bitte nennen Sie uns den Grund hierfür:

.....

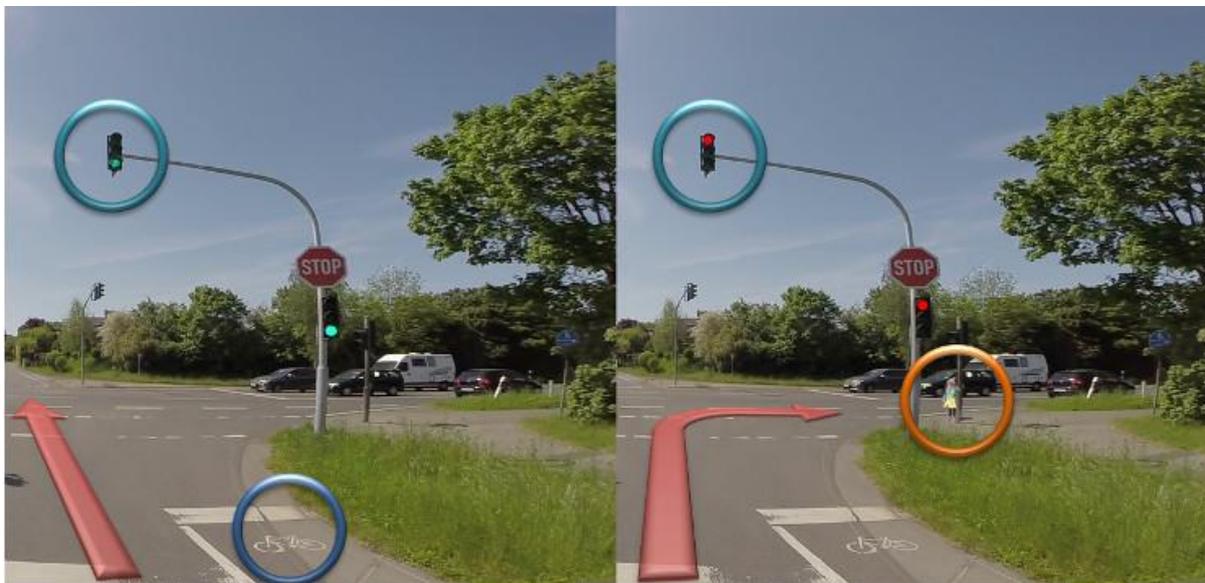
Verkehrssituationen

Zuerst möchten wir Ihnen ein Beispiel zeigen.

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Stellen Sie sich vor, Sie würden mit Ihrem LKW in dieser Situation sein. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Bitte achten Sie bei Ihrer Einschätzung auf alle Details der Verkehrssituation:

- PKW
- Verkehrszeichen
- Fußgänger und Radfahrer



Situation 1

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 2

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 3

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 4

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 5

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 6

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 7

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 8

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 9

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen. Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 10

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen.
Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 11

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen.
 Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 12

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen. Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 13

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen. Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 14

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen. Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 15

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen. Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



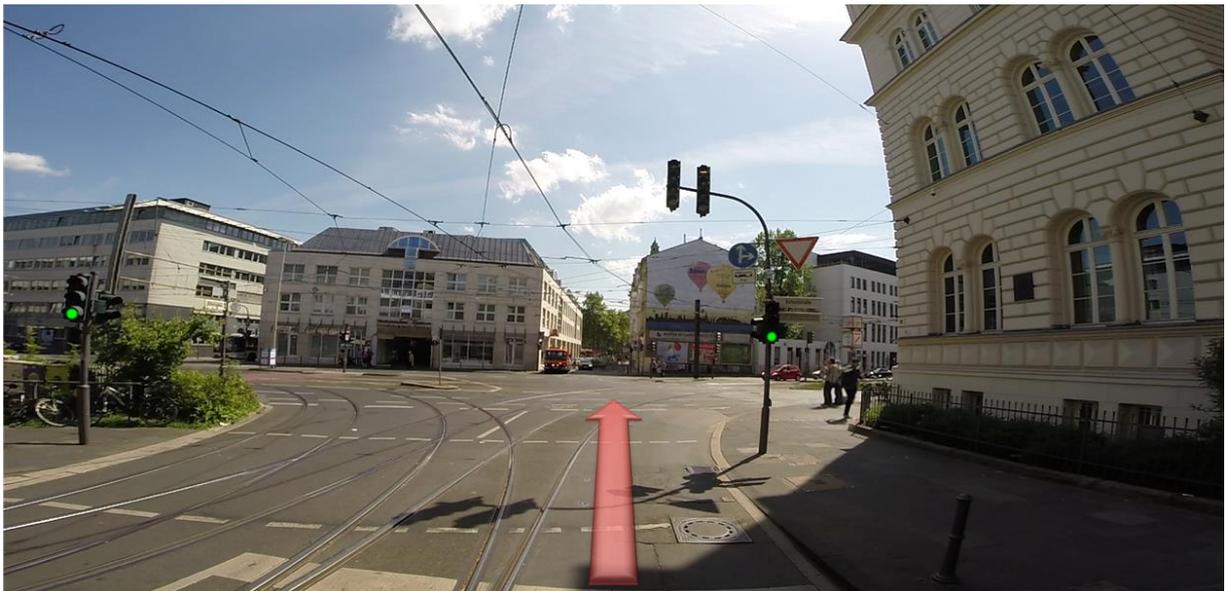
Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 16

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer grünen Ampel angekommen und wollen nun dem Pfeil folgen.
Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 17

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 18

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 19

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 20

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 21

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 22

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 23

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Situation 24

Bitte schauen Sie sich diese Verkehrssituation an. Der Pfeil gibt das Fahrmanöver an, welches Sie bewerten sollen.

Sie sind an einer roten Ampel angekommen und wollen nun, sobald die Ampel grün wird, dem Pfeil folgen.

Sie haben ausreichend Zeit, sich umzuschauen.

Hierfür beantworten Sie bitte die unten stehenden Fragen.



Wie aufmerksam müssen Sie in dieser Fahrsituation sein?	sehr aufmerksam	aufmerksam	weniger aufmerksam	nicht aufmerksam
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie anspruchsvoll wäre diese Fahrsituation mit Ihrem Lkw?	sehr anspruchsvoll	anspruchsvoll	weniger anspruchsvoll	nicht anspruchsvoll
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Angaben zu Ihrer Person

Geschlecht

- Männlich
- Weiblich

Wie alt sind Sie?

- unter 30J.
- 31-40J.
- 41-50J.
- 51-60J.
- 61J. und älter

Wie viele Jahre sind Sie insgesamt in Ihrem Leben beruflich Lkw gefahren?

Jahre

Wie viele (Test-)Fahrten haben Sie mit dem Kamera-Monitor-System durchgeführt?

Fahrten

mehr als 99 Fahrten

VIELEN DANK FÜR IHRE TEILNAHME!

Wie geht es weiter?

12 Anhang IV: Fragebogen Nutzungsverhalten von KMS

Befragung zu Kamera-Monitor-Systemen in LKW

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer,

der folgende Fragebogen beschäftigt sich mit Ihrem beruflichen Alltag als LKW-Fahrer. Bei den Fragen geht es um Ihre persönlichen Erfahrungen mit Kamera-Monitor-Systemen (KMS). Mit Ihrer Teilnahme tragen Sie zu einer wesentlichen Verbesserung der Verkehrssicherheit bei.

Ihre Antworten werden absolut vertraulich behandelt und nicht an Dritte weitergegeben. Die erhobenen Daten werden in anonymisierter Form ausgewertet. Sie können somit nicht mit Ihrer Person in Verbindung gebracht werden.

Hier noch einige Hinweise:

- Das Ausfüllen dieses Fragebogens dauert etwa 25 Minuten.
- Lesen Sie alle Fragen aufmerksam durch.
- Bei Ihren Antworten ist uns Ihre persönliche Meinung sehr wichtig.
- Bei manchen Fragen sind mehrere Antworten möglich.
- Wenn Sie den Fragebogen ausgefüllt haben, schicken Sie ihn uns bitte zurück:

Dr. Ing. Björn Ostermann

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)

Fachbereich 5: Unfallverhütung / Produktsicherheit

Alte Heerstrasse 111

D-53757 Sankt Augustin

Vielen Dank und viel Spaß beim Ausfüllen!

Bitte geben Sie zunächst an, für welches Unternehmen Sie arbeiten.

(Ihre Antwort hilft uns, den Überblick zu behalten. Wir werden Ihrem Unternehmen keine Antworten mitteilen!)

Ihr persönlicher Code

Wir werden Ihnen in einigen Monaten noch weitere Fragebögen schicken. Um Ihre Antworten verbinden zu können, brauchen wir einen persönlichen Code. Diesen können Sie ganz leicht hier erstellen, indem Sie die drei Kästchen ausfüllen:

Erster Buchstabe vom Vornamen Ihrer Mutter: z.B. **G** für „Gisela“

Erster Buchstabe vom Vornamen Ihres Vaters: z.B. **P** für „Peter“

Geburtsjahr Ihrer Mutter: z.B. **65** für 1965

A LKW / Fahrtstrecken		Bitte ankreuzen ↓
A1	<p>Welche Lkw-Art fahren Sie? Wenn Sie verschiedene LKW fahren: Bitte geben Sie die LKW-Art an, die Sie mit einem Kamera-Monitor-System am häufigsten nutzen.</p> <p>..... </p>	<input type="checkbox"/> Solo-Lkw <input type="checkbox"/> Sattelzug <input type="checkbox"/> Gliederzug <input type="checkbox"/> Kipperfahrzeug <input type="checkbox"/> Entsorgungsfahrzeug <input type="checkbox"/> Sonstiges, und zwar:
A2	Auf welchen Strecken fahren Sie überwiegend?	<input type="checkbox"/> überwiegend innerorts/ innerstädtisch <input type="checkbox"/> überwiegend außerorts/ außerstädtisch <input type="checkbox"/> Verhältnis inner- / außerstädtischer Verkehr ist etwa gleich <input type="checkbox"/> überwiegend innerbetrieblich
A3	<p>Auf welchen Strecken macht Ihnen das Fahren am meisten Spaß?</p> <p>(Sie dürfen ggf. mehrere Kreuze setzen.)</p>	<input type="checkbox"/> innerorts/ innerstädtisch <input type="checkbox"/> außerorts / außerstädtisch <input type="checkbox"/> viel Verkehr <input type="checkbox"/> mäßig viel Verkehr <input type="checkbox"/> wenig Verkehr <input type="checkbox"/> neue Strecken <input type="checkbox"/> bekannte Strecken
A4	<p>Auf welchen Strecken fahren Sie eher ungern?</p> <p>(Sie dürfen ggf. mehrere Kreuze setzen.)</p>	<input type="checkbox"/> innerorts/ innerstädtisch <input type="checkbox"/> außerorts / außerstädtisch <input type="checkbox"/> viel Verkehr <input type="checkbox"/> mäßig viel Verkehr <input type="checkbox"/> wenig Verkehr <input type="checkbox"/> neue Strecken <input type="checkbox"/> bekannte Strecken

B Kamera-Monitor-Systeme (KMS)				
B1	Welches Kamera-Monitor-System ist in Ihrem LKW verbaut? (Sie dürfen ggf. mehrere Kreuze setzen.)			
	KMS System	Hersteller (wenn bekannt)	Modell (wenn bekannt)	Genutzt seit (Jahre, Monate)
	<input type="checkbox"/> Rückfahrkamera			
	<input type="checkbox"/> Abbiegekamera ¹			
	<input type="checkbox"/> Frontkamera			
	<input type="checkbox"/> 360°- System <input type="checkbox"/> Bird's-Eye View ² <input type="checkbox"/> Surround View ³			
	<input type="checkbox"/> Sonstiges System (1).....			
	<input type="checkbox"/> Sonstiges System (2).....			

¹ Bei einer Abbiegekamera handelt es sich um eine Kamera, deren Sicht die rechte Seite des LKW abdeckt. Damit erhält die fahrzeugführende Person Informationen über Hindernisse während des Abbiegevorgangs.

² Beim „Bird's-Eye View“ System werden die Bilder mehrerer Kameras (in der Regel eine pro Fahrzeug-Seite) zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. In der Mitte des Bildschirms ist in der Regel das eigene Fahrzeug abgebildet.

³ Beim „Surround View“ System werden die Bilder mehrerer Kameras (in der Regel eine pro Fahrzeug-Seite) gemeinsam auf einem Monitor als mehrere Einzelbilder dargestellt.

Wie sehr treffen die folgenden Aussagen auf Sie zu?

Beantworten Sie die folgenden Aussagen nur für das Kamera-Monitor-System (**KMS**), das Sie benutzen.

Beispiel: Wenn Sie nur eine Rückfahrkamera haben, beantworten Sie die Frage nur für die Rückfahrkamera. Die Zeilen für die anderen Systeme können dann leer bleiben.

		Bitte ankreuzen ↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B2	Das Kamera-Monitor-System (KMS) ist mir eine große Hilfe.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Sonstiges System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Sonstiges System (2)	<input type="checkbox"/>				
B3	Ich komme mit der Benutzung des Kamera-Monitor-Systems (KMS) gut zurecht.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B4	In meinem Monitor kann ich Bereiche einsehen, die ich in den Spiegeln normalerweise nicht sehe.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B5	Wenn ich den Monitor gerade nicht gebrauche, lenkt er mich nicht von anderen Aufgaben ab.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B6	Ich werde das KMS zukünftig sehr regelmäßig nutzen.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B7	Ich glaube, dass die meisten Menschen sehr schnell lernen würden, mit dem KMS umzugehen.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B8	Durch das KMS fühle ich mich sicherer.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B9	Das KMS ist für mich wie ein weiterer Spiegel, den es zu beachten gilt.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B10	Auf den meisten Fahrten brauche ich das KMS nicht.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B11	Alles, was ich sehen muss, sehe ich in meinen Spiegeln.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B12	Das KMS ist leicht zu benutzen.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen ↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B13	Bei schlechtem Wetter bietet mir das KMS bessere Sichtverhältnisse als die Spiegel.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B14	Ohne das KMS möchte ich nicht fahren.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B15	Ich werde durch das KMS vom Fahren abgelenkt.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B16	Mit dem KMS fällt es mir leichter, mir schnell einen Überblick zu verschaffen.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B17	Ich möchte nur ungern auf das KMS verzichten.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B18	Das KMS entlastet mich beim Fahren.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B19	Manchmal achte ich nicht mehr auf die Spiegel oder die Straße, wenn ich den Monitor nutzen kann.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B20	Ich würde mir ein KMS auf Dauer wünschen.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B21	Ich habe ein KMS nicht nötig.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen ↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B22	Das KMS bringt mich durcheinander.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B23	Bei Dunkelheit bietet mir das KMS bessere Sichtverhältnisse als die Spiegel.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B24	Ich nutze das KMS zusätzlich zu den Spiegeln.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B25	Das KMS stört mich.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B26	Ich fühle mich durch die zusätzlichen Informationen des KMS überfordert.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen				
		↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B27	Am Anfang brauchte ich für die Benutzung des KMS eine intensive Schulung.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B28	Mit dem KMS fahre ich entspannter als ohne KMS.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				
B29	Ich nutze das KMS anstelle der Spiegel.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

		Bitte ankreuzen ↓				
		trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu
B30	Es hat lange gedauert, bis ich mich an die Benutzung des KMS gewöhnt habe.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

Bitte bewerten Sie die nachfolgende Aussage für alle KMS, die Sie kennen:

B31	Meiner Meinung nach sollten folgende KMS in Zukunft zur Pflichtausstattung in Lkw gehören.	1	2	3	4	5
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera ⁴	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye ⁵ / Surround ⁶)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

⁴ Bei einer Abbiegekamera handelt es sich um eine Kamera, deren Sicht die rechte Seite des LKW abdeckt. Damit erhält die fahrzeugführende Person Informationen über Hindernisse während des Abbiegevorgangs.

⁵ Beim „Bird's-Eye View“ System werden die Bilder mehrerer Kameras (in der Regel eine pro Fahrzeug-Seite) zu einem Gesamtbild zusammengesetzt. In der Mitte des Bildschirms ist in der Regel das eigene Fahrzeug abgebildet.

⁶ Beim „Surround View“ System werden die Bilder mehrerer Kameras (in der Regel eine pro Fahrzeug-Seite) gemeinsam auf einem Monitor als mehrere Einzelbilder dargestellt.

B32	<p>Wo ist der Monitor des Kamera-Monitor-Systems in Ihrem LKW angebracht?</p> <p>Bitte setzen Sie eine Zahl an die jeweilige Stelle.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rückfahrkamera 2. Abbiegekamera 3. Frontkamera 4. 360°- System (Bird's-Eye / Surround) 5. Weiteres System (1) 6. Weiteres System (2) 	
-----	---	--

B33	Sind Sie mit der Position dieses Monitors / dieser Monitore in Ihrem Fahrzeug zufrieden?			
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
	Frontkamera	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

Wenn Sie mit der Position **nicht** zufrieden sind:
 Wenn Sie sich eine andere Position für den Monitor des Kamera-Monitor-Systems aussuchen könnten, welche wäre das?

B34	<p>Bitte setzen Sie eine Zahl an die jeweilige Stelle.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rückfahrkamera 2. Abbiegekamera 3. Frontkamera 4. 360°- System (Bird's-Eye / Surround) 5. Weiteres System (1) 6. Weiteres System (2) 	
-----	---	--

B35	Haben Sie noch irgendwelche Anmerkungen zur Monitorposition? Bitte tragen Sie diese ein.			
			
			
			
			
			
			
			
			
			
B36	Wie groß ist Ihr Monitor etwa? (Bildschirmdiagonale)	Weniger als 20cm / 8 Zoll (So wie ein großes Smartphone)	Zwischen 20 und 27cm / 8 bis 11 Zoll (So wie ein Tablet oder eine DIN A5 Seite)	Größer als 30cm / 12 Zoll (So wie ein kleiner Laptop)
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B37	Sind Sie mit der Größe des Monitors zufrieden?	ja	nein, sollte größer sein	nein, sollte kleiner sein
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B38	Verdeckt der Monitor während der Fahrt wichtige Sichtbereiche?	ja	nein	weiß nicht
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

B39	Wenn Sie angegeben haben, dass der Monitor wichtige Sichtbereiche verdeckt : Bitte beschreiben Sie kurz, welche Sichtbereiche verdeckt wurden.

B40	Sind Sie mit den Helligkeitseinstellungen des KMS zufrieden? Beantworten Sie die folgenden Aussagen nur für das KMS, das Sie benutzen	Sehr zufrieden	Eher zufrieden	Weder noch	Eher unzufrieden	Sehr unzufrieden
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>				
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>				
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>				
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>				
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>				

Wenn Sie angegeben haben, mit den Helligkeitseinstellungen **unzufrieden** oder **eher unzufrieden** zu sein: Bitte geben Sie den Grund hierfür an.

B41	Warum sind Sie mit den Helligkeitseinstellungen des KMS unzufrieden?	Helligkeit tagsüber zu gering	Helligkeit nachts zu hoch (blendet)	Anderes:
	Rückfahrkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
	Abbiegekamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
	Frontkamera	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
	360°- System (Bird's-Eye / Surround)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
	Weiteres System (1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----
	Weiteres System (2)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	-----

B42	<p>Haben Sie noch weitere Anmerkungen zu Ihrem KMS? Bitte tragen Sie diese ein.</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
-----	--

D Fahrzeug / Ausstattung								
Nun möchten wir von Ihnen wissen, über welche technische Zusatzausstattung / Sichthilfen Ihr Fahrzeug verfügt und wie zufrieden Sie damit sind.								
Verfügt Ihr LKW über Zusatzausstattung (mehr als gesetzlich vorgeschrieben)?			Wenn vorhanden, bitte Zufriedenheit ankreuzen ↓					Eher oder sehr unzufrieden? Bitte Grund angeben:
			sehr zufrieden	eher zufrieden	weder noch	eher unzufrieden	sehr unzufrieden	
			1	2	3	4	5	
D1	zusätzliche Spiegel	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D2	zusätzliches Fenster in der Beifahrertür	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D3	Fresnel-Linse ⁷	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D4	Notbremsassistent / Abstandswarner	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								

⁷ Scheiben aus Sicherheitsglas und Folien für Scheiben aus Sicherheitsglas müssen in einer amtlich genehmigten Bauart ausgeführt sein (§ 22a und § 40 StVZO).

Es gibt unseres Wissens nach keine Folien mit Fresnel-Linsen-Optik auf dem Markt, die eine Bauartgenehmigung nach § 22a StVZO besitzen. Durch die Anbringung von Folien ohne Bauartgenehmigung erlischt die Betriebserlaubnis der Fahrzeuge.

Die Beantwortung dieser Frage ist, wie der gesamte Fragebogen, anonym.

		sehr zufrieden	eher zufrieden	weder noch	eher unzufrieden	sehr unzufrieden		
		1	2	3	4	5	Eher oder sehr unzufrieden? Bitte Grund angeben:	
D5	ACC / Abstandshalter / Abstandsregeltempomat	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D6	Spurwechselassistent	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D7	Spurhalteassistent	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D8	Tempomat / Tempobegrenzer	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		<input type="checkbox"/> Nein						
.....								
D9	sonstiges, und zwar:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
.....								
D10	sonstiges, und zwar:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
.....								

E Allgemeine Angaben		Bitte eintragen / ankreuzen ↓
E0	Geschlecht	<input type="checkbox"/> Männlich <input type="checkbox"/> Weiblich
E1	Wie alt sind Sie?	<input type="checkbox"/> unter 30J. <input type="checkbox"/> 31-40J. <input type="checkbox"/> 41-50J. <input type="checkbox"/> 51-60J. <input type="checkbox"/> 61J. und älter
E2	Wie viele Jahre sind Sie insgesamt in Ihrem Leben beruflich Lkw gefahren?	<input type="text"/> <input type="text"/>
E3	Wie viele (Test-)Fahrten haben Sie mit dem Kamera-Monitor-System durchgeführt?	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Mehr als 99

VIELEN DANK FÜR IHRE TEILNAHME!