

Schriftenreihe, Band 7

Hochschule
Kempten

University of Applied Sciences



ADAC Stiftung & Hochschule Kempten (Hrsg.)

Unfallforschung 2019

Symposium für Unfallforschung
und Sicherheit im Straßenverkehr



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

ADAC Stiftung



Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten, Schriftenreihe

Band 7



Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten, Schriftenreihe

Band 7

Herausgegeben von

ADAC Stiftung

Hochschule Kempten

Schriftenreihe, Band 7

**Hochschule
Kempten**

University of Applied Sciences



ADAC Stiftung & Hochschule Kempten (Hrsg.)

Unfallforschung 2019

Symposium für Unfallforschung
und Sicherheit im Straßenverkehr



Cuvillier Verlag Göttingen
Internationaler wissenschaftlicher Fachverlag

ADAC Stiftung

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2019

© CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2019

Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen

Telefon: 0551-54724-0

Telefax: 0551-54724-21

www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2019

Gedruckt auf umweltfreundlichem, säurefreiem Papier aus nachhaltiger Forstwirtschaft.

ISBN 978-3-7369-9982-4

eISBN 978-3-7369-8982-5



Vorwort

Mit dem Symposium für Unfallforschung und Sicherheit im Straßenverkehr fördert die ADAC Stiftung den interdisziplinären Austausch zwischen Experten und Nachwuchswissenschaftlern aus allen Bereichen der Straßenverkehrssicherheit.

Die gemeinnützige und mildtätige ADAC Stiftung fördert Forschungs- und Bildungsmaßnahmen zur Vermeidung von Unfällen, sensibilisiert Kinder und Jugendliche mit eigenen Programmen für Gefahren im Straßenverkehr und fördert die Forschung im Bereich Mobilität, um den Straßenverkehr nachhaltiger zu gestalten. Zudem leistet sie einen wichtigen Beitrag für mehr Sicherheit und Innovation im Bereich Amateur-Motorsport und unterstützt hilfsbedürftige Unfallopfer. Ein weiterer Förderschwerpunkt der ADAC Stiftung ist die Rettung aus Lebensgefahr mit der Tochtergesellschaft ADAC Luftrettung gGmbH.

Die Hochschule Kempten gliedert sich in die Fakultäten Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik, Soziales und Gesundheit, Betriebswirtschaft und Tourismus; sie steht mit ihrem Forschungsschwerpunkt „Vernetzte Mobilität und Fahrzeugtechnik“ Verbänden, Behörden und Industrie als kompetenter Forschungs- und Entwicklungspartner rund um Fragen zu Fahrzeugen und Mobilität zur Seite. Mit diesem Tagungsband werden – nach 2015 und 2017 – bereits zum dritten Mal die Fachaufsätze des Symposiums für Unfallforschung und Sicherheit im Straßenverkehr in der Schriftenreihe der Hochschule Kempten veröffentlicht.

Die Verbesserungen bei den Fahrzeugen und der Straßeninfrastruktur haben maßgeblich zur Erhöhung der Verkehrssicherheit beigetragen. Der jahrzehntelange kontinuierliche Rückgang der Anzahl der getöteten und schwerverletzten Menschen im Straßenverkehr ist jedoch seit etwa fünf Jahren unterbrochen. Hauptunfallursache ist menschliches Fehlverhalten. Deshalb werden große Hoffnungen u. a. in autonomes Fahren gesetzt.

Doch welchen Beitrag können automatisierte Fahrfunktionen tatsächlich leisten? Können sie zukünftig auch Motorradunfälle verhindern? Wie sieht der neue Euro NCAP Kompatibilitäts-Crashtest ab 2020 aus? Kann die Schwere von Verletzungen aus den Deformationen von Unfallfahrzeugen abgeleitet werden? Wie verbreitet sind Neue Psychoaktive Substanzen (NPS) im Straßenverkehr? Was ist bei Unfällen und Bränden mit Li-Ionen-Batterien zu beachten? Welchen Zeitvorteil haben organisierte Ersthelfergruppen bei der Rettung von Unfallopfern?

Auf dem Symposium wurden aktuelle Forschungsarbeiten und Projekte vorgestellt und diskutiert, die Lösungen zu diesen und weiteren Fragen aufzeigen. Die Beiträge wurden von einem interdisziplinär besetzten Expertenbeirat ausgewählt. Mit diesem Tagungsband erhalten alle Interessierten die Möglichkeit, sich über den aktuellen Stand der Unfallforschung und Sicherheit im Straßenverkehr zu informieren.

Dr.-Ing. Andrea David

ADAC Stiftung

Vorstand

Prof. Dr.-Ing. Andreas Rupp

Hochschule Kempten

Vizepräsident für Forschung und Entwicklung





Inhaltsverzeichnis

Christian T. Erbsmehl, Maria Pohle & Nora Strauzenberg	
Die Fraunhofer IVI Accident Prevention School (FAPS) – Interaktive Unfallprävention an Schulen.....	9
Christine Evertz	
Roller Fit – Lehrerfortbildungen zur Schulung der Bewegungs- und Verkehrssicherheit von Grundschulkindern.....	21
Isabella Ostermaier, Dr. Johann Gwehenberger, Anna Feldhütter & Michael Pschenitza	
Analyse von Unfallschäden zur Ermittlung des Unfallvermeidungspotentials durch automatisierte Fahrfunktionen auf SAE-Level 3 und 4	27
Achim Kuschefski, Matthias Haasper & André Vallese	
Bremsen oder Ausweichen mit dem Motorrad? Oder sogar beides?.....	37
Marco Müller, Peter König & Johannes Lauer	
Untersuchung auf Relevanz der ECE R80 Testprozeduren via Simulation und Crashtest	61
Christian Erbsmehl & Tom Landgraf	
3-dimensionale EES-Modell auf Basis von Unfall- und Crashtestdaten Ein Statusbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekte des Fraunhofer-Instituts für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI).	67
Volker Sandner	
Neuer Euro NCAP Kompatibilitätscrashtest ab 2020	77
Lars Hannawald, Sven Hartwig & Michael Weyde	
Möglichkeiten zur realistischen Eingrenzung von Verletzungswahrscheinlichkeiten vulnerabler Verkehrsteilnehmer durch Verwendung des weiterentwickelten Biofidel-Dummies in Full-Scale-Crash-Test Skript zum Vortrag anlässlich der UFO 2019 – ADAC Stiftung.....	91
Axel Malczyk & Jenö Bende	
Herausforderungen an das Rettungswesen im allgemeinen Verkehrsunfallgeschehen – Auswertungen der Unfalldatenbank der Versicherer	107



Henrik Liers, Thomas Unger & Heinz Brehme

Verletzungsprognosemodelle zur Optimierung der präklinischen Rettung 125

Helena Fels, Anna Holzer, Matthias Graw, Thomas Wagner, Don DeVol & Frank Mußhoff

Euphoria: Prävalenz von Neuen Psychoaktiven Substanzen (NPS) im Kontext von Fahreignungsbegutachtungen 131

Rolf Erbe

Berliner Feuerwehr- und Rettungsdienstakademie 135

Albert Kreutmayr

Pkw Unfälle in besonderen Einsatzlagen 141

Holger Behrendt

Helfer vor Ort – Bundesweite Ist-Analyse und Abschätzung des Nutzens 145

Die Fraunhofer IVI Accident Prevention School (FAPS) – Interaktive Unfallprävention an Schulen

Christian T. Erbsmehl¹, Maria Pohle² & Nora Strauzenberg²

¹ Gruppenleiter Fahrzeug- und Verkehrssicherheit, Fraunhofer IVI Dresden

² wissenschaftliche Mitarbeiterin, Fraunhofer IVI Dresden



1. Die Idee

Die Fraunhofer IVI Accident Prevention School (FAPS) ist ein Projekt zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Schülern im Alter von 13 bis 15 Jahren mit dem Ziel, die Lücke in der Verkehrsbildung für diese Altersgruppe zu schließen. Dadurch sollen möglichst viele Unfälle, insbesondere mit jungen Verkehrsteilnehmern, präventiv vermieden und so die Anzahl der (Schwer-)verletzten und Getöteten weiter reduziert werden. FAPS fokussiert vor allem das erhöhte Unfallrisiko, das durch die Unwissenheit über unfallspezifische Zusammenhänge entsteht. Die Lösung scheint einfach: Schüler müssen mit realen Unfallszenarien in ihrem unmittelbaren Umfeld konfrontiert werden, um ihr Bewusstsein für Verkehrssicherheit zu steigern.

Zur Unfallpräventionsarbeit an Schulen nutzt FAPS die Unfalldatenbanken der Behörden und extrahiert, basierend auf der geografischen Lage der teilnehmenden Schule, passgenaue Daten, welche den Schülern für die Projektarbeit zur Verfügung gestellt werden (vgl. Abbildung 1). Ziel ist die Prävention von Unfällen durch vorausschauendes Verhalten, die Minderung der Schwere von Unfällen und eine verbesserte Handlungsfähigkeit im Fall einer selbst erlebten kritischen Situation im Straßenverkehr. Das Bewusstsein der Schüler für die Rolle als schwächerer Verkehrsteilnehmer wird gestärkt. Sie lernen, dass Unfallgefahr auch bei korrektem eigenen Verhalten droht und auch, dass das Fehlverhalten anderer Verkehrsteilnehmer einzukalkulieren ist.

Die Schüler arbeiteten dazu an Tablets mit dem FAPS-Softwaretool an den realen Unfalldaten aus den polizeilichen Datenbanken. So erhalten sie Einsicht in die anonymisierten Unfallbeschreibungen und die vielen weiteren Parameter des Unfalls und erarbeiten sich dabei spezifische Eigenheiten des Unfallgeschehens



von Fußgängern und Radfahrern. Abschließend stellen einzelne Gruppen an Schülern sich gegenseitig ihre Ergebnisse vor.

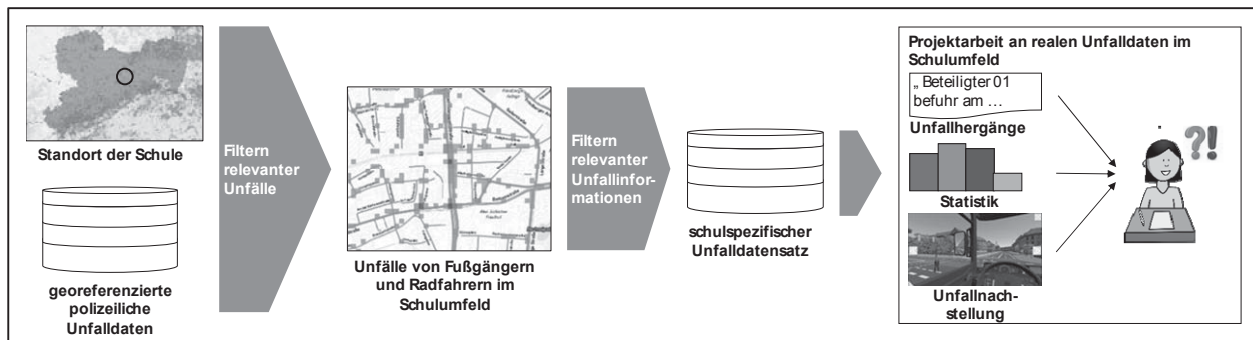


Abbildung 1: Das FAPS-Modell für die Projektarbeit mit Schülern

2. Vorgehensweise und Zielstellung

2.1. Motivation

Nahezu alle Aspekte der Verkehrssicherheit lassen sich auf menschliches Verhalten innerhalb des Straßenverkehrs zurückführen. Dieses Verhalten wird durch alle Lebensphasen hinweg kontinuierlich geformt und kann auf verschiedene Weise beeinflusst werden. Ein Ansatz besteht darin, Verkehrsteilnehmer über die Risiken von Verkehrsunfällen zu informieren sowie geeignete Verhaltensweisen zu deren Vermeidung zu schulen. Vor dem Hintergrund der alarmierenden Statistik zu jungen Verkehrstoten in Deutschland stehen Kinder und Jugendliche als besonders gefährdete Gruppe im zentralen Fokus der Verkehrserziehung. In Deutschland gibt es derzeit verschiedene Mechanismen und Maßnahmen zur Schulung spezifischer Altersgruppen. Dabei adressiert jedoch noch keines dieser Programme die Altersgruppe von 13 bis 15 Jahren, so dass eine Lücke in der kontinuierlichen Verkehrserziehung von Jugendlichen entsteht, obwohl sich gerade in diesem Lebensabschnitt das Mobilitätsverhalten der Jugendlichen stark ändert. Jugendliche bewegen sich zunehmend selbstständiger vor allem mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV und zunehmend länger im Verkehr. In der Folge steigt gerade in dieser Altersgruppe das Risiko, im Verkehr zu verunglücken (vgl. Abbildung 2). Daher herrscht besonderer Bedarf, das Bewusstsein über Verkehrsunfälle und ihre Ursachen bei Jugendlichen in diesem Alter zu stärken.

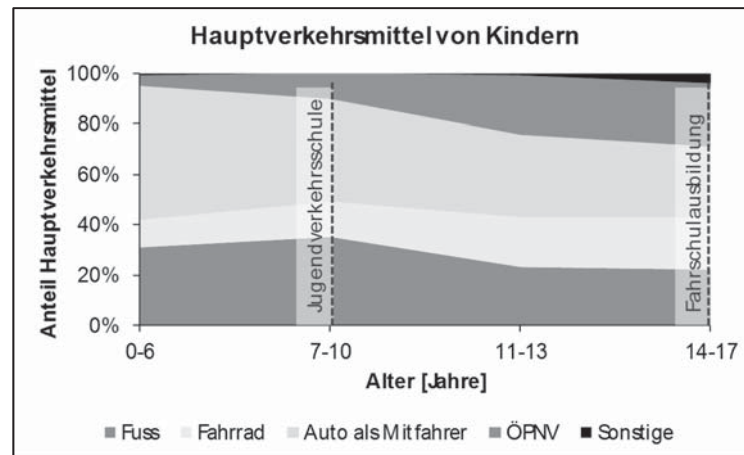


Abbildung 2: Veränderung des Mobilitätsverhaltens von Kindern und Jugendlichen (links: MiD 2017, 2018)

2.2. Zielstellung

Im Kindes- und Jugendalter werden wesentliche Grundlagen für das spätere sichere Mobilitätsverhalten als Erwachsener gelegt. Jedoch finden grundlegende Schulungen des sicheren Verkehrsverhaltens nur während der Jugendverkehrsschule (für das Alter von 9–10 Jahren) und der Fahrerschulung (frühestens ab einem Alter von 15 Jahren) statt. Ziel von FAPS ist es, diese Lücke in der Mobilitätserziehung zu schließen und so die Anzahl der (Schwer-)verletzten und Getöteten weiter zu reduzieren. Um dies zu erreichen, möchte FAPS:

- die Jugendlichen für kritische Situationen sensibilisieren: Das Bewusstsein und das Verhalten in kritischen Verkehrssituationen sollen verbessert und somit Unfälle vermieden werden.
- die Diskussionsfähigkeit der Jugendlichen steigern und so nicht nur ihr Verhalten, sondern auch ihr Umfeld (Familie und Freunde) positiv beeinflussen.
- durch die Vernetzung mit Experten wie Unfallforschern und Polizisten die Lernerfahrung intensivieren und die Verkehrssicherheit aller nachhaltig prägen.

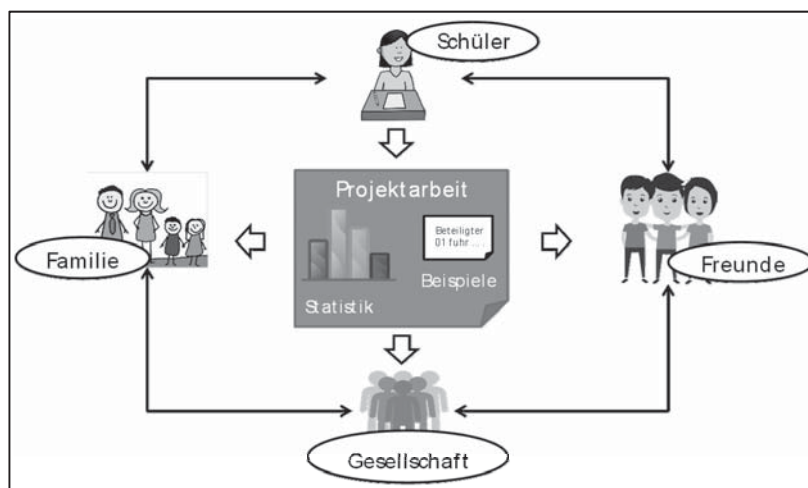


Abbildung 3: Zielgruppen, die von FAPS profitieren



3. Stand der Wissenschaft

3.1. Unfallanalyse der Zielgruppe

2017 kam im Durchschnitt alle 18 Minuten ein Kind (bis 15 Jahre) im Straßenverkehr zu Schaden (Statistisches Bundesamt, 2018). Insgesamt waren es 29.259 Kinder, die im Jahr 2017 auf Deutschlands Straßen einen Unfall erlitten (+ 2,5 % gegenüber 2016) und von denen wiederum 61 starben (Statistisches Bundesamt, 2018). Für Straßenverkehrsunfälle mit dem Fahrrad oder als Fußgänger in der Altersgruppe der unter 15-jährigen ergeben sich im Tagesverlauf klare Häufungen zu bestimmten Uhrzeiten: So verunglückten 2017 besonders viele Kinder in den Zeiten, in denen sie sich auf dem Weg zur Schule oder zurück befanden (Statistisches Bundesamt, 2018). Auch in ihrer Freizeit am Nachmittag sind Kinder stärker als zu anderen Tageszeiten gefährdet. 33,9 % der verunglückten Kinder kamen zwischen 15 und 18 Uhr zu Schaden (Statistisches Bundesamt, 2018). Das spezielle Unfallrisiko einer Altersgruppe kann durch die Gegenüberstellung der Verletztenhäufigkeit mit der Häufigkeit der Altersgruppe in der Bevölkerung dargestellt werden (Verletztenbelastung). Abbildung 4 verdeutlicht, dass gerade ab einem Alter von 14 Jahren das Unfallrisiko rasant ansteigt.

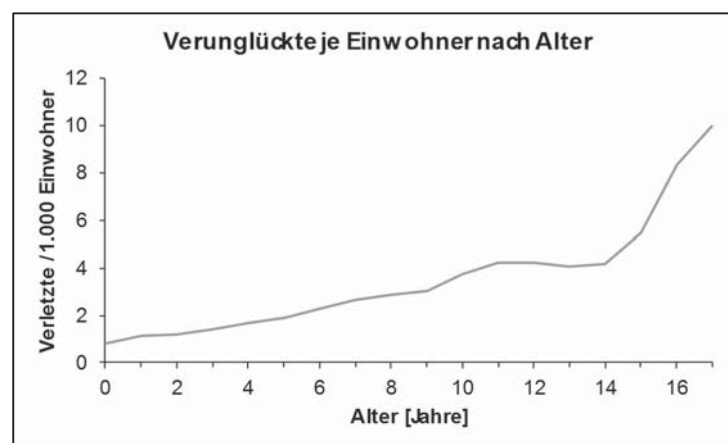


Abbildung 4: Unfallbelastung nach Alter (rechts: Destatis, 2017)

38,8 % der verunglückten Kinder kamen im Jahr 2017 als Insasse in einem PKW zu Schaden, 33,7 % auf einem Fahrrad und 22,2 % der Kinder waren zu Fuß unterwegs (Statistisches Bundesamt, 2018). Kleinkinder im Alter bis 6 Jahren sind meist im PKW ihrer Eltern unterwegs, demzufolge verunglücken sie hier am häufigsten (63,8 % im Jahr 2017). Ab dem Schulalter nehmen Kinder aber mehr und mehr selbstständig als Fußgänger oder Radfahrer am Straßenverkehr teil. Dies zeigt sich auch in den Verunglücktenzahlen. Zwar verunglücken Kinder im Alter von 6 bis 9 Jahren immer noch am häufigsten in einem Auto (40,5 %), aber mit zunehmendem Alter nimmt der Anteil der im PKW verunglückten Kinder und Jugendliche weiter ab; dahingegen steigt der Anteil der beim Radfahren verunglückten Kinder und Jugendliche bis 15 Jahren. Ab einem Alter von 15 Jahren und mit Nutzung des Mofa/Mopeds verunglücken Jugendliche häufiger mit motorisierten Verkehrsmitteln (Statistisches Bundesamt, 2018).

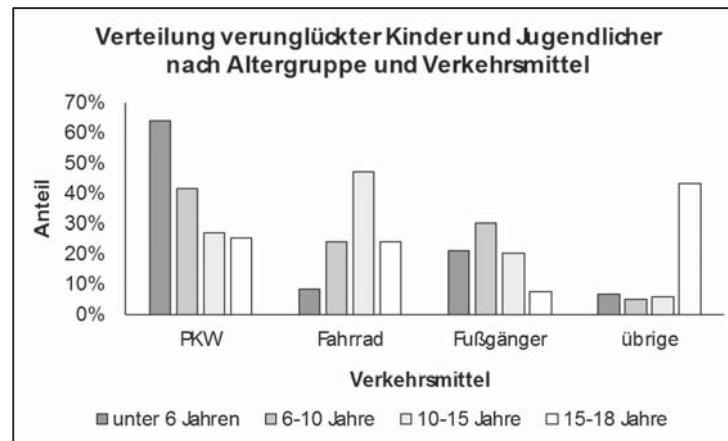


Abbildung 5: Verunglückte Kinder bei Straßenverkehrsunfällen nach Art der Verkehrsbeteiligung innerorts (Statistisches Bundesamt, 2018, eigene Darstellung)

Diese allgemeinen Unfallzahlen bedürfen einer kritischen Betrachtung. Betrachtet man das Unfallgeschehen von Kindern und Jugendlichen ausschließlich innerorts, wird auch deutlich, dass innerorts überwiegend Kinder und Jugendliche mit dem Fahrrad oder als Fußgänger verunglücken (Abbildung 5, Abbildung 6).

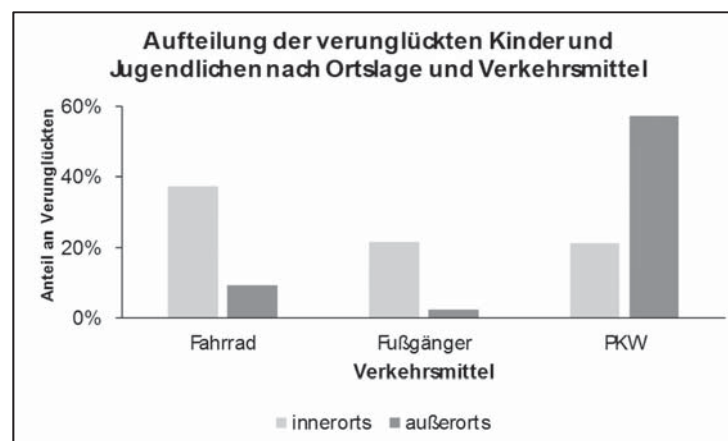


Abbildung 6: Bei Straßenverkehrsunfällen verunglückte Kinder und Jugendliche nach Art der Verkehrsbeteiligung und Ortslage 2017 (Statistisches Bundesamt, 2018, eigene Darstellung)

Abbildung 5 zeigt, dass 2017, wie auch schon die Jahre zuvor, innerorts die 10- bis 15-Jährigen am häufigsten auf ihrem Fahrrad verunglückten (Statistisches Bundesamt, 2018). Dabei bildet der Schulweg einen Großteil der regelmäßig zurückgelegten täglichen Wege (MiD 2017, 2018). Weiterhin verändert sich in diesem Alter (Übergang Grundschule zu weiterführender Schule) das Mobilitätsverhalten von Kindern wesentlich. Es wird mehr Zeit im Verkehr verbracht, längere Wege werden zurückgelegt und neben Wegen zu Freizeit- und Ausbildungszwecken ergeben sich auch Wege mit neuen Wegezwecken (MiD 2017, 2018). Die grafischen Veranschaulichungen verunglückter Kinder und Jugendlicher im Straßenverkehr verdeutlichen die Notwendigkeit der Verbesserung der Schulwegsicherheit und somit auch der Mobilitätserziehung,



vor allem für die gefährdete Gruppe der 14 bis 17-Jährigen (Abbildung 5, Abbildung 6). In der Praxis adressiert jedoch noch keine der Schulungsmaßnahmen zur Verkehrssicherheit die Altersgruppe von 13 bis 15 Jahren, so dass eine Lücke in der kontinuierlichen Verkehrsbildung von Jugendlichen entsteht. Vor dem Hintergrund, dass diese Altersgruppe eine besonders gefährdete Gruppe darstellt, herrscht ein besonderer Bedarf, das Bewusstsein über Verkehrsunfälle und ihre Ursachen bei Jugendlichen in diesem Alter zu stärken.

3.2. Zu Grunde liegende Lernkonzepte

Zur besseren konzeptionellen Einordnung des Projektes werden verschiedene Lernkonzepte und deren praktische Umsetzung im Projekt erläutert.

3.2.1 Experimentelles Lernen

Theoretisch orientiert sich die Projektidee am erfahrungsbasierten Lernzyklus (Kolb, 1984) als Aufbau eines effektiven Lernprozesses. Kolb (1984) entwickelte unter Rückgriff auf die pragmatischen Ideen John Deweys und auf die Aktionsforschung nach Kurt Lewin das Erfahrungslernen (experimental learning) als Wechselspiel von Aktion und Reflexion. Kolb (1984) identifiziert hierbei vier Phasen im Lernprozess:

- konkrete Erfahrung,
- reflektive Beobachtung,
- abstrakte Konzeptualisierung und
- aktives Experimentieren.

Die konkrete Erfahrung steht dabei am Anfang eines jeden Lernprozesses. Ihr folgt die Reflexion über die Ergebnisse eines bestimmten Prozesses, woraus abstraktere Konzepte generiert werden. Auf deren Grundlage kann das erweiterte Wissen wiederum in neuen Situationen angewendet werden (Abbildung 7). Es wird betont, dass alle vier Phasen durchlebt werden müssen, um Lernen zu gewährleisten.

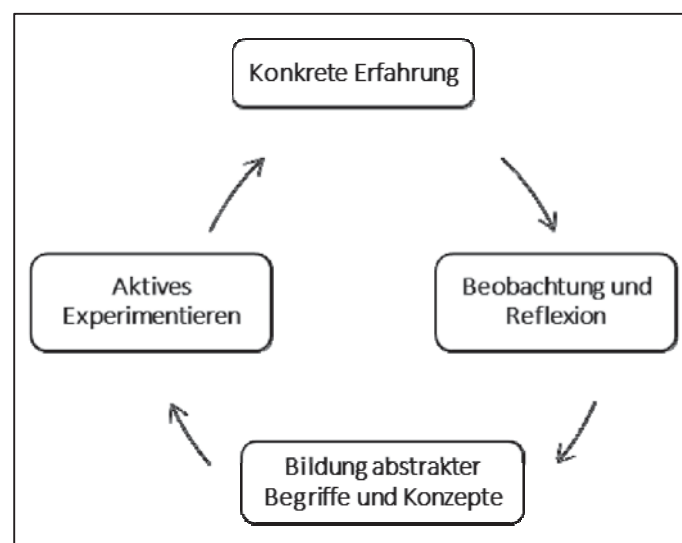


Abbildung 7: Erfahrungsbasierter Lernzyklus nach Kolb (1984)



Zur Umsetzung kombiniert FAPS dabei folgende Schlüsselemente:

- die Arbeit mit realen Unfalldaten der Polizei, ausgewählt auf Basis der geografischen Lage der Schule und
- die Begehung von realen Unfallorten im direkten Umfeld der Schule.

Diese Kombination ermöglicht es den Teilnehmern, sowohl die Schritte „Beobachtung und Reflexion“, „Bildung abstrakter Begriffe und Konzepte“ sowie „Aktives Experimentieren“ anschaulich zu durchleben. Zur Verstärkung des „Aktiven Experimentierens“ wird eine eigens dafür entwickelte Software genutzt, welche das selbständige Nachstellen bestimmter zuvor bearbeiteter Unfallkonstellationen ermöglicht. Im Ergebnis können die Perspektiven aller Unfallbeteiligter (PKW- und LKW-Fahrer sowie Fußgänger und Radfahrer) vom Schüler eingenommen werden. Damit verbessert sich zum einen die Kompetenz, vorausschauend zu agieren, um Unfallrisiken zu mindern, sowie auch die Handlungsfähigkeit im Falle der „konkreten Erfahrung“, also einer selbst erlebten kritischen Situation im Straßenverkehr.

3.2.2 Kooperatives Lernen

Kooperatives Lernen ist eine zentrale Grundform und eine notwendige Ergänzung des Unterrichts im Klassenverband. Forschungsarbeiten (Dillenbourg, 1999; O'Donnell & King, 2014) belegen, dass kooperatives Lernen positive Effekte auf eine ganze Reihe von sozialen, affektiven, motivationalen und kognitiven Verhaltensmerkmalen hat.

Die Unterschiedlichkeit der Lernenden wird dabei als Ressource begriffen, die für das Erreichen gemeinsamer Lernerfolge nutzbar gemacht wird (Schreder & Brömer, 2009). Um überfachliche Kompetenzen, vor allem im sozial-kommunikativen, methodisch-strategischen und personalen Lernbereich entwickeln zu können, müssen die Schüler im Unterricht lernen, wie Probleme bzw. Aufgaben miteinander gelöst werden können und die zur Verfügung stehende Arbeitszeit optimal genutzt werden kann.

FAPS nutzt hier den Aspekt, dass alle Schüler zum Thema Unfallprävention arbeiten. Jedoch bearbeiten verschiedene Schülergruppen unterschiedliche Fragestellungen und müssen dann ihre Erkenntnisse vor den anderen Schülern präsentieren. Somit geben die Schüler ihr erarbeitetes Wissen weiter. Daraus lassen sich mit allen Schülern gemeinsam generelle Schlussfolgerungen für die Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern im Straßenverkehr ableiten.

Auch die Arbeit in der kleinen Schülergruppe unterstützt das kooperative Lernen. Die Schüler werden im Rahmen des Projektes in Gruppen á 2 Personen geteilt und müssen auch hier kooperativ miteinander arbeiten, um die gestellten Aufgaben zu lösen. Daraus lassen sich generelle Schlussfolgerungen für die Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern im Straßenverkehr ableiten.

4. Inhalte des Präventionsprogramms

Die Fraunhofer IVI Accident Prevention School (FAPS), Gewinner des Deutschen Mobilitätspreises 2017, fokussiert insbesondere auf das erhöhte Unfallrisiko, das durch die Unwissenheit über unfallspezifische Zusammenhänge entsteht. Deshalb werden Schüler mit realen Unfallszenarien in ihrem unmittelbaren Um-



feld konfrontiert und ihr Bewusstsein für Verkehrssicherheit erfährt eine Steigerung. Hierfür nutzt FAPS die Unfalldatenbanken der Behörden und extrahiert basierend auf der geografischen Lage der teilnehmenden Schule passgenaue Unfalldaten mit beteiligten Radfahrern und Fußgängern, welche den Schülern für die Projektarbeit zur Verfügung gestellt werden

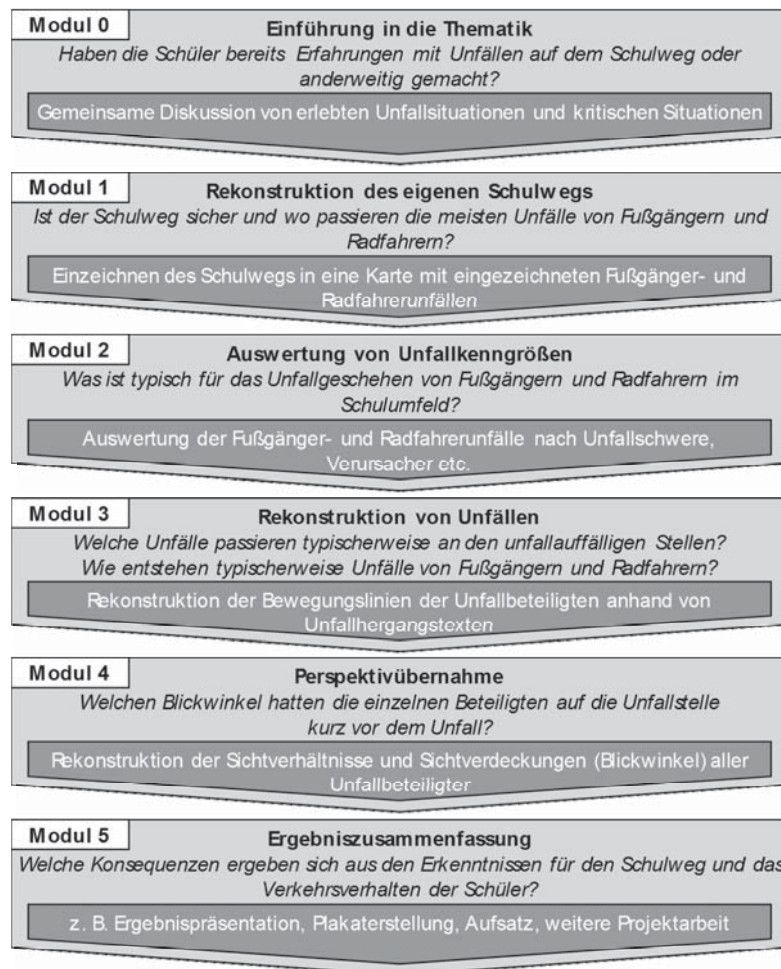


Abbildung 8: Inhaltlicher Ablauf

Abbildung 8 skizziert den Ablauf der einzelnen Inhalte (Module) in FAPS. Zunächst werden die Schüler in die Thematik (**Modul 0**) eingeführt, indem sie selber von kritischen Situationen auf dem Schulweg oder selbst erlebten Unfällen berichten. Da Unfälle seltene Ereignisse sind, werden sie in der Regel nicht als existierendes Risiko wahrgenommen. Zur ersten Sensibilisierung sollen die Schüler daher schätzen, wie viele Unfälle in ihrem unmittelbaren Schulumfeld stattfanden. Erfahrungsgemäß wird die tatsächliche Unfallanzahl um etwa den Faktor 25-100 unterschätzt.

Im darauffolgenden **Modul 1** erhalten die Schüler jeweils eine ausgedruckte Übersichtskarte ihres Schulumfelds mit darin eingetragenen Unfällen, an denen Fußgänger und Radfahrer beteiligt waren. Darin sollen die Schüler ihren eigenen Schulweg einzeichnen. Anschließend zählen sie, an wie vielen Unfällen sie theoretisch täglich vorbeilaufen bzw. vorbeifahren. Da die Kinder gegenseitig ihre Anzahl vergleichen können,



entsteht vor allem bei Schülern mit einer hohen Anzahl an Unfällen eine persönliche Betroffenheit. Anhand des Kartenausschnitts können ebenfalls geeignete andere Wege zur Schule ermittelt werden.

Die spezifische Charakteristik der Fußgänger- und Radfahrerunfälle erlernen die Schüler durch die Analyse zuvor aufbereiteter Daten im **Modul 2**. Auf die dafür notwendigen Daten haben sie über die Tablets Zugriff und erstellen darauf basierend Diagramme, anhand derer sie ihren Mitschülern ihre Erkenntnisse präsentieren. Durch geeignete Aufgabenstellungen lernen sie beispielsweise, dass sie als Fußgänger und Radfahrer häufig den Unfall nicht verursachen, jedoch diejenigen sind, die sich dabei schwer verletzen werden, während der Unfallverursacher (meist PKW) unverletzt bleibt.

Im **Modul 3** arbeiten die Schülergruppen gezielt an einzelnen Unfällen. Dafür erhalten sie ein Tool, welches zum einen die Lage der Unfallstelle im Straßennetz sowie in Bezug zum Standort ihrer Schule darstellt und zum anderen wichtige Informationen zum Unfall auflistet (siehe Abbildung 9). Dazu zählen beispielsweise Daten der Beteiligten (Alter, Verkehrsmittelart oder Unfallursachen) und der anonymisierte Unfallhergang. Die Aufgabe im Modul 3 besteht darin, anhand des Unfallhergangstextes für jeden Unfall den dreistelligen Unfalltyp (siehe GDV, 2016) zu bestimmen und das Fehlverhalten der Unfallbeteiligten zu notieren. Dabei bearbeiten die Schülergruppen unterschiedliche unfallauffällige Stellen bzw. nur Unfälle von Fußgängern oder Radfahrern. Anhand der selbst erarbeiteten Unfallinformationen identifizieren die Schüler

- die Lage unfallauffälliger Stellen im Schulumfeld,
- wiederkehrende riskante Situationen an unfallauffälligen Stellen,
- wiederkehrende riskante Situationen bei Fahrrad- und Fußgängerunfällen und
- wiederkehrendes Fehlverhalten von Fußgängern, Radfahrern und deren Unfallgegner.

Zum besseren Verständnis der Unfallursachen können die Schüler die Unfallorte im virtuellen Raum mit einer eigens entwickelten Software im **Modul 4** nachstellen (Abbildung 9).

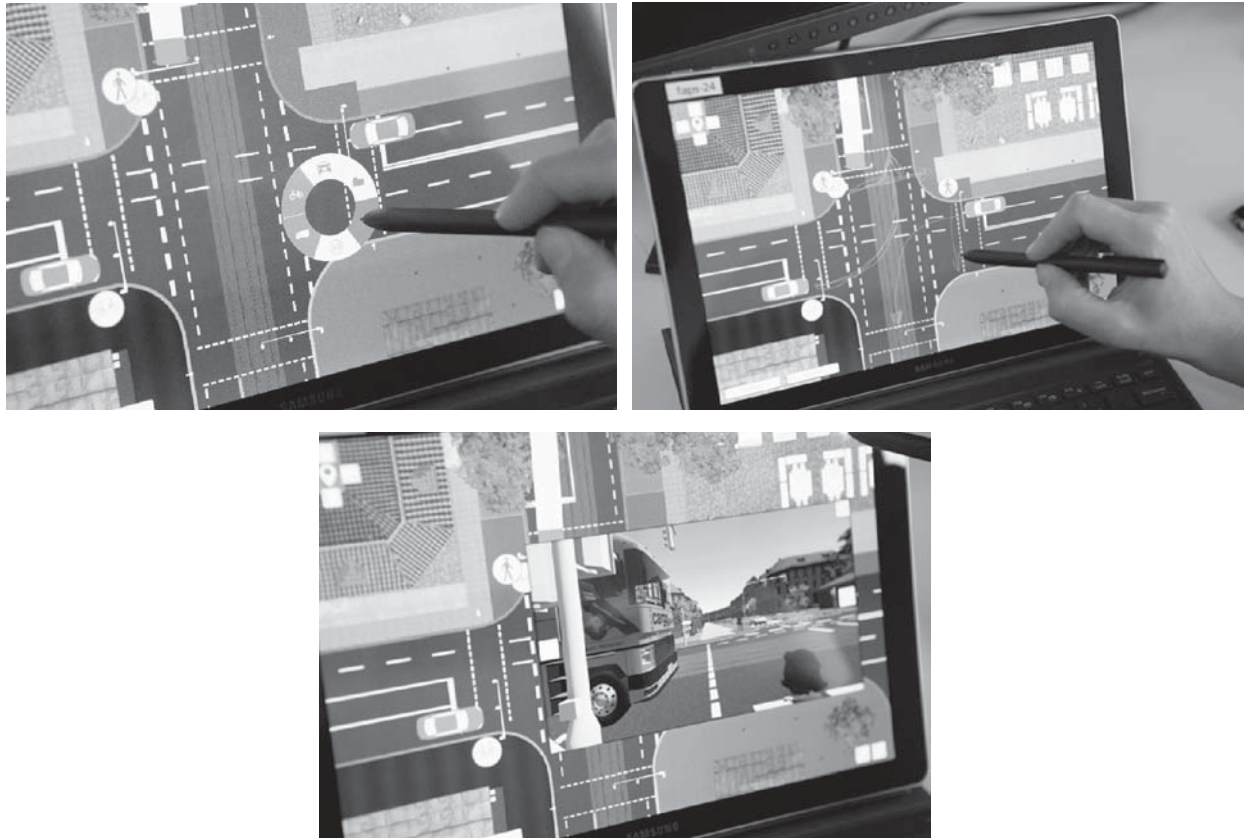


Abbildung 9: Positionierung von Unfallbeteiligten (oben links), Einzeichnen von Bewegungslinien der Unfallbeteiligten (oben rechts) und Perspektivwechsel zwischen den Unfallbeteiligten (unten) auf der interaktiven Oberfläche

Besonders Problematiken wie der tote Winkel und Sichthindernisse können so realitätsnah erlebbar gemacht werden. Ein Perspektivwechsel zwischen den Unfallbeteiligten wird durch die Software ermöglicht, fördert die emotionale persönliche Identifikation und sichert nachhaltige Lerneffekte sowie den Alltags-transfer. Durch den Bezug zum Schulumfeld können die Erkenntnisse auf dem eigenen Schulweg umgesetzt werden. Der Wissenszuwachs zu den Themen kann langfristig zudem das spätere sichere Verhalten als PKW- Fahrer fördern.

Im abschließenden **Modul 5** werden die Erkenntnisse zu einem Gesamtbild zum Unfallgeschehen zusammengetragen und Konsequenzen für das eigene Verhalten abgeleitet. Ergänzend erfolgt im Anschluss die Begehung der unfallauffälligen Stellen, um vor Ort die Erkenntnisse zu wiederkehrenden Unfallsituationen zu diskutieren.

5. Ergebnis

Die Sensibilisierung der Kinder und Jugendlichen für kritische Verkehrssituationen steigert ihre Diskussionsfähigkeit zum Thema Verkehrssicherheit und kann so auch das Umfeld der Jugendlichen positiv beeinflussen. Zusätzlich intensiviert die Vernetzung mit Experten (Unfallforschern, Polizisten) die Lernerfahrung.



Dadurch sollen möglichst viele Unfälle, insbesondere mit jungen Verkehrsteilnehmern, vermieden und so die Anzahl der (Schwer-)verletzten und Toten weiter reduziert werden.

Langfristig beeinflussen die Erkenntnisse der Jugendlichen auch den zukünftigen jungen Kraftfahrer, sodass ein späterer Sicherheitsgewinn für den jungen Fahrer und andere Fußgänger und Radfahrer entsteht.

6. Aktueller Projektstand

Vom Fraunhofer IVI initiierte und mit Eigenmitteln finanzierte FAPS-Projekte wurden in den Jahren 2016 und 2017 mit Unterstützung der Landespolizei Sachsen sowie in Kooperation mit dem Martin-Andersen-Nexö-Gymnasium Dresden (MANOS) erfolgreich durchgeführt. Hierbei entstand ein erster Prototyp der Arbeits- und Schulungssoftware für Schüler. Die anschließende Evaluation hat gezeigt, dass FAPS entsprechende Verhaltensänderungen bei den Jugendlichen bewirken kann und darüber hinaus Diskussionen zum Thema Verkehrssicherheit begünstigt.

Mitte 2018 erfolgte die Einbindung des sächsischen Präventionsrates, welcher eine Anpassung des FAPS-Konzepts finanziert. Hardwareseitig wird seitdem den Schulen eine portable Lösung angeboten, welche einen einfachen transportablen Verleih der Geräte mit der notwendigen Software an die Schulen ermöglicht und keinen Internetzugang benötigt. Für den sicheren Transport aller Hardwarekomponenten werden diese in robusten Cases an die Schulen versandt bzw. transportiert. Durch die Ergänzung und Anpassung des FAPS-Konzepts, der inhaltlichen Fortbildung von Lehrern, der automatisierten Erstellung von geeigneten Unterlagen für Lehrer und Schüler soll eine sachsenweite Beschulung in den Schulklassen erfolgen.

Um eine realistische Abschätzung über die Machbarkeit bzw. Skalierbarkeit des Konzepts treffen zu können, wird die aktuelle Pilotphase mit den neuen Modulen eingehend evaluiert. Dazu werden die teilnehmenden Schüler und Lehrer an den Pilotschulen befragt. Die Arbeiten umfassen die qualitative Auswertung von zwei Erhebungsdurchgängen zur Feststellung der individuellen und langfristigen Wahrnehmung des Projekterfolgs.

Aufgrund der hervorragenden Skalierbarkeit des Projektkonzepts ist nach der Implementierung auf Landesebene auch eine bundesweite Umsetzung denkbar. Weiterhin wird ein angepasstes FAPS-Konzept mit Unterstützung weiterer Partner in Frankfurt am Main getestet

Literatur

- Dillenbourg, P. (1999): „What do you mean by collaborative learning?“; In: Collaborative learning: Cognitive and Computational Approaches, pp. 1–19
- Kolb, D.A. (1984): „Experimental Learning“; Prentice Hall
- Mobilität in Deutschland (2018): „Mobilität in Deutschland – Tabellarische Grundauswertung“; Bonn
- O’Donnell, A.; King, A. (2014): „Cognitive perspectives on peer learning“, New York
- Schreder, G.; Brömer, B. (2009): „Lehren und Lernen – Erläuterungen und Praxisbeispiele zum Qualitätsbereich VI des Hessischen Referenzrahmens Schulqualität“; Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (2018): „Fachserie 8 Reihe 7 Verkehrsunfälle 2017“; Wiesbaden





Roller Fit – Lehrerfortbildungen zur Schulung der Bewegungs- und Verkehrssicherheit von Grundschulkindern

Christine Evertz

Projektmanagerin Unfallprävention, ADAC Stiftung

1. Ausgangslage

YouTube, Spotify, Netflix und Co. – Kinder wachsen heutzutage in einer Welt auf, die von elektronischen Medien durchdrungen ist und das Angebot an neuer Hard- und Software nimmt stetig zu. Zwar sind die Sechs- bis 13-Jährigen selbst nach Angaben ihrer Erziehungsberechtigten noch nicht in Besitz des gesamten Medienspektrums, doch herrscht jetzt schon nahezu Vollausrüstung bei Geräten wie Fernsehern, Smartphones, Laptops und Spielekonsolen. Internetzugang gehört ganz selbstverständlich dazu¹. Dass sich diese Entwicklung auf die Freizeitgestaltung von Kindern auswirkt, liegt auf der Hand. Die aktuelle KIM-Studie zeigt: Für 49 Prozent und damit für nur knapp die Hälfte der Sechs- bis 13-Jährigen hat die Freizeitaktivität „Draußen spielen“ die höchste Relevanz. Ungeschlagener Favorit in der Freizeitgestaltung dieser Altersgruppe ist und bleibt nach Ansicht der Experten der Fernseher mit einer täglichen Nutzung von 77 Prozent². Eine unabdingbare Folge dieser Entwicklung ist Bewegungsmangel bei Kindern. Dieser war 2018 so hoch wie nie zuvor³. Dabei spielt Bewegung in der Kindheit eine so große Rolle wie in keiner anderen Lebensphase. Denn das Fundament sowohl für die physische als auch für die psychomotorische Gesamtentwicklung wird gelegt und ein aktiver Lebensstil von Kindesbeinen an wirkt sich häufig auf das Verhalten im Erwachsenenalter aus⁴. Aus mangelnder Bewegung folgen Defizite in der motorischen Leistungsfähigkeit, Konzentrationsschwächen und Beschwerden wie Rückenschmerzen, Übelkeit, Schlaflosigkeit und Adipositas⁵. Auch mit Blick auf den Straßenverkehr lässt sich Bewegungsmangel, fehlende Praxis und damit vermehrt unsicheres Verhalten feststellen. So beweisen immer weniger Kinder Sicherheit in alltäglichen Straßenverkehrssituationen. Sie können beispielsweise beim Seitenblick während des Radfahrens nicht Spur halten, zeigen motorische Schwierigkeiten bei Richtungsänderungen und sind schnell abgelenkt⁶. Als Konsequenz ergibt sich ein erhöhtes Unfallrisiko: Im Jahr 2017 verunglückte durchschnittlich alle 18 Minuten ein Kind im Alter von unter 15 Jahren im Straßenverkehr. Insgesamt waren es 29.259 Kinder, die 2017 auf deutschen Straßen zu Schaden kamen und damit 2,5 Prozent mehr als 2016. Davon haben 61 Kinder die Unfälle nicht überlebt⁷.

¹ Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest / KIM-Studie (Kinder, Internet, Medien), 2016, S. 8

² Ebd., S. 10

³ AOK-Familienstudie, 2018, S. 17

⁴ KiGGS Study Group, 2014, S. 840

⁵ Prätorius & Milani, Motorische Leistungsfähigkeit bei Kindern, 2004, S. 172

⁶ Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V., Forschungsbericht VV 02, 2009, S. 24

⁷ Statistisches Bundesamt, Kinderunfälle im Straßenverkehr, 2017, S. 5



2. Zielsetzung

Auf dieser Ausgangslage basierend hat das Projekt **Kids mit Drive! Roller Fit-Programm für Grundschulen (Roller Fit)** zum Ziel, Kinder für Bewegung zu begeistern und für die Gefahren im Straßenverkehr zu sensibilisieren. Damit soll der Teufelskreis „Fehlende Bewegung – mehr Unsicherheit – weniger Praxis im Straßenverkehr – weniger Bewegung“ durchbrochen und Mobilitäts- und Verkehrserziehung bereits für junge Verkehrsteilnehmer erlebbar gemacht werden. Nach dieser Schulung können Grundschullehrkräfte ihre Schüler gezielt noch vor der bundesweiten Radfahrausbildung in der dritten und vierten Jahrgangsstufe „rollerfit“ machen, denn Rollerfahren ist Teil der Erlebniswelt unserer Kinder. Fast jedes Kind in dieser Altersgruppe ist in Besitz eines Rollers, die Berührungängste sind somit gering und erste Erfahrungswerte können bei der Zielgruppe vorausgesetzt werden. Doch obwohl Rollerfahren für Kinder eine attraktive (Fort-) Bewegungsform ist, findet sie bisher wenig Raum in der Verkehrs- und Mobilitätserziehung an Grundschulen. Dies liegt darin begründet, dass Lehrkräfte Rollerfahren oft nicht als Schulsport wahrnehmen und damit nicht in den Unterrichtsalltag integrieren. Die Vielfalt der Spiel- und Übungsformen mit dem Roller ist unbekannt, das notwendige Fachwissen zur Anleitung einer Gruppe und der organisatorische Aufwand wird deutlich überschätzt. Ebendiese Lücke möchte das Projekt **Roller Fit** schließen und Schulen dabei helfen, die Bewegungsform Rollerfahren besser zu verstehen, einfach und sinnvoll umzusetzen sowie im Sinne einer modernen Mobilitäts- und Verkehrserziehung nachhaltig in ihr Bewegungskonzept zu integrieren. Dabei verbindet **Roller Fit** die Aufklärung über Gefahren im Straßenverkehr mit dem Ziel, mehr Bewegung in den Alltag von Kindern zu bringen und nachhaltige Impulse für eine aktive Freizeitgestaltung zu setzen. Durch vielfältige Übungen, Tricks und Tipps erhalten die Kinder schnell erste Erfolgserlebnisse in Form einer erlebnisreichen und praxisnahen Unterrichtseinheit. Damit Kinder beispielsweise Gefahrensituationen besser erkennen, werden Fahr- und Bremstechniken sowie Verhaltensregeln in den Schulunterricht eingebracht, mit dem Ziel, die Unfälle im Straßenverkehr zu reduzieren.



Abbildung 1: Kinder rollen nach dem Projekt „Roller Fit“ sicher und verantwortungsbewusst los.



2.1. Mobilität & Sicherheit – ein Leben lang!

Rollerfahren erhöht die Mobilität von Kindern. Gleichzeitig ist der Roller oft das erste Fahrgerät im Leben eines Kindes, mit dem höhere Geschwindigkeiten erreicht werden. Ein Rollertraining in der Schule kann zur Verbesserung der Bewegungssicherheit und zur Sensibilisierung für Gefahren im Straßenverkehr beitragen. Darüber hinaus ist es sinnvoll, den Kindern das Rollerfahren frühzeitig als effektive und umweltfreundliche Fortbewegungsart zu vergegenwärtigen – angesichts des gerade erst beginnenden Booms in der Elektromobilität ist absehbar, dass der Roller schon bald auch für Erwachsene eine interessante Ergänzung zum Auto oder Fahrrad sein kann, denn Rollerfahren klappt ganz intuitiv. Im Vergleich zu anderen Funwheel-Trends wie Inlineskaten oder Waveboards müssen nicht erst bestimmte Techniken erlernt werden, um das Fahrerlebnis genießen zu können. Der technische Anspruch ist also eher gering. Die Herausforderung besteht vor allem darin, das Gerät auch in schwierigen Situationen zu beherrschen, unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit, des eigenen Fahrkönnens und unterschiedlicher äußerer Einflüsse.

2.2. Lehrplan, Erziehungsauftrag, Inklusion

Das Rollerfahren ist direkt oder indirekt über das Bewegungsfeld „Fahren, Rollen, Gleiten“ in den Lehrplänen aller Bundesländer verankert. Darüber hinaus kann der schulische Auftrag zu einer praxisnahen Mobilitäts- und Verkehrserziehung mit dem Thema Roller optimal erfüllt werden. Das Rollerfahren in der Schule schafft außerdem für alle Schülerinnen und Schüler einen Zugang zu einer altersgerechten Mobilitätsentwicklung. Kindern mit körperlichen oder geistigen Behinderungen, mit chronischen Erkrankungen oder mit schwierigen sozialen und familiären Situationen fehlt dieser außerhalb der Schule mitunter.

3. Projektbeschreibung

3.1. Zielgruppe

Zur Zielerreichung werden Lehrkräfte als Multiplikatoren im Themenfeld Rollerfahren aus- und fortgebildet. Damit sichert die ADAC Stiftung die Breitenwirksamkeit des Projekts, da die ausgebildeten Lehrkräfte ihr Wissen an mehrere Klassen und auf lange Sicht weitergeben können. Die Lehrerfortbildungen werden durch eine auf schulische Verkehrserziehung spezialisierte Agentur im Auftrag der ADAC Stiftung realisiert, mit dem Ziel eine praxisnahe und moderne Mobilitäts- und Verkehrserziehung in den Bewegungskonzepten von Grundschulen zu verankern. Die hierfür ausgearbeiteten Unterrichtsmaterialien sowie die Anregungen aus der Fortbildung und das anschließende Betreuungs- und Beratungsangebot für Schulen unterstützen die Lehrkräfte bei der Umsetzung eigener Projekte mit Rollern.

3.2. Regionen

Im Pilotjahr 2018 haben 220 Schulen (15 bis 20 pro Region) aus zwölf Regionen an den Fortbildungen teilgenommen. Insgesamt zählt das Projekt bisher 328 geschulte Lehrkräfte. Auf Tagesveranstaltungen wird den teilnehmenden Grundschullehrkräften nähergebracht, wie sie die Mobilitäts- und Verkehrserziehung mit Rollern konkret und praxisnah umsetzen können. Zahlreiche Bewegungsaufgaben, Spiele und



Tricks mit dem Roller lernen die Lehrkräfte ebenso kennen, wie die Möglichkeiten der Sensibilisierung für Gefahren im Straßenverkehr. Darüber hinaus werden zahlreiche Tipps und Tricks vermittelt, um die Planung und Umsetzung eigener Schulprojekte zu vereinfachen. Den Lehrkräften steht im Rahmen des Projekts jederzeit ein persönlicher Ansprechpartner zur Verfügung. Pro Jahr sollen zukünftig bis zu 15 Fortbildungsveranstaltungen mit bis zu 500 teilnehmenden Lehrkräften in unterschiedlichen Regionen Deutschlands stattfinden.

3.3. Aufbau

Die teilnehmenden Schulen profitieren von den folgenden drei Bausteinen, die auf die Bedürfnisse der Lehrkräfte beziehungsweise Schulen abgestimmt sind. Durch die Vielschichtigkeit des Projekts wird eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit dem Themenfeld „sicheres Rollerfahren“ gewährleistet.

3.3.1 Roller Fit-Tagesfortbildung

Kernstück des Projekts ist eine zentrale Tagesfortbildung für Lehrkräfte und das pädagogische Personal einer Region. Spezielle Vorerfahrungen sind für die Teilnahme nicht erforderlich. Auf dem Programm stehen die wichtigsten Techniken, Spiel- und Übungsformen, der lehrerentlastende Einsatz des Roller Fit-Lernmaterials und jede Menge Tipps zur Sensibilisierung von Schülerinnen und Schülern für Gefahren im Straßenverkehr sowie zur Implementierung des Wissens und der Übungen in den Schulalltag. Interessierte Lehrkräfte können sich über das Kontaktformular auf der Website der ADAC Stiftung stiftung.adac.de anmelden.

3.3.2 Roller Fit-Starterpaket

Die Besonderheit des Projekts besteht in den Materialien für den nachhaltigen Einsatz im Unterricht. Indem die teilnehmenden Lehrkräfte im Anschluss an die Tagesfortbildung Unterrichts- und Lernmaterialien zum Thema „Rollerfahren in der Schule“ erhalten, kann das Thema direkt umgesetzt werden und gerät trotz voller Schulkalender nicht in Vergessenheit. Das Starterpaket enthält die übersichtliche und altersgerecht illustrierte Darstellung von Basistechniken, Spiel- und Übungsformen, Tricks und Bewegungsaufgaben für Schülerinnen und Schüler. Als Anregung und Unterstützung für mehrere Unterrichtseinheiten kann der erstellte Leitfaden „Sicher Rollerfahren“ (6 x 90 Min.) genutzt werden. Ebenso eröffnen Kopiervorlagen und über 60 Trick-Karten zahlreiche weitere Möglichkeiten der kreativen Unterrichtsgestaltung. So wird die Planung und Umsetzung von Praxiseinheiten zum Kinderspiel und die Schülerinnen und Schüler werden wirkungsvoll für Gefahren im Straßenverkehr sensibilisiert.



Abbildung 2: Nach der Roller Fit-Tagesausbildung und mit dem Starterpaket sind Lehrkräfte Experten beim Thema Rollerfahren und können actionreiche Unterrichtseinheiten für ihre Schülerinnen und Schüler gestalten.

3.3.3 Roller Fit-Support

Neben den Unterrichts- und Lernmaterialien erhalten die teilnehmenden Lehrkräfte ein dauerhaftes Beratungs- und Unterstützungsangebot durch die Roller Fit-Projektleitung. Bei allen Fragen rund um das Thema „Rollerfahren in der Schule“ steht die Roller Fit-Projektleitung den teilnehmenden Schulen und Lehrkräften mit Rat und Tat zur Seite, auch mit individuellen und praktischen Hilfen. Das Betreuungs- und Beratungsangebot im Anschluss an die Fortbildungen, aber auch ein stetig wachsendes Netzwerk der aktiven Lehrkräfte und Schulen, bietet die Möglichkeiten, effektiv über neue Erkenntnisse, Schwerpunkte und Themen zu informieren und das Projekt entsprechend weiterzuentwickeln.

4. Erste Ergebnisse & Ausblick

Die teilnehmenden Lehrkräfte wurden nach den ersten 14 Roller Fit-Veranstaltungen in den zwölf Regionen mittels eines Fragebogens befragt. Neben allgemeinen Fragen stand das Feedback zur Tagesfortbildung sowie zum Roller Fit-Projekt insgesamt im Fokus. Mit Blick auf die Auswertung dieser ersten Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die Maßnahmen von **Roller Fit** zu einem verantwortungsvolleren Verhalten der Kinder führen. So erhielten 43 Prozent der Lehrkräfte einen guten Einblick in die Unterrichtsinhalte „Sicherheit im Straßenverkehr“. Außerdem konnte aus den Ergebnissen der Evaluation entnommen werden, dass 40 Prozent aller bereits fortgebildeten Lehrkräfte die Übungsinhalte der Veranstaltungen an



ihrer Schule umsetzen werden. Des Weiteren waren 71 Prozent der Meinung, das Unterrichtsmaterial eigne sich gut zur Planung und zum Einsatz im Unterricht. 78 Prozent aller Befragten möchten das Roller Fit-Projekt weiterempfehlen.

Roller Fit ist daher auf dem besten Weg von einem Pilotprojekt zu einem bundesweiten Projekt und wird zunächst für die Jahre 2019 bis 2021 fortgeführt. Auch aus Sicht der Projektleitung war das erste Pilotjahr nicht nur aufregend, spannend und lehrreich. Es hat sich gezeigt, dass das Projekt bei Lehrkräften, Schulleitungen und Schulbehörden großen Anklang findet, denn die Mischung aus Fortbildung, hochwertigen und innovativen Unterrichtsmaterialien sowie die weitere Betreuung durch den Roller Fit-Support wird genauso gut angenommen wie dies konzeptionell angedacht war. Anschließend haben auch viele Lehrkräfte berichtet, dass ihre Schule im Nachgang der Roller Fit-Fortbildung Roller angeschafft und sie ein Roller-Training fest in ihr Bewegungskonzept verankert haben. Besonders erfreulich war aus Sicht der Projektleitung, dass die kurzfristig eingehenden zusätzlichen Anfragen nach Roller Fit-Folgeveranstaltungen unkompliziert und kurzfristig bedient werden konnten.

Die zentralen Fortbildungen und die Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte sollen dazu beitragen, Unfälle mit Kindern im Straßenverkehr zu vermeiden. Als nächsten Schritt gilt es daher zu prüfen, inwiefern sich die Ausbildung der Lehrkräfte auf das Verhalten der Kinder auswirkt. Des Weiteren sollte beobachtet werden, ob sich die Koordination und das Gleichgewicht der Schulkinder durch das Projekt verbessern.



Abbildung 3: Nach einer spannenden und herausfordernden Unterrichtseinheit zum Thema Rollerfahren sind die Schülerinnen und Schüler müde und glücklich. Fazit der Stunde: So macht Verkehrserziehung Spaß!



Analyse von Unfallschäden zur Ermittlung des Unfallvermeidungspotentials durch automatisierte Fahrfunktionen auf SAE-Level 3 und 4

Isabella Ostermaier¹, Dr. Johann Gwehenberger², Anna Feldhütter³ & Michael Pschenitza¹

¹ Unfallforschung, ADAC e.V.

² Leiter der Unfallforschung, AZT Automotive GmbH

³ Lehrstuhl für Ergonomie, TU München

1. Einleitung

Neben infrastrukturellen Maßnahmen und einem verantwortungsbewussten Verhalten der Verkehrsteilnehmer gründet sich die Vision Zero auf dem hohen Unfallvermeidungspotential der integralen Sicherheit [1]. Besonders aktiven Systemen bzw. automatisierten Fahrfunktionen (AF) wird hierbei eine hohe Bedeutung beigemessen, da sie die Fahraufgabe übernehmen und so eine Vielzahl an menschlichen Fahrfehlern und darauffolgende kritische Situationen im Straßenverkehr vermeiden könnten [2]. Die Automatisierung des Individualverkehrs ist jedoch mit technischen und rechtlichen Hürden verbunden [3]. Um diese Hürden zu überwinden und die Sicherheit auf den europäischen Straßen durch automatisierte Fahrfunktionen auf SAE-Level 3 und 4 zu steigern, wurde das EU-Forschungsprojekt L3Pilot initiiert. Neben der Erprobung der AF unter realen Straßenbedingungen gehört auch die Folgenabschätzung dieser Funktionen auf die Verkehrssicherheit und das Unfallgeschehen zu den Aufgaben des Projektes [4,5].

Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes und in Zusammenarbeit mit dem Allianz Zentrum für Technik (AZT), dem ADAC e.V. und der TU München wurde eine Strukturanalyse realer Unfallschäden zur Abschätzung des Wirkpotentials der AF durchgeführt. Hierdurch ist es möglich, die theoretische Steigerung der Verkehrssicherheit durch automatisiertes Fahren auf SAE-Level 3 und 4 zu ermitteln. Auf Basis der Strukturanalyse der Datenbanken konnten zudem Risikogruppen hinsichtlich des Fahreralters und -geschlechts identifiziert und ein gezielter Einsatz der AF für bestimmte Personengruppen empfohlen werden. Für eine ganzheitliche Einschätzung des zukünftigen Unfallgeschehens wurden neben den positiven Auswirkungen des automatisierten Fahrens auf die Verkehrssicherheit, auch kritische Situationen durch die sich verändernde Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine im Fahrzeug eruiert.

2. Zukünftige automatisierte Fahrfunktionen

Im Zusammenhang mit der Automatisierung der Fahraufgabe wird die Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine nach SAE J3016 in sechs Stufen unterteilt. Die im Rahmen des EU-Forschungsprojektes L3Pilot untersuchten vier automatisierten Fahrfunktionen können dem SAE-Level 3 und 4 zugeordnet werden und sind in Abbildung 1 dargestellt. Eine Fahrfunktion, welche dem dritten Automatisierungslevel entspricht, erkennt selbstständig die Grenzen seiner Funktionalität und fordert den Fahrer bei Bedarf auf, die Fahraufgabe zu übernehmen. Während das System aktiv ist, muss der Fahrer sowohl die Funktionalität des



Systems, als auch die Umgebung nicht mehr dauerhaft überwachen. Auf SAE-Level 4 ist im spezifischen Anwendungsfall kein Fahrer erforderlich, da das System hierbei alle Situationen automatisch bewältigen kann. Das selbstständige Ein- und Ausparken entlang einer Trajektorie, ohne dass sich der Fahrer im Fahrzeug befindet, gehört zum Funktionsumfang des Parking Pilots und entspricht somit dem Automatisierungslevel 4. [6,7,8]

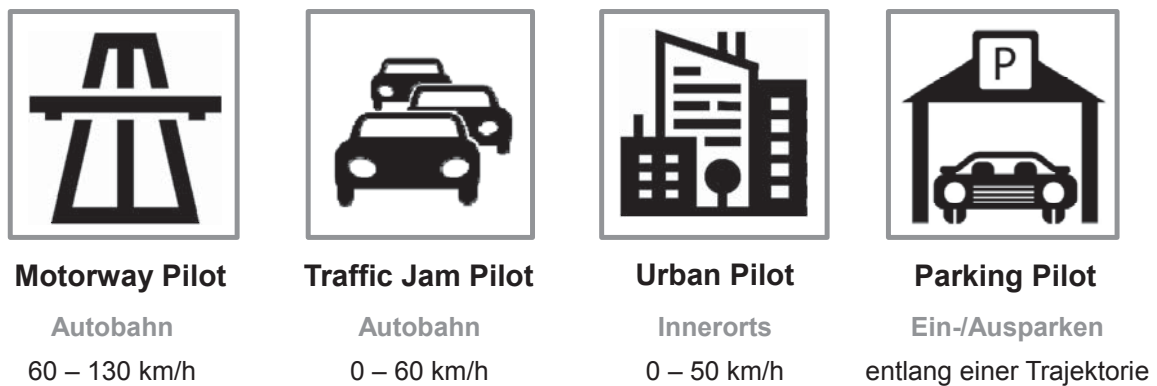


Abbildung 1: Innerhalb des EU-Forschungsprojektes L3Pilot untersuchte automatisierte Fahrfunktionen

Für das automatisierte Fahren auf der Autobahn wurden innerhalb des L3Pilot-Projekts der Motorway Pilot und Traffic-Jam Pilot definiert. Während der Traffic-Jam Pilot im stockenden Verkehr bei bis zu 60 km/h eingesetzt werden kann, erweitert der Motorway Pilot den Geschwindigkeitsbereich auf bis zu 130 km/h. Zudem ist Letzterer in der Lage selbstbestimmte Spurwechsel durch-zuführen, um im Verkehrsfluss die Geschwindigkeit beizubehalten. [6]

Der Urban Pilot ermöglicht automatisiertes Fahren in städtischer Umgebung, ohne dass der Fahrer das System dauerhaft überwachen muss. Da die im Projekt beteiligten Automobilhersteller unterschiedliche Ausprägungen der generischen AF entwickelt haben, wird der Urban Pilot in zwei Varianten unterteilt: Eine, welche innerhalb von Kreuzungsumgebungen eingesetzt werden kann, und eine, die diese nicht beherrschen kann. Die automatisierte Parkfunktion kann sowohl Parkmanöver, bei denen das Fahrzeug in und aus Längs- und Querparklücken gesteuert wird, als auch die letzten Meter der Fahrt hin zur Parklücke bzw. Stellplatz übernehmen. Da es sich hierdurch beim Parking Pilot um die Vereinigung von zwei Funktionen auf SAE-Level 2 und 4 handelt, wird auch diese Fahrfunktionen in zwei Varianten unterteilt: Die Funktion des Ein- und Ausparkens in Tiefgaragen, auf Parkplätzen oder an öffentlichen Straßen werden dem Parking Pilot State-of-the-Art zugeordnet. Mittels der Funktion Parking Pilot Trajektorie parkt das Fahrzeug entlang einer definierten Fahrspur selbstständig in die Garage ein, wobei der Fahrer nicht zwingend im Fahrzeug sein muss. [4]

3. Wirksamkeitspotential automatisierter Fahrfunktionen

Für die Ermittlung des zu erwartenden Sicherheitsgewinns wurden die Unfalldatenbanken des AZT und ADAC e.V. herangezogen. Die in den AZT-Datenbanken enthaltenen 15.600 Schäden bilden eine repräsen-



tative Zufallsstichprobe aus der Gesamtheit der Kfz-Haftpflicht- und Kaskoschäden, die der Allianz gemeldet wurden. Um den zu erwartenden Sicherheitsnutzen in Bezug auf schwere Verkehrsunfälle ermitteln zu können, standen ca. 7.300 tiefer ausgewertete Verkehrsunfälle der ADAC Unfalldatenbank zur Verfügung. Letztere beinhaltet die schwerwiegenden Verkehrsunfälle in Deutschland, zu denen die ADAC Luftrettung gerufen wird. Ausgehend von den in den Schaden- bzw. Unfalldatenbanken enthaltenen Fällen wird die Anzahl der durch die L3+-Funktionen vermeidbaren Unfälle von folgenden vier Kennzahlen beeinflusst (vgl. Abbildung 2):

- **Relevanz:** Anteil der Unfälle, die theoretisch durch L3+-Funktionen maximal beeinflussbar sind.
- **Marktdurchdringung:** Anteil des Fahrzeugbestands mit L3+-Funktionen nach X Jahren der System Einführung.
- **Effizienz:** Anteil der Relevanz, der unter realen Bedingungen im Straßenverkehr tatsächlich wirkt.
- **Nutzungsgrad:** Einsatz des Systems durch den Fahrer. [9]

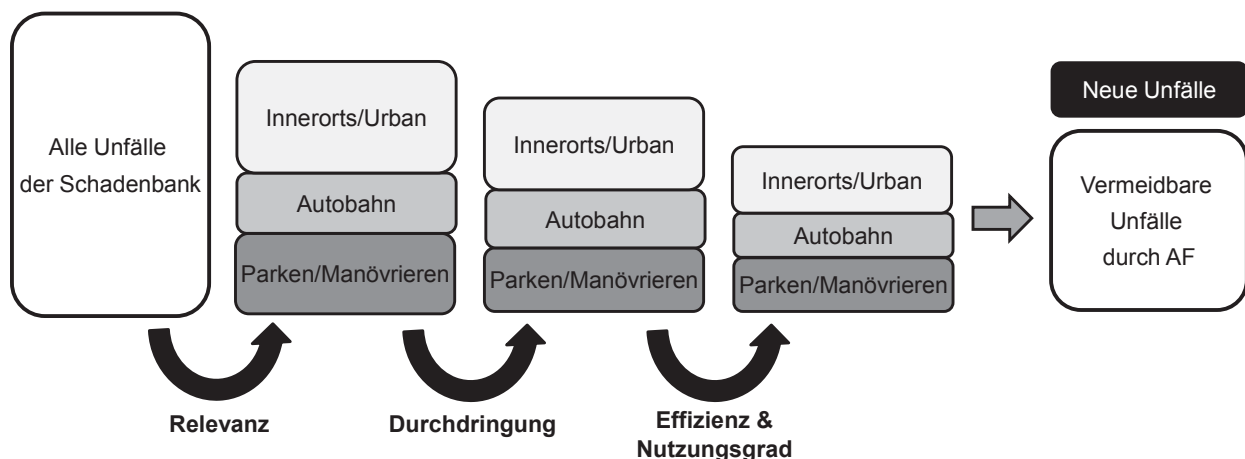


Abbildung 2: Vorgehensweise zur Ermittlung der Anzahl an vermeidbaren Unfällen durch automatisiertes Fahren und des zukünftigen Unfallgeschehens

Die Relevanz wird anhand der Unfalldatenbanken ermittelt, indem der Anteil an Unfällen, welche theoretisch im Wirkungsbereich der einzelnen AF liegen, eruiert wird. Auf Basis des jährlich erscheinenden DAT-Reports wurden unterschiedlich ansteigende Regressionsgeraden des Ausstattungsgrades der Fahrzeuge mit FAS ermittelt. Die daraus abgeleiteten Grenzszenarien bilden eine schnelle und langsame Durchdringung des Fahrzeugbestandes bis zu 30 Jahre nach der Markteinführung der Systeme ab. Der Mittelwert der beiden Durchdringungsgeschwindigkeiten ergibt die Kennzahl für die mittlere Marktdurchdringung zur Berechnung des Sicherheitsnutzens. Da die beiden Faktoren Effizienz und Nutzungsgrad lediglich mit retrospektiven Analysen des Einsatzes der L3+-Funktionen unter realen Bedingungen bestimmt werden können, wird auf die Ergebnisse der Studie *Automatisiertes Fahren* des GDV zurückgegriffen [9].

Durch Multiplikation dieser vier Kennzahlen erhält man die prozentualen Anteile an Unfällen, die mittels der einzelnen automatisierten Fahrfunktionen im betrachteten Zeitraum nach der Markteinführung der Systeme vermieden werden könnten. Am Beispiel des Urban Pilot (vgl. Abbildung 3) ergibt sich ein erwarteter



Sicherheitsgewinn von 2,1 % innerhalb der VK-Kollisionsschäden in 20 Jahren nach der Markteinführung des Systems. Während knapp 20 % aller betrachtenden Schäden theoretisch im Wirkungsbereich des Urban Pilot liegen, reduziert sich dieser Anteil auf lediglich 2,1 % unter Berücksichtigung der Marktdurchdringung, der Effizienz und des Nutzungsgrads.

Relevanz	x	Mittlere Durchdringung	x	Effizienz	x	Nutzungsgrad	=	Sicherheitsnutzen
19,1 %	x	61,0 %	x	37,6 %	x	48,0 %	=	2,10%

Abbildung 3: Vorgehen zur Ermittlung des Sicherheitsnutzens am Beispiel Urban Pilot mit Kreuzungsumgebung innerhalb der VK-Kollisionsschäden in 20 Jahren nach der Markteinführung

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse für die einzelnen L3+ Funktionen 20 Jahre nach der Markteinführung der AF auf Basis der AZT-Datenbanken. Zusammenfassend ergibt sich ein zu erwartender Sicherheitsnutzen von 5,0 bis 6,8 % weniger Schäden in Abhängigkeit der Versicherungssparte.

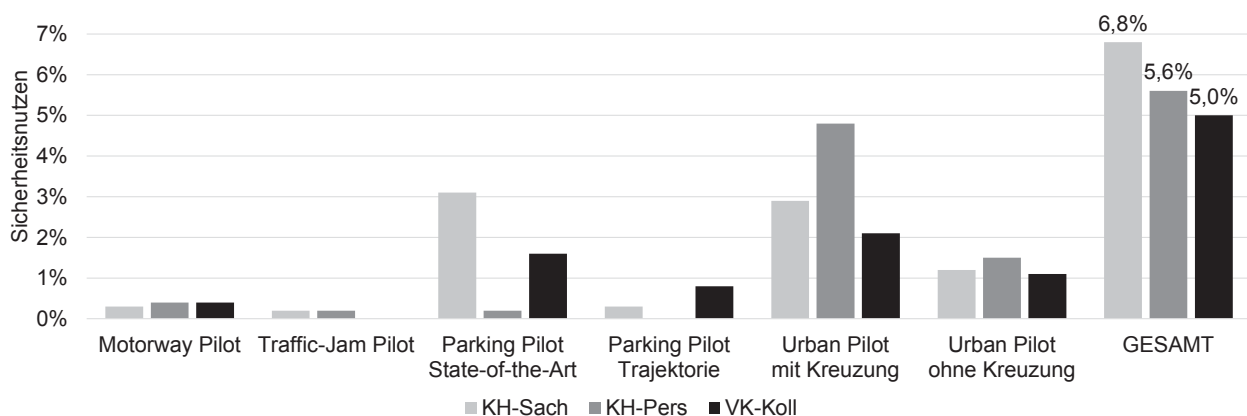


Abbildung 4: Sicherheitsnutzen der untersuchten automatisierten Fahrfunktionen innerhalb der einzelnen Versicherungssparten auf Basis der AZT-Datenbanken in 20 Jahren nach der Markteinführung

Während aus versicherungstechnischer Sicht bis zu 6,8 % der Schäden vermieden werden können, liegt der Sicherheitsnutzen durch die L3+-Funktionen auf Basis der ADAC Unfalldatenbank bei lediglich 1,9 % in 20 Jahren nach deren Markteinführung. Die Ergebnisse der Ermittlung des unfallvermeidenden Potentials der einzelnen automatisierten Fahrfunktionen in Bezug auf die schwerwiegenden Verkehrsunfälle der ADAC Datenbank sind in Abbildung 5 dargestellt.

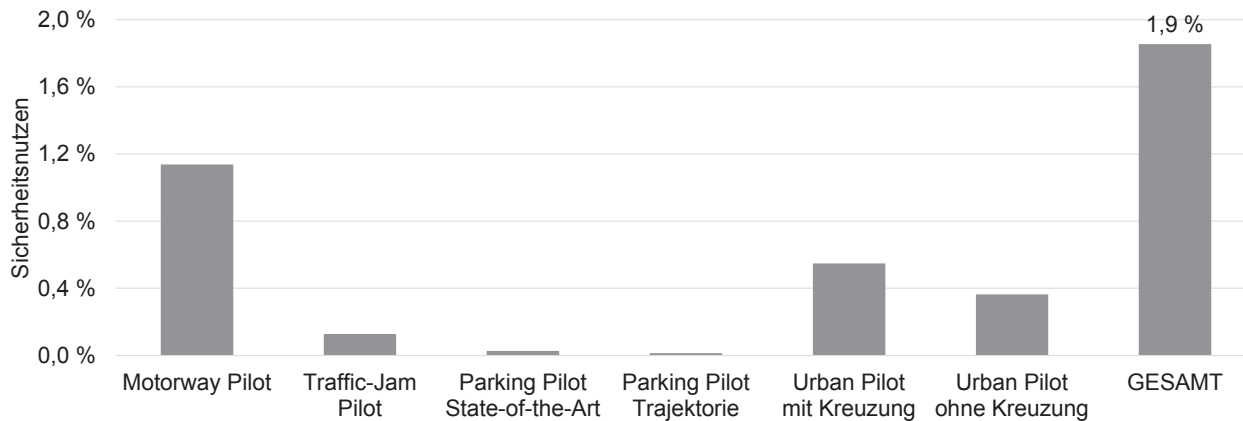


Abbildung 5: Sicherheitsnutzen der untersuchten automatisierten auf Basis der ADAC Unfalldatenbank in 20 Jahren nach der Markteinführung

Im Gegensatz zu den Versicherungsschäden besitzt der Motorway Pilot in Bezug auf die schwerwiegenden Unfälle das höchste unfallvermeidende Potential. Obgleich die deutschen Pkw-Fahrer über 30 % ihrer Fahrleistung 2017 auf der Autobahn erbrachten, ereigneten sich dort lediglich 7 % der polizeilich erfassten Unfälle mit Personenschaden [10]. Somit ist die Autobahn, auch aufgrund der Trennung der beiden Fahrrichtungen, aus Sicht der Unfallforschung der sicherste Straßentyp. Nichtsdestotrotz bringt der Motorway Pilot besonders in Bezug auf schwere Unfälle den höchsten Sicherheitsgewinn mit sich, da den hohen Geschwindigkeiten meist schwerwiegenden Verletzungen folgen.

Aus versicherungstechnischer Sicht haben die Parking Pilots einen hohen Nutzen, da Park- und Rangierunfälle in der Versicherungssparten KH-Sach- und VK-Kollisionsschäden die häufigste Unfallart darstellen. Aufgrund der niedrigen Geschwindigkeiten ist der Sicherheitsgewinn durch automatisierte Parkfunktionen in Bezug auf schwere Unfälle jedoch beschränkt.

Der Urban Pilot mit und ohne Kreuzungsumgebung besitzt sowohl für die Versicherungsschäden der Allianz, als auch die schweren Verkehrsunfälle innerhalb der ADAC Datenbank ein hohes Potential, Unfälle zu vermeiden. Der hohe zu erwartende Sicherheitsgewinn im Stadtbereich begründet sich in den komplexen Verkehrssituationen innerorts und der erhöhten Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern.

4. Zusammenhang zwischen Risikogruppen und automatisiertem Fahren

Im Hinblick auf die geringen ermittelten Schadenvermeidungspotentiale der AF in 20 Jahren nach der Markteinführung, ist es umso wichtiger, die L3+-Funktionen an bestimmte Risikogruppen von Fahrern zu richten, um das Wirkpotential der einzelnen AF zu steigern [11]. Anhand von Studien und der Bundesstatistik konnten besonders junge und alte Fahrer als Risikogruppen im Straßenverkehr identifiziert werden. Die Merkmale dieser Fahrergruppen sowie deren charakteristischen Fehlverhaltensweisen können der Abbildung 6 entnommen werden.

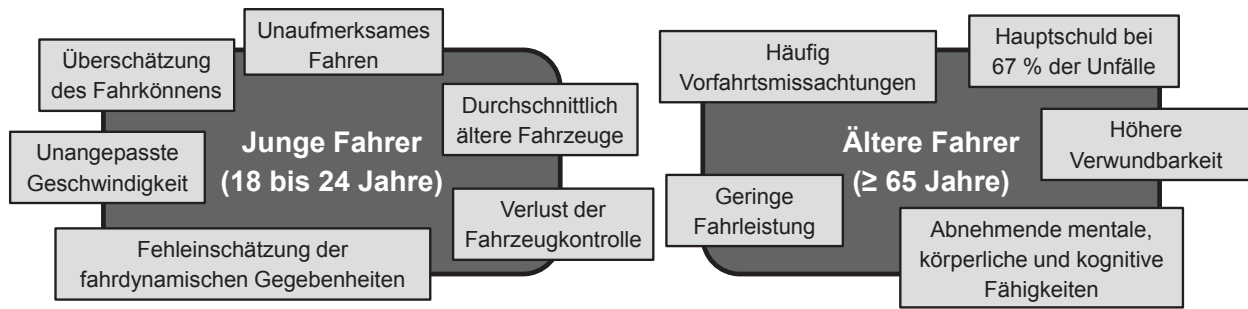


Abbildung 6: Fahrerisikogruppe in Bezug auf das Alter mit ihren spezifischen Merkmalen [12,13,14,15]

Laut der ADAC Unfallforschungsdatenbank sind mehr als die Hälfte der schweren Kollisionen durch Fahr-unfälle von jungen Fahrern geprägt, die durch den Verlust der Fahrzeugkontrolle entstehen. Bis zu 33 % der Unfälle, bei denen junge Fahrer von der Fahrspur bzw. Fahrbahn abkommen, können auf Unaufmerk-samkeit zurückgeführt werden. Unaufmerksames Fahren wird neben der Ablenkung durch Mitfahrende, auch durch das Bedienen des Smartphones begünstigt [13]. Aufgrund der geringen Erfahrung im Straßen-verkehr verursachen junge Fahrer häufiger Unfälle infolge einer unangepassten Geschwindigkeit an die Straßen- und Verkehrsbedingungen oder der Fehleinschätzung der fahrdynamischen Gegebenheiten [16,17].

Die Unfälle, die durch die 65-Jährigen und älter verursacht werden, ereignen sich mit über 70 % vorwie-gend innerorts. Dies hängt damit zusammen, dass ältere Menschen nicht mehr täglich zur Arbeit fahren oder längere Strecken zurücklegen, sondern lediglich kürzere Distanzen im Stadtbereich fahren. Zwar ist das Unfallrisiko aufgrund der geringen Fahrleistung bei älteren Menschen geringer, jedoch tragen die Seni-oren bei 67 % der Unfälle, in denen sie beteiligt sind, die Hauptschuld [14]. Neben einer erhöhten Ver-wundbarkeit zeichnet sich die Gruppe der älteren Pkw-Fahrer durch abnehmende mentale, körperliche und kognitive Fähigkeiten aus. Unfallursächliche Fehler der älteren Fahrer treten daher häufig im Bereich der Informationsaufnahme auf, indem sie beispielsweise den Vorrang anderer Verkehrsteilnehmer missachten [18].

Im Zuge der Datenbankauswertung zur Wirkpotentialabschätzung wurden das Fahreralter und -geschlecht der durch die L3+-Funktionen adressierbaren Unfälle analysiert. Auf Basis dieser Daten ist es möglich, das unfallvermeidende Potential der einzelnen AF für bestimmte Bevölkerungsgruppen zu ermitteln. Im Ver-gleich zu den 25- bis 64-jährigen Fahrern verursachen die jungen Fahrer auf Basis der AZT-Datenbanken häufiger Unfälle im Stadtbereich und auf den Autobahnen. Der höhere Anteil an Unfällen, die im Wirkbe-reich des Traffic-Jam und Motorway Pilots liegen, lässt sich durch die häufig unangepasste Geschwindig-keit und die Überschätzung des Fahrkönnens der 18- bis 24-jährigen Fahrer erklären. Im Gegensatz hierzu zeigte die Auswertung der ADAC Datenbank, dass besonders der Urban Pilot mit und ohne Kreuzungsum-gebung einen hohen Sicherheitsgewinn für junge Fahrer darstellen würde.

Sowohl die Analyse der AZT-Datenbanken, als auch die der ADAC Unfalldatenbank ergab, dass der Groß-teil der durch die Senioren induzierten Unfälle, welche durch die AF adressiert werden können, im Wirkbe-reich der Parking und Urban Pilots liegen. Ebenso brächte ein Urban Pilot in Hinsicht auf die häufigen Vor-



fahrtsmissachtungen und der erbrachten Fahrleistung im städtischen Bereich der über 65-Jährigen einen hohen verkehrssicherheitstechnischen Nutzen in dieser Altersgruppe mit sich.

Eine Zusammenfassung der ermittelten unfallvermeidenden Potentiale spezifischer L3+-Funktionen innerhalb der beiden betrachteten Fahrerrisikogruppen für die jeweilige Datenbank kann der Abbildung 7 entnommen werden.

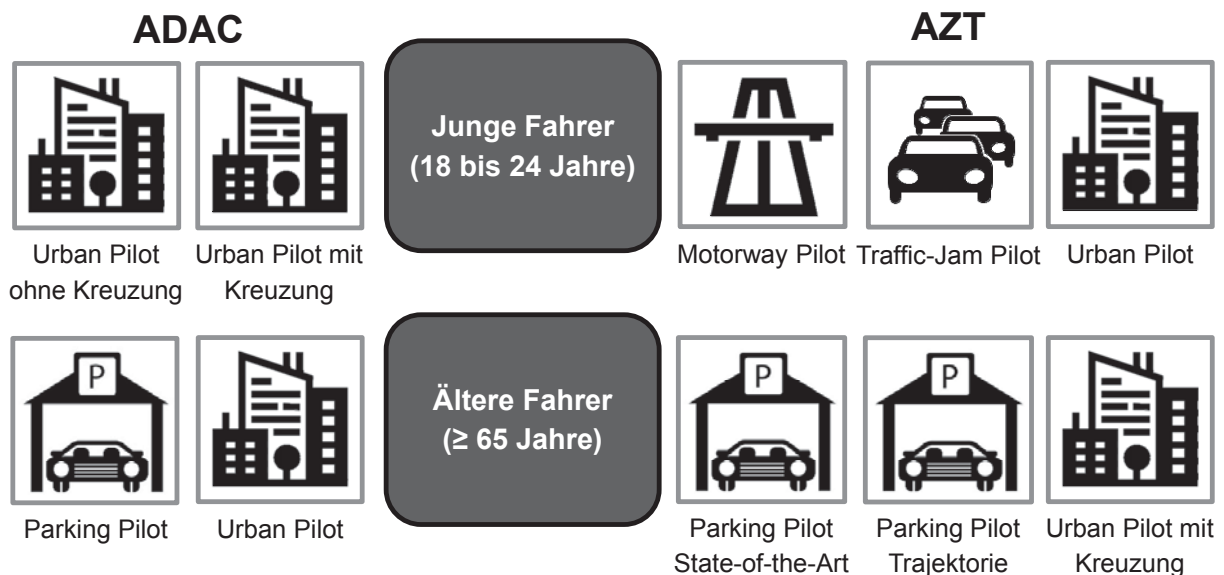


Abbildung 7: Potentiale der betrachteten automatisierten Fahrfunktionen in Bezug auf die Fahrerrisikogruppen innerhalb der AZT und ADAC Datenbank

Neben dem Alter der Fahrer wurde auch das Fahrergeschlecht hinsichtlich des spezifischen Nutzens zur Steigerung der Verkehrssicherheit durch die einzelnen AF untersucht. Innerhalb der AZT-Datenbanken konnte kein signifikanter Unterschied in Bezug auf das Unfallgeschehen in Abhängigkeit des Geschlechts des Fahrers festgestellt werden. Dagegen zeigte die Analyse der ADAC Datenbank, dass der Motorway Pilot für männliche und der Urban Pilot für weibliche Fahrer ein höheres unfallvermeidendes Potential hätte. Zudem verursachten Pkw-Fahrer zweimal so viele schwere Verkehrsunfälle als Pkw-Fahrerinnen. Diese Ergebnisse lassen sich anhand des charakteristischen Fahrverhaltens der Geschlechter erklären: Während die Pkw-Fahrer durchschnittlich eine höhere Fahrleistung erbringen, verfügen die weiblichen Fahrer meist über eine größere Bereitschaft für defensiveres bzw. vorsichtigeres Verhalten im Straßenverkehr [19].

5. Neue Risiken durch automatisiertes Fahren

Die Behauptung, dass durch zunehmende Automatisierung der Straßenverkehr sicherer wird [20], begründet sich darin, dass menschliche Fahrfehler als häufigste Unfallursache aus dem System entfernt werden. Diese Argumentation berücksichtigt den Menschen ausschließlich als Unfallverursacher und nicht als letzte Sicherheitskomponente. Dies hängt damit zusammen, dass keine Daten über Unfälle existieren, die der Mensch durch aktives Eingreifen verhindern konnte. [2,11]



Um das zukünftige Unfallgeschehen unter allen sich ändernden Aspekten darstellen zu können, ist es notwendig, neben den positiven Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit, auch die neuen Risiken durch die veränderte Aufgabenteilung zwischen Mensch und Maschine zu betrachten. Die acht Fahrscenarien, die bei einem Expertenworkshop ermittelt wurden, sind in Abbildung 8 veranschaulicht. Neben Mitarbeitern des AZT, die über jahrelange Erfahrungen in der Unfallforschung und -analytik verfügen, beteiligten sich auch weitere Akteure des L3Pilot Projektes am Workshop und erläuterten die Einsatzbereiche und Risiken der einzelnen AF. Zudem wurde von Seiten der TU München ein Einblick in die Mensch-Maschine-Interaktion im automatisierten Fahrmodus gegeben.

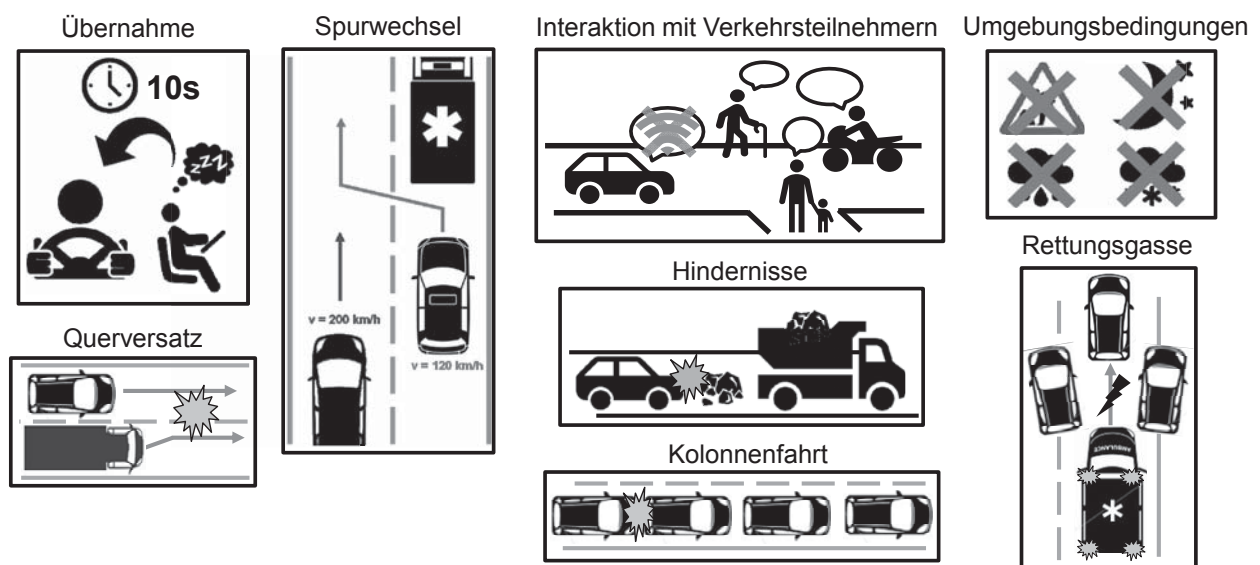


Abbildung 8: Kritische Szenarien im zukünftigen Straßenverkehr durch automatisiertes Fahren

Das Unfallrisiko bei der Übernahme könnte sich dadurch erhöhen, dass Pkw-Lenker aufgrund längerer Abwendung die Fahraufgabe nicht meistern können. Besonders auf deutschen Autobahnen können bei einem Fahrspurwechsel aufgrund des unbeschränkten Geschwindigkeitsbereichs kritische Situationen entstehen. Des Weiteren birgt die fehlende Kommunikation zwischen den Verkehrsteilnehmern vor allem in Reißverschlussverfahren oder beim Einfädeln auf der Autobahn im Mischverkehr ein erhöhtes Unfallrisiko. In Bezug auf die Interaktion mit Einsatzfahrzeugen und deren Vorrang beinhaltet der Funktionsumfang der AF nicht die Einleitung eines entsprechenden Ausweichmanövers im innerstädtischen Verkehr. Neben neuen Situationen, wie der Übernahme der Fahraufgabe, handelt es sich bei einigen der Szenarien (z.B. Spurwechsel, Querversatz, ...) um bereits im Verkehrsgeschehen vorhandene Unfalltypen, deren Auftretenshäufigkeiten sich jedoch im zukünftigen Unfallgeschehen verändern werden.

6. Zusammenfassung

Auf Basis der im L3Pilot Projekt definierten Fahrfunktionen und der Unfalldatenbanken des Allianz Zentrum für Technik und des ADAC e.V. können die sicherheitsrelevanten Auswirkungen des automatisierten Fah-



rens auf SAE-Level 3 und 4 abgeschätzt werden. Für eine ganzheitliche Wirkpotentialabschätzung werden die Faktoren Relevanz, Durchdringung des Fahrzeugbestands, Effizienz und Nutzungsgrad der Systeme ermittelt. Durch die Multiplikation der vier Faktoren ergibt sich derjenige Anteil an Unfällen, der durch die L3+-Funktionen adressiert werden kann. Anhand dieser Vorgehensweise wurde ermittelt, dass die automatisierten Fahrfunktionen in 20 Jahren nach ihrer Markteinführung zwischen 5,0 % und 6,8 % der Versicherungsschäden und 1,9 % der in der ADAC Unfalldatenbank enthaltenen schweren Unfälle verhindern könnten. Gründe für diese geringen prozentualen Anteile liegen darin, dass nicht jedes Neufahrzeug mit den L3+-Funktionen ausgestattet werden wird, sobald die Fahrfunktionen auf dem Markt erhältlich sind. Außerdem wird der Fahrzeugbestand weiterhin Altfahrzeuge beinhalten, die nur geringfügig über assistierende Systeme verfügen.

Um den Nutzen der AF für bestimmte Gruppen von Fahrern zu ermitteln, wurden Risikogruppen identifiziert und das Potential der L3+-Funktionen in Bezug auf das Fahreralter und -geschlecht untersucht. Bei den 18- bis 24-Jährigen würden vor allem der Motorway und Urban Pilot eine unfallreduzierende Wirkung zeigen. Dagegen würden besonders der Urban Pilot und die automatisierten Parkfunktionen die über 65-Jährigen bei der Fahraufgabe unterstützen.

Um die Nutzerakzeptanz gegenüber der L3+-Funktionen und die damit zusammenhängende Marktdurchdringung der Systeme zu erhöhen, ist es essentiell, dass die positiven Auswirkungen die negativen Erscheinungen des automatisierten Fahrens übersteigen. Aufgrund dessen wurde ein Workshop durchgeführt, wobei acht kritische Szenarien durch automatisiertes Fahren auf SAE-Level 3 und 4 im Straßenverkehr identifiziert werden konnten, um das zukünftige Unfallgeschehen ganzheitlich abschätzen zu können.

7. Literaturverzeichnis

- [1] DEKRA Automobil GmbH (Hrsg.). (2017). *DEKRA Verkehrssicherheitsreport 2017 – BestPractice* [Themenheft]. DEKRA Verkehrssicherheitsreport. Stuttgart.
- [2] Zimmer, A. C. (2017). *Führt das autonome Fahrzeug zu mehr Sicherheit und Effizienz im Straßenverkehr?* at-Automatisierungstechnik, 65 (7), 458–464.
- [3] Unselt, T., Schöneburg, R. & Bakker, J. (2013). *Insassen und Partnerschutz unter den Rahmenbedingungen der Einführung autonomer Fahrzeugsysteme*. 29. VDI/VW-Gemeinschaftstagung „Automotive Security“, Wolfsburg
- [4] Hibberg, D., Louw, T., Aittoniemi, E., Brouwer, Rino, Dotzauer, Mandy, Fahrenkrog, F., Innamaa, S. et al. (2018). *From Research Questions to Logging Requirements*. Deliverable D3.1. L3Pilot Project – Driving Automation.
- [5] L3Pilot. (2016). *Piloting Automated Driving on European Roads*. Verfügbar unter https://l3pilot.eu/fileadmin/user_upload/Downloads/L3Pilot_Factsheet_v1.6_WEB.pdf
- [6] Griffon, T., Sauvaget, J.-L., Geronimi, S. & Bolovinou, A. (2018). *Description and taxonomy of Automated Driving Functions*. Deliverable D4.1 Draft (L3Pilot Consortium, Hrsg.).
- [7] VDA. (2015). *Automatisierung. Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren*, Verband der Automobilindustrie. Verfügbar unter <https://www.vda.de/dam/vda/publications/2015/automatisierung.pdf>



- [8] Winkle, T. (2015). *Sicherheitspotenzial automatisierter Fahrzeuge: Erkenntnisse aus der Unfallforschung*. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz & H. Winner (Hrsg.), *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte* (S. 351–376). Springer.
- [9] GDV. (2017). *Automatisiertes Fahren – Auswirkungen auf den Schadenaufwand bis 2035*. Abschlussbericht (Internes Dokument).
- [10] Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2018). *Verkehrsunfälle 2017* [Themenheft]. Zeitreihen. Wiesbaden.
- [11] Bengler, K., Winner, H. & Wachenfeld, W. (2017). *No Human – No Cry? at – Automatisierungstechnik – Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik*, 65 (7), 471–476.
- [12] Maier, F. (2013). *Wirkpotentiale moderner Fahrerassistenzsysteme und Aspekte ihrer Relevanz für die Fahrausbildung*. Dissertation. Technische Universität München, München.
- [13] Unger, T. & Pschenitzka, M. (2016). *Unfallgeschehen junger Fahrer* (ADAC Unfallforschung, Hrsg.). Landsberg am Lech.
- [14] Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2017). *Verkehrsunfälle*. Unfälle von Senioren im Straßenverkehr. Wiesbaden.
- [15] Kubitzki, J. (2013). *Sicherheit und Mobilität älterer Verkehrsteilnehmer*. Tagung zum Verkehrssicherheitsprogramm des Landes Brandenburg, Potsdam.
- [16] Langwieder, K. (1999). *Characteristics of Car Accidents in the Pre-Crash Phase*. In JSAE (Hrsg.), *Proceedings of the JSAE Spring Convention*.
- [17] Langwieder, K. (1999). *Unfallumstände bei Pkw-Kollisionen junger Fahrer*. Erkenntnisse der Unfallforschung in Zusammenarbeit mit der Polizei.
- [18] Liers, H., Johannsen, H. & Jänsch, M. (2018). *Charakteristika, Unfalleinflussfaktoren und Unfallfolgen bei älteren Verkehrsteilnehmern*. In TÜV Süd Akademie GmbH (Hrsg.), *Crash.Tech2018*. München.
- [19] Statistisches Bundesamt (Hrsg.). (2017). *Verkehrsunfälle*. Unfälle von Frauen und Männern im Straßenverkehr. Wiesbaden.
- [20] Lemmer, K. (Hrsg.) (2016). *Neue autoMobilität: automatisierter Straßenverkehr der Zukunft*. Herbert Utz Verlag.

Bremsen oder Ausweichen mit dem Motorrad? Oder sogar beides?

Achim Kuschefski, Matthias Haasper & André Vallese

Institut für Zweiradsicherheit (ifz)

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Viele Motorradfahrer kennen das folgende Szenario: Bei der Fahrt auf der Landstraße zieht er plötzlich und unerwartet heraus: Der Pkw aus der rechts einmündenden Straße. Nun ist schnelles Handeln gefragt. Reicht eine Vollbremsung aus, um noch vor dem Pkw zum Stehen zu kommen? Oder ist es doch ratsamer ein Ausweichmanöver einzuleiten, da der Bremsweg möglicherweise nicht mehr ausreicht? Oder gelingt eine Kombination aus beiden Varianten?

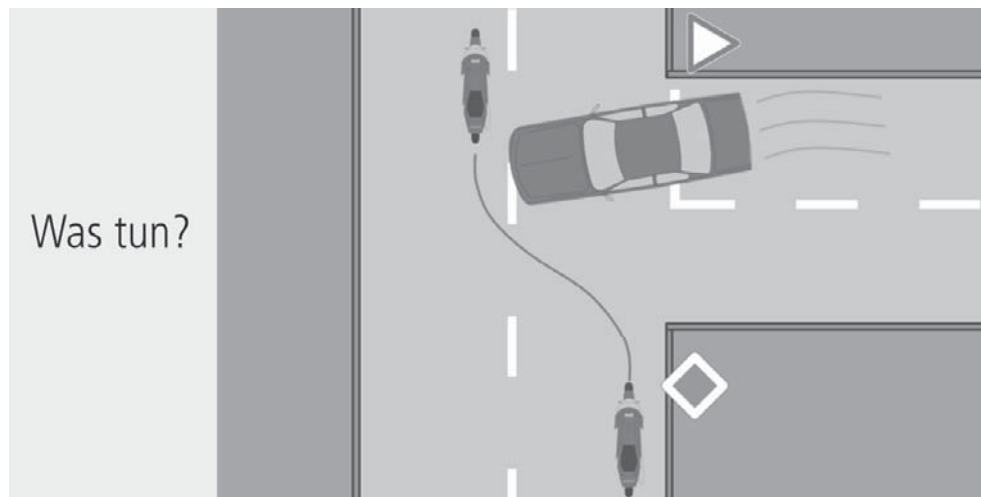


Abbildung 1: Mögliche Kollisionsvermeidung auf der Landstraße

Die Beantwortung dieser Fragen bleibt natürlich stark situationsabhängig. Zudem können noch weitere Umstände hinzukommen, die die Situation erschweren. Selbst aus der Distanz betrachtet, dauert es in den meisten Fällen, solchen Situationen ein optimales Handlungsmuster zuzuordnen. Wie soll dies also in Bruchteilen von Sekunden während der Fahrt gelingen?

Um zu verstehen, wie der zeitliche Ablauf bei Kollisionen beschrieben werden kann, wurden Auswertungen¹ basierend auf GIDAS² zu Hilfe genommen. Demnach bleiben Motorradfahrern von der Reaktion bis zur Kollision im Mittel gerade einmal 1,7 Sekunden. Innerorts sind es im Mittel 1,6 Sekunden, außerorts 1,9 Sekunden, die inklusive einer Reaktion bis zur Kollision an Zeit zur Verfügung stehen.

¹ Persönliche Informationen von Prof. Dietmar Otte (MHH) zu GIDAS-Auswertungen, 24.05.2016.

² GIDAS: Die German In-Depth Accident Study ist die umfassende Dokumentation von Verkehrsunfällen mit Personenschäden in zwei Erhebungsgebieten in Deutschland.



Innerhalb dieser Zeit die Auswahl aus mehreren Handlungsalternativen zu treffen, bleibt schwierig bis unmöglich. Unumstritten ist, dass die Bremsung in diesen Situationen höchste Priorität haben muss, um eben die geringstmögliche Geschwindigkeit bei einer möglichen Kollision erreichen zu können.

Vorhandene Empfehlungen, die bei Sicherheitstrainings vermittelt werden, geben für die Vermeidung von Kollisionsunfällen vor, dass bis 50 km/h eine Bremsung und darüber hinaus das Ausweichen Vorteile bringen (Rahmenbedingungen: $a = 8 \text{ m/s}^2$ Bremsverzögerung, Hindernisbreite 1,0–1,5 m). Dazu kommen Handlungsalternativen wie das Bremsen mit anschließendem Ausweichen und das Bremsen mit gleichzeitigem Ausweichen³. Das Bremsen mit anschließendem Ausweichen – bekannt als „Bremsen-Lösen-Ausweichen (B-L-A)“ – verlangt vom Fahrer die Durchführung zweier komplexer Handlungsmuster hintereinander, also zeitlich versetzt. Die Schwierigkeit insbesondere dieser Handlung besteht darin, den optimalen Zeitpunkt für das Lösen der Bremse zu finden, was wiederum eine Einschätzung des noch vorhandenen Raumes bis zum Hindernis beinhaltet. Wann beim Bremsen-Lösen-Ausweichen also von einem Manöver zum anderen übergegangen wird, bedingt einer erneuten Entscheidung innerhalb des Fahrmanövers. Auch in der Fahrschulausbildung gehört das Ausweichen nach dem Abbremsen (B-L-A) zu den Grundfahraufgaben⁴.

Mit unseren praktischen Messreihen mit 101 Teilnehmern möchten wir diese Aussagen – wann gebremst und wann ausgewichen werden soll – überprüfen. Dazu ließen wir die Probanden aus drei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zunächst nur bremsen, dann nur ausweichen. Bei der dritten Fahraufgabe sollten sie bremsen und dabei gleichzeitig ausweichen.

Wie bereits erwähnt, verlangt das Geschehen im Straßenverkehr schnell funktionierende Handlungsmuster. Wie viele komplexe Lösungsstrategien, aus denen sekundenschnell gewählt werden muss, kann/darf man Fahrern zumuten? Zu großer Entscheidungsspielraum verwirrt oftmals mehr als er weiterhilft. Sicherlich gibt es eine Vielzahl an Situationen, in denen lediglich gebremst werden muss. In weiteren, nicht direkt einschätzbaren Kollisionssituationen – vor allem bei höheren Geschwindigkeiten – kann die Konzentration auf Fahraufgaben mit wenig Entscheidungsspielraum von Vorteil sein. Dabei sollte sich der Fahrer auf nur eine Handlungsabfolge – gekoppelt an nur eine Entscheidung – fokussieren.

Unsere Hypothese besteht nun darin, dass die Kombination von Bremsung und gleichzeitigem Spurversatz in diesen Fällen die vorteilhafteren Resultate erzielen kann. Sie lautet wie folgt:

Hypothese 1: In Gefahrensituationen mit Kollisionskurs auf ein sich bewegendes Hindernis ist die Konzentration auf ein Fahrmanöver mit einer eindeutigen Handlungsstrategie von Vorteil. Dieses besteht aus der Kombination einer Vollbremsung mit einhergehendem Ausweichen (Spurversatz). Die Vollbremsung steht dabei immer im Vordergrund.

Das Bremsen steht somit im Vordergrund, ergänzend wird dabei ein Spurversatz in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten durchgeführt.

³ Deutscher Verkehrssicherheitsrat (DVR), Sicherheitstraining Motorrad, 2013

⁴ Amtsblatt des Bundesverkehrsministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur der Bundesrepublik Deutschland: Richtlinie für die Prüfung der Bewerber um eine Erlaubnis zum Führen von Kraftfahrzeugen nach Anlage 7 der Fahrerlaubnis-Verordnung (FeV), 2014



Zudem möchten wir untersuchen, ob eine Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz für Motorradfahrer überhaupt praktikabel ist und schließlich auch den allgemeinen Tenor überprüfen, dass Motorradfahrer mit solch schwierigeren Fahrmanövern überfordert sind.

Hypothese 2: Komplexe Fahraufgaben, wie eine Vollbremsung mit gleichzeitigem Ausweichen (Spurversatz), können den meisten Motorradfahrern nicht zugemutet werden.

2. Methode

2.1. Die Durchführung praktischer Fahraufgaben

Der zurückgelegte Weg bei einer Bremsung mit größtmöglicher Verzögerung oder die benötigte Strecke beim Spurversatz eines Motorrads bei einer bestimmten Geschwindigkeit können mathematisch ermittelt werden. Die berechneten Ergebnisse lassen jedoch eine Vielzahl von Faktoren außer Acht, die einen enormen Einfluss auf reale, praktisch durchgeführte Ergebnisse haben. Der zentrale Einflussfaktor bei diesen Fahrmanövern ist der Mensch, also der Fahrer selbst.

Um möglichst reale, alltagstaugliche Aussagen über die benötigten Strecken bei Bremsungen und Spurversätzen zu erhalten, wurde im Rahmen der vorliegenden Studie mit Probanden (im folgenden „Teilnehmer“ genannt) gearbeitet, die mit ihrem eigenen Krafterad auf einem speziell dafür vorbereiteten Test-Areal verschiedene, vorgegebene Fahraufgaben durchführen mussten.

2.2. Test-Areal

Durchgeführt wurden die Fahrversuche auf dem Gelände des Forschungs- und Technologiezentrums Ladungssicherung Selm gGmbH (F&T). Hier herrschen optimale Bedingungen für die Durchführung einer solchen Studie. Eines der wichtigsten Kriterien dabei war: Viel Platz. Mit Blick auf die Fahraufgaben aus höheren Geschwindigkeiten (100 km/h) muss vor und hinter dem Versuchsaufbau ausreichend Platz zum Anfahren sowie zum Bremsen (Auslauf) zur Verfügung stehen. Darüber hinaus bietet die Fahrbahnoberfläche auf dem Gelände eine sehr hohe Griffigkeit.

2.3. Versuchsaufbau

Die zentralen Bereiche, in denen die verschiedenen Fahraufgaben (Bremsung, Spurversatz, beides zugleich) gefahren wurden, sind auf der Fahrbahn des Test-Areals mit Dickschichtfolien⁵ gelb markiert worden. Die Abbildung 2 veranschaulicht den gesamten Versuchsaufbau:

⁵ Bei diesem Typ der Fahrbahnmarkierung handelt es sich um die vorübergehende Markierungsfolie Typ II – 3MTM Stamark™ A721 (15 cm Breite). Diese gelbe Dickschichtfolie auf Kautschuk-Basis wird für Arbeitsstellen von längerer Dauer für alle Längsmarkierungen eingesetzt. Die angewandte Technologie gewährleistet gute Tagsichtbarkeit und extrem gute Griffigkeit. Zur Sicherheit unserer Teilnehmer wurde dieser Typ gewählt. Die Markierungen wurden mit freundlicher Unterstützung der Firma 3M von qualifiziertem Fachpersonal aufgebracht.

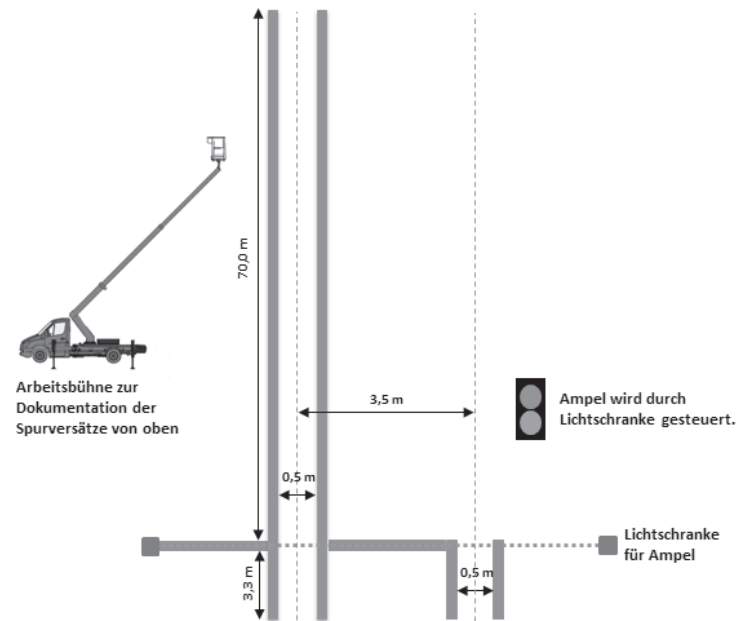


Abbildung 2: Schema „Versuchsaufbau“ (nicht maßstabsgetreu)

TORE: Für die verschiedenen Fahraufgaben gab es zwei markierte Tore, die von den Teilnehmern anzufahren waren. Die Fahrspur innerhalb der Tore betrug einen halben Meter. In Fahrtrichtung links das Tor A für die Fahraufgaben „Vollbremsung“. Rechts das Tor B für die Fahraufgaben „Spurversatz“ (Ausweichen) und die Fahraufgaben „Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz“ (*Detaillierte Erklärung der Fahraufgaben unter 2.4*).

Die beiden Mittellinien von Tor A und Tor B lagen exakt 3,50 Meter auseinander. Dies ist die Breite des durchzuführenden Spurversatzes. Die 3,50 Meter entsprechen der durchschnittlichen Breite der befestigten Fläche eines Fahrstreifens einer deutschen Bundesstraße. Fährt ein Motorradfahrer beispielsweise nahe am Fahrbahnmittelstreifen, hat er für ein Ausweichmanöver nach links in etwa die Breite des linken Fahrstreifens von 3,50 Meter zur Verfügung (Abb. 3). Ebenso sind andere Konstellationen von möglichen Konfliktsituationen denkbar (Abb. 4).

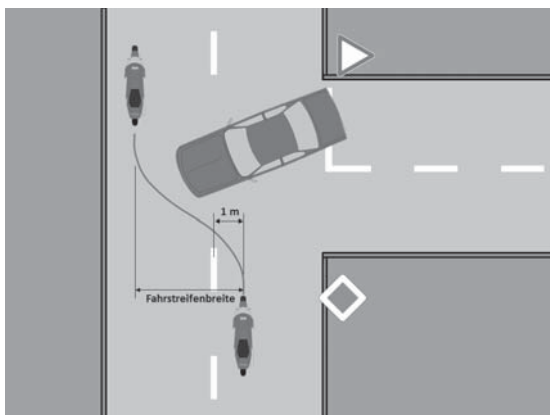


Abbildung 3: Mögliche Kollisionsvariante A

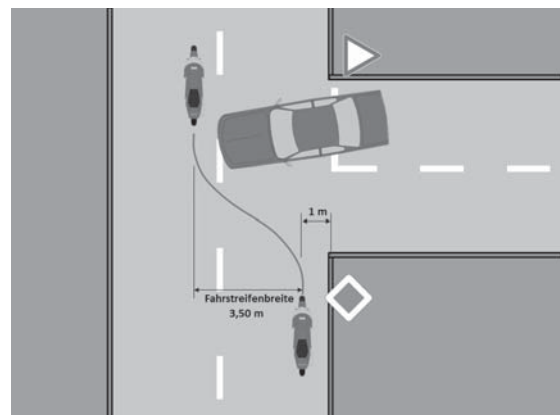


Abbildung 4: Mögliche Kollisionsvariante B



GASSE: Tor A mündete in einer 70 Meter langen Gasse, die zum einen als Messinstrument (Meterangaben), im Wesentlichen aber als Ziel für den Spurversatz diente. Die Messergebnisse wurden von drei ifz-Mitarbeitern an verschiedenen Positionen in Ergebnisprotokollen dokumentiert.

SIGNALGEBUNG: Rechts von Tor B, auf Höhe 20 Meter, befand sich eine eigens installierte Lichtzeichenanlage (Ampel mit zwei Signalfarben). Diese war mit einer Reflexionslichtschranke⁶ gekoppelt, die sich auf Höhe 0,00 Meter (Null-Linie) befand und beide Tore abdeckte. Nachdem ein Teilnehmer Tor A oder B passierte, schaltete die Ampel von Grün auf Rot. Der Teilnehmer musste mit der jeweiligen Fahraufgabe beginnen, sobald er die rote Ampel wahrnahm. Unsere Daten berücksichtigen also die Reaktionszeit des Teilnehmers im Versuchsaufbau, sodass wir bei den finalen Ergebnissen den jeweiligen Anhalte- bzw. Ausweichweg ermittelten. Die individuelle Reaktionszeit konnte von den Teilnehmern beeinflusst – verkürzt – werden, indem sie sich auf das Eintreten des Ampelsignals an gleicher Stelle (etwa ab Null-Linie) einstellten → Gewöhnungseffekt. Um dieses Verhalten für vergleichbare Ergebnisse zu berücksichtigen, wurde eine Bodenkamera hinter der Null-Linie installiert, die sowohl die Ampel als auch den passierenden Teilnehmer von hinten dokumentierte. Mit Hilfe dieser Kontrolle konnte der tatsächliche Beginn der Reaktion des Teilnehmers ermittelt und berücksichtigt werden (Abb. 5).

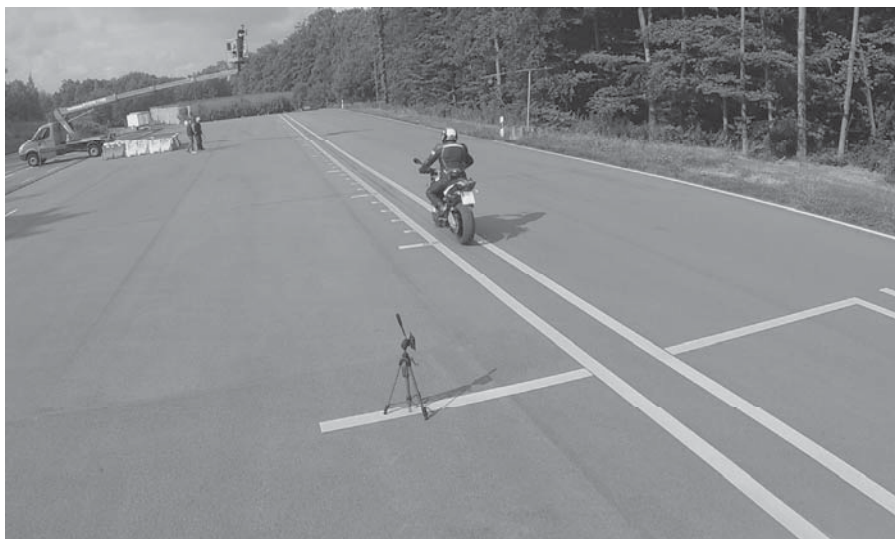


Abbildung 5: Teilnehmeraufnahme Bodenkamera

DOKUMENTATION: Links der Gasse auf Höhe 35 Meter wurde in ausreichendem Sicherheitsabstand eine Arbeitsbühne⁷ (Abb. 2) positioniert, um die benötigten Strecken für die Spurversätze (Ausweichwege) dokumentieren zu können. Diese Art der „Ergebniserfassung von oben“ wurde eingesetzt, um einen großen Bereich optisch erfassen zu können, da die benötigten Strecken beim Spurversatz mit Tempo 50, 70 und 100 km/h weit auseinander liegen. Damit nicht jedes Teilnehmerfahrzeug zeitaufwändig mit Kameras versehen werden musste, wurde diese Methode genutzt, zumal sie in Vorversuchen ausprobiert und für ge-

⁶ Es handelt sich um den Typ RLK61-55-Z/31/115 der Firma Pepperl+Fuchs, Ansprechzeit ≤ 25 ms

⁷ Es handelt sich um eine Arbeitsbühne (Steiger; 3,5 t) des Typs TB 220. Arbeitshöhe bis 22,10 m.



eignet befunden wurde. Versuche mit am Motorrad montierten Kameras ergaben speziell bei den höheren Geschwindigkeiten unscharfe Bilder und somit Ungenauigkeiten bei der Auswertung. Ebenso war es nahezu unmöglich, allein durch Beobachtung eines ifz-Mitarbeiters das Erreichen der Gasse eines schnell vorbeifahrenden Motorrades zu dokumentieren.

Die Genauigkeit der Messergebnisse der Anhalte- und Ausweichwege in Fahrrichtung (in Längsrichtung) beträgt +/- 10 cm. Die Messungen des seitlichen Spurversatzes bei der Fahraufgabe 3 sind zentimetergenau. Um vor allem die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten der Teilnehmer zu ermitteln, wurde jeder Teilnehmer vor Antritt der Fahraufgaben mit einem Datenrekorder⁸ ausgestattet. Dieser wurde in einer kleinen Gürteltasche im unteren Rückenbereich des Fahrers platziert (Abb. 6 und 7).

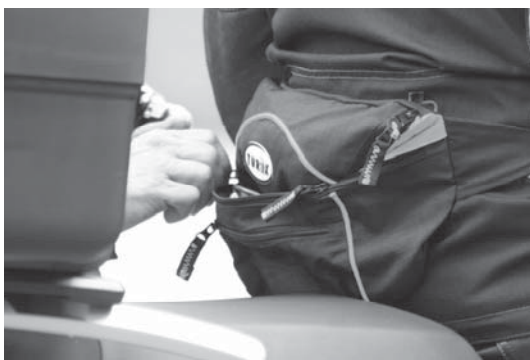


Abbildung 6: Teilnehmeraufnahme Bodenkamera



Abbildung 7: Datenrekorder „Speed Angle“

TEILNEHMERBEFRAGUNG: Vor und nach dem Absolvieren der Fahraufgaben wurden die Teilnehmer mittels zweier Fragebögen befragt. Die Fragebögen wurden jeweils direkt vor Ort ausgefüllt. Die Beantwortung der einzelnen Fragen wurde über verschiedene Wege vorgegeben. Es handelte sich hierbei überwiegend um Multiple-Choice-Verfahren sowie um die Möglichkeiten freie Antworten zu formulieren. Bei einigen Fragen waren im Rahmen der Multiple-Choice-Lösungen Mehrfachantworten möglich. Das heißt, es konnten mehrere Antworten angekreuzt werden. Auch die Kombinationsmöglichkeit von vorgegebenen und freien Antworten war gegeben.

2.4. Fahraufgaben

Die Fahraufgaben für die Teilnehmer bestanden aus drei Blöcken, die sich wie folgt darstellen:

1.
 - a) Vollbremsung bis zum Stillstand aus 50 km/h
 - b) Vollbremsung bis zum Stillstand aus 70 km/h
 - c) Vollbremsung bis zum Stillstand aus 100 km/h

⁸ SpeedAngle Inc.: Typ GMOS J1100 S



2.
 - a) 3,5-Meter Spurversatz ohne dabei zu bremsen aus 50 km/h
 - b) 3,5-Meter Spurversatz ohne dabei zu bremsen aus 70 km/h
 - c) 3,5-Meter Spurversatz ohne dabei zu bremsen aus 100 km/h
3.
 - a) Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz bis zum Stillstand aus 50 km/h
 - b) Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz bis zum Stillstand aus 70 km/h
 - c) Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz bis zum Stillstand aus 100 km/h

Jeder Teilnehmer hatte somit insgesamt neun Fahraufgaben zu absolvieren. Zu Beginn durften die Teilnehmer drei Testrunden fahren, um sich auf dem Areal zurechtzufinden und sich an den Versuchsaufbau zu gewöhnen. Dabei wurde jede Fahraufgabe einmal mit 50 km/h probehalber durchgeführt. Direkt im Anschluss wurden die Fahraufgaben absolviert. Die Fahrversuche wurden auf trockener Fahrbahn durchgeführt. Für die Durchführung der Fahraufgaben wurden pro Teilnehmer ca. 20 Minuten benötigt.

Zu den Fahraufgaben im Detail:

1. Vollbremsung bis zum Stillstand aus 50, 70 und 100 km/h

Der Teilnehmer fuhr mit entsprechendem Tempo auf das linke Tor A zu. Hierbei hatte er vor allem auf die Ampel zu achten. Auf Höhe der Null-Linie schaltete die Ampel von Grün auf Rot. Sobald der Teilnehmer das rote Lichtsignal erkannte, musste er verzögern und so schnell wie möglich zum Stillstand kommen – wie es auch in einer Notsituation erforderlich gewesen wäre. Der Bremsvorgang verlief weiter geradeaus in die gelb markierte Gasse hinein. Die Teilnehmer wurden instruiert zwischen den beiden gelben Linien in der Gasse zu bleiben. Sie verzögerten dort ihr Fahrzeug schnellstmöglich bis zum Stillstand. Anschließend protokollierten die ifz-Mitarbeiter die Länge des benötigten Anhaltewegs.

→ Anhand dieser Fahraufgabe erhalten wir Aussagen über das Anhaltevermögen unterschiedlicher Fahrer auf unterschiedlichen Motorradtypen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten (Anhalteweg).

2. 3,5-Meter Spurversatz ohne dabei zu bremsen aus 50, 70 und 100 km/h

Der Teilnehmer fuhr mit dem jeweiligen Tempo auf das rechte Tor B zu. Hierbei hatte er vor allem auf die Ampel zu achten. Auf Höhe der Null-Linie schaltete die Ampel von Grün auf Rot. Sobald der Teilnehmer das rote Lichtsignal erkannte, musste er so schnell wie möglich nach links in die Mitte der Gasse fahren. Er führte dabei einen Spurversatz von 3,5 Metern durch, wie es in einer Notsituation erforderlich gewesen wäre (Ausweichmanöver). Dabei sollte auf keinen Fall gebremst, sondern lediglich Gas weggenommen werden. Ob er bei diesem Vorgang die Kupplung zog oder nicht, blieb ihm selbst überlassen. Nach dem Spurversatz wurde direkt weitergefahren, es wurde nicht angehalten.

→ Anhand dieser Fahraufgabe erhalten wir Aussagen darüber, wie viel Strecke für einen Spurversatz von 3,5 Meter von unterschiedlichen Fahrern auf unterschiedlichen Motorradtypen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten benötigt wird, um ungebremst einem Hindernis ausweichen zu können.



3. Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz bis zum Stillstand aus 50, 70 und 100 km/h

Der Teilnehmer fuhr mit entsprechendem Tempo auf das rechte Tor B zu. Hierbei hatte er vor allem auf die Ampel zu achten. Auf Höhe der Null-Linie schaltete die Ampel von Grün auf Rot. Sobald der Teilnehmer das rote Lichtsignal erkannte, musste er so schnell es geht verzögern und dabei gleichzeitig einen Spurversatz nach links vollziehen (in Richtung der Gasse). Bei dieser Aufgabe ging es also um eine „Vollbremsung“ bis zum Stillstand mit gleichzeitigem Spurversatz nach links. Wichtig dabei: Es ging nicht darum in die Gasse zu kommen, sondern nur so weit nach links wie möglich. ifz-Mitarbeiter protokollierten die Länge des Anhaltewegs sowie das Maß für den erreichten Spurversatz nach links.

→ Anhand dieser Fahraufgabe erhalten wir Aussagen darüber, wie viel Strecke für eine Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz von unterschiedlichen Fahrern auf unterschiedlichen Motorradtypen bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten benötigt wird. Ebenso bekommen wir eine Aussage darüber, wie hoch der Spurversatz in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit beim Verzögern ausfallen kann.

Instruktionen der Teilnehmer

Bis zum Eintreffen auf dem Testgelände wussten die Teilnehmer noch nicht, worum es bei unseren Fahraufgaben ging. Im Vorfeld wurden keinerlei Informationen zum Prozedere bekannt gegeben. Der Hintergrund dieser Maßnahme bestand darin, dass die Teilnehmer keine Gelegenheit haben sollten, die spezifischen Fahraufgaben zu trainieren.

Um vor Ort effektiv vorgehen zu können, mussten die Teilnehmer selbstverständlich entsprechend eingewiesen werden. Nachdem ein Teilnehmer das Test-Areal erreichte, wurde er zunächst von unseren Mitarbeitern in einem Seminarraum hinsichtlich der Fahraufgaben instruiert. Dabei behilflich war eine Informationsmappe mit allen Handlungsanweisungen. Jede Fahraufgabe wurde hier detailliert in Bild und Text beschrieben, ergänzend wurden Informationen zum Thema „Bremsen“ allgemein geliefert. Zudem hatten die Teilnehmer die Gelegenheit, ein eigens dafür erstelltes Video mit Erklärungen zu jeder Fahraufgabe anzuschauen.

Nach der theoretischen Vorbereitung begann der praktische Teil auf dem weiter abseits gelegenen Test-Areal. Jeder Teilnehmer war während der Fahraufgaben mit Kopfhörern ausgestattet und per Funk mit einem unserer Mitarbeiter verbunden, so dass ihm jederzeit genau gesagt werden konnte, was zu tun ist.

Wiederholt wurde dem Teilnehmer mitgeteilt, dass die Sicherheit bei den Fahrversuchen immer oberstes Gebot sei, sich niemand überschätzen und er sich stets im Rahmen seiner Möglichkeiten verhalten solle. Alle Fahraufgaben im Rahmen dieser Studie waren selbstverständlich freiwillig. Sollte den Teilnehmern etwas nicht gefallen bzw. eine Aufgabe nicht in Frage kommen, konnte jederzeit abgebrochen oder zur nächsten Aufgabe übergegangen werden.

2.5. Teilnehmer

Beginnend im März 2016 wurden Motorradfahrer auf der Dortmunder Messe „MOTORRÄDER 2016“ hinsichtlich ihrer aktiven Teilnahme an der Studie akquiriert. Darüber hinaus bestand die Möglichkeit auf die entsprechende Ausschreibung auf der ifz-Webseite zu reagieren. Zahlreiche Interessierte hatten sich für die



Teilnahme beworben. Letztendlich konnten unter Einbezug zeitlicher und örtlicher Einschränkungen über Hundert Motorradfahrer zur Teilnahme eingeladen werden.

103 Motorradfahrer haben an mehreren Terminen im Juni und Juli 2016 an der ifz-Studie teilgenommen. Ausgewertet wurden die Daten von 101 Teilnehmern.

Das Kollektiv der Teilnehmer besteht zu 87,1 Prozent aus männlichen und 12,9 Prozent aus weiblichen Personen. Der geschlechtsspezifische Anteil entspricht damit etwa dem Anteil der weiblichen Halter am Gesamtbestand an Krafträdern in Deutschland (13,4% am 1. Januar 2016)⁹.

Die Spannweite des Alters der Teilnehmer beträgt 53 Jahre, beginnend mit einem Alter von 17 Jahren bis zu einem Alter von 70 Jahren. Die Altersklasse der über 50-Jährigen dominiert mit einem Anteil 55,4 Prozent. Einen weiteren Großteil stellen die 40- bis 49-Jährigen mit 26,7 Prozent, gefolgt von den 30- bis 39-Jährigen mit einem Anteil von 9,9 Prozent.

Im Mittel betrug das Alter der Befragten 48,7 Jahre (arithmetischer Mittelwert) und passt damit zum derzeitigen Durchschnittsalter der Motorradhalter in Deutschland von ca. 49 Jahren¹⁰.

Die Teilnehmer fuhren im Durchschnitt (arithmetischer Mittelwert) seit 27 Jahren Motorrad, teilweise mit Unterbrechung. Der Großteil nutzte das Motorrad überwiegend in der Freizeit (71,3 %). Im Alltag bewegten 15,9 Prozent der Teilnehmer ihr Motorrad. 10,9 Prozent nutzten das Motorrad im Alltag als auch in der Freizeit, keine Angabe dazu lieferten 1,9 Prozent.

73 der 101 Motorräder waren mit ABS ausgestattet, was einem Anteil von 72,3 Prozent entspricht. Die übrigen Teilnehmer (28 = 27,7 %) hatten die Fahraufgaben ohne die Unterstützung dieses Fahrerassistenzsystems absolviert.

3. Auswertung

3.1. Ergebnisse Bremsvermögen

Abbildung 8 zeigt die Ergebnisse von 101 Teilnehmern der ersten Fahraufgabe „Vollbremsung bis zum Stillstand aus 50, 70 und 100 km/h“ (siehe Kap. 2.4). Innerhalb der jeweiligen Geschwindigkeitsbereiche 50, 70 und 100 km/h sind deutliche Streuungen auszumachen. Dies nicht nur mit Blick auf die erreichten Anhaltewege, sondern auch auf die gefahrenen Geschwindigkeiten. Dies begründet sich darin, dass es den Teilnehmern kaum gelang, den Bremsvorgang mit exakt 50, 70 oder 100 km/h zu beginnen. Vorzeitige Gaswegnahme, Tachoabweichungen und natürlich auch die Konzentration auf die Ampel spielen hierbei die zentralen Rollen. Die Geschwindigkeitsauswertungen des Datenrekorders zeigten, dass beispielsweise für die Bremsungen aus 50 km/h die tatsächliche Geschwindigkeit zwischen 38 und 61 km/h lagen. Die dabei erreichten Anhaltewege lagen zwischen 13,7 und 30,0 m. Ähnliche Streubreiten zeigten sich bei den weiteren Fahraufgaben zu 2. und zu 3.

⁹ Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), Flensburg

¹⁰ Quelle: Destatis, 2014, Wiesbaden



Deutlich ist zu erkennen, dass die interindividuelle Streuung der Ergebnisse sowohl mit Blick auf die Anhaltewege als auch auf die gefahrene Geschwindigkeit mit zunehmender Geschwindigkeit deutlich zunimmt.

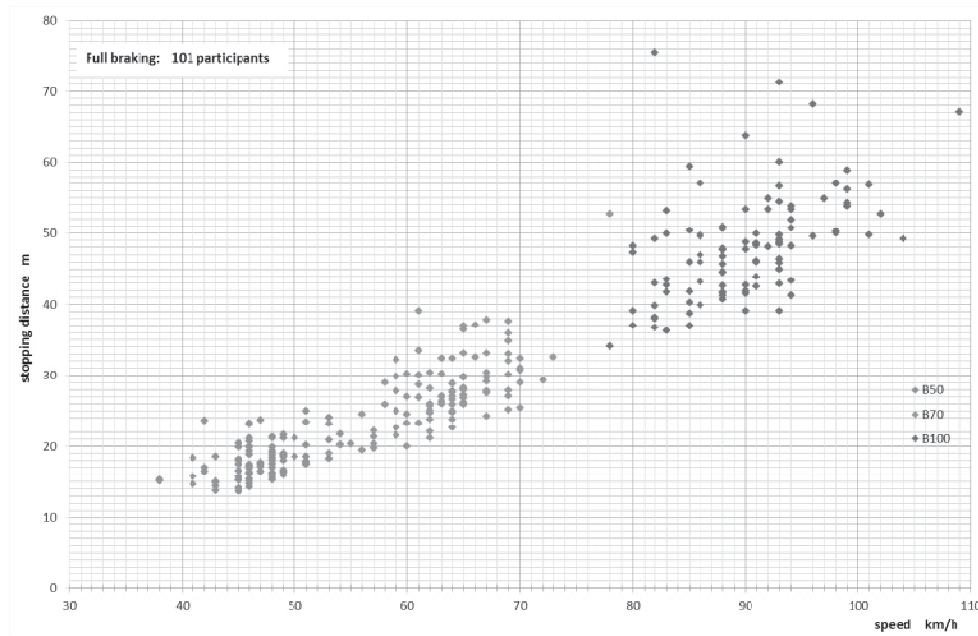


Abbildung 8: Bremsergebnisse aller Teilnehmer bei 50, 70 und 100 km/h

Um die verschiedenen Ergebnisse der Teilnehmer vergleichen zu können, wurden die ermittelten Daten eines jeden Teilnehmers mit Hilfe einer Regressionsanalyse hinsichtlich der festgelegten Ausgangsgeschwindigkeiten umgerechnet.

Anhand der ermittelten Regressionsgleichungen, die alle einen sehr hohen Korrelationskoeffizienten besaßen, wurden die Anhalte- und Ausweichwege bei 50, 70 und 100 km/h berechnet. Auch kam es vor, dass eine Aussage bei 100 km/h wegen der zu gering gefahrenen Geschwindigkeit und der uneinheitlichen Punkteverteilung innerhalb der Kurve nicht möglich war. Diese Daten blieben somit unberücksichtigt.

Welche Differenzen sich in den Anhaltewegen bei der „Vollbremsung bis zum Stillstand“ ermitteln ließen, zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Normierte Minima und Maxima der Bremsergebnisse

	50 km/h	70 km/h	100 km/h
Kürzester Anhalteweg	15,9 m	25,2 m	42,7 m
Längster Anhalteweg	30,1 m	46,7 m	83,6 m
Differenz	14,2 m	21,5 m	40,9 m

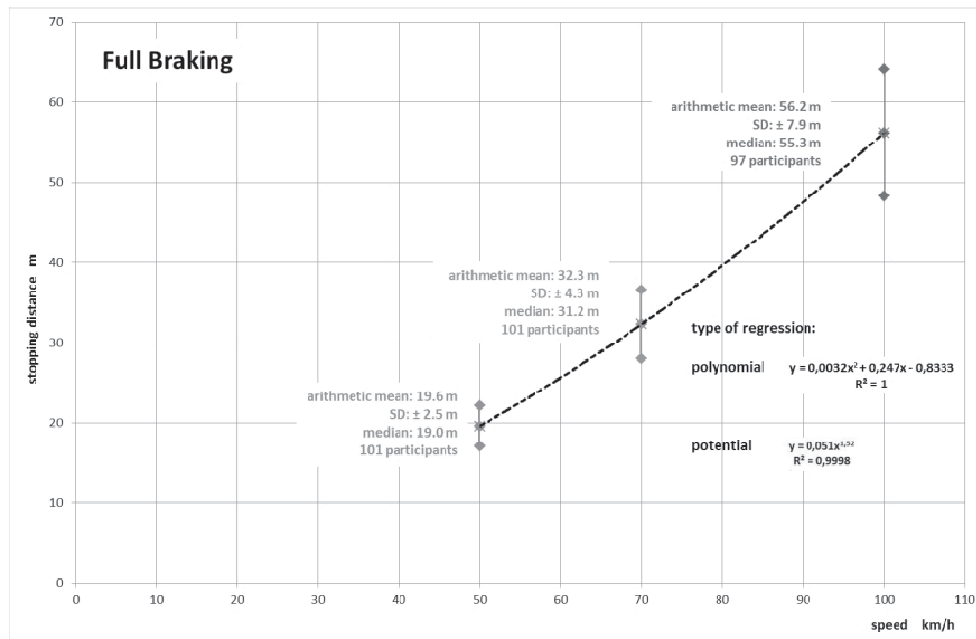


Abbildung 9: Normierte Mittelwerte der Bremsergebnisse bei 50, 70 und 100 km/h

Entsprechend Abbildung 9 liegen die arithmetischen Mittelwerte und Mediane eng beieinander. Um die Ergebnisse hinsichtlich der ermittelten Anhaltewege nicht zu übervorteilen, beziehen wir uns im Weiteren in erster Linie auf das arithmetische Mittel, was bei allen drei Geschwindigkeiten den längeren durchschnittlichen Anhalteweg ermittelt.

Der Anhalteweg ist die Strecke, die vom Erkennen einer Gefahr bis zum Stillstand benötigt wird. Die Faustformel für den Anhalteweg bei einer Gefahrenbremsung, die den Berechnungen des theoretischen und praktischen Prüfungsstoffs der Führerscheinprüfung zugrunde liegt, kommt bei 100 km/h auf 80 Meter. Die Werte der aktuell ermittelten Anhaltewege unserer Fahrversuche liegen deutlich unterhalb der theoretischen Werte. Als Gemeinsamkeit von Theorie und Praxis kann festgehalten werden, dass sich bei einer Verdopplung der Geschwindigkeit der Anhalteweg bei Gefahrenbremsungen in etwa verdreifacht. Wie in den Ausführungen zum Versuchsaufbau geschildert wurde, beinhalten die gemessenen Anhaltewege die Reaktionszeiten der Teilnehmer, so wie es in realen Situationen auch der Fall wäre. Anzumerken ist dazu, dass die Teilnehmer durch den Einsatz des Ampelsignals wussten, wann sie zu reagieren hatten, wodurch sich gegebenenfalls in unseren Versuchen kürzere Reaktionszeiten zeigten.

Die Ergebnisse lassen ebenfalls erkennen, dass sich bei den Bremsungen die Standardabweichungen mit zunehmender Geschwindigkeit vergrößern. Dies ist ein Indiz dafür, dass die Bremsmanöver bei höherem Tempo für die Teilnehmer schwieriger wurden. Ergo: Je schwieriger die Aufgabenstellung beim Bremsen, desto größer sind die Unterschiede im Ergebnis.

Wie bereits unter 2.5 beschrieben, sind die Fahrzeuge von 73 Teilnehmern mit einem blockiergeschützten Bremssystem (ABS: untere Linie in Abb. 10)) ausgestattet. 28 Teilnehmer dagegen bewegen ein motorisiertes Zweirad ohne ABS. Abbildung 10 zeigt die Auswirkungen der verschiedenen Bremssysteme auf die erzielten Anhaltewege.

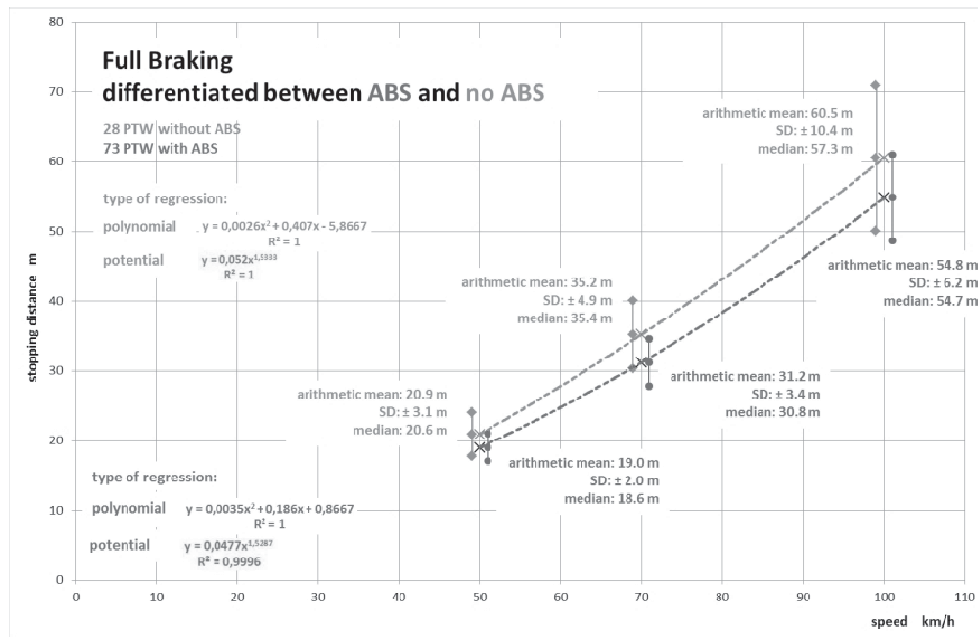


Abbildung 10: Bremsergebnisse mit und ohne ABS

Die jeweiligen arithmetischen Mittel der Anhaltewege stellen sich demnach wie folgt dar:

Tabelle 2: Bremsergebnisse mit und ohne ABS

	Meter bei 50 km/h	Meter bei 70 km/h	Meter bei 100 km/h
Mit ABS	19,0	31,2	54,8
Ohne ABS	20,9	35,2	60,5
Differenz	1,9	4,0	5,7

Die Resultate überraschen nicht. ABS ermöglicht den Teilnehmern kürzere Anhaltewege. Es ist bekannt, dass die meisten Fahrer bessere Anhaltewege erzielen können, wenn ihr Fahrzeug mit ABS ausgestattet ist. Auch hier zeigt sich, dass mit schwerer werdender Aufgabenstellung in Form der höheren Geschwindigkeit die Unterschiede zwischen den Teilnehmern mit und ohne ABS hinsichtlich ihrer erzielten Anhaltewege zunehmen.

Da wir in unseren Versuchen die Anhaltewege gemessen haben, mussten für die Auswertung der mittleren Bremsverzögerung die jeweiligen Reaktionszeiten herausgerechnet werden. Da die Teilnehmer auf eine Ampel reagiert haben und auch wussten, wann und wo die Ampel zum Einsatz kommt, haben wir die Reaktionszeit mit 0,21 Sekunden sehr kurz angesetzt. Hierdurch wurden die Anhaltewege bei 50 km/h um



3 Meter, bei 70 km/h um 4 Meter und bei 100 km/h um 6 Meter gekürzt, um auf die Gefahrenbremswege schließen zu können.

Durch dieses Vorgehen fallen die mittleren Bremsverzögerungen im Durchschnitt geringer aus, weshalb der Anteil des benötigten Bremsweges am Anhalteweg größer wird. Bei der späteren Betrachtung möglicher Aufprallsituationen am Ende einer Bremsung führen die geringeren Bremsverzögerungen wiederum zu höheren Kollisionsgeschwindigkeiten. Unser Vorgehen bietet den Vorteil hier eher nachteilige Situationen zu betrachten als beschönigte. Von daher beziehen wir uns also auf das „Worst-Case-Szenario“.

Die jeweiligen arithmetischen Mittel der mittleren Bremsverzögerungen stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 3: Mittlere Bremsverzögerungen mit und ohne ABS (ohne Reaktionsweg)

	m/s ² bei 50 km/h	m/s ² bei 70 km/h	m/s ² bei 100 km/h
Mit ABS	5,9	6,9	7,9
Ohne ABS	5,5	6,1	6,8
Differenz	0,4	0,8	1,1

Tabelle 3 zeigt uns eine zunehmende mittlere Bremsverzögerung mit zunehmender Geschwindigkeit.

3.2. Ergebnisse Spurversatz

Die Ergebnisse der zweiten Fahraufgabe „3,5-Meter Spurversatz ohne dabei zu bremsen aus 50, 70 und 100 km/h“ (siehe Kap. 2.4) liefert die Abbildung 17. Die Ergebnisse zeigen auf, wie viel Strecke in Metern die Teilnehmer für einen Spurversatz von 3,5 Meter (nach links) bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten benötigten.

Innerhalb der jeweiligen Geschwindigkeitsbereiche 50, 70 und 100 km/h sind – wie bei den Ergebnissen der Bremsungen auch – deutliche interindividuelle Streuungen unter den 101 Teilnehmern auszumachen, weshalb auch hier die Werte mit Hilfe der zuvor beschriebenen Regressionsanalyse normiert wurden. Diese Ergebnisse sind in Abbildung 11 festgehalten.

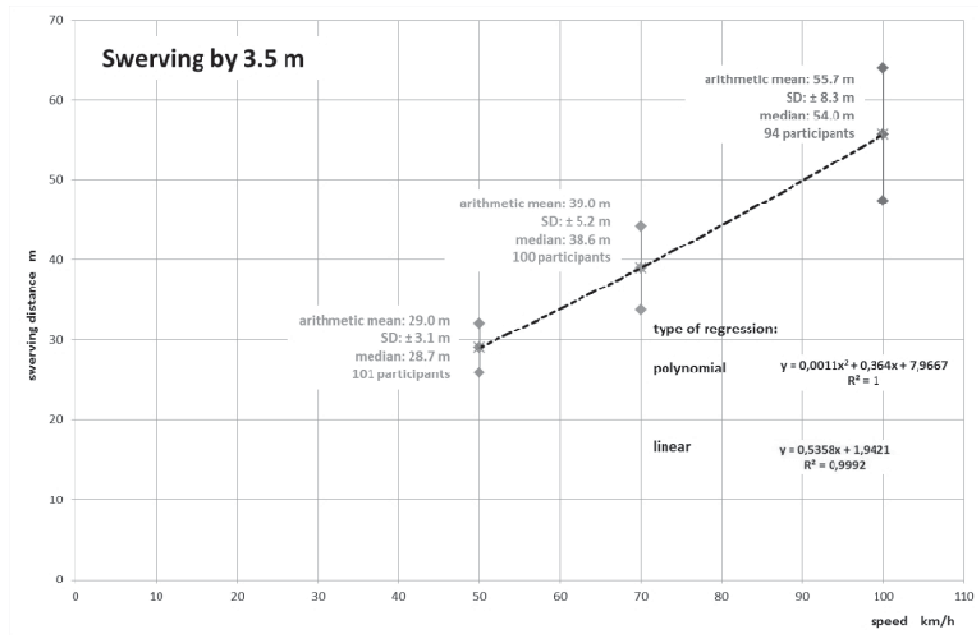


Abbildung 11: Normierte Mittelwerte für benötigte Ausweichwege des 3,5-Meter-Spurversatzes

Welche Differenzen sich in den Ausweichwegen ermitteln ließen, zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Normierte Minima und Maxima der Ausweichwege (Spurversatz 3,5 m)

	50 km/h	70 km/h	100 km/h
Kürzester Ausweichweg	23,2 m	30,0 m	39,1 m
Längster Ausweichweg	40,3 m	67,0 m	82,1 m
Differenz	17,1 m	37,0 m	43,0 m

Die jeweiligen arithmetischen Mittelwerte der Spurversatzstrecken stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 5: Normierte Mittelwerte für die benötigten Strecken des 3,5-Meter-Spurversatzes

	50 km/h	70 km/h	100 km/h
Strecke Spurversatz	29,0 m	39,0 m	55,7 m

3.3. Vergleich „Bremsvermögen und Spurversatz“

Abbildung 12 veranschaulicht im direkten Vergleich die benötigten Strecken für die Anhaltewege und die Spurversätze aus den drei verschiedenen Geschwindigkeiten. Wie zu erkennen ist, erzielen die Teilnehmer bis zu einer Geschwindigkeit von annähernd 100 km/h beim Bremsen im Mittel die kürzeren Wege als



beim Ausweichen. Beim schnellen Ausweichen, um das es hier geht, zeigten viele Teilnehmer deutliche Schwächen (vgl. hierzu Tab. 4).

Beobachtungen bei der Durchführung der Fahraufgaben zufolge hatten viele Teilnehmer beim Spurversatz Schwierigkeiten, einen gezielten Lenkimpuls setzen zu können. Der Lenkimpuls ist das kurzzeitige Lenken in die entgegengesetzte Richtung zu Beginn des Spurversatzes, um das Motorrad in die gewünschte Schräglage zu bringen. Obwohl der Lenkimpuls beim Einleiten jeder Kurvenfahrt und damit auch bei jedem Ausweichmanöver (Spurversatz) immer im Spiel ist, kann er bewusst oder auch unbewusst gesetzt werden. Wird er bewusst und gezielt eingesetzt, kann er den Spurversatz beschleunigen, was darauf schließen lässt, dass die meisten Teilnehmer den Lenkimpuls unbewusst einsetzen.

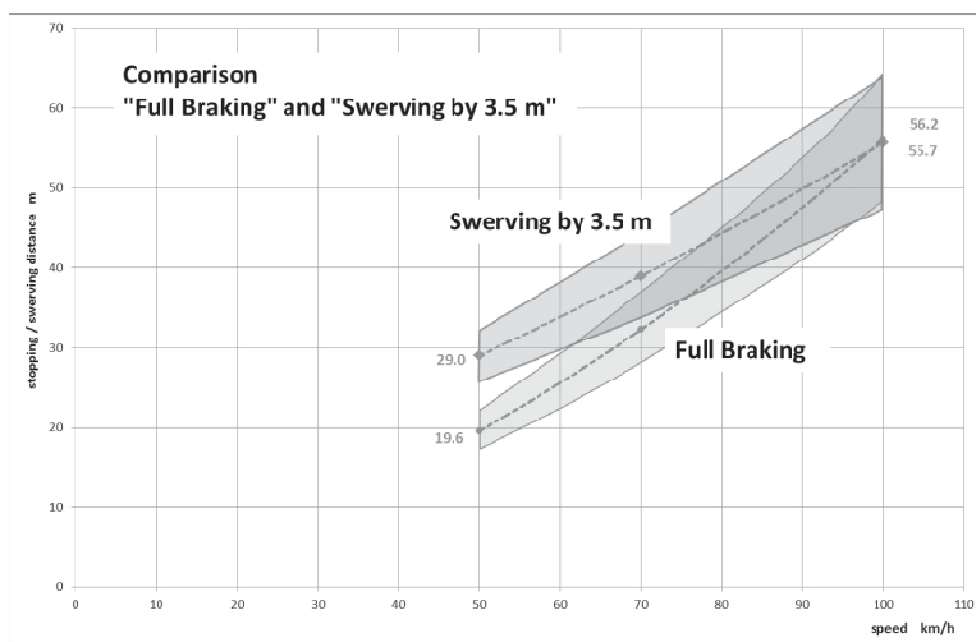


Abbildung 12: Vergleich: Anhaltewege und benötigte Strecken des 3,5-Meter-Spurversatzes

Tabelle 6: Vergleich: Anhaltewege und Ausweichwege des 3,5-Meter-Spurversatzes

	50 km/h	70 km/h	100 km/h
Anhalteweg	19,6 m	32,3 m	56,2 m
Ausweichweg	29,0 m	39,0 m	55,7 m
Differenz	9,4 m	6,7 m	0,5 m

Die Entwicklung der Differenzen zwischen benötigtem Anhalteweg und Spurversatz gemäß Tabelle 6 belegt klar, dass mit zunehmender Geschwindigkeit das Ausweichen an Bedeutung gewinnt.

68 Prozent der Teilnehmer auf Motorrädern ohne ABS erzielen bis zu einer Geschwindigkeit von 77 km/h kürzere Wege durch das Bremsen. Ab einer Geschwindigkeit von 78 km/h ist dann im direkten Vergleich der Spurversatz bzw. das Ausweichen vorteilhafter (Abb. 13).

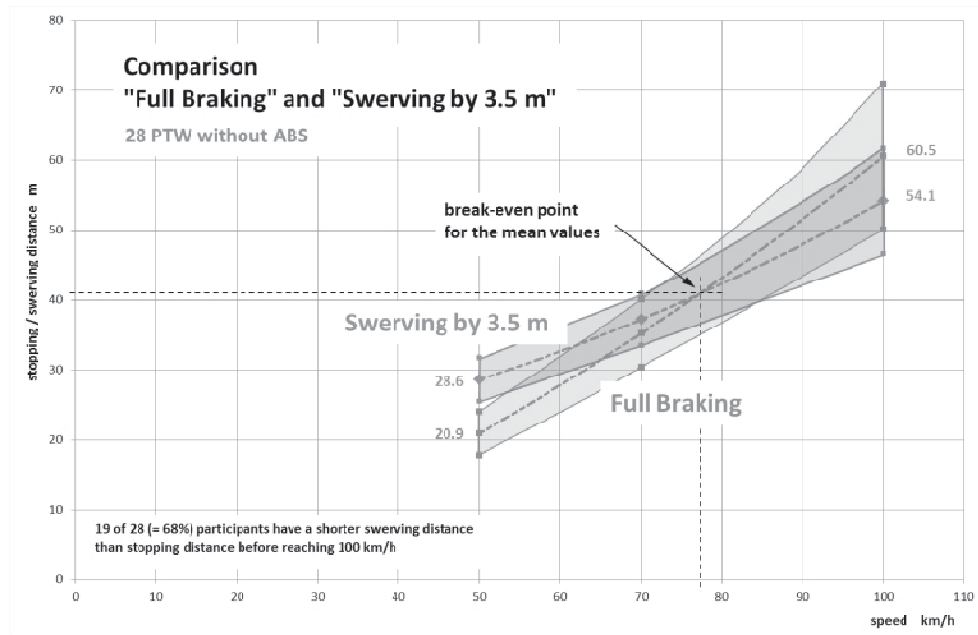


Abbildung 13: Vergleich: Anhalteweg ohne ABS – Spurversatz

Die Nutzenschwelle (break-even point) zwischen Bremsung ohne ABS und Spurversatz liegt also bei einer Geschwindigkeit von 77 km/h. Der Anhalteweg und auch die benötigte Strecke für den 3,5-Meter-Spurversatz liegen somit bei ca. 41 Metern. Ab hier wird bei höherer Geschwindigkeit mehr Strecke für das Bremsmanöver benötigt als für den Spurversatz.

Bei den Teilnehmern auf Motorrädern mit ABS sieht es hingegen anders aus. Hier dominieren die kürzeren Anhaltewege bis zu einer Geschwindigkeit von 100 km/h (Abb. 14).

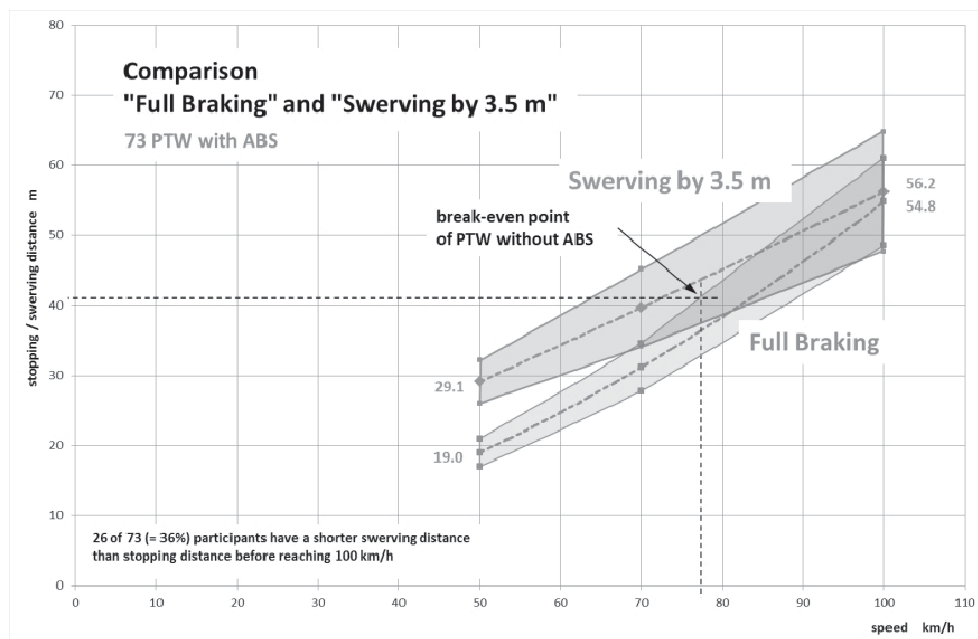


Abbildung 14: Vergleich: Anhalteweg mit ABS – Spurversatz



Dies dürfte unter anderem darin begründet sein, dass die Länge des Anhaltewegs auch davon abhängt, wie schnell eine hohe Bremsverzögerung nach dem Bremsbeginn aufgebaut wird. Die meisten Fahrer verzögern jedoch direkt nach Bremsbeginn nicht stark genug, zum Beispiel aus Angst vor einer Vorderradblockade. Dadurch verlängert sich der Anhalteweg deutlich. Die anfänglich nicht genutzten Meter Bremsweg lassen sich auch durch stärkeres Bremsen hinterher nicht mehr kompensieren. Dieses Verhalten ist bei den Nutzern von Motorrädern ohne ABS stärker ausgeprägt. Fahrer mit der Unterstützung von ABS bauen schneller eine höhere Verzögerung auf, was sich letztendlich in einem kürzeren Anhalteweg widerspiegelt.

Auch die Bezugnahme auf die Auswertungen der Unfalldatenbank GIDAS1 bestätigt, dass der Geschwindigkeitsabbau in Notsituationen unumgänglich ist. Dem zufolge stehen Motorradfahrern bei Unfällen laut GIDAS von der Reaktion bis zur Kollision im Mittel die folgenden Wege zur Verfügung:

Innerhalb geschlossener Ortschaften: 19,4 Meter

Außerhalb geschlossener Ortschaften: 36,9 Meter

Bezugnehmend auf unsere Teilnehmer-Ergebnisse hinsichtlich der mittleren Anhalte- und Ausweichwege ergeben sich die folgenden Geschwindigkeiten passend zu diesen GIDAS-Werten:

Innerhalb geschlossener Ortschaften benötigten die Teilnehmer 19,4 Meter

... für den Anhalteweg bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h

... für den Ausweichweg bei einer Geschwindigkeit von 32 km/h

Außerhalb geschlossener Ortschaften benötigten die Teilnehmer 36,9 Meter

... für den Anhalteweg bei einer Geschwindigkeit von 76 km/h

... für den Ausweichweg bei einer Geschwindigkeit von 65 km/h

Es bleibt festzuhalten, dass sowohl innerhalb als auch außerhalb von Ortschaften die Anhaltewege stets kürzer sind, wenn es um die durchschnittlichen Wege geht, die Motorradfahrern bis zu einer Kollision zur Verfügung stehen.

3.4. Bremsvermögen bei gleichzeitigem Spurversatz

Zur Erinnerung: Es geht darum, schnellstmöglich zum Stehen zu kommen und dabei – also gleichzeitig – einen maximalen Spurversatz nach links durchzuführen. Zwei verschiedene Werte wurden nach dem Absolvieren dieser Fahraufgabe festgehalten: Zum einen der benötigte Anhalteweg bei der jeweils gefahrenen Geschwindigkeit, zum anderen die Länge des dabei erzielten Spurversatzes nach links.

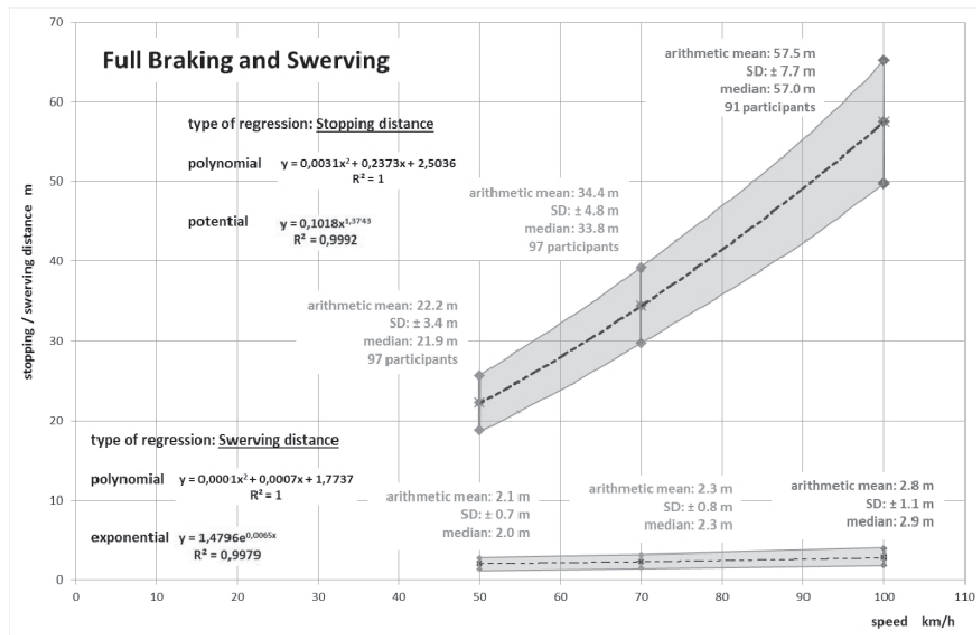


Abbildung 15: Normierte Mittelwerte für Vollbremsungen inkl. Spurversatz

Im Vergleich zu den Anhaltewegen ohne gleichzeitigen Spurversatz (s. 3.1) fallen die arithmetischen Mittelwerte der Anhaltewege bei dieser Fahraufgabe bei jeder Geschwindigkeit etwas höher aus. Die Differenz der beiden Anhaltewege – ohne und mit Spurversatz – nimmt mit steigender Geschwindigkeit von 2,6 m (bei 50 km/h) bis zu 1,3 m (bei 100 km/h) ab. Die Mittelwerte der dabei erreichten Spurversätze liegen je nach Geschwindigkeit zwischen 2,1 und 2,8 Metern. Abbildung 16 kombiniert die Ergebnisse der verschiedenen Bremsungen (Fahraufgabe 1 und 3). Auf den ersten Blick zeigt sich eine relativ große Streuung der Einzelergebnisse der Teilnehmer. Aber auch hier zeichnen sich für die jeweiligen Geschwindigkeiten Häufungen ab, die zu interessanten Aussagen führen.

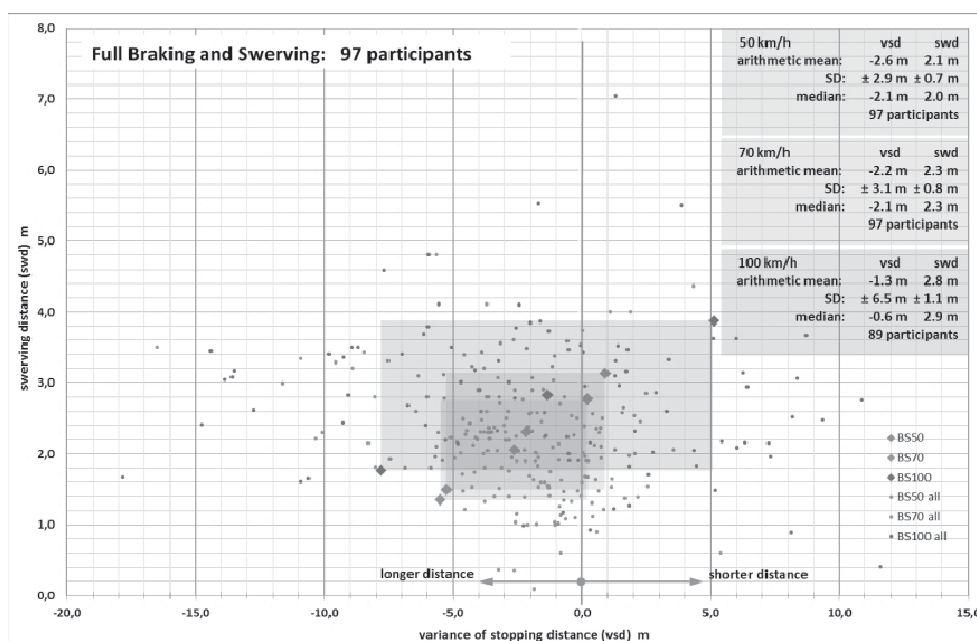


Abbildung 16: Vergleich: Vollbremsung und Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz



Für die Ergebnisdarstellung wurde zunächst die Differenz der beiden normierten (mit einheitlicher Geschwindigkeit 50, 70 und 100 km/h), benötigten Anhaltewege eines jeden Teilnehmers aus der Fahraufgabe 1 (nur Bremsung) und Fahraufgabe 3 (Bremsung + Spurversatz) gebildet. Dies ergab einen positiven oder negativen Wert. Positiv dann, wenn ein kürzerer Anhalteweg bei Fahraufgabe 3 erzielt wurde als in Fahraufgabe 1. Dies war bei 16,5 Prozent der Teilnehmer der Fall ($n = 97$). Bei dem Großteil der Fahrer von 83,5 Prozent war der Anhalteweg aus Fahraufgabe 3 länger als der aus Fahraufgabe 1. Wir erhalten hier einen negativen Wert. Die x-Achse der Grafik liefert uns also eine Aussage darüber, ob der jeweilige Teilnehmer bei der Durchführung der Fahraufgabe 3 mehr oder weniger Weg zum Bremsen benötigt hat als bei der Einzelbremsung in Fahraufgabe 1 (\rightarrow variance of stopping distance: vsd). Die Mittelwerte der Differenzen der erzielten Anhaltewege befinden sich bei allen drei Geschwindigkeiten jeweils im Bereich links der Null-Linie. Es wurde somit im Mittel jeweils ein etwas längerer Anhalteweg bei der Fahraufgabe 3 benötigt.

Die y-Achse liefert uns den Wert für den erreichten Spurversatz (\rightarrow swerving distance: swd) während der Bremsung von Fahraufgabe 3. Darüber hinaus wurden für die drei Geschwindigkeiten 50, 70 und 100 km/h die Bereiche um die Mittelwerte plus/minus Standardabweichung mit unterschiedlichen Graustufen hinterlegt.

Dabei bleibt folgende interessante Erkenntnis festzuhalten: Trotz eines leicht verlängerten Anhalteweges, der je nach Geschwindigkeit zwischen 2,6 m und 1,3 m länger ist (vsd), kann dabei im Mittel ein Spurversatz zwischen 2,1 m und 2,8 m erzielt werden (swd).

Dies bedeutet zwar einen etwas längeren Anhalteweg, dafür aber einen relativ großen Spurversatz:

Tabelle 7: Ergebnisse Bremsung und Spurversatz gleichzeitig

	50 km/h	70 km/h	100 km/h
vsd	-2,6 m	- 2,2 m	-1,3 m
swd	+ 2,1 m	+ 2,3 m	+ 2,8 m

Die folgenden Abbildungen 17 und 18 zeigen die Ergebnisse separiert nach Fahrzeugen ohne und mit ABS.

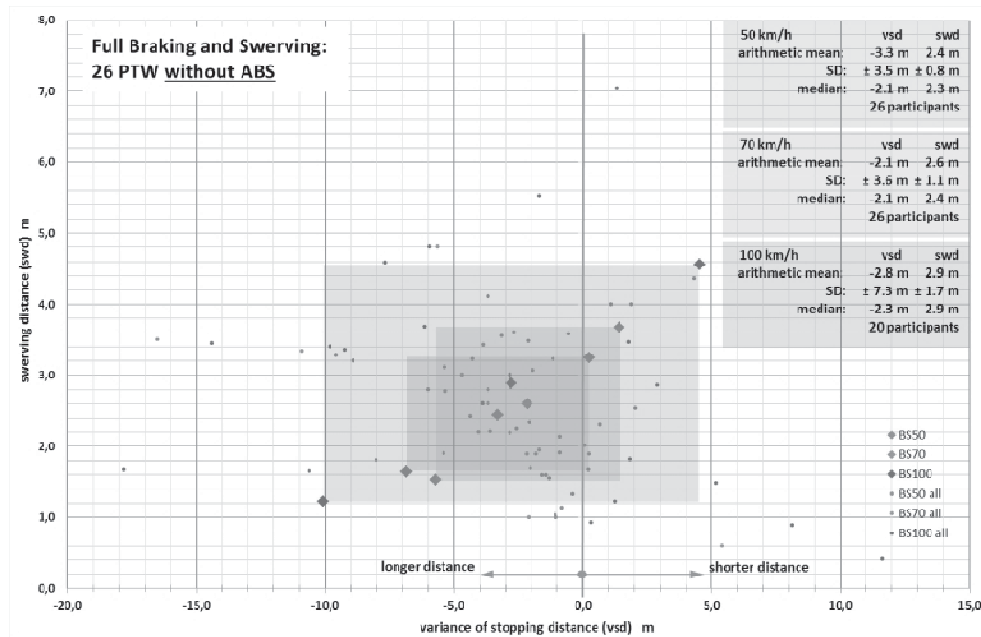


Abbildung 17: Vergleich: Vollbremsung ohne ABS und Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz

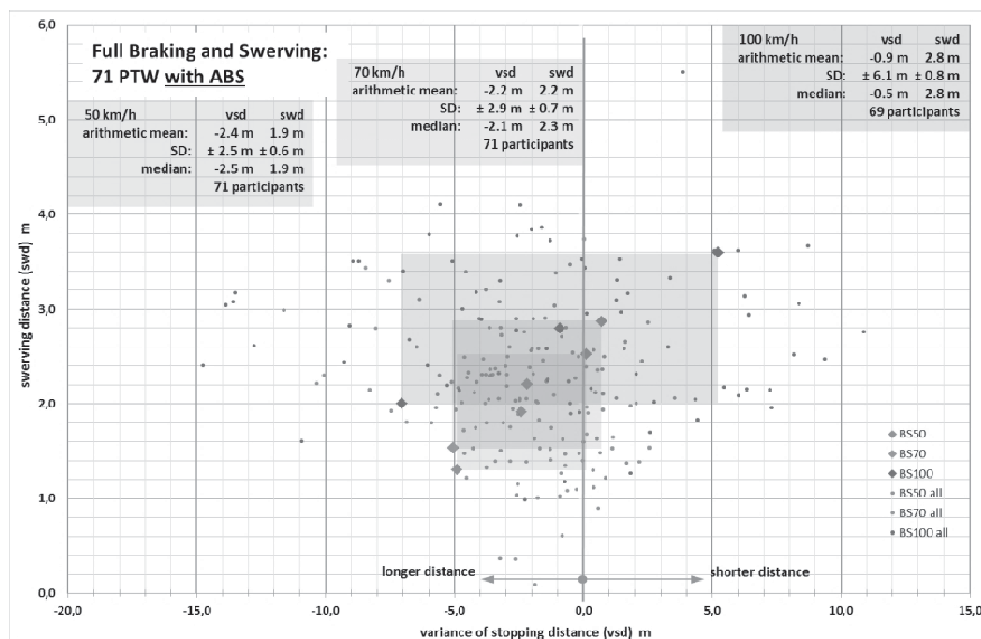


Abbildung 18: Vergleich: Vollbremsung mit ABS und Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz

Wir können also festhalten, dass während einer Vollbremsung ein nicht unbeträchtlicher Spurversatz möglich ist – und dies bei Teilnehmern, die dieses Manöver bislang nicht trainiert haben –, ohne dabei großartige Einbußen hinsichtlich des Anhaltewegs hinnehmen zu müssen.

Diese Ergebnisse – mit Blick auf Motorräder ohne und mit ABS – ergeben unter Berücksichtigung der jeweiligen mittleren Bremsverzögerung aus Tabelle 3 die folgenden Kollisionsgeschwindigkeiten (Abb. 19). Hierbei wurde angenommen, dass bei alleiniger Geradeaus-Vollbremsung der Motorradfahrer noch gerade zum Stillstand gekommen wäre.

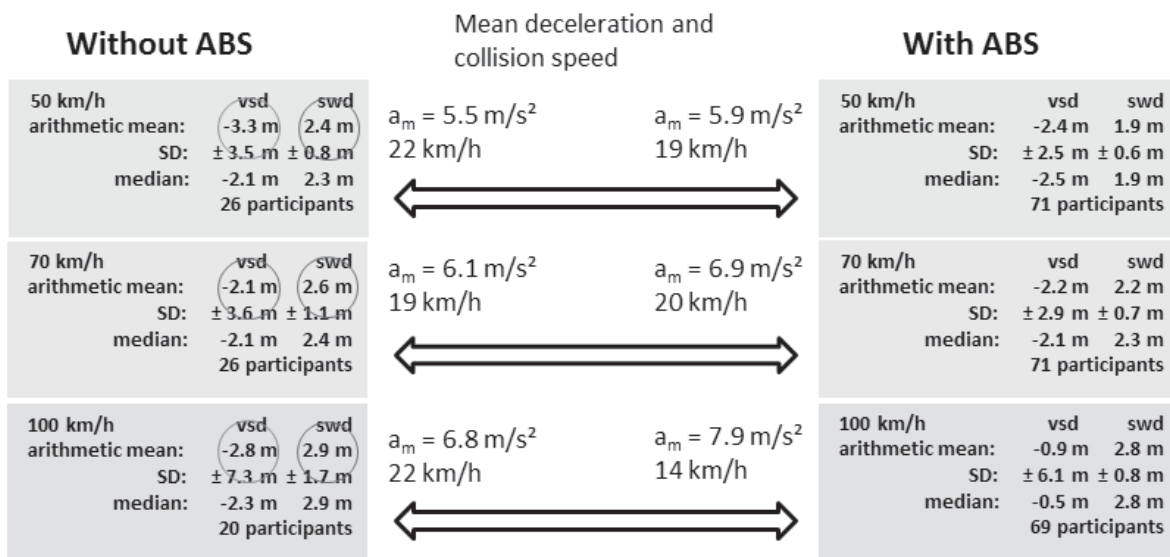


Abbildung 19: Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz

Demnach benötigt ein 100 km/h fahrender Motorradfahrer auf einem Motorrad mit ABS für eine Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz einen im Mittel nur 0,9 Meter längeren Anhalteweg, während dessen er aber in der Lage ist, 2,8 Meter nach links bzw. auch nach rechts auszuweichen.

Sollte das Ausweichmanöver in diesem Fall nicht hilfreich gewesen sein, würde er im Worst-Case-Szenario mit einer Kollisionsgeschwindigkeit von 14 km/h auf das Hindernis auftreffen. Ein Risiko, dass aus unserer Sicht mit Blick auf die mögliche Verletzungsschwere in diesem Geschwindigkeitsbereich in Kauf zu nehmen ist, zumal sich hierdurch die Chance eröffnet, am Hindernis vorbei zu kommen.

Abbildung 19 lässt ebenfalls erkennen, dass auch die Fahrer von Motorrädern ohne ABS gute Werte beim Spurversatz (swd) erzielten. Sie waren in allen drei Geschwindigkeitsbereichen höher als bei den Fahrern mit ABS-Motorrädern. Allerdings benötigten sie hierfür in zwei Fällen (50 und 100 km/h) einen längeren Anhalteweg (vsd). Von daher kann festgehalten werden, dass für die Fahraufgabe 3 („Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz bis zum Stillstand“) ein Anti-Blockier-System (ABS) nicht zwingend erforderlich ist. Auch gab es während der Versuche keinen Sturz wegen eines überbremsten Vorderrades.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Studie befasst sich mit den verschiedenen Möglichkeiten für Motorradfahrer einer bevorstehenden Kollision mit einem Hindernis entgegenzuwirken. Die zentrale Rolle dabei spielen sich bewegend Hindernisse, wie beispielsweise Pkw, die unvermittelt die eigene Fahrspur kreuzen.

Diesbezüglich wurden eingangs zwei Hypothesen formuliert, deren Gültigkeit abschließend überprüft werden soll.



Hypothese 1:

In Gefahrensituationen mit Kollisionskurs auf ein sich bewegendes Hindernis ist die Konzentration auf ein Fahrmanöver mit einer eindeutigen Handlungsstrategie von Vorteil. Dieses besteht aus der Kombination einer Vollbremsung mit einhergehendem Ausweichen (Spurversatz). Die Vollbremsung steht dabei immer im Vordergrund.

Ergebnis der Studie: Hypothese 1 kann bestätigt werden.

In den meisten Konfliktsituationen im Straßenverkehr, bei denen Motorradfahrern die Kollision mit einem sich bewegenden Hindernis droht, steht die Vernichtung der kinetischen Energie im Vordergrund. Da im Vorfeld meist nicht bekannt ist, wann und wo das sich bewegende Hindernis zum Stillstand kommt, hat das Anhalten möglichst vor dem Hindernis oberste Priorität. Somit muss ein Geschwindigkeitsabbau durch das Einleiten und Durchführen einer Vollbremsung bis zum Stillstand stattfinden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit des Ausweichens (Spurversatz). Der direkte Vergleich der benötigten Strecken für die Vollbremsungen und die Spurversätze aus Geschwindigkeiten von 50, 70 und 100 km/h zeigt, dass die Teilnehmer bis zu einer Geschwindigkeit von 100 km/h bei einer Vollbremsung im Mittel kürzere Wege als beim Spurversatz benötigen. Die schnellen Ausweichmanöver erfordern im Durchschnitt also mehr Strecke als eine Vollbremsung. Bei Fahrern auf Fahrzeugen ohne ABS liegt die Nutzenschwelle von Bremsung und Ausweichmanöver mit Blick auf die Geschwindigkeit weiter unterhalb. Hier ist bereits ab einer Geschwindigkeit von 78 km/h der Spurversatz vorteilhafter. Bei Fahrern auf Fahrzeugen mit ABS dominieren die kürzeren Anhaltewege bis zu einer Geschwindigkeit von etwa 100 km/h.

Betrachten wir neben alleiniger Vollbremsung und alleinigem Spurversatz die dritte Möglichkeit: Die Vollbremsung mit gleichzeitig stattfindendem Spurversatz. Nach unseren Ergebnissen stellt diese Variante ein hervorragendes Fahrmanöver dar, da hierbei ein nahezu gleichlanger Anhalteweg erzielt wird wie bei der Geradeaus-Vollbremsung, darüber hinaus aber ein nicht zu unterschätzender Spurversatz durchgeführt werden kann. Dieser beträgt je nach Geschwindigkeit zwischen 2,1 und 2,8 Meter. Die Formulierung „... nahezu gleichlanger Anhalteweg ...“ bedeutet dabei, dass die hier erzielten Anhaltewege geringfügig länger ausfallen als bei der alleinigen Vollbremsung. Der zusätzliche Anhalteweg liegt je nach Geschwindigkeit zwischen 2,6 und 1,3 Metern, was unter gleichen Bedingungen Kollisionsgeschwindigkeiten zwischen 14 und 22 km/h zur Folge hätte.

Ergeben sich also Situationen, in denen der Anhalteweg nicht mehr ausreichen sollte, kann der Fahrer bei der Durchführung dieses Fahrmanövers durch den gleichzeitig herbeigeführten Spurversatz die Kollision vermeiden. Gelingt dies nicht, kann er während der Vollbremsung seinen Kurs dahingehend beeinflussen, gefährlichere Aufprallbereiche wie zum Beispiel die A-, B- und C-Säule eines Pkw, in Richtung Motorhaube oder Kofferraum, zu vermeiden.

Was das alleinige Ausweichmanöver (Spurversatz) angeht, so sollte dies nur für Situation im Straßenverkehr angewandt werden, die für den Motorradfahrer eindeutig berechenbar sind. Hierbei sollte das Hindernis stehen und sich nicht mehr in Bewegung befinden, so dass auf eine Bremsung verzichtet werden kann.



Dieses Manöver ist unter den beschriebenen Voraussetzungen für Geschwindigkeiten ab 100 km/h (ohne ABS ab 78 km/h) zu empfehlen, bei denen nicht mehr genügend Platz zum Anhalten zur Verfügung steht.

Das Hauptaugenmerk sollte also immer auf die Bremsung gerichtet sein. Allerdings sollte das Trainieren von „schnellem Ausweichen“ nicht vernachlässigt werden. Viele der Teilnehmer zeigten hier deutliche Schwächen, die sich unter anderem darin begründen, dass sie den Lenkimpuls entweder nicht richtig erklärt bekommen und verstanden oder nie ausreichend trainiert haben.

Hypothese 2:

Komplexe Fahraufgaben, wie eine Vollbremsung mit gleichzeitigem Ausweichen (Spurversatz), können den meisten Motorradfahrern nicht zugemutet werden.

Ergebnis der Studie: Hypothese 2 kann nicht bestätigt werden. Der zweite Teil der Studie, der noch auf weiterführende, subjektive Aussagen der Teilnehmer eingehen wird, kann hierzu durchaus ergänzende Erkenntnisse liefern.

Lediglich vier der 101 Teilnehmer haben die Durchführung der Fahraufgabe 3 (Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz bis zum Stillstand aus 50, 70 und 100 km/h) abgelehnt. Demnach haben sich 96 Prozent dieser Aufgabe nach vorheriger Kenntnisnahme durchaus zugetraut. Wie bei den anderen Fahraufgaben auch, wurden keinerlei Stürze bei der Durchführung dieses Fahrmanövers verzeichnet. Im Durchschnitt erzielten die Teilnehmer ähnlich lange Anhaltewege wie bei den alleinigen Bremsungen und konnten dabei gute Spurversätze realisieren.

Wichtig war es, den Teilnehmern klar zu machen, dass bei dieser Aufgabe das Bremsen im Vordergrund steht und lediglich DABEI ausgewichen wird. Und nicht anders herum!

Einige Teilnehmer hatten am Ende des Fahrmanövers – kurz vor dem Stillstand – Probleme damit, das Motorrad abzufangen. Dies ist darin begründet, dass sich das Motorrad am Ende der Bremsung in Schräglage befindet und ein „Zur-Seite-Kippen“ im Stand drohen kann. Hierbei würde es sich in einer überstandenen Konfliktsituation im Straßenverkehr allerdings um eine Bagatelle handeln. Ein mögliches Umkippen wäre also durchaus in Kauf zu nehmen, wenn man durch den ergänzenden Spurversatz eine Kollision verhindern könnte.

Zu Hypothese 1 und 2 und den daraus resultierenden Aussagen gilt zu berücksichtigen, dass die Fahraufgabe der Vollbremsung und des gleichzeitigen Spurversatzes vom Großteil der Teilnehmer noch nie durchgeführt wurde. Da dieses kombinierte Fahrmanöver nicht in der Fahrschul Ausbildung zum Einsatz kommt und auch in Sicherheitstrainings nicht fest verankert ist, war es für die meisten Teilnehmer das erste Mal, dass sie dieses Manöver absolviert haben. Vor diesem Hintergrund, ist den Ergebnissen im direkten Vergleich zu den bekannten Fahraufgaben wie einer Vollbremsung und einem Ausweichmanöver, die eigentlich beherrscht werden sollten, besondere Beachtung zu schenken.

Vor allem im Vergleich zur zeitversetzten Kombination „Bremsen-Lösen-Ausweichen“ bleibt als eines der zentralen Ergebnisse festzuhalten, dass durch die gleichzeitige Ausübung der Vollbremsung mit dem Spurversatz vorteilhafte Resultate erzielt werden können. Oberste Priorität behält dabei die Reduzierung der Geschwindigkeit. Zudem kann der Fahrer bei der Vollbremsung inklusive Spurversatz bis zum Ende des



Fahrmanövers Geschwindigkeit abbauen. Im Gegensatz zum „B-L-A“ kann der Fahrer auch den Vorteil nutzen, sich von Anfang an auf die gleichzeitige Durchführung der Vollbremsung und des Spurversatzes als eine Aufgabe fokussieren zu können. Einmal gelernt, gibt es keinerlei Spielräume und Unsicherheiten mehr, die beim „B-L-A“ stets vorkommen, da hier für die Erfüllung des Gesamtmanövers zwei Handlungsabläufe strikt hintereinander gesteuert werden müssen, was wiederum eine handlungsinterne Entscheidung verlangt. Auch existieren beim „B-L-A“ keine genauen Angaben, die dem Fahrer als Richtlinie an die Hand gegeben werden, wann er die Bremse lösen soll. Es wird vielmehr darauf hingewiesen, dass es sich um keine automatisierte Handlungsfolge handelt. Bei der Durchführung von Notmanövern, wie sie in dieser Studie thematisiert werden, sind automatisierte Abfolgen jedoch vorteilhafter, da der Mensch für die Entscheidungsprozesse mehr Zeit und damit Strecke benötigt, als in diesen Situationen zur Verfügung steht. Wie einleitend bereits geschildert, haben Motorradfahrer laut GIDAS-Auswertungen von 1.086 Kollisionsunfällen¹ sehr wenig Zeit für ihre Reaktion und Handlung zur Verfügung.

Aus all den Erkenntnissen sind wir zu dem Schluss gekommen, dass es an der Zeit ist, das Fahrmanöver „Bremsen-Lösen-Ausweichen“ bei Notmanövern zu überdenken und es durch die Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz zu ersetzen.

Was zukünftige Ausbildungsinhalte angeht, zeigen uns die Ergebnisse und die damit verbundenen Beobachtungen während der Durchführung der Studie, dass ein Trainieren der Fahraufgabe „Vollbremsung mit gleichzeitigem Spurversatz“ verstärkt in Sicherheitstrainings stattfinden sollte. Dabei sollten Themen wie „Blickführung“ eine weitere Rolle spielen. Zudem werden Fahrerassistenzsysteme wie das Kurven-ABS, das schon seit geraumer Zeit an einigen Motorradmodellen zum Einsatz kommt, den Markt immer mehr durchdringen und speziell Fahrmanöver wie diese unterstützen und eine Sturzwahrscheinlichkeit dabei weiter minimieren.

Die komplette Studie gibt es unter www.ifz.de.



Untersuchung auf Relevanz der ECE R80 Testprozeduren via Simulation und Crashtest

Marco Müller, Peter König & Johannes Lauer

Institut für Fahrzeugtechnik, Trier University of Applied Sciences

1. Einleitung

Besonders in den wachsenden Städten kann der steigende Mobilitätsbedarf nur von multimodalen Verkehrssystemen mit einem starken Anteil öffentlicher Verkehrsmittel bewältigt werden. Bei diesen Konzepten spielt der verstärkte Einsatz von Bussen eine zentrale Rolle. Auch im Fernverkehr konkurrieren Fernbusunternehmen zunehmend mit dem Pkw- und Eisenbahnbetrieb. Mit dem Anstieg des Busverkehrs steigen jedoch auch die Zahlen von Busunfällen mit teilweise schwerwiegenden Folgen für die Insassen.

Die Fahrzeugsicherheit ist traditionell ein Schwerpunkt am Trierer Institut für Fahrzeugtechnik, wobei ein besonderer Fokus der Sicherheit von Bussen gilt. Gemeinsam mit Zulieferern und OEMs werden hier Bussitze entwickelt und mit den technischen Diensten zur Genehmigung gebracht. Da bis heute der Gebrauch von Sicherheitsgurten in Bussen kein Standard ist, stellt die Rückenlehne des Vordersitzes oft gleichzeitig das einzige Energieabsorptions- und auch Rückhaltesystem dar. Um eine flexible Anordnung der Sitze zu ermöglichen, werden die Sitzreihen oftmals in sogenannten Airline-Schienen geführt, und können dort form- oder auch nur reibschlüssig mit Nutensteinen fixiert werden. Die Testprozeduren zur Genehmigung und die rechtlichen Vorschriften sind in der ECE R80 vorgeschrieben.

2. Hauptteil

Die ECE R80 definiert die technischen Bauvorschriften für Bussitze, um bei Unfällen einen sicheren Schutz für jeden Insassen zu gewährleisten. Die Normen sind gültig für Fahrgastsitze mit nach vorn gerichtetem Einbau in Fahrzeuge der Unterklasse M_2 und M_3 der Klassen II, III und B. Vereinfacht beschreibt das Fahrzeuge mit mehr als acht überwiegend sitzenden Insassen.

In der ECE R80 werden zwei alternative Testprozeduren beschrieben: Im „statischen Test“ wird eine Last quasistatisch über zwei Prüfkörper auf den Sitzrücken aufgebracht. Im Gegensatz dazu werden die Sitze im „dynamischen Test“ einen dynamischen Crashtest unterzogen, wobei zwei 50%ile HIII Crash Dummies eingesetzt werden, die die Lehne des Prüfsitzes dynamisch beaufschlagen.

Im beiden Fällen wird ein Teil der Unterbodenstruktur eines Busses genutzt, auf diesem werden die Sitze vorschriftsgemäß befestigt. Im statischen Test findet das System auf einer Messplatte fixiert, im dynamischen Test hingegen auf einem Crasheschlitten. Dort werden zwei Sitzreihen befestigt und die Dummies auf der hinteren platziert. Der Aufbau des dynamischen Tests ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Versuchsaufbau des dynamischen Tests

Der Sitzhersteller kann selbst wählen, welcher der beiden Tests zur Genehmigungsprüfung durchgeführt werden soll, da lediglich einer der beiden Tests erfolgreich bestanden werden muss, um die Zulassung der Bussitze zu erlangen.

Der dynamische Test ist laut der ECE R80 bestanden, wenn der HIC-Wert (Head Injury Criterion) unter 500 liegt und das Brustkorb-Bewertungskriterium (ThAC) kleiner als 30 g ist, außer in Zeitabschnitten, die insgesamt weniger als 3 ms dauern. Des Weiteren darf das Oberschenkel-Bewertungskriterium (FAC) nicht mehr als 10 kN überschreiten, wobei die Gesamtdauer der Zeitspannen, in denen der Wert von 8 kN überschritten wird, nicht über 20 ms betragen darf. Im Hinblick auf das Rutschen der Anbindung innerhalb der Schienen lautet die Gesetzesschrift: „Die Vorschrift gilt als eingehalten, wenn der Sitz festgehalten wird, auch wenn sich eine oder mehrere Verankerungen teilweise lösen, und alle Verriegelungseinrichtung während der Prüfungsdauer verriegelt bleiben.“¹

Im statischen Test gelten die Vorschriften als erfüllt, wenn eine sichere Rückhaltung des Insassen durch den Sitz abzusehen ist. Hierfür werden in der ECE R80 maximale Verformungen vorgegeben, welche nicht überschritten werden dürfen. In der Abbildung 2 ist der Versuchsaufbau des statischen Tests dargestellt.

¹ Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN/ECE), Regelung Nr. 80, Einheitliche Vorschriften für die Genehmigung der Sitze von Kraftomnibussen sowie dieser Fahrzeuge hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit der Sitze und ihrer Verankerungen.



Abbildung 2: Versuchsaufbau des statischen Tests

Entsprechend der in der ECE R80 beschriebenen Tests wurden am Institut für Fahrzeugtechnik FE-Simulationsmodelle für Crashsimulationen mit LS-Dyna erstellt und anhand von Crashtests validiert.

Im Rahmen dieser Studie sollte einerseits untersucht werden, ob ein erfolgreich bestandener statischer Test von Sitzanlagen mit kraftschlüssigen Fixierungen den Schluss zulässt, dass die Sitze den Insassen auch im deutlich realitätsnäheren dynamischen Test ausreichenden Schutz bieten würden.

Zudem sollte in einem weiteren Schritt untersucht werden, inwiefern Sitzstrukturen, die bereits erfolgreich mit den vorgeschriebenen 50%ile Dummies entwickelt und validiert wurden, auch einen wirksamen Schutz für kleinere und leichtere Insassen bieten – schließlich werden in Bussen oft Kinder und Jugendliche sowie Senioren befördert. Bzgl. der Masse und Körpergröße wird dieses Klientel aber eher von einem 5%ile Dummy repräsentiert, daher sollte auch dieser Dummy Einsatz finden. Auch in asiatischen Ländern wird diese 5%-Frau immer häufiger genutzt, entspricht sie doch eher der durchschnittlichen Bevölkerung, als der 50%ile Dummy (s. u.a. China NCAP).

Daher wurden mit statisch freigeprüften Sitzanlagen erst dynamische Test gem. ECE R80 mit zwei 50%ile Dummies durchgeführt, anhand dieser Versuche konnten erneut die Simulationsmodelle validiert werden. In diesen Modellen wurden die beiden Dummies dann im späteren Projektverlauf durch einen 50%ile Dummy sowie einen 5%ile HIII-Dummy ersetzt und im Hinblick auf die Verletzungsschwere und die Kinematik untersucht.



3. Resultate

Übertragbarkeit der Ergebnisse des statischen Tests

Die Analyse der Crashtests und der Simulationen lässt den eindeutigen Schluss zu, dass ein erfolgreich bestandener statischer Test keinesfalls garantiert, dass Sitze mit kraftschlüssigen Fixierungen in einer echten Unfallsituation an ihrem Platz verbleiben. Es wurden in Test und Simulation signifikante Vorverlagerung der Sitzanlagen bei dynamischer Belastung ermittelt. Als Ursache für dieses Verhalten wurde die abweichende Belastung der Sitzanlage identifiziert:

Im statischen Test führt die Belastung mittels zweier Prüfkörper am Sitzrücken zu einer Rotation des Sitzes um dessen Fuß. Diese hat im Test wie auch in der Simulation dazu geführt, dass sich der Sitzfuß in der Schiene verklemmt, wodurch ein Verrutschen der Sitzanlage in der Schiene unterdrückt wird. In Abbildung 3 ist diese Kinematik dargestellt. Das Spannungsbild zeigt, dass durch die Verklemmung der Anbindung lokal eine hohe Spannung entsteht.

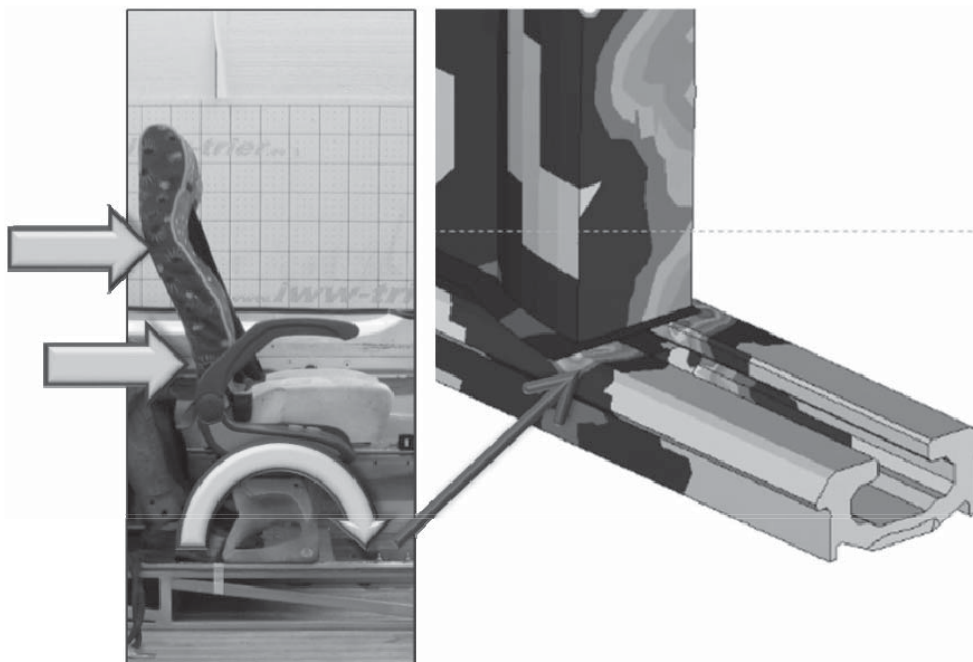


Abbildung 3: Spannung in der Anbindung beim statischen Test

Durch das beschriebene Verhalten der Anbindung konnte die Sitzanlage den statischen Test bestehen. Sogar bei einer zu geringen oder gar keiner Vorspannkraft der Fixierungen konnte durch die entstehende Kinematik die Testanforderung erfüllt werden.

Beim dynamischen Schlittentest hingegen wird der gesamte Sitz durch seine Trägheit entsprechend des Verzögerungspulses beschleunigt. Durch die einem Frontcrash nachempfundene, rein horizontale Beschleunigung kommt es zu keiner Rotation in der Anbindung und folglich auch zu keiner Verklemmung des



Sitzfußes in der Schiene. Diese abweichende Kinematik führte dazu, dass das Rutschen der kraftschlüssig fixierten Sitze nicht verhindert werden konnte.

Es wurden mehrere dynamische Tests mit korrekt montierten Sitzen und Anbindungen durchgeführt. Jeder Sitz erfüllte den statischen Test, scheiterte jedoch deutlich an dem dynamischen Test.

Schlussfolgernd bedeutet dies, dass das erfolgreiche Absolvieren des statischen Tests, wie er in der ECE R80 beschrieben ist, bei Sitzanlagen mit kraftschlüssigen Anbindungen nicht garantiert, dass die Sitze nicht nach vorne rutschen. Aus diesem Grund sollte der statische Test komplett aus der Vorschrift gestrichen werden und lediglich der dynamische Test zur Anwendung kommen.

Die simulative Untersuchungen mit dem 5%ile Dummy haben gezeigt, dass die Sitzstrukturen, die gesetzeskonform lediglich auf den 50%ile Dummy optimiert wurden, zu kritischen Verletzungsmustern bei kleineren Insassen führen. Der Kopf des kleineren Dummies schlägt exakt mit dem Kehlkopf auf dem verstärkten Teil der Sitzlehne auf und erfährt anschließend eine starke Rotation zur Seite. Der Aufschlag und das Verdrehen des Kopfes führt zu HIC-Werten und Nackenmomenten, welche die Grenzwerte aus der ECE R80 um ein Vielfaches überschreiten. Lediglich das Oberschenkel-Bewertungskriterium (FAC) liegt unter dem Grenzwert aus der Anforderung. Die Analyse der Verletzungskennwerte und der Kinematik des 5%ile Dummies zeigt, dass die aktuellen Sitzstrukturen kleinere Personen als den 50%ile Dummy nicht hinreichend schützen können. Vor allem die Position der Verstärkung innerhalb des Sitzrückens, welche die Kinematik des 50%ile Dummy günstig unterstützt, führt bei dem 5%ile Dummy zu sehr hohen Belastungen. Die Verletzungskennwerte in Simulationen selbst mit einer geringeren Geschwindigkeit (zwischen 30 und 32 km/h) liegen für kleine Insasse im kritischen Bereich.

Abbildung 4 und 5 zeigen den 5%ile Dummy während des dynamischen Tests. Abbildung 5 zeigt die Dummykinematik zum Zeitpunkt der maximalen Brustkorbbelastung (ThAC).

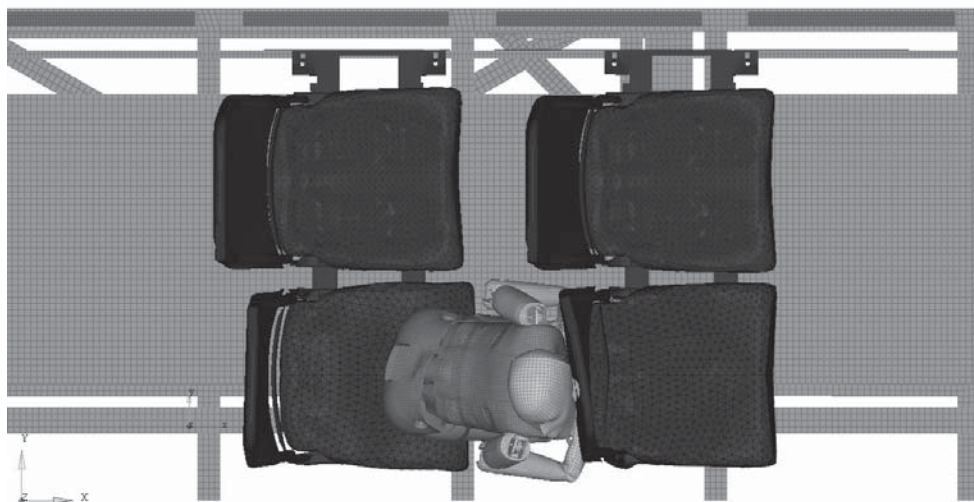


Abbildung 4: Kopfbewegung des 5%ile Dummy

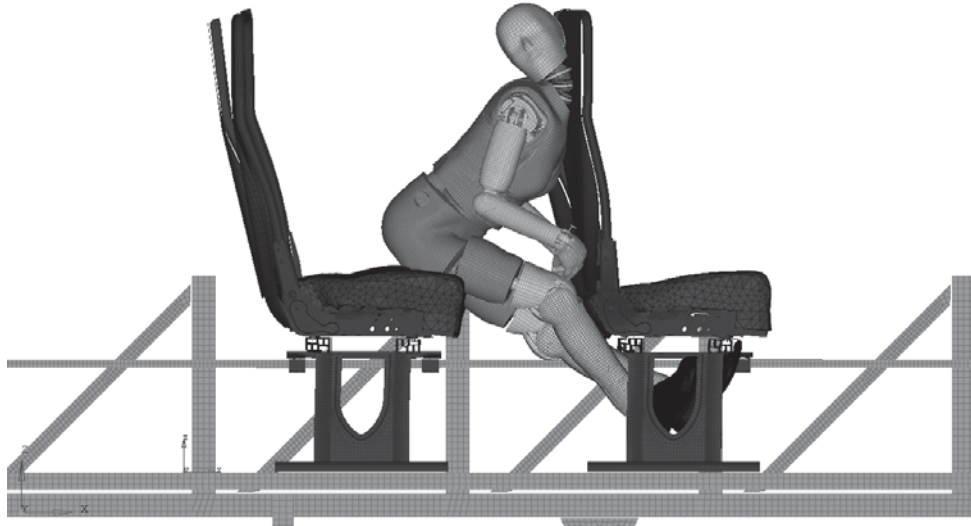


Abbildung 5: Der Kehlkopf trifft auf den Sitzrücken auf

Nachfolgende Untersuchungen haben gezeigt, dass es sehr wohl Möglichkeiten gibt, die Sitzstrukturen so auszulegen, dass gleichzeitig für kleinere, als auch für größere Insassen Schutz gewährleistet werden kann. Dies ist allerdings mit einem erhöhten konstruktiven und finanziellen Aufwand verbunden.

Umso mehr muss die Empfehlung ausgesprochen werden, insbesondere bei Anforderungen an Busse wie der ECE R80 den 5%ile Dummy baldmöglichst zu berücksichtigen!

4. Ausblick

Validierungstests mit dem 5%ile Dummy sind bereits geplant, um auch dieses Simulationsmodell exakt zu validieren und für detaillierte Untersuchungen nutzen zu können.

Die statischen Tests der ECE R80 lassen keinen Schluss auf das Schutzpotenzial der Sitze im Realunfall zu, daher muss diese Testkonfiguration baldmöglichst aus der Anforderung entfernt werden.

Zudem gewährleistet eine Auslegung der Sitzanlagen von Bussen gemäß ECE R80 keinen ausreichenden Schutz für alle Insassen. Speziell für den asiatischen Markt, für Kinder, Senioren und unterdurchschnittlich kleine Erwachsene wäre die zusätzliche Berücksichtigung des 5%ile Dummys relevant.

Wie die Untersuchungen des Instituts für Fahrzeugtechnik Trier gezeigt haben, ist es möglich, mit einfachen Maßnahmen für alle Insassen von Bussen eine signifikant höhere Sicherheit zu erreichen.



3-dimensionale EES-Modell auf Basis von Unfall- und Crashtestdaten

Ein Statusbericht zum gleichnamigen Forschungsprojekte des Fraunhofer-Instituts für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI)

Christian Erbsmehl & Tom Landgraf

Fraunhofer- Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme

Dieses Forschungsprojekt wird von der ADAC Stiftung gefördert.

1. Ausgangslage

Neben Tests zur Gewährleistung der Erfüllung gesetzlicher Richtlinien, beispielweise der ECE, haben in den letzten Jahrzehnten auch Tests von Verbraucherschutzorganisationen wie beispielsweise Euro NCAP („European New Car Assessment Programme“) höchste Popularität gewonnen und erfreuen sich großer Beachtung in der Gesellschaft und in der Fahrzeugentwicklung.

Im Euro NCAP werden seit 1996 Crashtests mit neu erschienenen Fahrzeugen durchgeführt. Die Kriterien sind hierbei anspruchsvoller als bei ECE-Zulassungstests. Die Einführung des Euro NCAP hat zweifelsfrei zu einer sprunghaften Verbesserung der passiven Sicherheit in Pkw geführt. In den letzten Jahren gab es jedoch hin und wieder Kritik an den Testprozeduren des Euro NCAP bzw. der Hersteller. Die bestmögliche Erfüllung der Testprozeduren wurde zu einem der wesentlichen Entwicklungsziele der Hersteller. Dies führt zu enormen Anstrengungen in der Konstruktion und Auslegung der passiven Sicherheitsstrukturen in modernen Fahrzeugen, um genau die geordneten Testfälle – ungeachtet möglicher Variationen – zu erfüllen. Kompatibilitätscrashtests, in denen zwei sehr unterschiedliche Fahrzeuge gegeneinander antraten, zeigten bereits wesentlich höhere Verletzungsrisiken. Einen weiteren Schritt ging das IIHS (Insurance Institute for Highway Safety, 2012), indem es den bis dato durch Euro NCAP festgelegten 40 %-Offset beim Crash gegen eine deformierbare Barriere auf 25 % herabsetzte. Der neu entstandene sogenannte „Small Overlap“-Test führte zu einem sprunghaften Anstieg der Verletzungswahrscheinlichkeit bei Fahrzeugen, die in der herkömmlichen Bewertung sehr gute Ergebnisse vorweisen konnten.

Es bedarf einer Möglichkeit zur wissenschaftlich fundierten Identifikation und Definition von Schwachstellen der passiven Sicherheit aktueller PKW-Modelle mit dem Ziel, verschiedene unsichere Kollisionskonstellationen bei Crashtest-Programmen vorzuschlagen, um auch in den bislang nicht abgeprüften Zonen und Anprallkonstellationen wesentlich mehr Sicherheit zu erzeugen. Diese Identifikation kann auf einem sogenannten „Energy Equivalent Speed (EES)“-Modell basieren.

Eine besondere Bedeutung besitzen derartige EES-Modelle für die zukünftige Entwicklung von passiven und aktiven Fahrzeugsicherheitssystemen. So ist es bisher nicht möglich, den Nutzen (im Sinne von Verletzungsschwere-Reduktion) von Sicherheitssystemen im realen Unfallgeschehen prospektiv zu bestimmen, wenn die zu bewertenden Systeme die Unfallkonstellation „nur“ verändern (bspw. durch bremsende



und/oder lenkende Systemeingriffe) oder Modifikationen an der Crashstruktur erfolgen. Der Ansatz, Crash-test- und Realunfalldaten zu verschneiden, ist hierbei neuartig, da damit erstmalig präzise Daten aus punktuellen, standardisierten Tests mit den breit gefächerten Informationen aus dem realen Unfallgeschehen kombiniert werden.

Der Transfer von EES-Werten auf das resultierende Verletzungsrisiko der Insassen mittels so genannter Verletzungsrisikofunktionen ist als besonders innovativ einzuschätzen, da diese Schnittstelle eine Lücke in den bisherigen Prozessketten zur prospektiven Bewertung von Sicherheitssystemen schließt.

Darüber hinaus kann ein gut definiertes EES-Modell neben der Bestimmung des EES-Wertes aus Deformationen und der Identifikation möglicher Schwachstellen aktueller Fahrzeugstrukturen auch anderweitig einen Beitrag zur aktiven Sicherheit leisten. So ist beispielsweise vorstellbar, dass bei einer unvermeidlichen Kollision zweier inkompatibler Fahrzeuge die optimale Kollisionskonstellation gewählt wird, bei der die geringsten Verletzungsschweren zu erwarten sind. Durch vorberechnete, skalierte und gewichtete Fahrzeugstrukturmodelle können die potentiellen Kollisionspartner im Fall der Unvermeidbarkeit durch Lenk- oder Bremsingriffe dafür Sorge tragen, dass sich die Elemente der passiven Fahrzeugsicherheit beider Fahrzeuge besser aufeinander abstützen können und somit die Kompatibilität erhöhen.

Der Nutzen dieses Projektes besteht im Wesentlichen aus:

- Der langfristigen Senkung der Anzahl Getöteter und Schwerverletzter bei Straßenverkehrsunfällen.
- Der Entwicklung neuer Crashtests und Lastfälle anhand realer Verkehrsunfälle.
- Der darauf basierenden Entwicklung optimierter Crashstrukturen und der Überprüfung aktueller Strukturen in Simulation und Test.
- Der effizienteren Entwicklung neuer Fahrerassistenzsysteme basierend auf Erkenntnissen der kompletten Effektivitätsberechnung.

1.1. Das EES-Modell

Energy Equivalent Speed (EES) ist eine energetische Ersatzgröße aus der Unfallrekonstruktion und wird wie folgt definiert:

„[EES] ist die Geschwindigkeit, welche bei einem geraden, zentrischen, vollplastischen Anstoß gegen ein beliebig geformtes, festes, undeformierbares Hindernis zu der gleichen bleibenden Energieabsorption führt.“

$$\frac{1}{2}m \cdot EES^2 = E_{def}$$

1.2. Möglichkeiten

In einer 2014 veröffentlichten Dissertation wurde gezeigt, dass dieser EES-Wert in Kombination mit dreidimensionalen Deformationen realer Unfallfahrzeuge der German In-Depth Accident Study (GIDAS) – Datenbank zu einem Modell zusammengeführt werden kann, welches eine Grundsteifigkeitsstruktur für Pkw auf Basis realer Verkehrsunfalldaten abbilden kann (Abbildung 1).

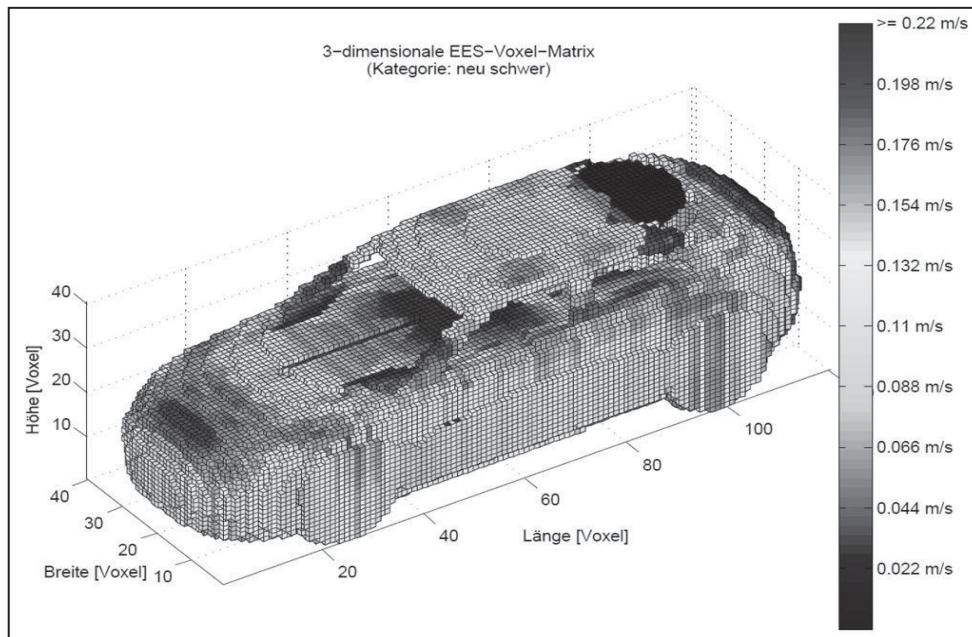


Abbildung 1: Erstes Deformationsenergiemodell1 [1- Dissertation Erbsmehl; 2014]

Mit Hilfe dieser Arbeit konnte erstmals eine Methode zur wissenschaftlichen Bestimmung eines EES für die Unfallrekonstruktion ohne Schätzung und ohne die Durchführung von Crashtests entwickelt werden.

Alternative: FE-Modell:

Derartige Berechnungen können theoretisch auch mit gängigen Verfahren der Finite Elemente (FE)- Berechnungen durchgeführt werden. Jedoch scheitert die Anwendung solcher Verfahren an zwei wesentlichen Punkten:

- A) Die Berechnung von Deformationen und Deformationsenergien an beliebigen Stellen eines Fahrzeuges mit unterschiedlichen Belastungswerten ist zu zeitintensiv und kann selbst unter Nutzung hocheffizienter Rechentechnologien nicht in vertretbarer Zeit durchgeführt werden.
- B) FE-Modelle der neuesten Fahrzeuge unterliegen strenger Geheimhaltung beim Hersteller und werden nicht für externe Organisationen oder für die Öffentlichkeit freigegeben.

Da jeder dieser Punkte bereits einzeln ein Ausschlusskriterium darstellt, kann die Alternative über FE-Berechnungen nicht für die Sicherheitsbewertung herangezogen werden.

1.3. Forschungsbedarf

Das Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI) hat gemeinsam mit der Volkswagen AG und Porsche AG das in der Dissertation von Herrn Dr. Erbsmehl vorgeschlagene dreidimensionale EES-Modell auf Basis realer Verkehrsunfälle aus der GIDAS-Datenbank innerhalb der letzten drei Jahre weiterentwickelt. Es entstand ein Modell, welches auf Basis von allen verfügbaren Deformationsmustern der

¹ Christian Erbsmehl: „Ein neues 3 – dimensionales Energie Equivalent Speed (EES)- Modell für Fahrzeuge basierend auf Unfall-daten“, Dissertation TU-Dresden; 2014



GIDAS-Datenbank unter Verwendung der geschätzten EES-Werte und einiger Zusatzparameter wie bspw. Impulswinkel der Kollision, Masse und Baujahr des Fahrzeuges den allgemeingültigen Ansatz als Grundlage eines dreidimensionalen EES-Modells darstellt.

Dieses Basisstrukturmodell zeigte systematische Fehler bei der Schätzung der EES in der GIDAS-Datenbank auf und bedarf eines sogenannten Korrekturmodells, welches auf Crashtest-Daten basiert. Werden Korrekturmodell und Basisstrukturmodell überlagert, liefert das resultierende dreidimensionale EES-Modell für den Seiten- und Frontalcrash plausible EES-Werte.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in der Erweiterung des Modells auf verschiedene Fahrzeugsegmente (z.B. Minis, Kleinwagen, Kompaktklasse, Mittelklasse, Oberklasse, ...) und Fahrzeugkonturen/aufbauten (z.B. Kombi, Cabrio, Fließheck, ...) sowie einiger fehlender Plausibilitäten in seltenen Crashkonstellationen (z.B. Schräganprall, Roll-Over, ...). Für die genannten Verbesserungen hat sich Euro NCAP bereiterklärt, seine Crashtest-Daten sowohl für die Verbesserung des Korrekturmodells als auch zur Erstellung des Basisstrukturmodells zur Verfügung zu stellen.

Diese Daten sollen im laufenden Jahr 2018 und 2019 zu großen Teilen durch die ADAC Unfallforschung zur Verfügung gestellt werden. Die Crashtest-Daten zur Verbesserung des Basisstrukturmodells beinhalten die Umrechnung von Beschleunigungen über der Zeit in Energieaufnahme über dem Weg und sollen in Form eines Verlaufes direkt in das Modell eingebracht werden. Zur Verbesserung des Korrekturmodells genügt eine Angabe des EES-Wertes sowie die zugehörige Deformation in der jeweiligen Fahrzeuggruppe.

Um der ADAC Unfallforschung die Übertragung der Daten von Euro NCAP in das EES-Modell zu ermöglichen, soll ein entsprechendes Interface gestaltet werden, welches in der Lage ist, die verschiedenen Informationen in sinnvoller und effektiver Art aufzunehmen, weiter zu verarbeiten und in einem entsprechenden Format für die Kalkulation des Hauptmodells zur Verfügung zu stellen. Die Funktionalität des Modells soll u.a. die Eingabe verschiedenster High-Level (Deformation inkl. Beschleunigungsverlauf) sowie Low-Level (Deformation mit einem EES-Wert) ermöglichen.

2. Gesamtziel in drei Phasen

Aus der Ausgangslage und dem Forschungsbedarf lassen sich folgende Ziele ableiten, die in drei Phasen erreicht werden können:

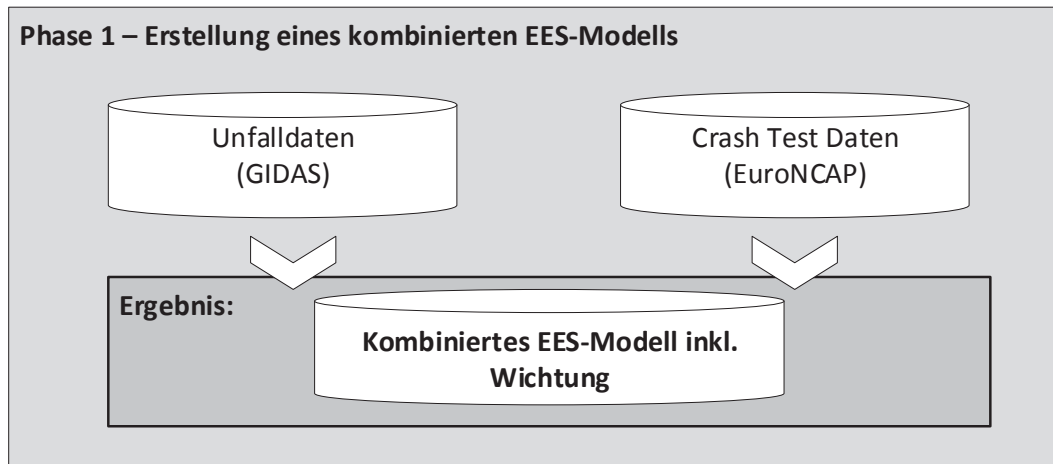


Abbildung 2: Phase 1 – Erstellung eines kombinierten EES-Modells

In der ersten Phase des Projektes werden die durch Euro NCAP zur Verfügung gestellten Beschleunigungsverläufe mit den Deformationen der zugehörigen Crashtests verschnitten und in ein kompatibles Format gebracht (Abbildung 2). Die Methodik hierfür wurde durch die ADAC Unfallforschung entwickelt. Nach der Berechnung der EES-Verläufe aus den Euro NCAP-Daten werden diese in das vorbereitete EES-Modell überführt. Nach der Zusammenführung der Daten werden Wichtungs- und Filterkriterien neu berechnet und für die Anwendung vorbereitet.

In Phase zwei wird eine Online-Plattform erstellt, zu der Unfallgutachter einen personalisierten Zugang erhalten (Abbildung 3). Diese Plattform ermöglicht durch das Setzen einzelner Filterkriterien den Zugriff auf vordefinierte Modelle der EES-Datenbank. Der Gutachter soll zum einen in der Lage sein, seine Schätzungen durch Vergleiche zu verifizieren, zum anderen sollen die Nutzer der Plattform befähigt werden, Daten zurückzuspielen. Insbesondere Deformationen und zugehörige oder berechnete EES-Werte sollen die Datenbasis erweitern und aktuell halten. Weiterhin wird die Plattform an die Euro NCAP-Seite angebunden und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

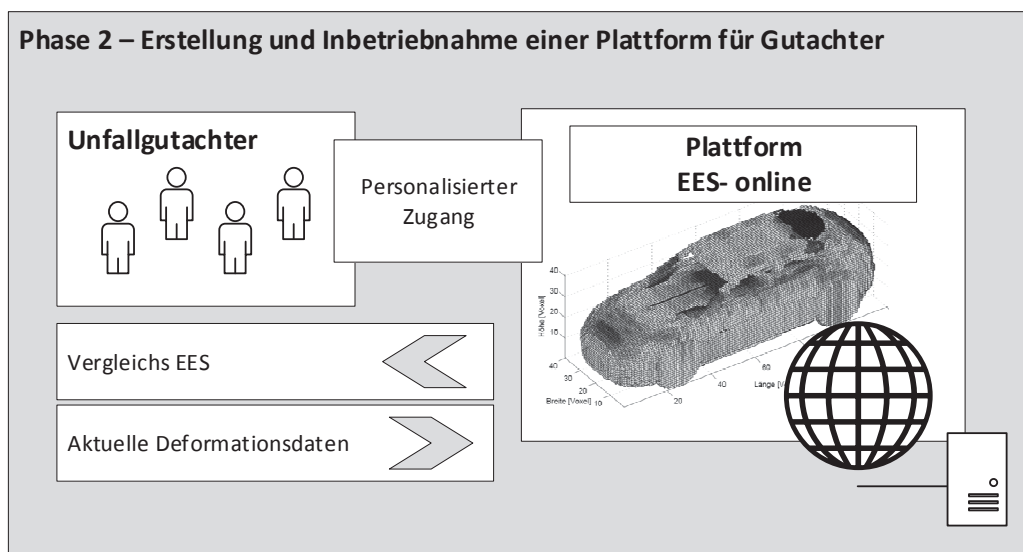


Abbildung 3: Phase 2 Plattform für Gutachter



Parallel dazu wird die Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH (VUFO) im Rahmen ihrer Unfallrekonstruktionen das kombinierte EES-Modell zur Bestimmung von EES-Werten testen und die Werte für ca. 300 Pkw aus aktuellen Unfallrekonstruktionen in die Plattform einspielen.

Im Rahmen der Einzelfallbearbeitung werden darüber hinaus Sonderfälle identifiziert und dokumentiert, die jenseits der Grenzen des EES-Modells liegen (bspw. Intrusion von schmalen Objekten ohne Wirkung der Crashstruktur, Unterfahren unter LKW-Heck etc.).

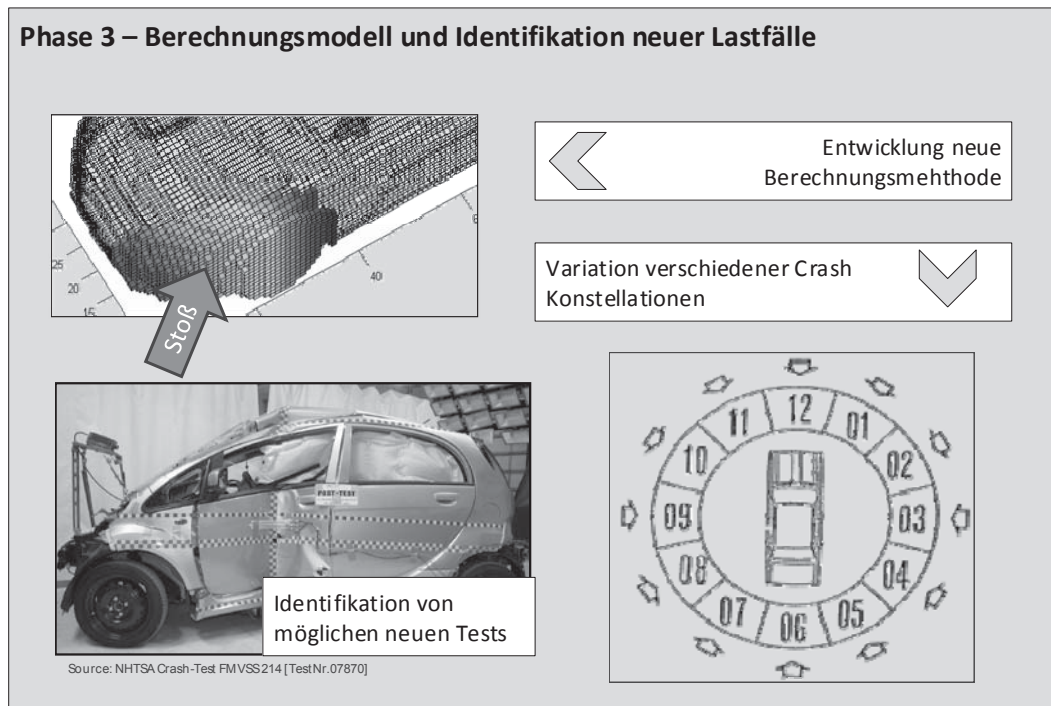


Abbildung 4: Phase 3 Berechnungsmodell und Identifikation neuer Lastfälle²

Im abschließenden Teil (Phase 3, siehe Abbildung 4) wird eine neue Berechnungsmethode entwickelt, um auf Basis des entstandenen EES-Modells Kollisionsberechnungen durchführen zu können. Fokus der Berechnungsmethode soll eindeutig auf der Rechenzeit liegen. Die Voraussetzungen für eine schnelle Kollisionsberechnung sollten durch das dann vorliegende vorgefilterte EES-Modell gegeben sein. Nach dem erfolgten Test der Berechnungsmethode wird diese zunächst angewandt, um neuartige Kollisionsituationen an verschiedenen Fahrzeugen zu berechnen.

Die VUFO wird diese Konstellationen dann hinsichtlich Relevanz (Auftrittshäufigkeit) und Verletzungsschwere bewerten. Dieser Abgleich mit Unfalldatenbanken stellt sicher, dass die identifizierten Konstellationen auch eine Bedeutung im realen Unfallgeschehen besitzen und ein Potential zur Senkung der Anzahl Schwerverletzter und Getöteter haben.

² Bild: NHTSA C: FMVSS 214 ; TestNr.07870



Im nächsten Schritt werden Verletzungsrisikofunktionen erzeugt. Dazu wird die VUFO auf Basis der GIDAS-Datenbank mittels multivariater, logistischer Regressionsverfahren mathematische Funktionen erstellen, die die Insassenverletzungsschwere in Abhängigkeit der EES und weiterer Eingangsgrößen (bspw. Anprallseite, Impulswinkel) vorhersagen. Somit ist der Transfer von physikalischen Werten (EES, Impuls) auf biomechanische Größen möglich.

Mit Hilfe der neu entstandenen Verletzungsrisikofunktionen, dem Einsatz des EES-Modells und den entwickelten Berechnungsmethoden ist es nun erstmals möglich die Effektivitätsbewertung aktueller und zukünftiger Fahrerassistenz- oder automatisierter Systeme zu ermöglichen. Eine Handlungsanweisung mit entsprechendem Beispiel schließt das Forschungsprojekt ab. Es ist davon auszugehen, dass diese neue Möglichkeit Verbraucherschutzorganisationen einen großen Nutzen bringt.

3. Umsetzung und aktueller Projektstand – Phase 1

In diesem Abschnitt wird auf den aktuellen Projektstand zu Beginn des Jahres 2019 eingegangen. Der aktuelle Projektstand behandelt zum gegenwärtigen Zeitpunkt ausschließlich einen Teil der Phase 1 des Gesamtprojektes.

Dazu sollen in der ersten Projektphase Euro NCAP-Daten für die Modellerstellung aufbereitet werden. Des Weiteren werden in Zusammenarbeit mit der ADAC Unfallforschung Methodiken für die Aufbereitung der Euro NCAP Crashtests erarbeitet und umgesetzt. Im Einzelnen sind dazu folgende Schritte notwendig:

1. Vermessung und Kodierung der Deformationen nach dem Crash,
2. Aufbereitung der Beschleunigungsmessung und Ermittlung des differentiellen EES-Verlaufs sowie
3. Konzeption und Umsetzung eines teilautomatisierten Konzepts zur Datenübertragung.

Im Folgenden werden diese Schritte diskutiert.

3.1. Vermessung und Kodierung der Deformationen

Ausgangspunkt des EES-Strukturmodells sind die Deformationsmessungen der GIDAS-Datenbank. Die Deformationen werden dabei in einem definierten Raster vermessen. Für die Deformation an der Fahrzeugseite sind dabei bspw. die maximalen Deformationstiefen in den 15 Bereichen A0-C4 kodiert (siehe Abbildung 4). Für Crashtests, insbesondere Pol-Tests, ist dieses Raster nicht detailliert genug.

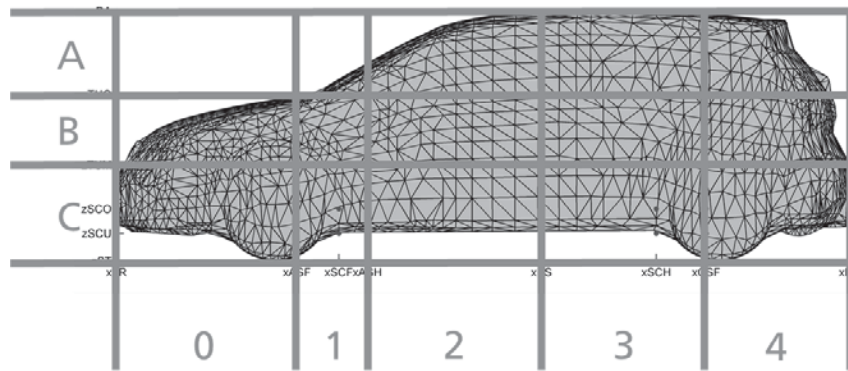


Abbildung 5: GIDAS Deformationsraster für Fahrzeugseite

Im Rahmen des Projekts wurde testweise eine Vermessung mittels Laser-Scanner durchgeführt. Diese liefert ein sehr detailliertes Deformationsraster (siehe Abbildung 5). Je nach gewählten Vermessungsverfahren muss das Koordinatensystem der Vermessung am Fahrzeug verortet werden. Zudem umfasst, wie im Beispiel des Laser-Scanners, die Vermessung ggf. nur die deformierten Bereiche des Fahrzeugs.

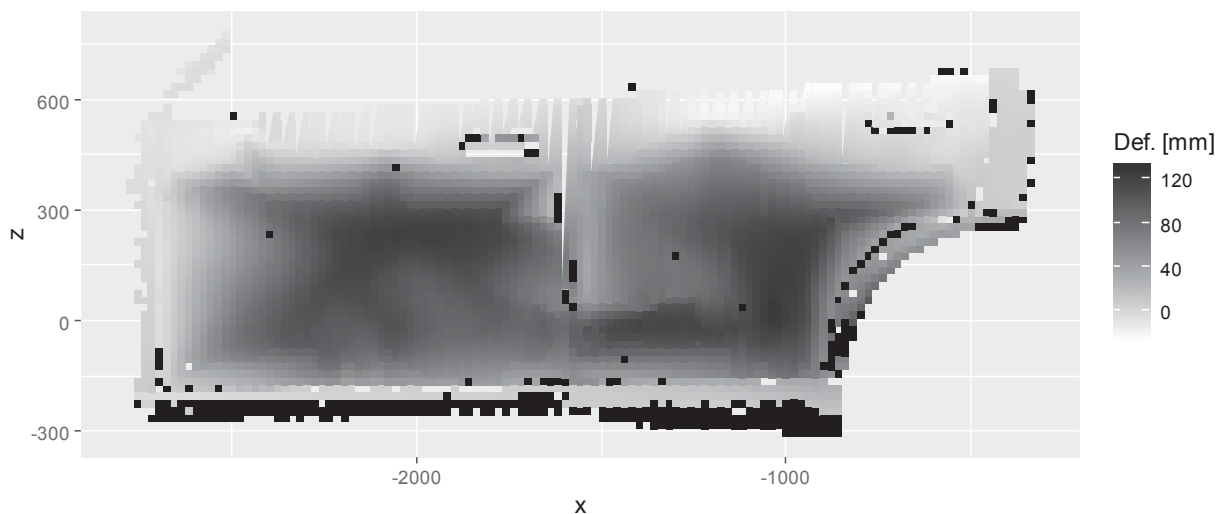


Abbildung 6: Laser-Scan einer Fahrzeugdeformation eines Euro NCAP-Crashtests mit deformierbarer Barriere

Für die Nutzung im EES-Modell sind die Lage der Deformation am Fahrzeug sowie die Lage ausgewählter Strukturelemente (A-Säule, B-Säule, Schweller, usw.) erforderlich. Um künftig unabhängig von Vermessungsverfahren Deformationen im EES-Modell nutzen zu können, wurde eine zweiteilige Definition erarbeitet.

Diese beinhaltet zum einen die Festlegung des Koordinatensystems sowie die Lage der Strukturelemente. Zum anderen wird die Deformation als Raster in den Basisebenen der Fahrzeugkoordinaten abgelegt. Dabei ist die Definition aus mehreren Richtungen zu definieren um z.B. bei Small Overlap Crashes auch komplexere Deformationsmuster abbilden zu können. Mit der gewählten Definition können beide angeführten



Beispiele kodiert und in das Modell überführt werden. Das erarbeitete Format soll in JSON-Dateien gespeichert werden. Eine formale Definition (JSON-Schema) wird derzeit erstellt. Das Vorgehen erlaubt künftig durchgeführte Vermessungen (teil-)automatisiert für das EES-Modell aufzubereiten. Die Erprobung für Laser-Scanner und photogrammetrische Vermessung sind geplant.

3.2. Beschleunigungs- und differentieller EES-Verlauf

Aus den Vorprojekt ist bekannt, dass das in der Dissertation gewählte Modell zur Energieverteilung bei Frontalcrashes gut mit den Messwerten übereinstimmt. Insbesondere für Seitenkollisionen erscheint es jedoch nach derzeitiger Datenlage fraglich, ob der Ansatz, dass die benötigte Deformationsenergie quadratisch mit der Deformationstiefe zunimmt, stimmig ist. Um diese Annahme zu prüfen, bzw. eine neue Ansatzfunktion zu ermitteln, ist eine belastbare Datengrundlage notwendig. Hierfür müssen hinreichend viele verschiedene Crashtests für die Fahrzeugseite aufbereitet werden. Für Crashtests mit starrer, undeformierbarer Barriere lässt sich dabei aus den Beschleunigungsverläufen der Verlauf der Deformationsenergie über dem Deformationsweg ($\partial EES(s)$) ermitteln. Für Crashes mit deformierbarer Barriere wird die Deformationsenergie jedoch sowohl in der Barriere als auch im Fahrzeug umgesetzt. Für die Ermittlung des $\partial EES(s)$ -Verlaufs ist eine genaue Kenntnis der Barriere notwendig. Ausgehend von der Annahme, dass für die standardisierten Barrieren generalisierte Modelle erstellt werden können, wurden durch die ADAC Unfallforschung Crashtests mit Barrieren durchgeführt. Ziel ist ein Modell für die Deformation der Barriere, welches es erlaubt, den Anteil der Barrierendeformation im $\partial EES(s)$ -Verlauf zu extrahieren, und so den für das Fahrzeug verbleibenden Verlauf zu ermitteln.

3.3. Konzeption und Umsetzung der Datenübertragung

Im Rahmen des Projekts wird eine effiziente Methode zur Einspeisung der relevanten Daten aus den Euro NCAP-Test in das EES-Modell konzipiert und erprobt. Dazu wird eine Infrastruktur bestehend aus einem zentralen EES-Server, welcher in Phase 1 die Daten zu Modellverbesserung speichert und in Phase 2 und 3 Berechnungen auf Basis aktueller Modelldaten ermöglicht, erstellt.

Das Hintergrundsystem beinhaltet neben einem Server als Schnittstelle auch eine Datenbank für Modelldaten sowie eine Datenbank zur Nutzerauthentifizierung.

Um den Upload in den Euro NCAP-Labs zu vereinfachen, wird zudem eine Client-Software entwickelt, welche modellkonforme Deformationsdaten erstellt, notwendige Informationen direkt aus den MME-Datensätzen des Crashtests extrahiert und an den zentralen Datenbankserver überträgt. Nach der Erprobung mit der ADAC Unfallforschung in Projektphase 1 soll die Software auch den anderen Euro NCAP-Labs zur Verfügung gestellt werden.

Die Phase 2 und 3 werden in den Jahren 2019 bis 2021 behandelt und können entsprechend des Projektfortschrittes dann erst wiedergegeben werden.





Neuer Euro NCAP Kompatibilitätscrashtest ab 2020

Volker Sandner

Leiter Fahrzeugsicherheit, ADAC e.V.; Chairman Euro NCAP Frontalarbeitsgruppe

1. Einleitung

Das europäische Verbraucherschutzprogramm Euro NCAP (**N**ew **C**ar **A**ssessment **P**rogram) startete im Jahr 1997 mit nur zwei Testszenarien, dem Frontalaufprall und der Seitenaufprall. Beide Szenarien basierten auf den UN Regularien, beim Frontalaufprall ist dies die UN ECE-R94. Hierbei wurden schon härtere Maßstäbe gegenüber dem Zulassungstest angewendet, zum Beispiel wurde der Test mit einer höheren Geschwindigkeit, 64 km/h gegenüber 56 km/h und mit einer zusätzlichen Bewertung von Kindern auf der Rücksitzbank durchgeführt. Trotz Einführung von Fahrerassistenzsystemen, speziell Notbremssystemen, steht immer noch der Frontalaufprall an erster Stelle bei den Unfallzahlen von Pkw.

Der aktuelle Offsetcrash, bei dem das Fahrzeug mit 40 Prozent seiner Fahrzeugbreite gegen eine deformierbare Barriere fährt, hat dazu beigetragen die passive Sicherheit von Kraftfahrzeugen wesentlich zu verbessern. Genannt seien hier die stabile Fahrgastzelle und Rückhaltesysteme wie Gurte mit Strafffunktion und Kraftbegrenzung und natürlich Airbags in vielen verschiedenen Varianten. Es hat sich aber dennoch gezeigt, dass es immer wieder zu Fällen im Verkehrsgeschehen kommt, die durch das aktuelle Testverfahren nicht abgebildet werden, wie teilweise Überdeckung mit Interaktion der Pkw Frontstrukturen, der sogenannten Kompatibilität. Auch die Art der Verletzungen hat sich über die Jahre gewandelt, dies liegt zum einen in der Änderung der Fahrzeugsicherheit, wie auch Änderungen der mobilen Bevölkerung, wie z.B. Alter, Größe und Körperbau.

So wurde 2015 von Aufsichtsrat des Euro NCAP eine Neue Roadmap für die folgenden fünf Jahre ausgegeben und der Auftrag erteilt sich mit dem Thema eines verbesserten Frontalaufpralles zu beschäftigen und dabei abgeschlossene Forschungs- und Verbraucherschutzprogramme zu berücksichtigen. Zusätzlich soll die Möglichkeit des Einsatzes eines biofideleren Dummies geprüft werden, welcher die aktuellen Probleme bei Pkw Frontalunfällen besser abbilden kann.

2. Ausgangssituation

Nachdem die Euro NCAP Roadmap verfasst und publiziert worden ist, wurde die Frontalarbeitsgruppe eingesetzt sich mit dem Thema alternativer Frontalaufpralltest zum ODB (Offset Deformable Barrier) auseinanderzusetzen um eine noch realitätsnähere Abbildung des Unfallgeschehens zu finden, mit dem speziellen Auftrag sich des Themas mobiler Barrierentest mit deformierbarer Barriere weiter zu beschäftigen.

Basisarbeiten hierzu fanden in den europäischen Forschungsprojekten FIMCAR und VC Compat [1,2] der NHTSA [3] statt und wurden final vom ADAC [4] in einem Kompatibilitätstest zusammengeführt. Neben dem Hybrid III Dummy wurde der THOR Dummy (Testdevice for Human Occupant Restraint Systems) bis zur



Serienreife entwickelt und steht somit als Alternative bzw. Nachfolger des bisher genutzten Dummies zur Verfügung. Basierend auf diesen Grundlagen war die Frontalarbeitsgruppe des Euro NCAP, bestehend aus Vertretern und Spezialisten der Fahrzeughersteller, der Euro NCAP Mitglieder und Testlabore, sowie Vertretern der Zulieferindustrie gefordert, aus Unfalldaten und Vorschriften eine neue Testmethodik zu entwickeln die einen höheren Realitätsanspruch hat, wie der noch aktuelle Offset Lastfall, gegen eine starre deformierbare Barriere.

3. Unfalldatenanalyse

Um die Testkonfiguration, speziell die Randbedingungen festlegen zu können wurden verschiedene europäische Unfalldatenbanken zu Rate gezogen. Neben den deutschen GIDAS (German In Depth Accident Study) Daten, Analyse der Unfalldaten der ADAC Luftrettung/Unfallforschung, französischen LAB Daten, wurden auch Daten der Volvo Cars Verkehrsunfalldatenbank (VCTAD) analysiert. In der Analyse wurden Unfälle

- aus dem Jahr 2000 und später
- Fahrzeugzulassung 1998 und später
- Frontalunfälle ohne weiteren Zusammenstoß
- Stoßrichtung 10:00 bis 14:00 Uhr
- Delta V oder EES >15km/h
- Unfallgegner PKW
- Gegurtete Insassen

untersucht und zur weiteren Analyse herangezogen.

	GIDAS	Volvo Cars Traffic Accident Database	LAB (weighted data)
Accidents	2000+ Germany Injured accidents	2002+ Sweden High repair costs	2000+ France Injured+ accidents
Vehicles	Cars MY 1998+ or Reg. 2000+	Volvo cars MY 1998+	Cars MY 1998+
Impacts	Frontal (no multiple) Longitudinal beam engaged DoF 10 to 2 o'clock $\Delta V \geq 15 \text{ km/h}$ or $EES \geq 15 \text{ km/h}$	Frontal (no multiple) No 1/3 central impact DoF 10 to 2 o'clock $EES \geq 15 \text{ km/h}$	Frontal (no multiple) Longitudinal beam engaged DoF 10 to 2 o'clock $\Delta V \geq 15 \text{ km/h}$ or $EES \geq 15 \text{ km/h}$
Collisions	Opponent: cars, all impacts and angles		
Occupants	Belted or in CRS, all seat positions, all ages, injury severity \geq NISS2+		
Sample Number	447	168	633
MAIS 2+ Number	139 (31% of NISS2+)	42 (25% of NISS2+)	317 (50% of NISS2+)
MAIS 3+ Number	28 (6% of NISS2+)	9 (5% of NISS2+)	133 (21% of NISS2+)

Abbildung 1: Zusammenfassung der Untersuchten Fälle [5]



3.1. Überdeckung und Anstoßwinkel

Es gibt innerhalb der Datenbanken leichte Unterschiede in der prozentualen Verteilung im Überdeckungsgrad und in der Stoßrichtung, diese unterscheiden sich nochmals hinsichtlich der Verletzungsschwere. Bei MAIS 2+ Verletzung ist die Hauptstoßrichtung 12:00 Uhr, wohingegen bei GIDAS die 100 Prozent Überdeckung überwiegt (55 Prozent) und bei LAB die Überdeckung bis zu zwei Drittel (45 Prozent), bei MAI 3+ Verletzungen ändert sich das Bild nicht wesentlich, auch hier überwiegt der 12:00 Uhr Zusammenprall und wiederum zeigt sich bei GIDAS der 100 Prozent Überdeckungsfall als die häufigste Variante mit 61 Prozent, wohingegen bei den LAB Daten die Überdeckung bis zwei Drittel mit 47 Prozent als häufigster Fall überwiegt. Fasst man alle Daten zusammen, so zeigt dich die Konfiguration mit 12:00 oder 0° Anstoßwinkel als die häufigste Variante. Bei der Überdeckung wird im Euro NCAP schon die 100 Prozent Variante abgeprüft und somit die Entscheidung für eine Überdeckung getroffen. Die Unfalldaten zeigen, dass bis maximal zwei Drittel Überdeckung die Unfallzahlen am höchsten sind. Auf Grund der Idee einer zukünftigen Bewertung der Kompatibilität und der erhöhten Herausforderung an die Struktur, wurde die Überdeckung auf 50 Prozent festgelegt.

3.2. Aufprallgeschwindigkeit

Die Analyse der LAB Daten zeigen bei MAIS 2+ Verletzungen ein EES von 56km/h bzw. von 60km/h bei MAIS 3+, wohingegen die GIDAS Daten ein geringeres Geschwindigkeitsniveau zeigen.

Basierend auf Erfahrungen früherer Tests wurde eine Annäherungsgeschwindigkeit von 50km/h gewählt, d.h. beide Objekte fahren mit 50km/h aufeinander zu. Ein stehendes Ziel und ein bewegtes Ziel wurden in Erwägung gezogen, aber auf Grund des Barrierenverhaltens verworfen.

3.3. Masse der verunfallten Fahrzeuge

Um bei einem Fahrzeug/Fahrzeug Crashtest die Massenverhältnisse abzubilden, ist es notwendig diese im Realunfallgeschehen zu betrachten, Massenverhältnisse zwischen 0,5 und 1,5 und eine mittlere Pkw-Masse von 1200kg konnten dabei herausgearbeitet werden. Zusätzlich wurden noch die Zulassungszahlen der einzelnen europäischen Länder betrachtet, die zeigen, dass die Kompaktklasse den größten Teil an der Fahrzeugflotte hält, diese Fahrzeuge bringen im Schnitt, mit Insassen ca. 1400kg auf die Waage. Dieses Gewicht wurde somit als Unfallgegner und damit als Barrierenmasse festgelegt.

3.4. Betroffene Körperregionen

Die am häufigsten betroffenen Körperregionen mit MAIS 3+ Verletzungen sind neben dem Thorax, der Abdominalbereich und die unteren Extremitäten. Eine weitere Untersuchung der Verletzungen der unteren Extremitäten, zeigte eine hohe Anzahl an Weichteil Verletzungen, 23 Prozent Oberschenkelverletzungen und 20 Prozent Sprunggelenksverletzungen. Diese Informationen waren im weiteren Verlauf von Wichtigkeit für die Dummyauswahl und -spezifikation.



4. Testspezifikation

Die Daten aus der Unfallanalyse bilden nun die Grundlage für das festzulegende Testszenario. Auf Grund der Ergebnisse der Anstoßrichtung und der Überdeckung wird ein 0° Winkel für beide Objekte festgelegt, bei einer Überdeckung unter zwei Drittel der Fahrzeugbreite, hier werden nun 50 Prozent Überdeckung festgelegt, da mit der 0° Definition eine Bestimmung des Abdruckes in der Barriere ermöglicht werden kann. 50 Prozent Überdeckung bieten dann eine gute Voraussetzung um die gesamte Frontpartie bewerten zu können und stellen gleichzeitig einen Strukturtest dar.

Die Testgeschwindigkeit von 50km/h für beide Objekte und die Masse des Unfallgegners von 1400kg bilden die weiteren Parameter. In Abbildung 2 sind die wesentlichen Testparameter bildlich dargestellt.

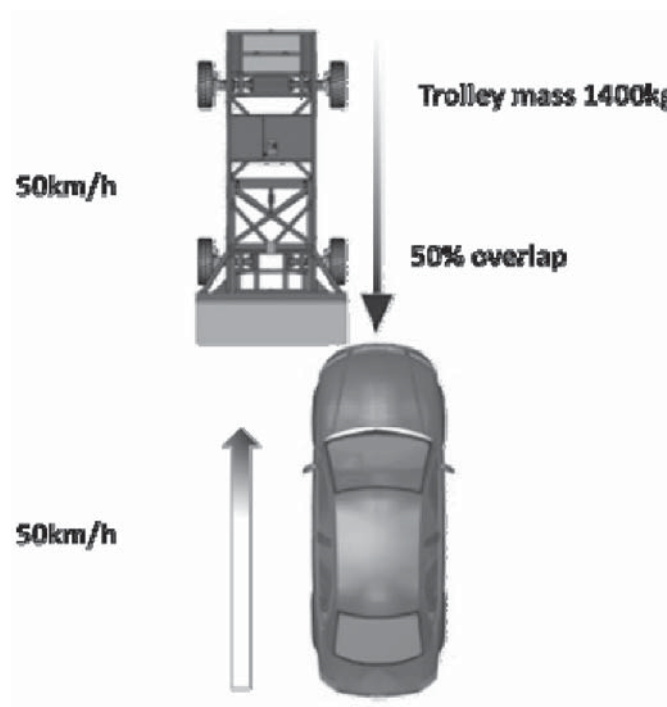


Abbildung 2: Test Spezifikation [5]

5. Deformationselement

Wie in fast allen Crashkonfigurationen besteht ein gewisser Einfluss durch die Knautschzone des gegnerischen Fahrzeuges. Aus diesem Grunde werden sowohl bei Seiten, als auch bei Frontcrashszenarien Deformationselemente eingesetzt, die einen gewisse Energieaufnahme ermöglichen und das Testgeschehen hinsichtlich Sensorik nahe an der Realität halten sollten.

Schon seit langem wird an einem deformierbaren Frontcrashelement geforscht, welches eine heutige PKW-Front, hinsichtlich ihrer Progression, beim Zusammenstoß abbilden soll. Die ersten Entwicklungen gehen auf Mitte der 90er Jahre zurück, in denen der ADAC ODB Crashversuche unternahm, mit einer Barriere, die mit drei unterschiedlich steifen Lagen von Wabenelementen hintereinander aufgebaut war. Durch Fahr-



zeug/Fahrzeugcrashtests sollte die bessere Vergleichbarkeit zwischen dieser Barriere im ODB Test und der Realität aufgezeigt werden. Dieses Deformationselement wurde für alle weiteren ADAC Crashversuche genutzt. Die Fa. Renault baute auf dieser Erfindung auf und bildete damit die Grundlage für weitere Entwicklungen einer progressiven Barriere in FIMCAR. Zusätzlich wurde diese auch als Vorschlag für ein Deformationselement bei der Neuausrichtung der ECE R94 gehandelt. Basis für das Euro NCAP Deformationselement, beschrieben im Euro NCAP TB 022 [6], bildet die PDB XT Variante [7].

In aufwendigen Testreihen des ADAC e.V., zum Thema Kompatibilität, konnten mit dem Barrierentyp PDB XT viel Erfahrung gesammelt werden. Es zeigte sich immer wieder, dass die Barriere durch ihre Bauhöhe die Fahrgastzellen der Testfahrzeuge im Bereich des Fensterrahmes übermäßig stark beanspruchte. Dieses Verhalten konnte in korrespondierenden Fahrzeugversuchen nicht nachgewiesen werden. Nachdem die Barriere in ihrer Höhe um ca. 100mm gekürzt wurde zeigte sich beim Fahrzeug/Fahrzeugversuch ein vergleichbares Bild mit dem MPDB (mobile Barriere mit PDB Element montiert)/Fahrzeugversuch.

Auf Grundlage dieser Tests wurde das Deformationselement in der Höhe reduziert und darauf im Aufbau vereinfacht worden, wie in Abbildung 3 zu erkennen, auch um Toleranzen im Test zu minimieren.

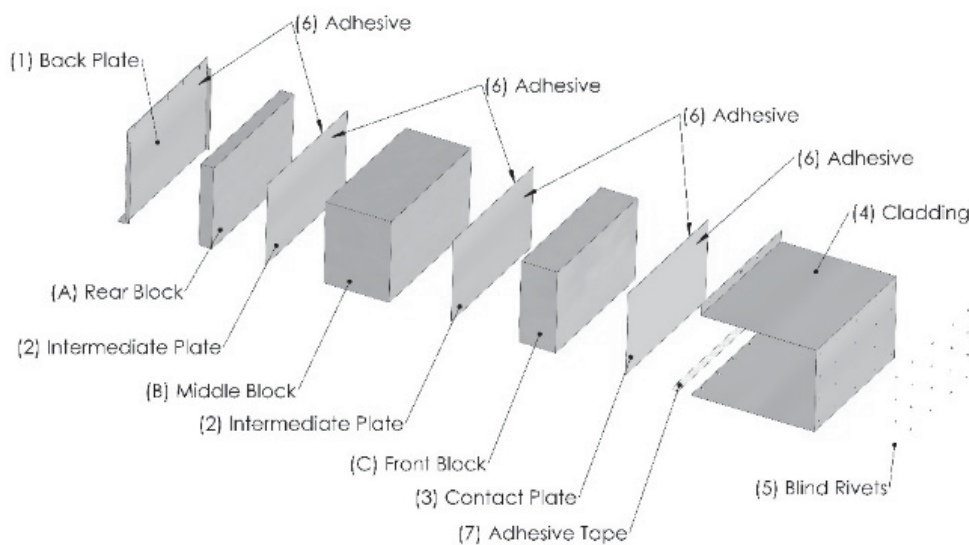


Abbildung 3: Aufbau EN PDB Element [6]

6. Dummytechnik

6.1. THOR Dummy allgemein

Wie unter Punkt 3.4 beschrieben sind die am häufigsten betroffenen Körperregionen, beim Frontalaufprall, der Brust und Abdominalbereich. Mit dem aktuell eingesetzten Dummy, dem Hybrid III 50 Prozent männlich sind aber speziell diese Körperregionen nur sehr beschränkt dem Menschen nachempfunden. Die Brusteingdrückung basiert nur auf einem einzelnen Potentiometer, welches eine hohe Temperaturabhängigkeit besitzt und stark auf eine geänderte Gurtgeometrie reagiert und im weiteren Verlauf die Messwerte stark streuen bzw. beeinflussen lässt. Im Abdominalbereich besitzt dieser Dummy keine Instrumentierung



um dort etwaige Verletzungen zu detektieren und auch die Ausformung des Beckens ist nicht geeignet um Submaring, das durchrutschen unter dem Gurt aufzuzeigen. Besonders die Verletzungen im Brustbereich, nicht zuletzt durch das gestiegene Alter der Fahrzeugführer, sind heute das Hauptproblem bei Verletzungen im Frontalaufprall. Um eine bessere Möglichkeit einer Messung zu besitzen wurde der THOR Dummy entwickelt, welcher die Schwächen des Hybrid III Dummy eliminieren sollte. Seine Biofidelität liegt höher, speziell im Brust- und Abdominalbereich als die des Hybrid III Dummies. Der gesamte Dummy besitzt eine höhere Flexibilität, z.B. auch im Schultergürtelbereich und kann somit auch die Interaktion des Insassen mit dem Gurtsystem realitätsnäher nachstellen.

6.2. THOR Dummy Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit

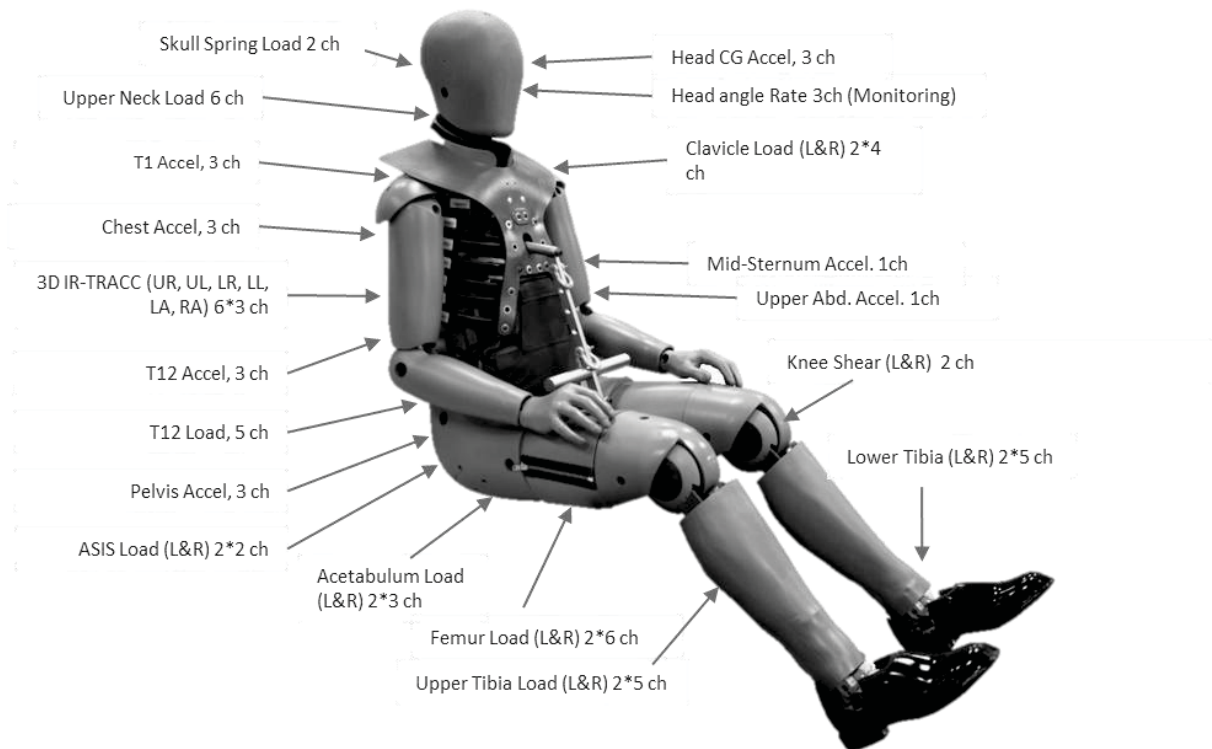


Abbildung 4: THOR Dummy und Instrumentierung [8]

Bild: Humanetics

Auf Grund der geringen Erfahrung mit dem THOR Dummy wurden in vielen Labors, auch außerhalb des Euro NCAP Versuche zum Thema Reproduzierbarkeit und Wiederholbarkeit durchgeführt. Speziell die TEFIRE Arbeitsgruppe konnte durch das Zusammentragen vieler durchgeführter Versuche aus der Zulieferindustrie und der Automobilindustrie aber auch der Forschung einen entscheidenden Beitrag zur Nutzung des THOR Dummy liefern. Tests im Rahmen des SENIORS Projektes bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) und Gesamtfahrzeugversuche beim ADAC konnten die Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit beim Einsatz des THOR Dummies aufzeigen, siehe dazu auch Abb. 5, mit Dummymesswerten unterschiedlicher Dummies in zwei durchgeführten Versuchen.



REGION	CRITERION	Test 1	Test 2
HEAD	HIC15	516,57	475,93
	BriC	<i>Not measured</i>	
	Res. Acceleration	70,72g	74,74g
NECK	Tensile Force Fz+	1,44kN	1,22kN
	Compressive Force Fz-	-0,18kN	-0,37kN
	Nij	0,73	0,57
	cNij	0,55	0,45
CHEST	Deflection X		
	Left Upper	-11,23mm	-6,87mm
	Left Lower	-12,35mm	-9,55mm
	Right Upper	-33,34mm	-33,34mm
	Right Lower	-18,29mm	-21,14mm
	Deflection R		
	Left Upper	16,05mm	15,96mm
	Left Lower	23,36mm	21,80mm
	Right Upper	38,32mm	39,04mm
	Right Lower	26,06mm	28,74mm
	Max Rmax	38,32mm	39,04mm
	SPINE	T1 Acceleration R	
T4 Acceleration R			51,69g
T12			
Force R		2,95kN	4,55kN
Torque R		116,22 Nm	120,84Nm
ABDOMEN	Deflection R L	65,21mm	63,92mm
	Deflection R R	53,79mm	55,06mm
PELVIS	Deceleration R	68,57g	81,45g
	Femur		
	Force Fz- Left	-5,24kN	-6,39kN
	Force Fz- Right	-5,80kN	-7,52kN

Abbildung 5: THOR Dummy Reproduzierbarkeit [9]

6.3. Einsetzprozedur

In mehreren Workshops mit unterschiedlichen Fahrzeugmodellen und unterschiedlichen Sitzpositionen, wie Kleinwagen, Transporter oder Sportwagen wurden unterschiedliche Sitzprozeduren überprüft um den Dummy möglichst nahe an den Sitzeinstellungen von real gemessenen Personen reproduzierbar positionieren zu können. Aus den Erfahrungen der Euro NCAP Versuche, speziell auch der Tests mit dem World SID Dummy und Sitzprozeduren der NHTSA konnte für diesen neuen Dummy eine Vorgabe entwickelt werden, welche eine realistische Positionierung, auch unter sehr unterschiedlichen Randbedingungen ermöglicht. In mehreren Wiederholversuchen konnte unter Testbedingungen in unterschiedlichen Testlaboren eine sehr reproduzierbare Positionierung erreicht werden.

6.4. Verletzungskriterien

Ein wichtiges Maß um Dummymesswerte in eine Belastung für Personen überzuführen sind die sogenannten Verletzungskriterien und die zugehörigen Grenzwerte. Durch den neuen Dummy und die mangelnde Erfahrung im Umgang und im Einsatz bei Crashversuchen liegen nur wenige Anhaltswerte vor. Die ameri-



kanische Bundesbehörde NHTSA hat die Entwicklung des Dummies, zusammen mit dem Hersteller Humanetics vorangetrieben, allerdings hat sich der Austausch und der Zugang zu Kurven von Verletzungskriterien (injury risk curve) in den letzten Jahren verschlechtert und außer einer, nur kurzzeitigen, Veröffentlichung der NHTSA auf ihrer Website war es nicht möglich weitere Basiswerte für eine Bewertung zu bekommen. Aus diesem Grunde mussten viele der Verletzungskriterien aus Übertragungen mit dem Hybrid III Dummy und aus vielen Versuchen generiert werden.

Die folgende Tabelle ist das Resultat der Auswertung vieler von Euro NCAP (Labore), TEFIRE, SENIORS-Projekt durchgeführter Versuche. Mit zunehmender Erfahrung mit dem Dummy und Wiederaufnahme der Arbeit der US Behörden wird erwartet, dass das ein oder andere Kriterium in der Zukunft noch eine Änderung erfahren wird.

Criterion	Criterion		Upper	Lower	Scoring*
Head	HIC15		700	500	4 pts
	SUFEHM				
	BrIC				
	A resultant 3ms	g	80	72	
Neck	Fx	kN	3,1	1,9	4 pts
	Fz	kN	3,3	2,7	
	My	Nm	57	42	
Chest Abdomen	Chest compression / Rmax	mm	60	35	4 pts
	Abd Compression	mm	88	-	
Knee, femur & pelvis	L Acetabulum	kN	4,1	3,28	4pt
	R Acetabulum	kN	4,1	3,28	
	L Femur compression	kN	9,07	3,8	
	R Femur compression	kN	9,07	3,8	
	L & R Knee shear displacement	mm	15	6	
Lower leg	L Tibia Index		1,30	0,4	4pt
	R Tibia Index		1,30	0,4	
	L Tibia Compression	kN	8	2	
	R Tibia Compression	kN	8	2	

**based on worst case parameter*

Abbildung 6: THOR/Fahrzeug Bewertungskriterien [10]

Durch die Nutzung der unteren Extremitäten des Hybrid III Dummies, bis zum Knie hin, konnten auch die bewährten Kriterien, Tibia Druckkraft und Tibia Index unverändert verwendet werden, ebenso wie die Knieverschiebung und die Oberschenkeldruckkraft. Die Bewertung der Acetabulum Kraft war bis zum Abschluss dieses Papers noch nicht endgültig fixiert, da in der standartmäßigen Berechnung sowohl Zug- als auch Druckkräfte bewertet werden, wohingegen eine Schädigung zum Großteil durch eingeleitete Druckkräfte erfolgt.

Im Bereich des Abdomens werden neben der Iliac-Kaft auch die Eindrückung des Abdomens gemessen um ein etwaiges Submarining (Durchtauchen) unter dem Beckengurt erfassen zu können, was mit dem Hybrid III



Dummy und seiner Beckenkonstruktion nicht möglich war. Die größten Diskussionen innerhalb der Arbeitsgruppe fanden bei der Bestimmung möglichen Brustbelastungswerten statt. Da der THOR Dummy im Brustbereich einen komplett anderen Aufbau aufweist und zusätzlich die Messstellen sich an anderen Bereichen des Brustkorbes befinden, konnte hier keine Übertragungsfunktion mit dem Hybrid III Dummy erfolgen. Etliche Schlittenversuche und Fahrzeugcrashversuche gaben ein erstes Bild der möglichen Bewertung ab. Auch die Resultate des SENIORS Projektes flossen in die Diskussion ein. Durch die Möglichkeiten die der Neue Dummy bietet, die Brustbelastung dreidimensional zu erfassen, lag der Wunsch nahe, eine Bewertung zu finden, die auf dieser Verformung beruht. Es zeigte sich aber im weiteren Verlauf, dass es hierzu noch einiger Forschungsarbeit bedarf und so wurde das sogenannte Rmax-Kriterium genutzt, d.h. die maximale Rippeindrückung der vier gemessenen Rippen wird hierbei erfasst und bewertet. Für 2022 wird aber ein neues Bewertungskriterium für eine 3D Betrachtung der Brustbelastung in Erwägung gezogen, die Arbeiten hierzu starten noch im Frühjahr 2019.

Bei der Nackenzugkraft konnte mittels Kalibrierversuchen und Fahrzeugversuchen eine Übertragungsfunktion vom Hybrid III 50 Prozent erreicht werden, die Scherkräfte und Nackenmomente zeigen hingegen keine direkte Korrelation zu den Hybrid III Werten, hier konnte bis zur Verfassung dieses Dokumentes keine Einigung erreicht werden. Für die Kopfbelastung wurde der schon bewährte HIC15 vom Hybrid III Dummy übernommen. Um in Zukunft auch Gehirnschädigungen und Verletzungen zu detektieren, sind im Kopf des THOR Dummies Beschleunigungs- und Winkelbeschleunigungssensoren versehen. Auch hier steht noch weitere Forschungsarbeit an. Ziel ist auch für 2022 ein geeignetes Kriterium für diese Betrachtung gefunden zu haben, wie zum Beispiel das sogenannte SUFHEM-Kriterium der Universität Straßburg, um nur eines zu nennen.

6.5. Dummyzertifizierung

Um eine Zertifizierung für den THOR Dummy zu erwirken, war es wichtig einen Baustand des Dummies zu definieren, da sich in der Zeit der Auslieferung über mehrere Jahre hinweg, immer wieder Bauteile geändert haben und aus diesem Grunde sehr viele unterschiedliche Dummies im Umlauf sind. Der sogenannte SBL-A, also der Baustand A konnte 2017 definiert werden, allerdings wurde dieser, durch minimale Änderungen, im Herbst 2017 der Baustand B als neueste Version vorgestellt, dieser unterscheidet sich nur minimal vom Baustand A, entscheidendster Punkt hierbei ist aber die Fixierung von Messaufnehmern, die nur so ein Bestehen der Zertifizierung ermöglichen. Mit der Fixierung des Baustandes B konnte nun auch vom Dummyhersteller eine passende Zertifizierungsvorschrift erstellt werden, welche ebenso in einem TB des EN erschienen ist.

7. Kompatibilitätsbewertung

Im Hauptfokus bei der Entwicklung des neuen Frontcrashverfahrens stand eine Angleichung an das reale Unfallgeschehen. Nach der Unfalldatenanalyse wurde das Testverfahren wie unter Punkt 4 beschrieben festgelegt. Durch den 0° Anstoßwinkel mit der deformierbaren mobilen Barriere wird das Aluminiumwabelement in seiner Längsrichtung beansprucht, d.h. in genau der Ausrichtung, für die das Element ent-



wickelt wurde. Bei leicht schrägem Anprall werden die Aluminium Sechseckwaben nicht komprimiert, sondern geknickt und der Energieeintrag kann nicht nachvollzogen werden, wohingegen bei einer Kompression in Längsrichtung die eingetragene Energie ermittelt werden kann.

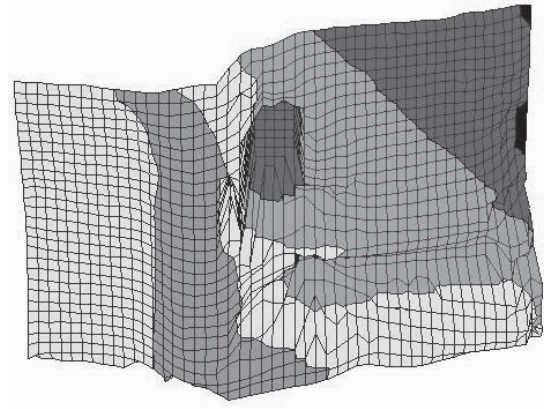
Diese Eigenschaft erlaubt nun eine Bewertung des Fußabdruckes in der Deformationsbarriere, d.h. das Fahrzeug hinterlässt beim Aufprall auf das Wabenelement seinen Fußabdruck. Anhand dieses Abdruckes lassen sich Rückschlüssen auf das Verhalten der Knautschzone des Fahrzeuges ziehen und dessen Partnerfreundlichkeit bestimmen. Der Partnerschutz lässt sich durch folgende drei Punkte beschreiben:

- Masseninkompatibilität: d.h. zwei Fahrzeuge unterschiedlicher Massen treffen beim Unfall aufeinander
- Strukturinkompatibilität: Die Front/Crashstrukturen der beiden am Unfall beteiligten Fahrzeuge sind unterschiedlich steif ausgelegt
- Geometrieinkompatibilität: Hierbei befinden sich die Crashstrukturen auf unterschiedlichen Ebenen und kommen nicht oder nur mangelhaft in Eingriff

Diese drei Inkompatibilitäten gilt es nun bestmöglich zu lösen, was auf Grund der Fahrzeugflotte nur bis zu einem bestimmten Grad erfolgen kann. In den europäischen Forschungsprogrammen VC-Compat und FIMCAR konnten abschließend keine Bewertung für die Kompatibilität gefunden werden. Daher wurde von Seiten des Euro NCAP der ADAC Kompatibilitätstest mit seiner Kompatibilitätsbewertung herangezogen und bildete die Basis für die weitere Entwicklung der Bewertung.

Basis für die ADAC Bewertung der Kompatibilität war die Standardabweichung der Intrusion in einem definierten Bereich des Crashelementes. Wird in diesem Bereich die Barriere gleichförmig bzw. großflächig deformiert wird dem Unfallgegner eine große Fläche zur Verfügung gestellt, welche für die Deformation seiner Knautschzone hilfreich ist. Als weiterer Punkt wurde beim ADAC ein Abzug erteilt, wenn steife Karosserieteile das Deformationselement bis zur Rückwand durchdrangen und somit beim Unfallgegner eine lokale Lastüberhöhung herbeiführen. Als drittes Kriterium wurde dann noch die Verzögerung der Barriere betrachtet, dies dient als Maß der Insassenbewertung für den Unfallgegner. Eine niedrigere Verzögerung sorgt für eine geringere Belastung des Unfallgegners und ist somit wünschenswert.

Da die Geometrie und damit auch die geometrische Anpassung der Fahrzeugfronten für die Hersteller der einfachere Teil der Kompatibilität ist hatte dieser Punkt bei der ADAC Bewertung einen Anteil von 75 Prozent an der Gesamtbewertung. Das Energiemanagement bzw. die Lösung der Steifigkeiten und des Energieeintrages in die Barriere ist ein wesentlich problematischer Teil der Kompatibilität und erfordert größere Eingriffe in die Fahrzeugstruktur und ist nur über einen längeren Zeitraum umsetzbar, aus diesem Grund wurde die Betrachtung des Energieeintrages/Barrierenverzögerung mit 25 Prozent der Gesamtnote gewertet. Ein Durchschlag durch die Barriere mit Steifen Bauteilen ergab im Anschluss noch eine Abwertung um eine Notenstufe.



	weighting	rating
geometry/ homogeneity	75%	-
stiffness/ energy absorption	25%	⊖
compatibility		-

Abbildung 7: ADAC Kompatibilitätsbewertung [11]

In Grundzügen sieht die Bewertung beim Euro NCAP ähnliche Kriterien vor, die prozentuale Verteilung wird beim Euro NCAP aufgegeben und Basis ist das OLC (Occupant Load Criterion), dieses beschreibt die Rückhaltung eines möglichen Passagiers auf dem Barrierewagen, letztendlich die Belastung des Unfallgegners über die gemessene Barrierenverzögerung. Der Punktabzug startet dabei bei einem OLC von 25g bis zu einem Maximum von 40g. Mit einer guten Standartabweichung kann wiederum die Bewertung des OLC minimiert werden, ein Durchschlag wird dabei mit einem weiteren Punktabzug versehen.

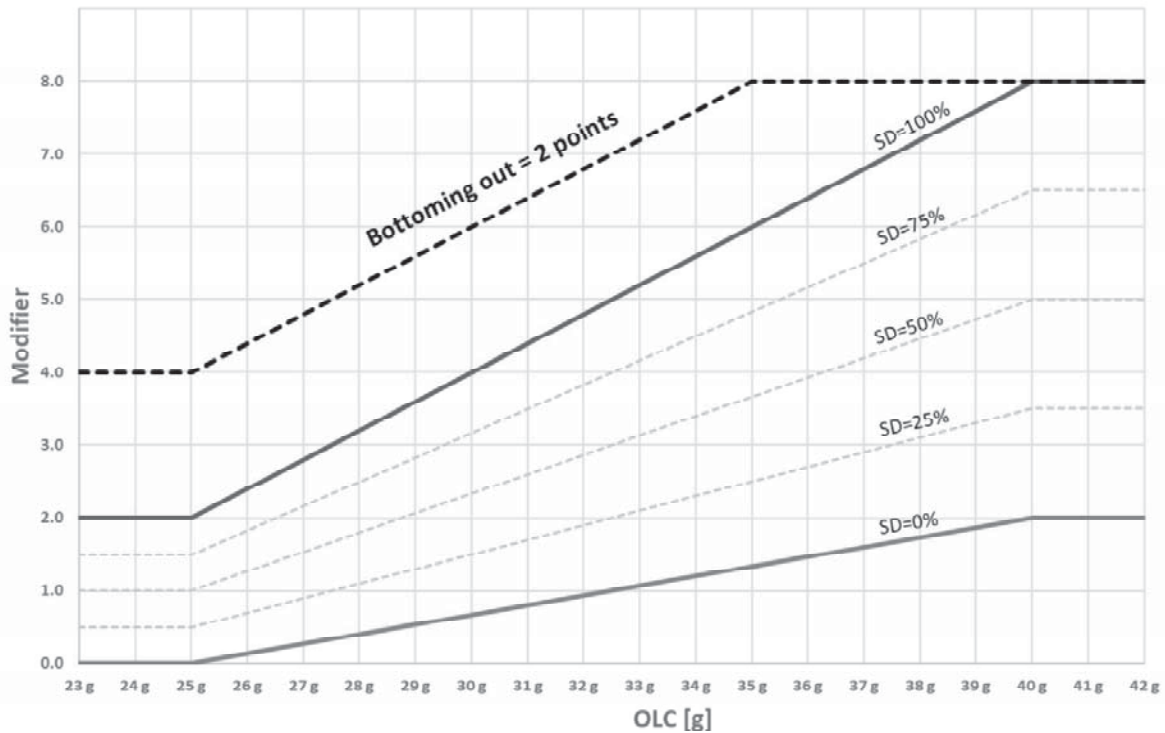


Abbildung 8: Euro NCAP Kompatibilitätsbewertung [12]

8. Ausblick

Der neue Euro NCAP Frontalaufprall mit Kompatibilitätsbewertung wird ab 2020 beim Euro NCAP eingeführt und ersetzt dann den aktuellen 40 Prozent Offset Crash mit 64km/h. Die für den ODB Test verteilten Punkte werden beim neuen Frontalaufprall übernommen und mit maximal 16 Punkten bewertet. Im Gegensatz zum Offsetcrash besteht dann aber noch die Möglichkeit über die Kompatibilitätsbewertung bis zu 4 Punkte zu verlieren. Im Jahr 2022 wird diese Bewertung einen noch einen höheren Einfluss haben, dann erhöht sich der maximale Punktabzug auf acht Punkte, somit ist es wichtig in den nächsten Jahren speziell in diesem Bereich, aber auch im Insassenschutz neue Entwicklungen einfließen zulassen, da im selben Jahr auch die Bewertung der Fahrerbrust und die Bewertung im Kopfbereich verschärft wird dürfte dieser Test in Zukunft entscheidenden Anteil an der Sternebewertung haben.

Quellenangaben

- [1] Johansen H et al. Documentation for a frontal impact and compatibility assessment approach: Part II. September 2012.
- [2] VC Compat report, 2006. Improvement of Vehicle Crash Compatibility through the development of Crash Test Procedures.
- [3] Saunders et al, 2012. Moving Deformable Barrier Test Procedure for Evaluating Small Overlap/Oblique Crashes. SAE paper number 2012-01-0577.
- [4] Sandner et al, 2015. MPDB-Mobile offset progressive deformable barrier. 24th ESV conference proceedings, paper number 15-0389.



-
- [5] Euro NCAP, Report FIWG
 - [6] Ellway, 2016. Euro NCAP Technical Bulletin TB022.
 - [7] Amendments to Regulation 94. Forty-second session Geneva, 11–14 December 2007. Item 17(b) of the provisional agenda.
 - [8] Humanetics Innovative Solutions
 - [9] Sandner for the FIWG of EN et al, 2017. EURO NCAP Frontal Impact Working Group Report 25th ESV conference proceedings, paper number 17-0289.
 - [10] FIWG Euro NCAP, August 2018 meeting
 - [11] ADAC Testreport Compatibility 2010
 - [12] ADAC Präsentation, Euro NCAP Frontalaufpralltest 2018 (carhs EN update)



Möglichkeiten zur realistischen Eingrenzung von Verletzungswahrscheinlichkeiten vulnerabler Verkehrsteilnehmer durch Verwendung des weiterentwickelten Biofidel-Dummys in Full-Scale-Crash-Test

Skript zum Vortrag anlässlich der UFO 2019 – ADAC Stiftung

Lars Hannawald¹, Sven Hartwig² & Michael Weyde³

¹ HTW Dresden

² Charité Berlin

³ Priester & Weyde Berlin

1. Ausgangslage/ Problemstellung

In der Vergangenheit wurden diverse Konzepte entwickelt, um Kriterien für den Fußgängerschutz aufzustellen. Bisher werden aber ausschließlich Komponententests favorisiert und sowohl in den USA als auch in Europa und Asien für neue Fahrzeuge nur gefordert¹. Hierbei werden verschiedene Bereiche der Fahrzeugfront mit unterschiedlichen Prüfkörpern (Impaktoren) beaufschlagt (siehe Abbildung 1).

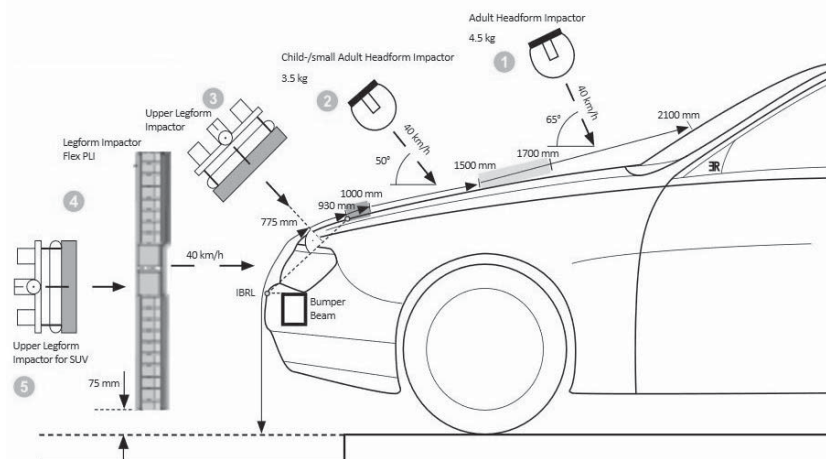


Abbildung 1: Test-Verfahren zum Fußgängerschutz nach Euro NCAP / ANCAP, Stand 2018

[Quelle: www.safetywissen.com]

Bei den bisher vorhandenen Komponententests ist es jedoch fraglich, ob diese tatsächlich zu einer Erhöhung des Fußgängerschutzes beitragen, oder ob die Tests nicht möglicher Weise dazu führen, dass lediglich konstruktive Anpassungen an der Fahrzeugfront vorgenommen werden, deren überwiegende Aufgabe es sein könnte, die Anforderungen der Testszenarien zu erfüllen.

¹ European New Car Assessment Programme (Euro NCAP), Assessment Protocol – Pedestrian Protection, Version 9.0.3, September 2018



Es stellt sich somit die Frage, ob konstruktive Veränderungen an der Front von Fahrzeugen, wie z. B. ein Scheibenrahmen-Airbag, eine sich aufstellende Motorhaube und auch die spezifische Geometrie der Fahrzeugfronten, wie sie erforderlich ist, um möglichst geringe Kräfte in den jeweiligen Kraftmessdosen des Bein-Impaktors zu initiieren, wirklich zu einer Erhöhung des Schutzpotentials für vulnerable Verkehrsteilnehmer führen. Dabei sind Wechselwirkungen denkbar, die bei einem Komponententest nicht zwingend voraussehbar und ggf. erst Jahre später anhand von In-Depth Untersuchungen im Rahmen der Unfallforschung auffallen könnten bzw. auch dann nur bedingt identifizierbar sind. So kann beispielsweise die Geometrie der Fahrzeugfront zwar günstig für den Bein-Prüfkörper sein, sich aber im realen Unfallgeschehen ungünstig auf die Verletzungswahrscheinlichkeit von Fußgängern und Radfahrenden auswirken. Denkbar und wahrscheinlich ist beispielsweise, dass eine gerade und relativ hohe vertikale Frontebene zwar günstig für die Kraftverteilung im Flex PLI Bein-Impaktor beim Pendelschlag-Test ist, aber dazu führen könnte, dass es zu einer Verlagerung der maximalen Biegespannungen vom Unterschenkel zum oberen Bereich des Femur-Knochens bzw. in den Hüft- oder Becken-Bereich kommen könnte (vgl. Abbildung 2). Hierdurch zeichnet sich eine höhere Eintrittswahrscheinlichkeit von Oberschenkelhals- und/oder Hüft- bzw. Becken-Frakturen beim Anprall eines Fußgängers gegen moderne Fahrzeugfronten ab.

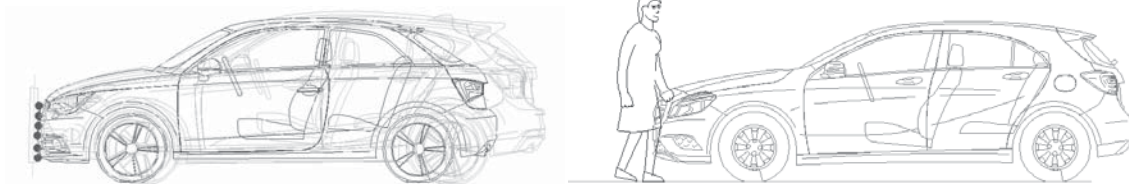


Abbildung 2: links: Vergleich div. Front-Geometrien mit nahezu identischen Kontaktpunkten für den Bein-Impaktor; rechts: Prinzip-Skizze zur Darstellung der relativen Lage von Oberschenkel bzw. Hüfte und Becken einer 167 cm großen Person zum Oberen Ende der Fahrzeugfront

Um den Nutzwert von konstruktiven Veränderungen an einer Fahrzeugfront festzustellen, wurden daher in der Vergangenheit auch Kollisionsversuche mit Leichen, sogenannten Post-Mortalen-Test-Objekten (PMTO), durchgeführt; z. B. (Kerrigan, 2005). Derartige Tests stehen heute aus ethischen Gründen in der Kritik. PMTO-Test sind aber auch daher ungeeignet für Serienversuchsreihen, weil systembedingt keine Reproduzierbarkeit gegeben ist, da sich die jeweils verwendeten PMTO ggf. zu stark unterscheiden und deren Vergleichbarkeit nicht sicher vorauszusehen ist. Daher gibt es aus technischer Sicht die Notwendigkeit, einen Ersatzkörper für den Menschen zu konstruieren, mit dem nicht nur Teile der Fahrzeugfront, sondern das Fahrzeug als Ganzes im Hinblick auf dessen Schutzpotential für vulnerable Verkehrsteilnehmer geprüft werden kann. Ausgangspunkt für die Konstruktion eines biofidelen Dummys war ursprünglich allerdings die Notwendigkeit ein geeignetes Surrogat für den Menschen bei Crashversuchen zu haben, das in der Lage war, realistische Schäden an Fahrzeugen zu erzeugen. Im Rahmen von studentischen Arbeiten wurden zunächst erste Konzepte für einen biofidelen Dummy entwickelt, der sich sowohl als Surrogat für Fußgänger als auch bei Kollisionsversuchen mit Fahrrad oder Motorradfahrenden als Aufsasse eignen soll-



te. Durch die weitere Entwicklung des Biofidel-Dummys wurden jedoch nicht nur die Festigkeiten der Materialien, sondern auch die Konstruktionen der Gelenke und der Gelenkverbindungen sukzessive an das menschliche Vorbild angepasst, so dass das Schadenbild am Biofidel-Dummy immer offensichtlicher dem bei einem ähnlichen Anprall zu erwartenden Verletzungsbild entsprach.

Seit 2010 erfolgte insbesondere durch die Arbeiten von (Knape, 2011) (Walter, 2011) (Wagner, 2011) (Schröder, 2015) (Austilat, 2015) (Knape, 2016) und (Härtel, 2017) die kontinuierliche Entwicklung eines biofidelen Dummys, der als Surrogat für vulnerable Personen bei forensischen Nachstellungen von Pkw-/Fußgänger- und Pkw-/Radfahrer-Kollisionen eingesetzt wird (Weyde, 2013). Der Vergleich mit dem bisher in der forensischen Unfallrekonstruktion in Europa überwiegend verwendeten Dummy der Universität Žilina bei Crash-Versuchen hat gezeigt, dass der Biofidel-Dummy nicht nur vergleichbare Wurfweiten erzielt, sondern viel realistischer anmutende Beschädigungen an den Crashfahrzeugen erzeugt (Kasanicky, Kohut, & Kubjatko, 2013).

Von Anfang an war das Institut für Rechtsmedizin an der Charité Berlin in die Entwicklung des Biofidel-Dummys eingebunden. Denn dort werden ebenfalls seit 2010 im Auftrag der Ermittlungsbehörden der überwiegende Teil der im Straßenverkehr in Berlin getöteten Personen computertomographisch untersucht. Die postmortalen computertomographischen Untersuchungen (pmMSCT) erfolgen mit einem 16-zeiligen Mehrschichtscanner vom Typ Toshiba Activion (Toshiba Medical Systems GmbH Neuss, Germany) mit einer Schichtdicke von 0,5 mm und einer Überlappung der Schichten von 0,3 mm. Diese Untersuchungen sind im Konsens mit den Ermittlungsbehörden inzwischen als Standard bei der Untersuchung tödlicher Verkehrsunfälle konsentiert. Die pmMSCT ist ein hervorragendes ergänzendes Instrument zu herkömmlichen Untersuchungsverfahren und wird den hohen Anforderungen an eine objektive und exakte Befunddokumentation vollumfänglich gerecht (Hartwig, S., 2016). Die zerstörungsfreie Untersuchung erfolgt vor der manipulativen und destruktiven Autopsie. Die gewonnenen Daten stehen anders als das Untersuchungsobjekt selbst auch noch nach Jahren für die Klärung von aufkommenden Fragen zur Verfügung und bieten vielfältige Möglichkeiten der Verletzungserfassung, Verletzungsdokumentation und –darstellung sowie zur interdisziplinären Unfallrekonstruktion. So kann anhand des Bruchbildes und der Dislozierung von Knochen auf die Anstoßrichtung und Anstoßintensität geschlussfolgert werden, wie dies beispielhaft für eine Tibia-Fraktur nach Anprall eines Pkw (linkes Bild in Abbildung 3) und eine multiple Fraktur des knöchernen Schädels nach Anprall gegen die B-Säule eines Pkw (rechtes Bild in Abbildung 3) dargestellt ist.

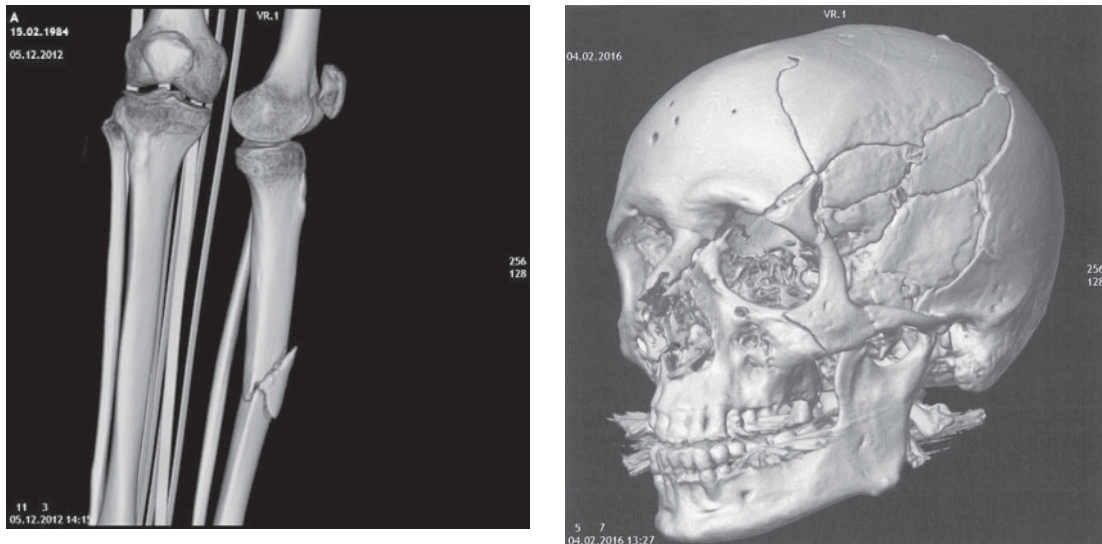


Abbildung 3: Darstellung von Verletzungen mittels 3D-Skelettrekonstruktion der Daten aus postmortalen Schichtröntgenuntersuchungen (pmMSCT); links: primäre Anprallstelle in Form einer keilförmigen Unterschenkelfraktur (linke Tibia nach Anprall eines Pkw [im Bild von links]); rechts: Brüche des knöchernen Schädels linksseitig mit Bruch des Augendaches und Oberkiefers

Die Verletzungen werden inzwischen systematisch in einer hinsichtlich der personenbeziehbaren Daten anonymisierten Art und Weise erfasst, wobei in der Datenbank neben den üblichen Merkmalen und Merkmalsausprägungen der allgemeinen Unfallstatistik auch die auf den Körper an der konkreten Stelle einer Verletzung gewirkten anstoßbedingten Kräfte erfasst werden. Dies ist möglich, weil zu den jeweiligen Unfällen in der Regel auch unfallanalytische Gutachten vorliegen. Dadurch können die Kontakte der Fahrzeuge mit vulnerablen Verkehrsteilnehmern mittels des Mehrkörpersystems im Programm PC-Crash (Steffan & Moser, 2017) simuliert werden. Hierdurch könnte es in Zukunft möglich sein, eine Korrelation zwischen den beim Anstoß gewirkten Kräften sowie der Art, Lage, Richtung und Intensität der resultierenden Verletzungen bei Verkehrsunfällen herzustellen.

Bereits heute werden die Ergebnisse von pmMSCT-Untersuchungen bei der Unfallanalyse berücksichtigt. Gerade dann, wenn ein konkreter Unfall durch einen Versuch nachgestellt werden muss, können die Ergebnisse der computertomographischen Untersuchung mit den Schäden an einem Dummy verglichen werden, sofern der als Surrogat für den verletzten bzw. ggf. auch getöteten Verkehrsteilnehmer verwendete Dummy hinsichtlich der Konstruktion sowie der Materialeigenschaften wie Festigkeit und Elastizität vergleichbar mit seinem anthropomorphen Vorbild ist. Da die heutzutage in der Automobilindustrie eingesetzten Dummies, welche hauptsächlich zum Messen von biomechanischen Belastungsgrößen dienen, nicht bei einem Anprall bleibend beschädigt werden sollen, sind derartige Dummies konstruktiv weder geeignet, realistische Schäden an Fahrzeugen zu erzeugen, wenn sie als Fußgänger- oder Radfahrer-Surrogat von einem Pkw angefahren werden, noch entstehen an den bisher in der Industrie üblicherweise verwendeten Dummies derartige Schäden, die mit den zu erwartenden Verletzungen eines Menschen unter denselben Anstoßbedingungen zu vergleichen wären.



Es bestand somit Bedarf an einem kostengünstigen und vor allem biofidelen Dummy, der zumindest an den knöchernen Strukturen solche Schäden nach Verwendung als Fußgänger-Surrogat bei Crashversuchen aufzuweisen hatte, die vergleichbar sein sollten mit den Verletzungen, wie sie am Skelettsystem eines Menschen unter gleichartiger Belastung zu erwarten gewesen wären. Dazu wurde in Zusammenarbeit mit verschiedenen Fachbereichen interdisziplinär ein solcher Dummy im Rahmen von einzelnen studentischen Arbeiten über die letzten rund 10 Jahre weiterentwickelt. Bei den ersten Prototypen war das knöcherne Material des Skelettsystems durch hölzerne Strukturen nachgebaut; diese waren jedoch nicht reproduzierbar zu beschädigen, so dass auf alternative Werkstoffe umgestellt wurde, deren Bruchverhalten aber dennoch denen von menschlichem Knochen-Cortex entspricht. Auch die Form der Knochen wurde im Laufe der Jahre dem menschlichen Vorbild angepasst (siehe Abbildung 4).

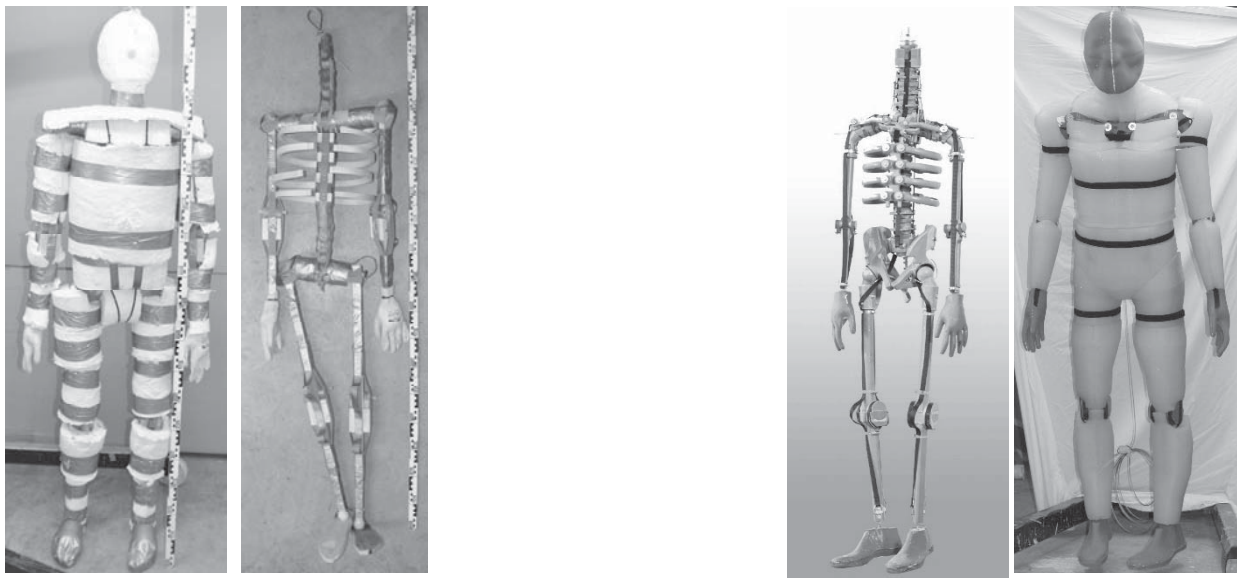


Abbildung 4: Entwicklung des Biofidel-Dummys 2010 (links) und 2017 (rechts) [Quelle: Crashtest-Service.com]

Neben der Verwendung von Materialien mit definierten Festigkeiten und Elastizitätseigenschaften bedingt die Reproduzierbarkeit von Versuchsergebnissen auch eine Fertigung mit hoher Genauigkeit. Diese Fertigungsqualität konnte im Rahmen der studentischen Arbeiten nicht erreicht werden, so dass die Produktion des Biofidel-Dummys seit 2017 durch die Firma Crashtest-Service in Münster erfolgt.

Nach wie vor ist aber das Ziel der Entwicklung, auch möglichst realitätsnahe Schäden am Fahrzeug zu erzeugen, um diese später als Referenz in der Unfallrekonstruktion verwenden zu können. Mit der weiterführenden Entwicklung des Biofidel-Dummys und einer entsprechend hohen Fertigungsqualität sollten auch Verletzungen des Fußgängers durch Erzeugen von äquivalenten Schäden simuliert werden können. Um die Anwendbarkeit dieses Biofidel-Dummys feststellen bzw. prüfen zu können, wurden diverse Crashversuche durchgeführt und die dabei festgestellten Parameter sowohl hinsichtlich der für die Unfallrekonstruktion relevanten Daten (Wurfweite, Abwicklungslänge, Deformationstiefe etc.) als auch mit Werten aus der medizinischen Fachliteratur hinsichtlich der Verletzungsarten und Intensitäten verglichen (Senatli, 2012) (Kolla, 2017) (Kortmann & Hoger, 2018).



Durch die parallele Auswertung von Realunfällen, bei denen Personen schwerstverletzt und getötet wurden, im Rahmen von Analysen in Zusammenarbeit mit dem forensischen Institut der Charité Berlin, wird die Konstruktion des Biofidel-Dummys sukzessive angepasst, so dass die Schäden am Dummy sowohl von der Art und Lage als auch von der Intensität her den typischen Verletzungen entsprechen, wie sie bei vergleichbaren Realunfällen beim Menschen zu erwarten sind. Dabei wurden alle konstruktiven Anpassungen des Biofidel-Dummys jeweils in der Nachstellung eines sehr gut dokumentierten realen Unfalls, bei dem ein Pkw, der mit Unfalldatenspeicher ausgestattet war und gegen einen Fußgänger prallte, daraufhin geprüft, ob es zu einer Erhöhung der Vergleichbarkeit der Dummy-Schäden mit den realen Verletzungen des Fußgängers kommt. Diese Vergleichbarkeit der Schäden mit zu erwartenden Verletzungen konnte bei den Schäden der unteren Extremitäten nachgewiesen werden (Kunze, 2017), (Schäuble, 2018).

Bisher wurden allerdings auch nur die unteren Extremitäten, also Ober- und Unterschenkel einschließlich die Kniekonstruktion sowie das Becken möglichst detailgenau an das menschliche Vorbild angepasst. Die Ergebnisse bisheriger Versuche zeigen, dass es möglich ist, bei Crashversuchen, bei denen Fußgängerreal-kollisionen nachgestellt wurden, nahezu identische Schadenbilder zu erzeugen, die mit den Verletzungen der Betroffenen korrelierten. Die Weiterentwicklung des Biofidel-Dummys ist aber erforderlich, wenn man mittels des Biofidel-Dummys als eine Art PTMO-Surrogat zukünftig auf Leichentests verzichten möchte. Hierzu sind bei der Weiterentwicklung in Zukunft auch realistische Schadenbilder, die mit den Verletzungen korrelieren, durch konstruktive Veränderungen der Wirbelsäule, und zwar insbesondere der Halswirbelsäule zu erwarten. Die Einsatzmöglichkeiten des Biofidel-Dummys dürften sich dann je nach konstruktiver Gestaltung auch erweitern lassen, z. B. als Insassen-Dummy für alternative Sitzkonstellation, wie sie z.B. in automatisierten Fahrzeugen zukünftig zu erwarten sind, für die es bisher allerdings noch keine standardisierten Tests gibt.

2. Ziel

Ziel der Entwicklung eines Biofidel-Dummys ist die Schaffung eines Surrogates für den vulnerablen Menschen im Crashversuch, das sich über einen relativ breiten Anwendungsbereich möglichst menschengleich verhält, und zwar sowohl hinsichtlich seiner Kinematik als auch hinsichtlich der eintretenden Beschädigungen, die mit Verletzungen beim Menschen korrelieren, um so Verletzungswahrscheinlichkeiten realistisch abschätzen zu können, die aus technischen Konstruktionen resultieren bzw. den Nutzen von Konstruktionen zu bewerten, mit deren Hilfe Verletzungen in Zukunft vermieden werden sollen.

3. Vorgehensweise/ Methodik

Neben der konstruktiven Entwicklung des Biofidel-Dummys erfolgt eine Studie in Zusammenarbeit mit dem Gerichtsmedizinischen Institut an der Charité Berlin über die bei unterschiedlichen Anprallkonstellationen im Straßenverkehr auftretenden Kräfte auf vulnerable Verkehrsteilnehmer und den daraus resultierenden Verletzungen. Die Erkenntnisse hieraus werden bei der Weiterentwicklung des Biofidel-Dummys berück-



sichtigt, so dass zukünftig die Verletzungswahrscheinlichkeit des Menschen mit der Schadenseintrittswahrscheinlichkeit beim Biofidel-Dummy korrelieren sollte.

Von Anfang an wurde eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Ingenieuren und Medizinern angestrebt, weil nur so sichergestellt werden konnte, dass sich die Entwicklung des Biofidel-Dummys als Surrogat des Menschen auch wirklich an diesem orientiert (Hartwig, Knape, & Weyde, 2018). Hierzu gehört nicht nur, dass sich der Biofidel-Dummy menschengleich bei einem Anprall bewegt, sondern dass insbesondere die Schäden am Dummy mit den Verletzungen vergleichbar sind, die ein Mensch unter gleicher Belastung bei dem Anprall erleiden würde. Daher wurde neben der konstruktiven Weiterentwicklung eine Datenbank in Zusammenarbeit mit dem gerichtsmedizinischen Institut an der Charité Berlin entwickelt, bei der die in unterschiedlichen Anstoß-Konstellationen im Straßenverkehr auftretenden Kräfte auf vulnerable Verkehrsteilnehmer und die daraus resultierenden Verletzungen systematisch erfasst und interdisziplinär ausgewertet werden, um die Korrelation zwischen wirkenden Kräften und den darauf resultierenden Verletzungen prüfen zu können (Hoang, 2017).

Der Aufbau dieser Datenbank zu Verletzungen und Anprallstellen sowie anstoßbedingten Kräften an den Kontaktstellen steht noch am Anfang und wird stetig wachsende Erkenntnisse bringen. Die Erkenntnisse werden wiederum bei der Weiterentwicklung des Biofidel-Dummys berücksichtigt und in Crash-Tests, bei denen konkrete Realunfälle nachgestellt werden, geprüft, damit die Schadenseintritts-Wahrscheinlichkeit beim Biofidel-Dummy mit der Verletzungswahrscheinlichkeit des Menschen korreliert. Um bei gleichen Anprallkonstellationen auch gleichartige Schäden zu erzeugen und somit vergleichbare Kräfte auf den Dummy wirken zu lassen, muss der als Fußgänger- oder Radfahrer-Surrogat verwendete Biofidel-Dummy sich auch menschengleich beim Anprall des Fahrzeuges bewegen. Hierzu haben (Kunze, 2017) und (Schäuble, 2018) aufgezeigt, dass sich der Biofidel-Dummy bereits heute im Vergleich der Trajektorien von allen Körperteilen ähnlich den zum Vergleich ausgewerteten Versuchen mit PMTO bewegt. Insbesondere schwingen die unteren Extremitäten bei Biofidel-Dummy vergleichbar mit den PMTOs langsamer als beispielsweise die des Žilina-Dummys. Dies erklärt sich aus einer längeren Kontaktphase zwischen den unteren Extremitäten der PMTO mit der Fahrzeugfront.

(Kerrigan) e.a. führten 2005 drei PMTO-Tests bei 40 km/h mit einem Pkw durch, die von (Schäuble, 2018) verglichen wurden mit Crashversuchen der DEKRA, die wiederum in Zusammenarbeit mit der AXA Winterthur Versicherung in Wildhaus/Schweiz durchgeführt wurden und bei denen einerseits ein Biofidel-Dummy und andererseits ein Žilina-Dummy verwendet wurde. Der Vergleich zeigt, dass sich die Beine des Biofidel-Dummys langsamer als beim Žilina-Dummy vom Boden lösen und sich der gesamte Körper wie beim Menschen bzw. PMTO an die Fahrzeugkontur anschmiegt. Daraus kann geschlossen werden, dass das Bewegungsverhalten und die Flugbahnen des Biofidel-Dummys hinreichend dem ähnlich sind, was man von einem Fußgänger erwartet, der von einem Fahrzeug in einem Realunfall erfasst wird.



4. Ausblick/ weiterer Forschungsbedarf

Um die Anwendbarkeit des stetig weiterentwickelten Biofidel-Dummys hinsichtlich der Übereinstimmung zwischen den Dummy-Schäden und den bei einem Menschen zu erwartenden Verletzungen feststellen zu können, war und ist es nötig, nicht nur die beim Crashversuch entstandenen Beschädigungen zu dokumentieren, sondern diese auch den jeweils korrespondierenden Anprallpunkten am Fahrzeug beziehungsweise ggf. auch am Untergrund zuzuordnen. Dazu wurden nach den Crashversuchen von den Dummys durch das Institut für Rechtsmedizin an der Charité Berlin CT-Aufnahmen angefertigt. Darüber hinaus wurde die Dummys zerlegt und sämtliche Schäden dokumentiert (vgl. Abbildung 5 sowie Tabelle 1) beispielhaft für einen Biofidel-Dummy nach Anprall mit 53 km/h).

Tabelle 1: Schäden BD-Dummy V1

	Schäden am Dummy V1
1	Beidseitiger Bruch der Unterschenkel im Bereich des Kniegelenks
2	Bruch des rechten Oberschenkels
3	Doppelter Bruch des Kreuzbeins
4	Beidseitiger Bruch der Ellenbogen
5	Beidseitiges Auskugeln der Schultergelenke
6	Beschädigungen an den Bandscheiben der Halswirbelsäule

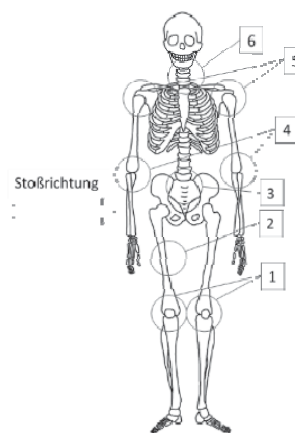


Abbildung 5: Beschädigungen Dummy V1

Bei dem mit einer Kollisionsgeschwindigkeit von $v_k = 53$ km/h durch einen rund 980 kg schweren Pkw belasteten Biofidel-Dummy wurde festgestellt, dass beide Unterschenkel direkt unterhalb des Kniegelenks gebrochen waren. Durch Auswertung der Videofilme konnten diese „Dummy-Verletzungen“ dem Kontakt mit der Frontschürze als verletzungsverursachendes Bauteil zugeordnet werden. Im weiteren Verlauf stieß der Dummy mit dem rechten beziehungsweise anstoßseitigen Oberschenkel gegen die Motorhauben-Vorderkante, was zu einer Fraktur des Ersatz-Femur-Knochens führte (vgl. Abbildung 6).



Abbildung 6: links: Gegenüberstellung CT-Aufnahme und freigelegter Oberschenkel des Biofidel-Dummys; rechts: Anprall der Motorhauben-Vorderkante des Pkw mit rund 53 km/h gegen den Oberschenkel



Auch der Anprall der Becken-Region (Pelvis) auf die Motorhaube zog mehrere Frakturen des Beckenknochens nach sich. Zu einer Luxation der linken Schulter kam es in Folge des späteren Anpralls des Dummys auf den unteren Teil der Windschutzscheibe des Versuchsfahrzeuges. Des Weiteren erlitten beide Arme Beschädigungen im Bereich der Ellenbogen durch verschiedene Anstoßereignisse. Die Bandscheiben der Halswirbelsäule, bestehend aus einem 2-Komponenten-Silikon, zeigten mehrere Einrisse. Diese Beschädigungen resultierten aus den starken Beugungen des Halses vor und nach dem Kopfanprall.

Die ersten Kniekonstruktionen, wie in Abbildung 7 dargestellt, entsprachen jedoch noch unzureichend dem menschlichen Vorbild. Daher wurde insbesondere das Knie von (Härtel, 2017) weiterentwickelt.

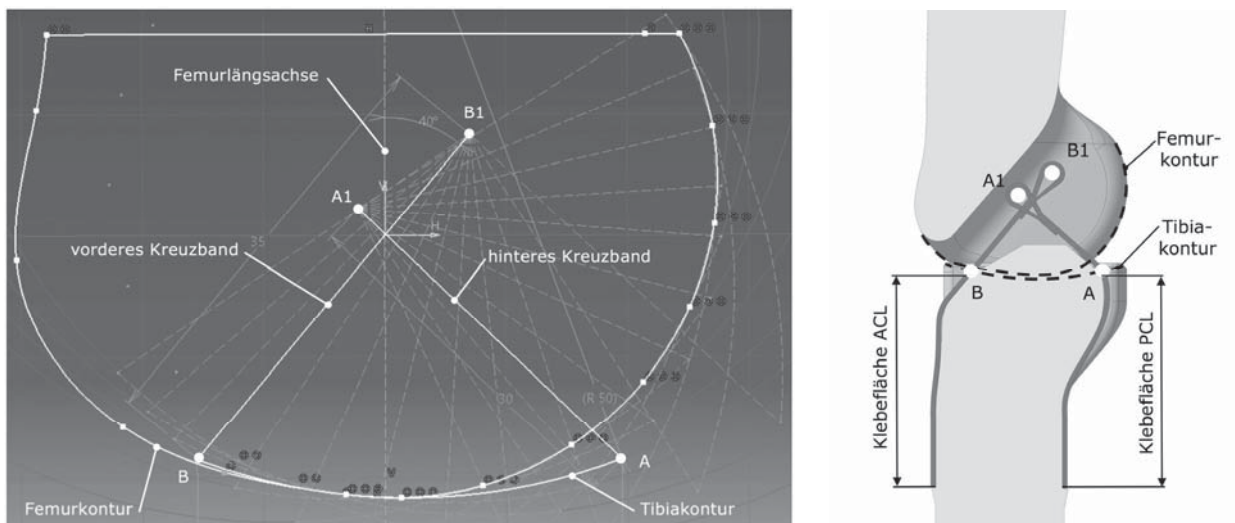


Abbildung 7: links: Konstruktion der Femurkontur; rechts: Schnittdarstellung des Knie-Gelenks (Härtel, 2017)

Die Überarbeitung des Knie-Gelenkes führt nunmehr dort zu einem Schadenbild am Biofidel-Dummy, das mit dem zu erwartenden Verletzungsbild beim Menschen durchaus vergleichbar ist. (Schäuble) analysierte die Zusammenhänge zwischen Kollisionsparametern, Fahrzeugschäden und Verletzungen von Fußgängern, und schlussfolgerte, dass die Bruchmuster von langen Knochenbrüchen in den unteren Gliedmaßen, Kniegelenkverletzungen, Verletzungen des Sprunggelenks, Beckenverletzungen und Kopfverletzungen für Rekonstruktionszwecke verwendet werden können. Die Analyse der „Verletzungen“ des Biofidel-Dummys konzentriert sich daher auf diese Verletzungen. Abbildung 8 zeigt eine Übersicht über die Zerlegung eines im DEKRA-Crash-Test verwendeten Biofidel-Dummys.

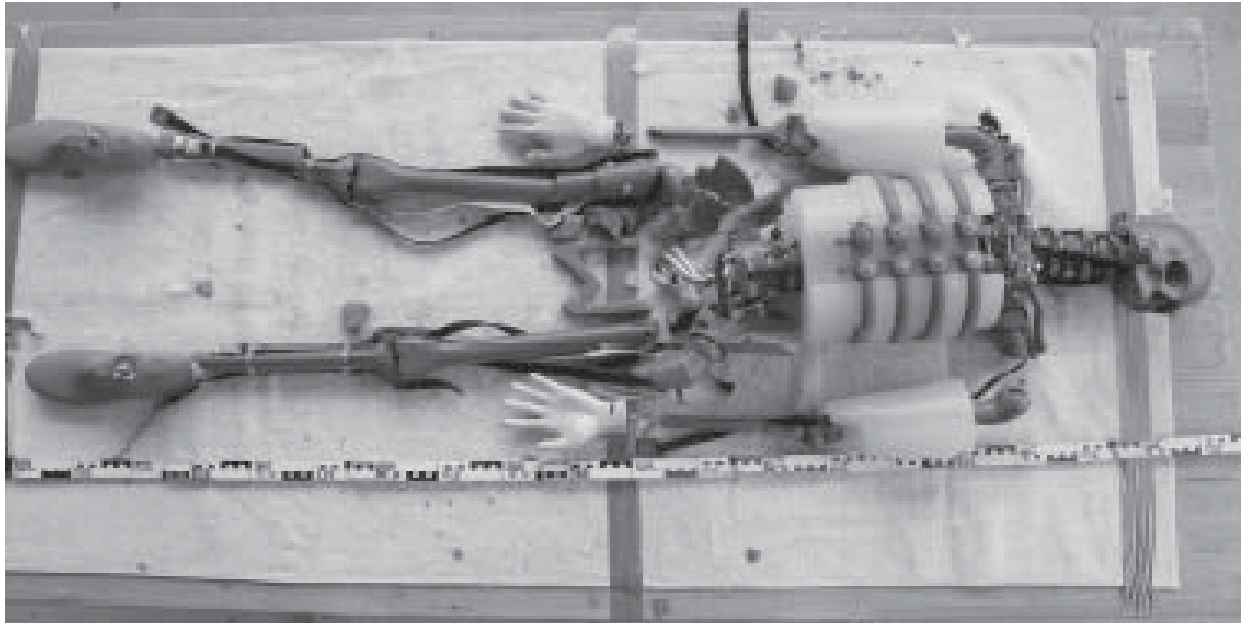


Abbildung 8: Übersicht über die „Verletzungen“ bzw. Schäden am Biofidel-Dummy nach DEKRA-Crash-Test, bei dem ein SUV frontal mit $vk = 99 \text{ km/h}$ gegen den aufrecht stehenden Dummy prallte

Bei den Crashversuchen entstand ein Bruchmuster der Knochen an den Unterschenkeln des Biofidel-Dummys, das durchaus mit dem vergleichbar ist, das man beim Menschen erwartet. Beim Menschen findet man häufig ein charakteristisches keilförmiges Bruchmuster, das als Messerer-Keilbruch bekannt ist, wenn Fußgänger von einem Fahrzeug an den unteren Extremitäten getroffen werden (Hartwig, S., 2016). Der Bruch-Pfeil zeigt in Richtung des Geschwindigkeitsvektors des Fahrzeugs und gibt damit die Richtung des Aufpralls an. Wenngleich der Bruch des Unterschenkels beim Biofidel-Dummy nicht die charakteristischen zwei Seiten des Messerer'schen Keilbruchs aufweist, wobei der Scheitelpunkt der Ausbruchlinie in der Aufprallrichtung zeigt, kann dennoch ein einzigartiges und durchaus vergleichbares Bruchmuster beobachtet werden. Die Bruchfläche ist zunächst flach und endet dann mit einem Vorsprung an einer der beiden Bruchflächen. Wie bei der Spitze des Messerer-Keilbruchs zeigt dieser Vorsprung in der Bruchfläche auch beim Biofidel-Dummy die Anstoßrichtung an.

Knochen bestehen tatsächlich aus einem heterogenen Material, während die Knochen der Biofidel-Dummy bisher noch aus einem homogenen Material mit ähnlicher Festigkeit bestehen. Dieser Unterschied erklärt die abweichenden Bruchmuster beim Biofidel-Dummy gegenüber denen, die beim Menschen beobachtet werden können. Trotzdem weist der Biofidel-Dummy auch heute bereits ein Bruchbild auf, das mit dem Messerer-Keilbruch vergleichbar ist und als unterstützender Faktor für die Bestimmung der Aufprallrichtung verwendet werden kann. Abbildung 9 zeigt das Bruchmuster, das bei einem Crashtest der DEKRA verwendeten Biofidel-Dummy beobachtet wurde, wobei ein Pkw frontal mit 99 km/h gegen den aufrechtstehenden Biofidel-Dummy prallte.

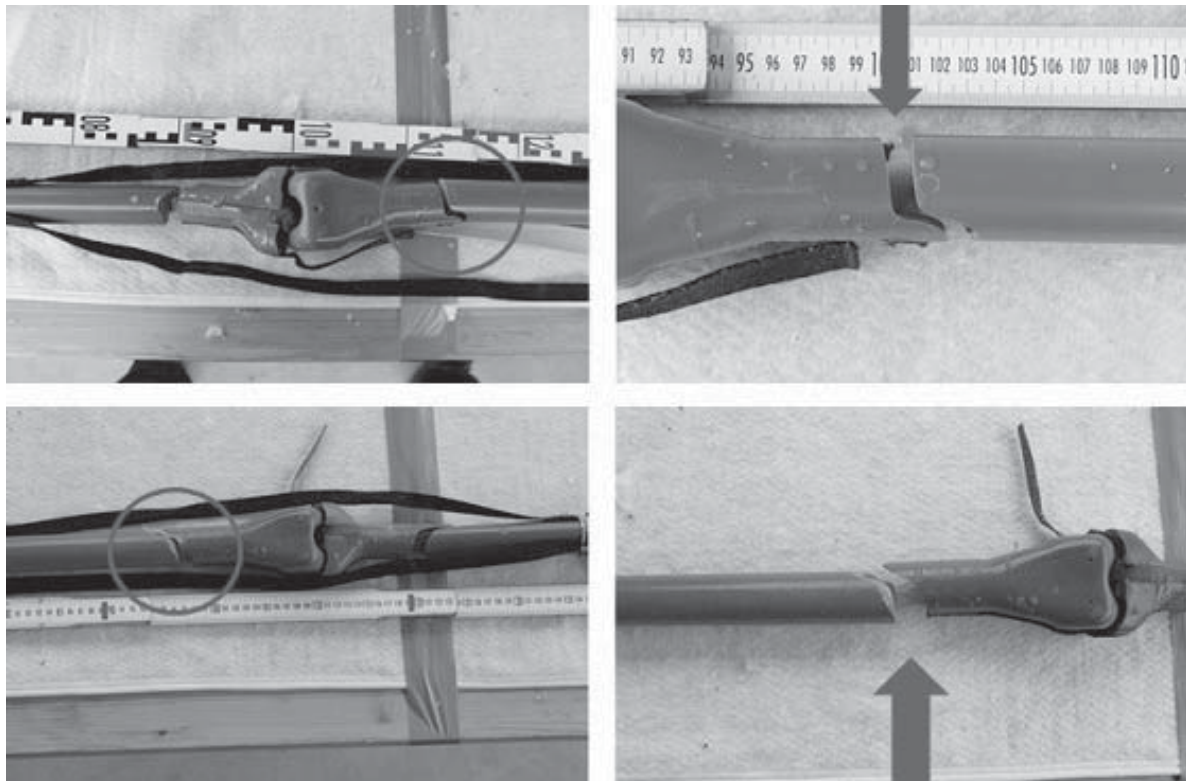


Abbildung 9: Messerer-Keilbruch beim Biofidel-Dummy aus einem Crashversuch der DEKRA (vk = 99 km/h), oben linke Seite; unten rechte Seite (roter Kreis zeigt die Lage des Bruchs, roter Pfeil zeigt die Schlagrichtung)

Die Knieverletzungen, die ein Fußgänger beim Anprall eines Pkw erleidet, können nach ihrem Mechanismus klassifiziert werden, nämlich avulsiv oder komprimierend. Die daraus resultierenden Verletzungen der Kondylen, der Außen- bzw. Seitenbänder und der Kreuzbänder zeigen die Aufprallrichtung an. Während die Valgus-Flexion hauptsächlich bei lateralen Anstößen festzustellen ist, kann eine Varus-Flexion eher bei medialen Krafteinleitungen vorgefunden werden.

Die von (Härtel) weiterentwickelten Knie des aktuellen Biofidel-Dummy haben bereits eine sehr humanoide Anatomie. Die Übereinstimmung mit den biologisch bzw. medizinisch zu erwartenden Verletzungen des Dummy-Kniegelenks wurden von (Schäuble) anhand der Kniegelenke der in den DEKRA Crash-Tests verwendeten Biofidel-Dummys analysiert, die in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt sind.

Bei einem der DEKRA-Crashtests wurde das schwarze Textilgeweben-Band, welches das seitliche Außenband am menschlichen Knie repräsentieren soll, vom Femur abgerissen (siehe Abbildung 10). Die Bänder sind beim Biofidel-Dummy mit den Knochen größtenteils verklebt. Hier war die Klebestelle schwächer als das Band selbst, weshalb nur die Klebestelle abgerissen wurde, das Band jedoch nicht zerriss. In der Realität würde man eher erwarten, dass das Band reißen würde. Trotzdem kann diese Schädigung des Knies am Biofidel-Dummys als zerrissenes seitliches Außenband interpretiert werden. Außerdem sind sowohl das vordere als auch das hintere Kreuzband ausgefranst. Diese „Verletzungen“ stimmen mit denen überein, die von (Teresinski, G., Madro, R., 2001) beim Menschen unter ähnlicher Anprallbelastung festgestellt wurden.

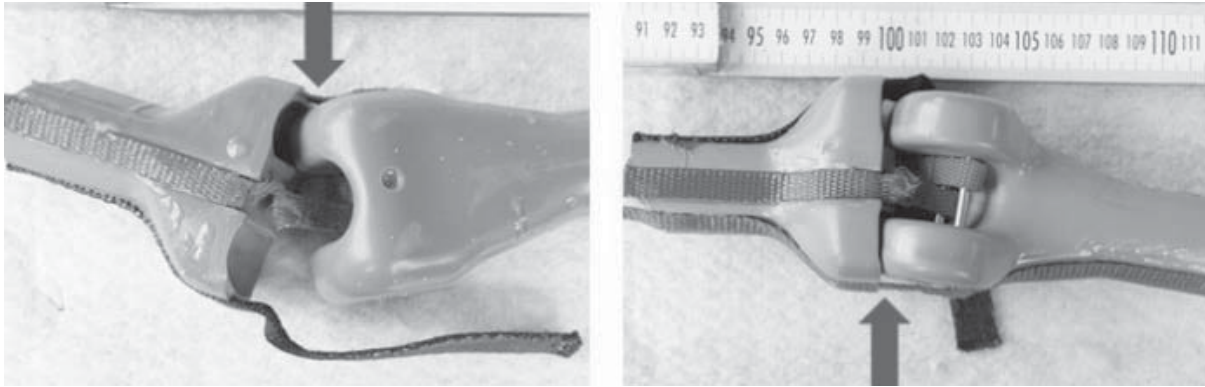


Abbildung 10: Knieverletzung am Biofidel-Dummy nach Verwendung im DEKRA Crash-Test mit 99 km/h; linkes Bild: Frontalansicht; rechtes Bild: Rückwärtige Ansicht (roter Pfeil symbolisiert Anstoßrichtung)

Bei einem weiteren DEKRA-Crash-Test, bei dem ein SUV mit 99 km/h gegen den stehenden Biofidel-Dummy prallte, war die induzierte Biegung offensichtlich noch stärker, was zu einem Bruch der medialen Tibiakondyle führte (siehe Abbildung 11). Zusätzlich wurden das seitliche Außenband sowie das vordere und hintere Kreuzband zerrissen. Das innere Seitenband (Ligamentum collaterale mediale) wurde durch den Aufprall partiell ausgefranst.

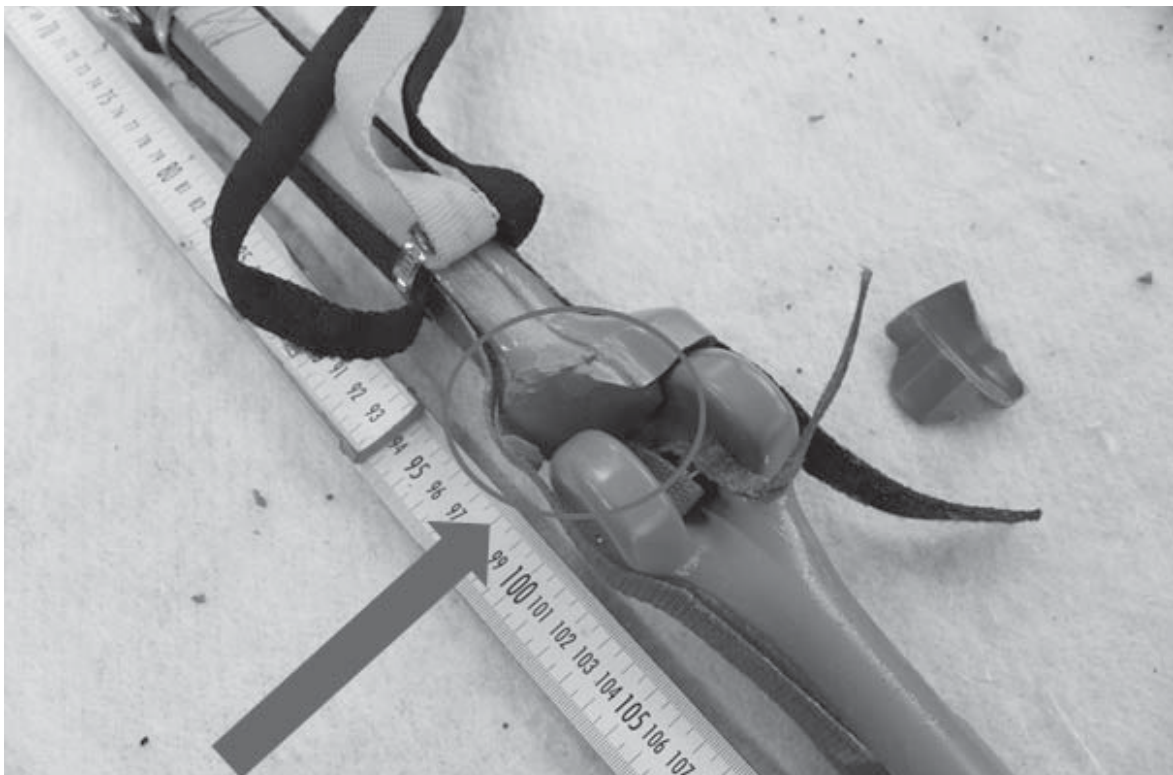


Abbildung 11: Ansicht von hinten auf die „Knie-Verletzung“ am Biofidel-Dummy, der im DEKRA-Crashtest von einem SUV mit 99 km/h angefahren wurde (roter Kreis markiert die mediale Tibiakondylenfraktur, roter Pfeil zeigt in Anstoßrichtung)



5. Evaluation bisheriger Versuche

Die bereits durchgeführten Versuche zeigen, dass es durch konstruktive Anpassung möglich ist, insbesondere im Bereich der unteren Extremitäten, und hier vorwiegend im Bereich des Knies, realistische Schäden am Biofidel-Dummy zu erzeugen, die mit den Verletzungen korrelieren, wenn ein Mensch unter ähnlichen Bedingungen belastet wird. Dabei wurde der Biofidel-Dummy sowohl als Surrogat für Fußgänger-Kollisionen bei Crashversuchen mit Pkw verwendet, als auch als Aufsasse bei der Nachstellung von Zweirad-Kollisionen (Kurzke, 2015). Ferner wurden erste Untersuchungen durchgeführt, bei denen ein Biofidel-Dummy als Ersatzkörper gegen Leitplanken prallte. Auch hierbei wurde ein Schadenbild erzeugt, das mit den Verletzungen korreliert, die man beim Menschen unter vergleichbaren Anprallsituationen erwartet. Bisher wurden insbesondere die unteren Extremitäten zwecks Schadenkorrelation optimiert. Die Entwicklung des Biofidel-Dummys steht erst am Anfang, so dass noch kein abschließendes Ergebnis vorliegt. Die Tendenz zeigt aber, dass es möglich ist, einen menschenähnlichen Ersatzkörper für Crash-Versuche zu konstruieren, der hinsichtlich seiner anstoßbedingten Bewegung und den Schäden mit dem Menschen vergleichbar ist.

Die bisherige Entwicklung zeigt aber, dass bezüglich der unteren Extremitäten eine Korrelation zwischen Schäden am Biofidel-Dummy und Verletzungswahrscheinlichkeiten besteht. Der weitere Forschungsbedarf wird darin gesehen, ob die weiteren Teile des Skelettapparates sowie die Anbindung mit Sehnen und Bändern so konstruktiv weiterzuentwickeln ist, dass mittels des Biofidel-Dummys ein realistisches Surrogat für vulnerable Verkehrsteilnehmer geschaffen werden kann. Hier besteht neben dem Erfordernis einer konstruktiven Weiterentwicklung, auch konkreter Forschungsbedarf über die in Abhängigkeit von Wirkrichtung und Größe der auf einen menschlichen Körper wirkenden Kräfte zu erwartenden Verletzungswahrscheinlichkeiten. Hierzu ist eine interdisziplinäre Forschung von Medizinern, Bewegungsanalytikern und Ingenieuren erforderlich. Bewegungswissenschaftler der Universität Münster haben in ersten Versuchen gezeigt, dass sich der Biofidel-Dummy wegen seines realistischen Bewegungsverhaltens auch als Insassen-Dummy für fahrdynamische Untersuchungen eignet. Der Biofidel-Dummy könnte somit z. B. bei der Prüfung neuer Sitzkonstellationen verwendet werden, wenn es beim automatisierten Fahren zukünftig auf dem Fahrersitz keine definierte Sitzposition mehr geben wird.

6. Bewertung / Nutzen

Eventuell auch unter volkswirtschaftlichen, aber vor allem unter ethischen Gesichtspunkten dürfte der Nutzen des Biofidel-Dummys darin bestehen, dass es in Zukunft möglich sein kann, mithilfe des Biofidel-Dummys den Nutzwert von konstruktiven Maßnahmen zum Fußgängerschutz ebenso wie zum Schutz von Radfahrern und Motorradfahrern zu prüfen, ohne dass hierfür Leichenversuche erforderlich sind. Ferner ist die Anpassung von Human-Body-Models möglich, so dass auch bei der weiteren Entwicklung von neuen Fahrzeug- und Sicherheitskonzepten im Straßenraum eine Verringerung von Kosten zu erwarten ist.



7. Innovationsgehalt

Der Biofidel-Dummy stellt ein hohes Maß an Innovation dar, weil es bisher keinen vergleichbaren Ersatzkörper gibt, mit dem nicht nur eine gesamtheitliche Bewertung von Fußgängerschutzsystemen erfolgen kann, die sich am realen Verkehrsgeschehen messen lässt, sondern der als Menschenersatz auch bei anderen Crasheszenarien eingesetzt werden kann und sich dabei ebenso menschengleich bewegt und entsprechend den zu erwartenden Verletzungen korrelierende Schäden aufweist. Es bedarf aber noch weiterer Anpassungen und konstruktiver Veränderungen zur Sicherstellung und Erhöhung der Biofidelität. Es wird darauf ankommen, in Zukunft stets zu prüfen und sicherzustellen, dass alle konstruktiven Entwicklungen jeweils eine Korrelation zwischen den Dummy-Schäden und der Verletzungswahrscheinlichkeit gewährleisten. Nur so ist im Vergleich zu den bisher geforderten Komponententests im Fußgängerschutz sichergestellt, dass der Nutzwert von konstruktiven Maßnahmen zum Fußgängerschutz ganzheitlich und realistisch am realen Verkehrsgeschehen bewertet werden kann. Ferner erlaubt die realitätsnahe Bewegung des Biofidel-Dummy auch eine Verwendung als Insassensurrogat für zukünftige Sitzsysteme und Sitzkonstellationen, die im Zusammenhang mit dem automatisierten Fahren möglich werden könnten.

8. Übertrag-/Skalierbarkeit

Da der Biofidel-Dummy bisher auf das 50. Perzentil des männlichen Mitteleuropäers ausgelegt ist, wird es erforderlich sein, einerseits andere Perzentile, und zwar konkret die 5 % Frau- und/oder den 95% Mann ebenso wie verschiedene Kinder-Dummies konstruktiv als Biofidel-Dummy zu gestalten. Ferner besteht der Bedarf, die Funktionalität des Biofidel-Dummies auch für andersartige Perzentile der Menschen im asiatischen Raum durch entsprechend angepasste Modelle zukünftig unter Beweis zu stellen.

9. Zusammenfassung

Der sogenannte, von der Firma Crashtest-Service in Münster hergestellte Biofidel-Dummy weist bereits heute ein hohes Maß an Biofidelität auf. Seine Flugbahnen sind mit denen von PMTOs vergleichbar. Ferner erzeugt der Biofidel-Dummy realistische Fahrzeugschäden. Dadurch kann die Kollisionsgeschwindigkeit durch Unfallanalytiker mittels subjektivem Bildvergleich mit höherer Präzision bestimmt werden. Die mit dem Biofidel-Dummy erzielten Wurfweiten decken sich ebenfalls mit Leichenversuchen und mit Realunfällen, bei denen die Kollisionsgeschwindigkeiten durch Dash-Cam und/oder Unfalldatenspeicher Aufzeichnungen hinreichend genau bekannt sind.

Das einzigartige Merkmal des Biofidel-Dummy ist seine Fähigkeit, Verletzungen zu imitieren, die ein Fußgänger bei einem Fußgängerfahrzeugunfall von ähnlicher Schwere erleiden würde. Die „Verletzungen“ des Biofidel-Dummy ähneln denen eines Fußgängers hinsichtlich des knöchernen Skelettsapparates, insbesondere den Verletzungen am Kniegelenk. Es bedarf somit einer weiteren Entwicklung auch der übrigen Gelenke und Körperpartien des Biofidel-Dummy, so dass dieser sämtliche Verletzungen, die man bei einem Menschen unter gleicher mechanischer Belastung erwarten würde, auch realitätsnah in Form von Schäden widerspiegelt. So wird es möglich sein, den Biofidel-Dummy als Surrogat nicht nur für den Menschen bei der



Nachstellung von Unfällen zu verwenden, sondern aus den Verletzungen des Dummys nach Crashversuchen zur Typprüfung bzw. zur Prüfung von Fußgängerschutzkriterien Rückschlüsse auf die Verletzungswahrscheinlichkeit eines Menschen ziehen zu können.

Literatur

- Austilat, K. (2015). Entwicklung, Konstruktion und Prüfung einer beweglichen Verbindung innerhalb eines anthropomorphen Testkörpers mit Hilfe geeigneter Substitutionsmaterialien und Füge-techniken. Berlin: Bachelorarbeit TU Berlin.
- Burg, H., & Moser, A. (2009). Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion. Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation 2.Aufl. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.
- Härtel, B. (2017). Entwicklung, Konstruktion und Fertigung eines anthropomorphen Kniegelenks für einen biofidel-ten Dummy. Dresden: Diplomarbeit HTW Dresden.
- Hartwig, S. (2016). Personenschäden im Straßenverkehr. In (Herausgeber), W. Castro, M. Becke, & M. Nugel, Personenschäden im Straßenverkehr: Unfallanalyse, Medizin und Recht. München: C.H. Beck Verlag.
- Hartwig, S., Knape, M., & Weyde, M. (März 2018). Interdisziplinäre Weiterentwicklung eines optimierten biofidel-ten Dummys als Fußgängersurrogat bei Full-Scale-Crashtests. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, S. 88 – 100.
- Hoang, D. T. (2017). Entwicklung einer Methodik zur Prüfung der Korrelation zwischen wirkenden Kräften und resultierenden Verletzungen bei Realunfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern. Bachelor Thesis. Berlin, Berlin, Deutschland: Technische Universität Berlin.
- Kasanicky, G., Kohut, P., & Kubjatko, T. (2013). Erweiterte Versuche Fußgänger SUV und Bus mit Dummy Messtechnik. Wildhaus: AREC Group.
- Kaya, O. (2011). Kopfanprall beim Pkw-Fußgänger-Unfall: Vergleich Realunfall-Versuch-Simulation, Bewertung von Verletzungskriterien. Diplomarbeit Technische Universität Berlin.
- Kerrigan, J. R. (2005). Kinematic Corridors for PMHS tested in full-scale Pedestrian Impact Tests. USA: University of Virginia Center for Applied Biomechanics.
- Knape, M. (2011). Konstruktion eines Fußgängerdummys zur realistischen Schadenerzeugung an Fahrzeugen bei experimentellen Simulationen. Berlin: Bachelorarbeit TU Berlin.
- Knape, M. (2016). Weiterentwicklung eines biofidel-ten Fußgänger-Dummys zur realistischen Schadenerzeugung an Fahrzeugen bei experimentellen Simulationen von PKW/Fußgängerkollisionen. Masterarbeit Technische Universität Berlin.
- Kolla, E. K. (2017). „Correlation ‚impact velocity-specific pedestrian injuries‘ for reconstruction of pedestrian accidents“. Proceedings of the 26th Annual Congress of the European Association for Accident Research and Analysis (S. 213–224). Haarlem: EVU Netherlands.
- Kortmann, A., & Hoger, T. (10 2018). Pkw-Beschädigungen und Längswurfweiten bei Verwendung von Biofidel-Dummys und konventionellen Dummys im Vergleich. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik, S. 338–349.
- Kunze, A. (2017). Anwendbarkeit eines optimierten biofidel-ten Dummys als Fußgänger-Surrogat bei Full-Scale Crashtests. Dresden: Diplomarbeit HTW Dresden.
- Kurzke, B. (2015). Anpassung des Mehrkörper-Modells für Fahrrad und Aufsassen im Programm PC-Crash zur realistischen Simulation von PKW/Fahrrad-Unfällen. Dresden: Diplomarbeit HTW Dresden.
- Schäuble, A. (2018). Analysis of Pedestrian Accidents – Correlations between Collision Parameters, Vehicle Damages and Pedestrian Injuries. Vienna, Wien, Austria: Vienna University of Technology & DEKRA. (Project report).
- Schröder, E. (2015). Entwicklung, Konstruktion, Bau und Erprobung eines menschengetreuen Beckens für den Einsatz bei einem (biofidel-ten) Fußgänger-Dummy. Diplomarbeit Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden.
- Senatli, E. (2012). Vergleichende Untersuchung zwischen experimentellen und rechnerischen Simulationen von Pkw-/Fußgänger-Unfällen. Berlin: Diplomarbeit TU Berlin.



- Steffan, H., & Moser, A. (2017). PC-Crash, ein Programm zur Simulation von Verkehrsunfällen. Linz: DSD – Dr. Steffan Datentechnik.
- Subit, D. K. (2008). Pedestrian-Vehicle Interaction: Kinematics and Injury Analysis of four full-scale Tests. Proceedings of the 2008 IRCOBI Conference – Bern (S. 275–294). Switzerland: IRCOBI.
- Teresinski, G., Madro, R. (2001). „Knee joint injuries as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents“. Forensic Science International, 124, S. 74–82.
- Wagner, N. (2011). Entwicklung, Konstruktion und Erprobung eines Ersatzkörpers für die Durchführung von Fußgänger/ Pkw-Crashversuchen. Berlin: Studienarbeit TU Berlin.
- Walter, M. (2011). Entwicklung eines Fußgängerdummys zur Nachbildung realistischer Deformationen bei Crash-Versuchen im Vergleich zu Schäden bei PKW/Fußgänger-Unfällen. Dresden: Diplomarbeit HTW Dresden.
- Weyde, M. (2013). Anwendbarkeit von Dummy-Versuchen in der forensischen Praxis bei der Rekonstruktion von Pkw-Fußgänger-Unfällen. Wildhaus: AREC Group.



Herausforderungen an das Rettungswesen im allgemeinen Verkehrsunfallgeschehen – Auswertungen der Unfalldatenbank der Versicherer

Axel Malczyk & Jenö Bende

Referent Fahrzeugsicherheit, Unfallforschung der Versicherer UDV, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V.

1. Einleitung

Seit den siebziger Jahren, als die Zahl Getöteter im Straßenverkehr einen Höchststand erreichte, hat sich in Deutschland ein dichtes und qualitativ hochwertiges System für die Rettung und präklinische Versorgung von Verletzten nach Verkehrsunfällen entwickelt. Es ermöglicht durch eine gute technische Ausstattung und qualifiziertes Personal, dass schwer verletzte Unfallopfer noch an der Unfallstelle durch Notärzte behandelt und für den Transport in eine geeignete Klinik, insbesondere bei lebensbedrohlichen Verletzungsbildern in ein Traumazentrum, vorbereitet werden. Erforderlichenfalls stehen mit den örtlichen Feuerwehren Mittel zur technischen Rettung eingeklemmter Personen und für besonders schnelle Transporte über größere Distanzen Rettungshubschrauber zur Verfügung.

Weil sich schwere Verkehrsunfälle häufig im ländlichen Bereich, bei Dunkelheit und mitunter widrigen Witterungsbedingungen ereignen und oftmals mehrere Verletzte gleichzeitig zu versorgen sind, stellen derartige Einsätze höhere Anforderungen an das Rettungswesen als andere Unfälle oder internistische Notfälle. Die regelmäßig im Abstand mehrerer Jahre erhobenen Leistungen des Rettungsdienstes im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zeigen für den Erhebungszeitraum 2012/2013¹, dass das Einsatzaufkommen zu Verkehrsunfällen gegenüber dem Vergleichszeitraum 1994/1995 um 55 % zurückging. Bedingt auch durch das stark gestiegene allgemeine Einsatzaufkommen des Rettungsdienstes seit Ende der neunziger Jahre ging der Anteil von Einsätzen zu Verkehrsunfällen dadurch auf 1,9 % in 2012/2013 zurück.

Als Planungsinstrument für die Errichtung von Rettungswachen und deren Ausstattung dient bundesweit die Hilfsfrist. Sie ist je nach Bundesland leicht abweichend beschrieben, im Grunde als Eintreffzeit des ersten Rettungsmittels an der Unfallstelle seit Beendigung des Notrufgesprächs definiert und mit zeitlichen Vorgaben versehen. In den meisten Bundesländern soll sie bei 95 % aller Rettungsdiensteseinsätze (sog. „p95-Wert“) 10 bis 15 Minuten nicht übersteigen. Die reale Hilfsfrist zu Verkehrsunfällen hatte sich gegenüber 2008/2009, den Jahren der letzten vorhergehenden Erhebung, im Mittel zwar auf 8,7 Minuten leicht verbessert, der „p95-Wert“ jedoch mit 19,3 Minuten verschlechtert. Der Notarzt, sofern alar-

¹ Schmiedel R., Behrendt H., „Leistungen des Rettungsdienstes 2012/2013“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 260, Bergisch Gladbach, 2015



miert, traf allerdings im Mittel erst nach 13,9 Minuten, bezogen auf den „p95-Wert“ erst nach 28,2 Minuten ein².

Es stellt sich vor diesem Hintergrund die Frage, welche Arten von Verkehrsunfällen beziehungsweise Verkehrsteilnehmer mit ihren Eigenarten für das Rettungswesen möglicher Weise besondere Anforderungen darstellen, um diesen zukünftig noch wirksamer begegnen zu können. Zwar wurde bei der Erhebung der Leistungen des Rettungsdienstes im Rahmen einer Pilotstudie versucht, mehr über die betroffenen Gruppen von Verkehrsunfallopfern und die Umstände, unter denen sie verunglücken, in Erfahrung zu bringen³. Die Verknüpfung von Daten über die Art der Verkehrsbeteiligung und die allgemeine Verletzungsschwere, wie sie mit den Kategorien „getötet“ (Tod innerhalb von 30 Tagen nach Unfallereignis), „schwerverletzt“ (stationäre Aufnahme in einer Klinik für mindestens 24 Stunden unmittelbar nach dem Unfallereignis) und „leichtverletzt“ (alle übrigen Verletzten) bei der polizeilichen Verkehrsunfallaufnahme und Verkehrsunfallstatistik üblich ist⁴, und Daten des Rettungsdienstes und der präklinischen Versorgung ist jedoch nach wie vor eine große Herausforderung. Noch schwieriger stellt sie sich dar, wenn nicht nur die amtliche Verletzungsschwere, sondern auch die anatomische Verletzungsschwere, wie der Abbreviated Injury Scale (AIS)⁵ oder Maximum AIS (MAIS) betrachtet werden soll, welche nur mit klinischer Diagnostik bestimmbar ist.

Die vorliegende Studie versucht, beide Aspekte zu berücksichtigen und darüber hinaus auch Verkehrsunfälle mit Personenschaden mit zu beleuchten, die entweder der Polizei nicht zur Kenntnis gelangen (und damit nicht in die amtliche Verkehrsunfallstatistik eingehen) oder nicht durch den Rettungsdienst versorgt werden. Die Untersuchung verfolgt dabei nicht das Ziel, statistisch repräsentative Daten zu liefern, die nur bundesweit mit sehr großen Fallzahlen – und großem Aufwand und den damit verbundenen Schwierigkeiten – zu erlangen wären, sondern ist als Ansatz zu verstehen, auf Grundlage von Daten der Unfallforschung schlaglichtartig Herausforderungen für das Rettungswesen bei Verkehrsunfällen herauszustellen.

2. Methodik

Die Arbeit basiert auf einer Auswertung der Unfalldatenbank der Versicherer (UDB). Diese speist sich aus Informationen aus Schadenakten der deutschen Kraftfahrthaftpflichtversicherer, beschränkt auf Fälle mit Personenschaden und einem Schadenaufwand von mindestens 15.000 Euro. Die Fälle werden aus der Gesamtheit aller Schadenfälle eines Jahres nach einem geschichteten Stichprobenverfahren gezogen, so dass die Unfalldatenbank in Verbindung mit geeigneten Hochrechnungsfaktoren als repräsentativ für das Schadensgeschehen der deutschen Versicherer angesehen werden kann.

Die Erfassung erfolgt retrospektiv, indem relevante Informationen aus der Akte in mehreren hundert Merkmalen kodiert werden, die Detailaussagen unter anderem über die äußeren Unfallumstände, den Un-

² Schmiedel R., Behrendt H., „Leistungen des Rettungsdienstes 2012/2013“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 260, Bergisch Gladbach, 2015

³ dto.

⁴ Statistisches Bundesamt, „Verkehr – Verkehrsunfälle 2017“, Wiesbaden, 2018

⁵ Association for the Advancement of Automotive Medicine, Course Training Manual, A specialized Course on: Injury Scaling: Uses and Techniques, Introducing The Abbreviated Injury Scale – 2005 Update 2008, Version January 2011, Barrington, Illinois, USA



fallhergang, beteiligte Fahrzeuge mit deren Beschädigungen und Verunglückte mit ihren Verletzungen zulassen. Je nach Aktenlage stehen dafür Informationen aus der amtlichen Verkehrsunfallanzeige, Zeugenaussagen, Sachverständigengutachten und Berichte von Behandlungseinrichtungen zur Verfügung. Sämtliche Informationen werden bereits bei der Datenerfassung anonymisiert. Die Kodierung von Verletzungen und ihrer Schwere erfolgt nicht nur nach den Kategorien der amtlichen Statistik in „leichtverletzt“, „schwerverletzt“ und „getötet“, sondern auch nach dem anatomischen Score-System AIS 2005, Update 2008⁶. Für den abgeleiteten Wert MAIS (Maximum AIS) als Score für die Gesamtverletzungsschwere wird, wo bei Mehrfachverletzten nicht das komplette Verletzungsmuster bekannt ist, unterstellt, dass die dokumentierten Verletzungen auch die voraussichtlich schwersten darstellen.

Für die vorliegende Studie wurden insbesondere auch Merkmale genutzt, die zur Beschreibung der präklinischen Versorgung in der Datenbank erhoben werden. Dazu gehören die Art der ersten eingesetzten Rettungsmittel und die ungefähre Dauer bis zum Eintreffen an der Unfallstelle. Da keine Daten aus Rettungsleitstellen zur Verfügung stehen, werden diese Informationen aus Beschreibungen der Situation an der Einsatzstelle, meist durch die ersten eintreffenden Polizeibeamten, entnommen. Schon weil in der Praxis in der Regel der Zeitpunkt des Notrufeingangs bei der Polizei als Unfallzeit gilt, der nicht notwendiger Weise mit der Alarmierung der Rettungskräfte zusammenfallen muss, kann für die Eintreffzeiten der ersten Rettungsmittel nur ein Zeitfenster angegeben werden. Dadurch wird die Dauer bis zum Eintreffen des ersten Rettungsmittels bei der Erfassung in der Unfalldatenbank gegebenenfalls etwas überschätzt. Gerade bei schweren Verkehrsunfällen mit mehreren Verletzten werden auch mehrere Rettungsmittel, das heißt Rettungswagen, Notarzteinsatzfahrzeuge und gegebenenfalls Rettungshubschrauber, zur Erstversorgung und für den Transport in die Klinik eingesetzt. Dabei ist zu beachten, dass die verzeichnete Eintreffzeit wie auch die Hilfsfrist sich in der Regel auf die ersten eintreffenden Rettungsmittel beziehen; Eintreffzeiten weiterer oder nachalarmierter Einsatzfahrzeuge werden in der Unfalldatenbank nicht erfasst. Die Angaben aus der Unfalldatenbank lassen sich daher – mit den oben genannten Einschränkungen – ungefähr mit der gesetzlichen Hilfsfrist vergleichen.

Ferner wird untersucht, ob neben dem Verkehrsteilnehmer mit der interessierenden Verletzungsschwere (leicht-, schwer-, tödlich verletzt) weitere Verunglückte im betreffenden Unfallereignis zu verzeichnen waren. Gerade wenn mehrere schwer oder gar lebensbedrohlich Verletzte an der Unfallstelle vorgefunden werden, müssen auch mehrere geeignete Rettungsmittel und Notärzte innerhalb vertretbarer Zeit an die Unfallstelle gelangen und gegebenenfalls eine Triage der Verletzten bezüglich der dringlichsten Behandlung und des Transportes erfolgen.

Im unmittelbaren Zusammenhang mit der Erstversorgung von Unfallopfern ist auch die Dokumentation der Rettung eingeklemmter oder eingeschlossener Personen aus Fahrzeugen von Bedeutung. Unterschieden wird hier zwischen selbstständigem Verlassen eines Fahrzeugs, der Befreiung durch Laienhelfer bis hin zu

⁶ Association for the Advancement of Automotive Medicine, Course Training Manual, A specialized Course on: Injury Scaling: Uses and Techniques, Introducing The Abbreviated Injury Scale – 2005 Update 2008, Version January 2011, Barrington, Illinois, USA



Rettungsmaßnahmen durch die Feuerwehr unter Zuhilfenahme von schwerem Werkzeug wie Rettungsschere und –spreizern.

Die Auswertung der Unfalldaten erfolgte für Ereignisse der Jahre 2009 bis 2013. Zur Übersichtlichkeit und besseren Vergleichbarkeit der Teilergebnisse werden diese im Weiteren nach der Art der – verletzten – Verkehrsteilnehmer unterschieden, also, ob diese als Fahrzeuginsasse, als Nutzer eines motorisierten Zweirades oder als Fahrradfahrer oder Fußgänger verunglückten. Gegenüberstellungen zwischen der Verletzungsschwere nach amtlicher Definition mit der anatomischen Verletzungsschwere nach AIS beziehungsweise MAIS erfolgen auf Personenebene, ebenso die Analyse, ob Verunglückte mit fremder Hilfe aus einer Einklemmungssituation gerettet werden mussten.

Bei Analysen hinsichtlich der an die Unfallstelle entsandten Rettungsmittel und deren Eintreffzeiten ist bei mehreren gleichzeitig Verletzten nicht ermittelbar, welchen Personen die präklinische Hilfe zuerst zu Teil wurde. Daher werden sinnvoller Weise auch Merkmale der Unfallebene berücksichtigt. Beispielsweise werden schwerverletzte Pkw-Insassen dann nur in Unfallereignissen mit der schwersten Unfallfolge „schwer verletzt“ (U(SV)) betrachtet. Diese Unfallkategorie bedeutet, dass mindestens ein Beteiligter schwerverletzt, aber keiner getötet wurde. Andererseits können im selben Unfallereignis zusätzlich auch Leichtverletzte – auch anderer Art der Verkehrsbeteiligung wie Nutzer motorisierter Zweiräder oder Nutzfahrzeuginsassen – zu verzeichnen gewesen sein, die jedoch für die unmittelbare Auswertung des Szenarios „Schwerverletzter Pkw-Insasse in U(SV)“ keine Berücksichtigung finden. Damit sollen Mehrfachzählungen der Unfallumstände nach Möglichkeit vermieden werden.

Anteilswerte innerhalb der analysierten Gruppen oder Szenarien beziehen sich auf die jeweilige Anzahl valider Werte. Deren Zahl kann – abhängig von der Datenlage – niedriger als die Zahl der Unfallereignisse oder Personen in der Gesamtheit verfügbarer Fälle sein. In den Diagrammen wird daher die jeweilige Grundgesamtheit „n“ angegeben. Beim Vergleich von Anteilswerten werden Unterschiede mittels Chi-Quadrat-Test für dichotome Merkmale auf Signifikanz getestet und als Signifikanzniveau ein p-Wert von 5% vereinbart.

3. Ergebnisse

3.1. Verkehrsbeteiligung und Verletzungsschwere

Das Material umfasst 1.000 Unfallereignisse mit Beteiligung von Pkw, wozu auch Kleintransporter mit Pkw-Zulassung gezählt wurden. Darin waren 3.316 Pkw-Insassen involviert, von denen 1.731 Verletzungen erlitten: 1.384 Insassen wurden leicht, 316 schwer und 31 tödlich verletzt. Des Weiteren enthält das Material 660 Unfälle mit Beteiligung von motorisierten Zweirädern (Krad) mit insgesamt 962 Aufsassen. Von diesen wurden 276 leicht, 420 schwer verletzt und 58 getötet.

Weiterhin enthalten sind 229 Unfallereignisse mit Beteiligung von Fahrrädern und 233 Radnutzern, davon 90 leicht und 136 schwer Verletzte und sechs Getötete.



Schließlich finden sich im Material 191 Unfälle mit Beteiligung von 202 Fußgängern, worunter auch beispielsweise Straßenarbeiter oder Fahrer oder Mitfahrer gezählt wurden, die sich zum Zeitpunkt des Unfalls außerhalb ihres Fahrzeugs befanden. Leicht verletzt wurden 43, schwer verletzt wurden 143 und getötet wurden elf Fußgänger.

Für einen großen Teil der Verletzten und Getöteten ließ sich die Gesamtverletzungsschwere in Form des Maximum AIS (MAIS) ermitteln. Darin enthalten waren auch Fälle mit unvollständiger Verletzungsdokumentation, die aber eine konservative Abschätzung des MAIS erlaubten. Die Abbildungen 1–3 zeigen die Verteilung der vier verschiedenen Arten der Verkehrsbeteiligung und ihrer anatomischen Schwere-Scores unter den Leichtverletzten, Schwerverletzten und Getöteten gemäß amtlicher Definition im ausgewerteten Material.

Den bei weitem größten Anteil unter den Leichtverletzten mit bekanntem MAIS (Abbildung 1) bilden die 1302 Insassen von Pkw. Während von diesen 94 % einen MAIS1 aufweisen, häufig als Resultat von Prellungen oder Distorsionen der Halswirbelsäule nach Auffahrunfällen im Innerortsbereich, fällt ein erheblicher Anteil von MAIS2 bei Nutzern von motorisierten Zweirädern (27 %) und insbesondere bei Radfahrern und Fußgängern auf (54 % bzw. 43 %). Es finden sich sogar Leichtverletzte mit MAIS3, also schweren Verletzungen, je einer unter Fußgängern (2 %) und Radfahrern (1 %) sowie sechs unter Krad-Nutzern (2 %), die zum Teil erst später einer stationären Versorgung zugeführt wurden.

Unter den Schwerverletzten mit bekanntem MAIS (Abbildung 2) dominieren hinsichtlich der absoluten Zahl im Material die 384 Nutzer motorisierter Zweiräder, darunter auch 102 Mitfahrer, das heißt Soziolen. Der Anteil MAIS2-Verletzter unter den Krad-Nutzern beträgt 50 %, 41 % erlitten Verletzungen MAIS3+. Nur 9 % weisen Verletzungen MAIS1 auf, erfüllen aber die Kriterien eines „Schwerverletzten“ im amtlichen Sinne. Radfahrer zeigen im Material eine sehr ähnliche Verteilung der anatomischen Verletzungsschwere MAIS. Schwerverletzte Fußgänger weisen mit einem Anteil von 40 % bei MAIS2, aber 50 % bei MAIS3+ die höchste Gesamtverletzungsschwere auf. Mit 34 % MAIS2 und einem vergleichsweise geringen Prozentsatz von 28 % bei MAIS3+ hatten Pkw-Insassen trotz stationärer Aufnahme die geringste Verletzungsschwere. Auffällig ist auch der hohe Anteil MAIS1-Verletzter (36 %), der drei- bis viermal so hoch wie bei Fußgängern und Zweiradnutzern ausfällt. Ein geringer Teil wird sogar trotz offensichtlich fehlender anatomischer Verletzung (MAIS0) stationär aufgenommen, meist zur kurzzeitigen Beobachtung. Dies geschieht mitunter bei Schwangeren und Kindern, um initial übersehene Verletzungen auszuschließen.

Für getötete Verkehrsteilnehmer, insbesondere beim Tod noch an der Unfallstelle, sind die Verletzungsmuster und somit auch die Verletzungsschwere oftmals nicht bekannt, die auswertbaren Fallzahlen insbesondere bei Fußgängern und Radfahrern daher reduziert. Erwartungsgemäß lassen sich hier zum allergrößten Teil Gesamtverletzungsschweren MAIS3+ feststellen. Der kleine Anteil von MAIS2-Verletzten mit Todesfolge bei Krad-Nutzern und Pkw-Insassen ist auf die konservative Schätzung der Verletzungsschwere zurückzuführen, wenn wenig Details zu Einzelverletzungen vorliegen. Die tatsächliche Verletzungsschwere wird dann eventuell unterschätzt.

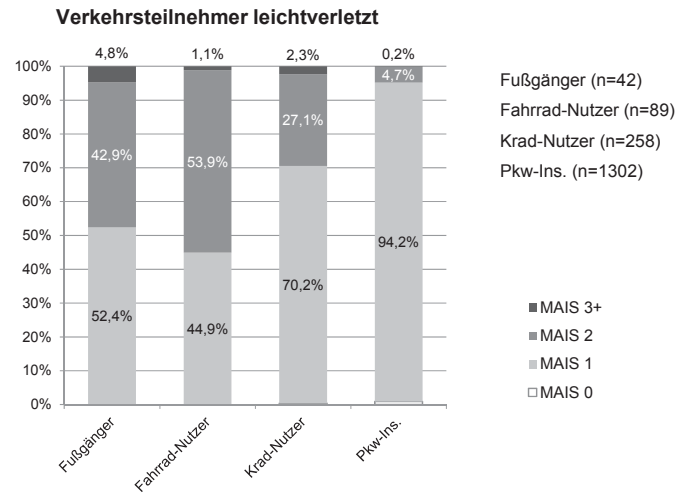


Abbildung 1: Verletzungsschwere nach MAIS unter Leichtverletzten

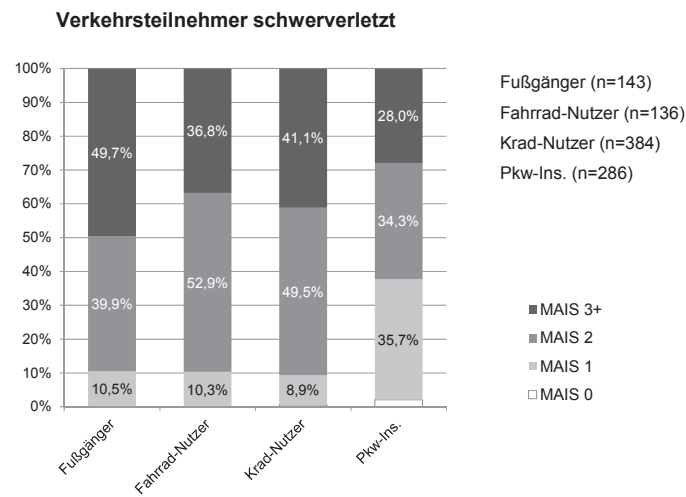


Abbildung 2: Verletzungsschwere nach MAIS unter Schwerverletzten

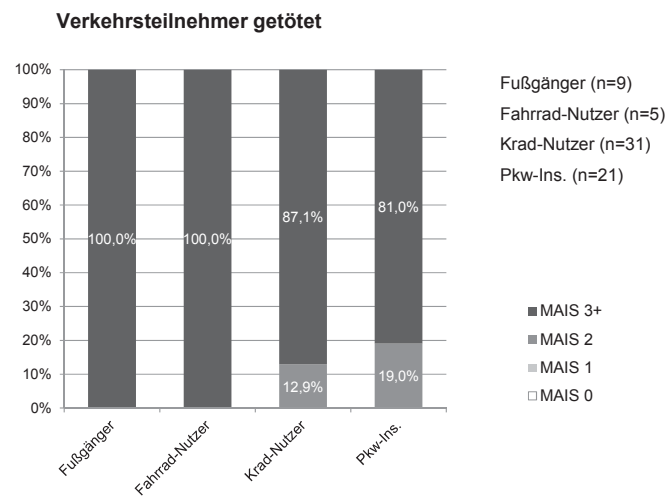


Abbildung 3: Verletzungsschwere nach MAIS unter Getöteten



3.2. Verkehrsbeteiligung und eingesetzte Rettungsmittel

Daten über eingesetzte Rettungsmittel sind nur für einen Teil der Verletzten und Getöteten verfügbar. Bei Leichtverletzten (Abbildung 4) fällt auf, dass zu einem beträchtlichen Teil offenbar kein Rettungsdienst alarmiert wurde. Dies gilt besonders für leichtverletzte Pkw-Insassen und Radfahrer mit je 25 %, noch mehr aber für leichtverletzte Fußgänger mit 40 %. Aus unterschiedlichen Gründen begeben diese sich erst zu einem späteren Zeitpunkt in medizinische Behandlung. Während bei leichtverletzten Pkw-Insassen, wie oben erläutert, häufig Distorsionen der Wirbelsäule beklagt werden, die oftmals erst Stunden nach dem Unfall einsetzen, werden Schmerzen an der Unfallstelle von Fußgängern und Radfahrern wie auch von Dritten mitunter nicht ernst genug genommen und stellen sich erst später als schwerere Verletzungen, zum Beispiel als Frakturen an Extremitäten oder Brustkorb, heraus. Entsprechend ist auch der Anteil der durch Notarzt präklinisch versorgten Leichtverletzten unter Fußgängern und Radfahrern mit 20 % beziehungsweise 26 % am niedrigsten. Am höchsten ist er mit Abstand hingegen bei leichtverletzten Krad-Nutzern. Bei dieser Analyse ist zu berücksichtigen, dass die Einordnung der Betroffenen in die Kategorie der Leichtverletzten eben eine Folge einer anfänglichen Unterschätzung der tatsächlichen anatomischen Verletzungsschwere sein kann, die dann nur eine zunächst ambulante Behandlung erfährt, wie auch aus Abbildung 1 hervorgeht.

In der Gruppe der Schwerverletzten (Abbildung 5) beträgt der von Rettungssanitätern alleine oder in Zusammenarbeit mit einem Notarzt versorgte Anteil mindestens 90 %. Auch hier fällt aber auf, dass Fußgänger und insbesondere Radfahrer mit 46 % zu einem geringeren Prozentsatz durch einen Notarzt versorgt werden. Bei Unfällen mit getöteten Pkw-Insassen, Krad-Nutzern und Fußgängern wird zu annähernd 100 % auch der Notarzt alarmiert (Abbildung 6). Bei Radfahrern beträgt die Alarmierungsrate im vorliegenden Material nur 50 %, wobei – ebenso wie bei Fußgängern – auf die geringe absolute Fallzahl hingewiesen werden muss. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass bei manchen Unfallopfern der Tod nicht bereits an der Unfallstelle eintritt, sondern diese vereinzelt erst nach mehreren Wochen im Krankenhaus versterben. Im Falle eines älteren Radfahrers, der keine präklinische Versorgung am Unfallort erfuhr und der mit 17 % Anteil in die Auswertung getöteter Radfahrer eingeht, stürzte dieser nach einer vergleichsweise leichten Kollision mit einem Lieferwagen. Er begab sich aber mit Kopfschmerzen selbstständig nach Hause, wo er mehrere Stunden später bewusstlos zusammenbrach und daraufhin mit dem Rettungsdienst in eine Klinik transportiert wurde. Es wurde eine Hirnblutung diagnostiziert und operativ entlastet. Dennoch verstarb der Radfahrer nach mehreren Wochen im Krankenhaus. Bei den in der Rubrik „durch Sonstige“ Versorgten handelt es sich um Unfallopfer, die durch Rettungsmittel erstversorgt wurden, welche kurz nach dem Unfall zufällig an der Unglücksstelle vorbeikamen.

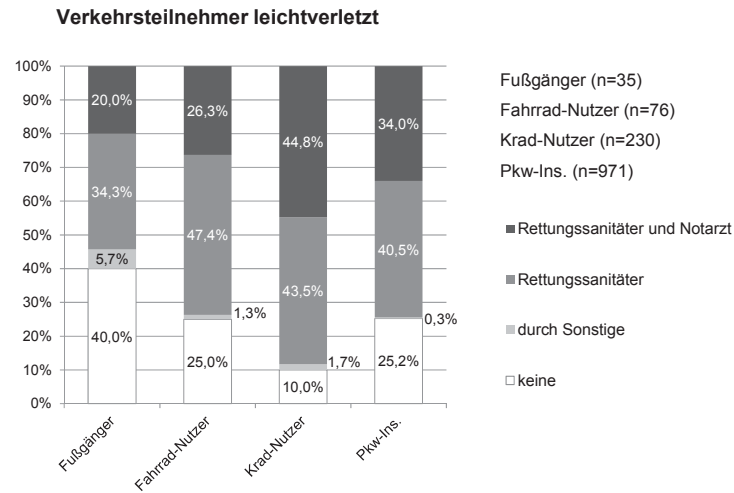


Abbildung 4: Eingesetzte Rettungsmittel bei Leichtverletzten in U(LV)

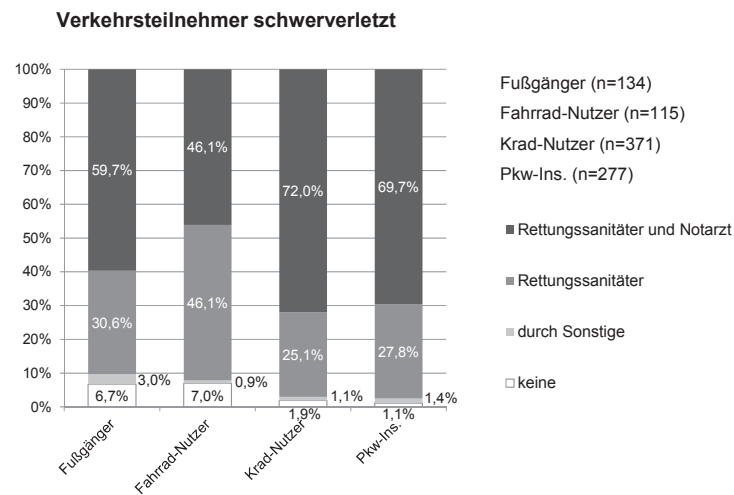


Abbildung 5: Eingesetzte Rettungsmittel bei Schwerverletzten in U(SV)

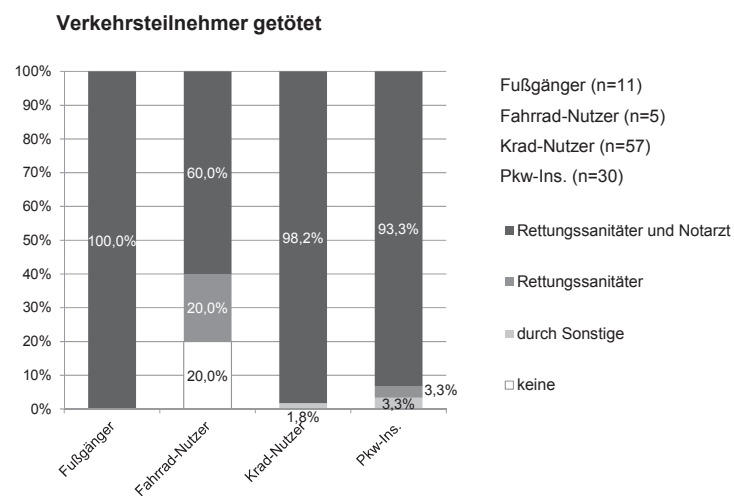


Abbildung 6: Eingesetzte Rettungsmittel bei Getöteten in U(GT)



3.3. Unfallort und Unfallzeit und Eintreffzeiten der Rettungsmittel

Eintreffzeiten der ersten Rettungsmittel nach dem Unfall lassen sich nur für einen Teil der Ereignisse ermitteln und – wie oben beschrieben – in der Regel nur indirekt aus Berichten der Polizei bestimmen. Um hier zu ausreichenden Fallzahlen für weitere Analysen zu gelangen, wird auf eine Differenzierung nach Art der Verkehrsbeteiligung verzichtet. Ein möglicher Einfluss auf die Eintreffzeiten wäre denkbar durch die Ortslage der Unfälle, unterschieden nach innerorts und außerorts, wobei wegen der verfügbaren Fallzahl keine weitere Unterscheidung zwischen Autobahnen und anderen Außerortsstraßen getroffen wird. Eine Gegenüberstellung dieser beiden Szenarien liefert 102 Personen, die innerorts und 103 Personen, die außerorts verunglücken. Ihre jeweiligen Gruppengrößen differieren bei weiterer Unterscheidung nach amtlicher Verletzungsschwere allerdings (Abbildungen 7–9). Tendenziell zeigen Eintreffzeiten zu Unfällen mit Verletzten und Getöteten innerorts kürzere Eintreffzeiten gegenüber solchen, die sich außerorts ereignen. Die etwas höheren Anteile von Eintreffzeiten innerhalb von 20 Minuten gegenüber denen mit Eintreffzeiten über 20 Minuten sind aber für keines der drei Szenarien statistisch signifikant ($p > 0,05$). Durchschnittlich werden demnach Eintreffzeiten innerhalb von 20 Minuten innerorts in 92 %, außerorts in 85 % der Fälle im Material erreicht ($p = 0,08$).

Weiterhin wird analysiert, inwieweit unterschiedliche Tageszeiten die Eintreffzeiten beeinflussen. Unterschieden wird nach Unfällen im Zeitraum zwischen 6.00 h morgens und 18.00 h abends („tagsüber“) und dem Zeitraum vor 6.00 h und nach 18.00 h („nachts“). Hier stehen insgesamt 154 Fälle tagsüber 51 Fällen nachts gegenüber. Eintreffzeiten innerhalb von 20 Minuten werden durchschnittlich tagsüber in 91 %, nachts in 80 % der Fälle erreicht. Dieser Unterschied ist statistisch knapp signifikant ($p < 0,05$). Bei Betrachtung der einzelnen Szenarien (Abbildungen 10–12) die Anteilswerte für Eintreffen innerhalb von 20 Minuten tagsüber signifikant höher als nachts ($p < 0,05$): bei Unfällen mit Leichtverletzten in 85 % gegenüber 54 % und bei Unfällen mit Getöteten in 95 % gegenüber 70 %. Bei Unfällen mit Schwerverletzten hingegen wurde diese Eintreffzeit nachts mit 96 % etwas häufiger als tagsüber mit 91 % eingehalten. Der Unterschied ist allerdings statistisch nicht signifikant ($p = 0,35$). Gerade bei Unfällen nachts muss auf die vergleichsweise geringe Fallzahl in den einzelnen Szenarien hingewiesen werden.

3.4. Verkehrsbeteiligung und Anzahl Verunglückter im Unfallereignis

Ebenfalls auf Unfallebene wird ausgewertet, wie viele Verunglückte insgesamt im betreffenden Ereignis vorhanden sind, wenn ein Fußgänger, Radfahrer, Krad-Aufsasse oder Pkw-Insasse leicht, schwer oder tödlich verletzt wird. Wie im methodischen Teil weiter oben erläutert, werden dabei wiederum nur Unfallereignisse betrachtet, deren schwerste Folge die Verletzungsschwere des jeweils interessierenden Verkehrsteilnehmers nicht übersteigt. Dies bedeutet, dass beispielsweise im Zusammenhang mit schwerverletzten Krad-Nutzern nur Unfallereignisse U(SV) betrachtet werden, so dass weitere Verunglückte dementsprechend auch höchstens schwerverletzt sein können.

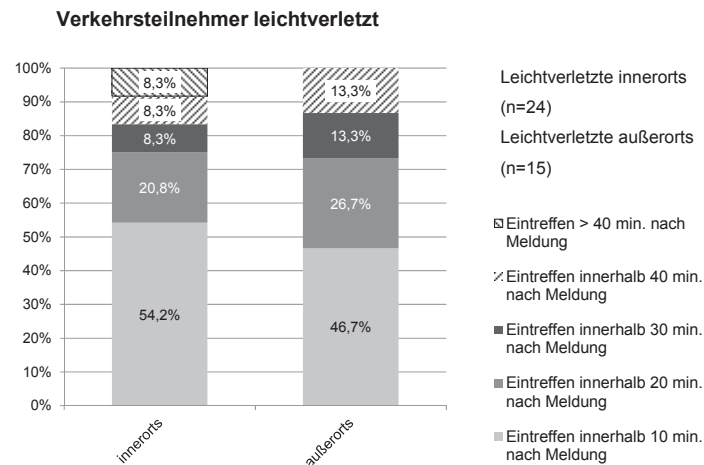


Abbildung 7: Eintreffzeiten bei Leichtverletzten in U(LV), innerorts vs. außerorts

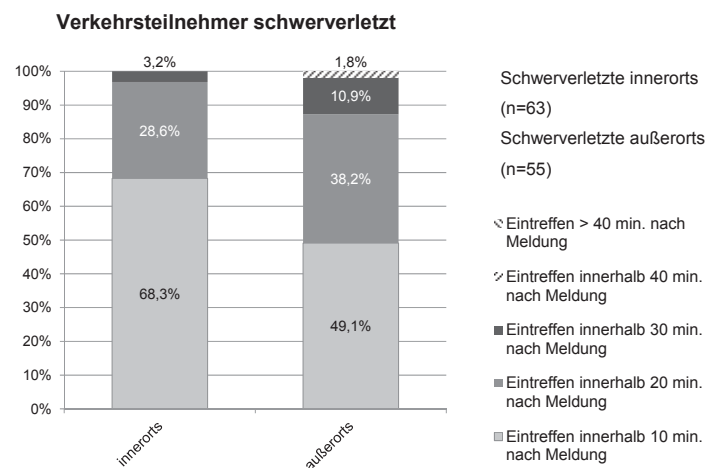


Abbildung 8: Eintreffzeiten bei Schwerverletzten in U(SV), innerorts vs. außerorts

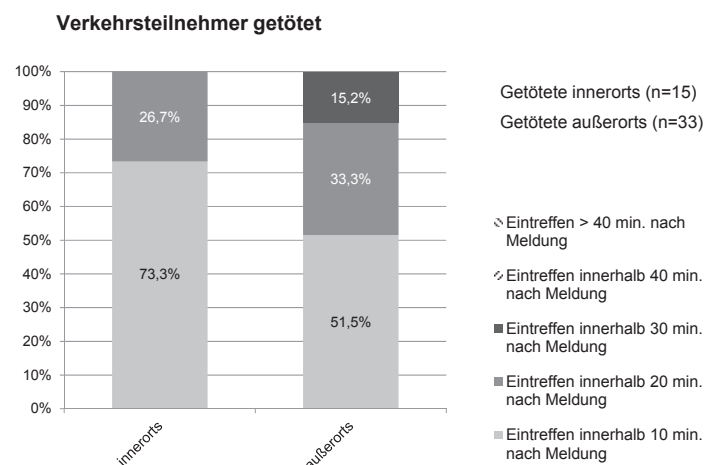


Abbildung 9: Eintreffzeiten bei Getöteten in U(GT), innerorts vs. außerorts

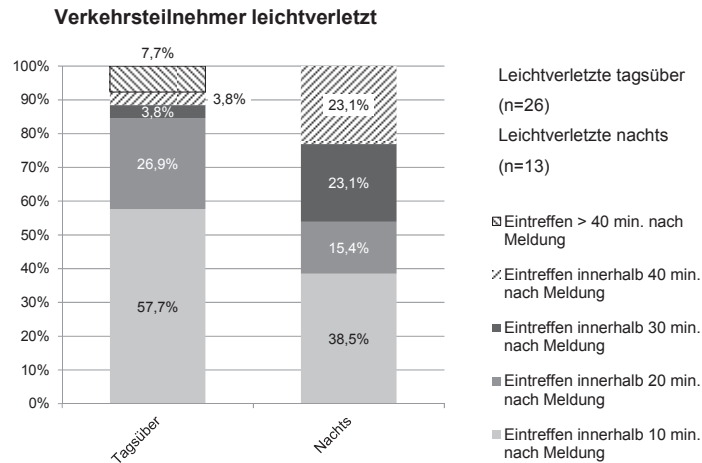


Abbildung 10: Eintreffzeiten bei Leichtverletzten in U(LV), tagsüber vs. nachts

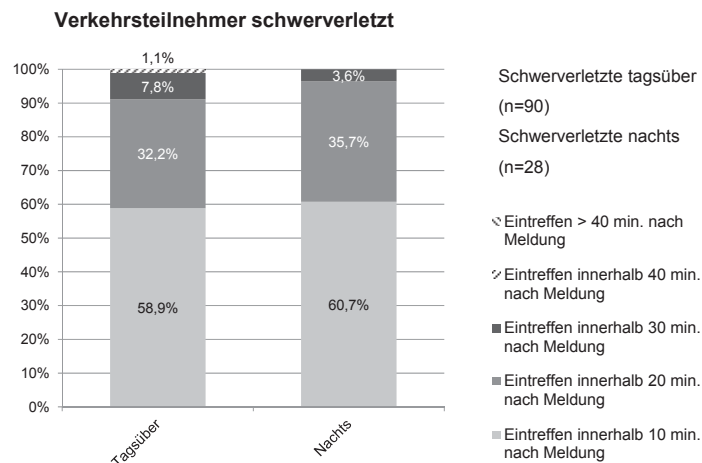


Abbildung 11: Eintreffzeiten bei Schwerverletzten in U(SV), tagsüber vs. nachts

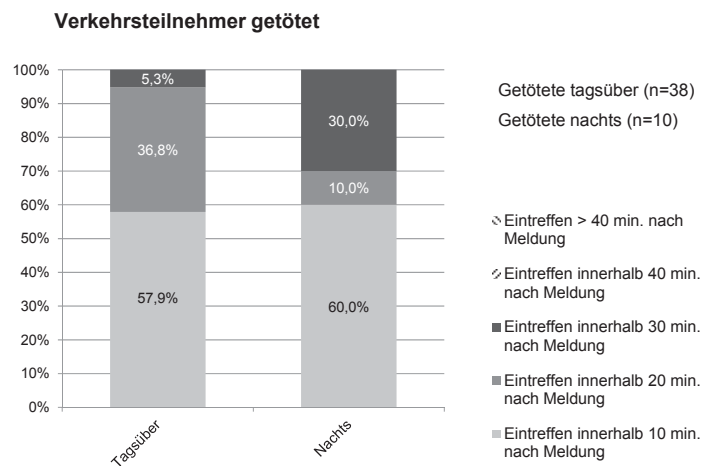


Abbildung 12: Eintreffzeiten bei Getöteten in U(GT), tagsüber vs. nachts

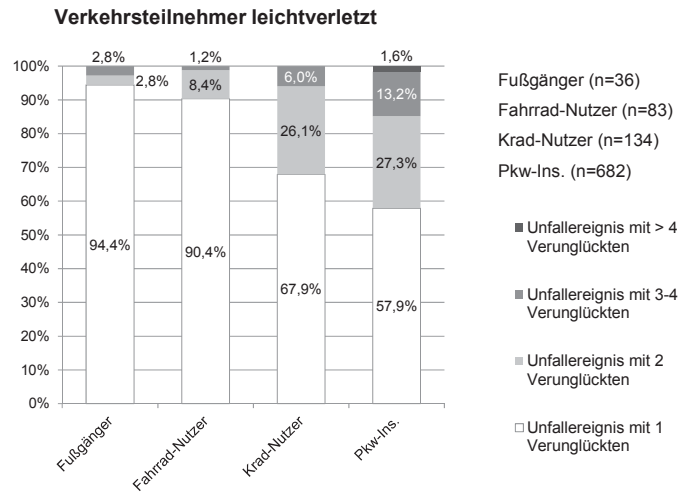


Abbildung 13: Anzahl aller Verunglückten bei Leichtverletzten in U(LV)

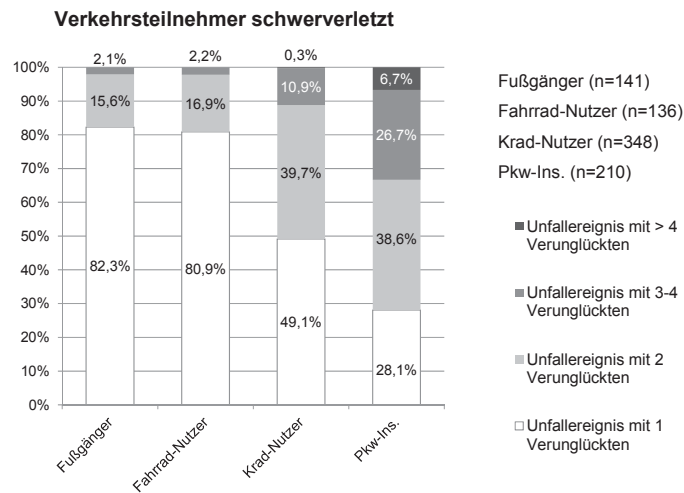


Abbildung 14: Anzahl aller Verunglückten bei Schwerverletzten in U(SV)

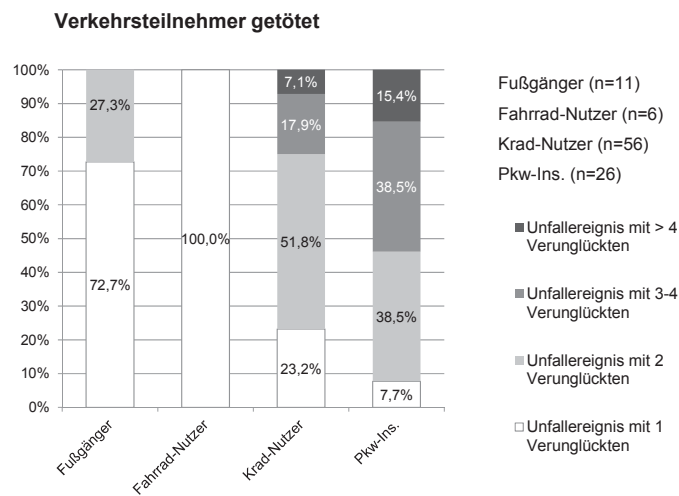


Abbildung 15: Anzahl aller Verunglückten bei Getöteten in U(GT)



Wie aus Abbildungen 13–15 hervorgeht, sind bei Unfällen mit Beteiligung von Fußgängern und Radfahrern selten weitere Verunglückte vorhanden. Bei verunglückten Krad-Nutzern beträgt der Anteil von Unfällen mit nur einem Verunglückten, also dem Krad-Nutzer selbst, hingegen nur etwa zwei Drittel (68 %) bei Leichtverletzten und sinkt bei Unfällen mit getöteten Krad-Nutzern auf knapp ein Viertel (23 %). Bei Pkw-Insassen ist der Anteil von Unfallereignissen mit weiteren Verletzten, nicht zuletzt auch aufgrund des höheren durchschnittlichen Besetzungsgrades von Pkw, in allen drei Szenarien am höchsten. Bei Unfällen mit getöteten Pkw-Insassen (Abbildung 15) sind jeweils in knapp 39 % der 26 Fälle ein oder sogar zwei bis drei weitere Verletzte oder Getötete zu beklagen, in 15 % sogar mehr als drei weitere Verunglückte.

Tendenziell nimmt also die Anzahl weiterer Verunglückter im Unfallereignis mit zunehmender Verletzungsschwere des betreffenden Verkehrsteilnehmers zu.

3.5. Verkehrsbeteiligung und Befreiung

Zuletzt werden die Notwendigkeit einer Befreiung von verunglückten Verkehrsteilnehmern und die dafür eingesetzten Mittel untersucht. Wenngleich Einklemmungen in erster Linie für Fahrzeuginsassen zu erwarten sind, werden auch Unfälle ungeschützter Verkehrsteilnehmer und Nutzer motorisierter Zweiräder diesbezüglich untersucht. Die Auswertung erfolgt auf Personenebene, für Insassen für Pkw nur für dessen Fahrer (Abbildungen 16–18).

Erwartungsgemäß ist eine Befreiung von leicht verletzten Verkehrsteilnehmern fast nie erforderlich (Abbildung 16). Lediglich 2 % der leichtverletzten Krad-Nutzer und Pkw-Fahrer werden durch Ersthelfer befreit. Weitere 2% der leichtverletzten Pkw-Fahrer können sich selbst aus der Notlage befreien, indem sie ihr Fahrzeug beispielsweise durch ein Fenster selbstständig verlassen. In solchen Fällen sind Insassen, beispielsweise bei einem Pkw in Seitlage, zwar anfänglich eingeschlossen, aber nicht eingeklemmt.

Unter Schwerverletzten beträgt der Anteil von Pkw-Fahrern, die nur mit fremder Hilfe aus ihrem Fahrzeug gelangen, 41 % (Abbildung 17). In 29 % der Fälle ist dazu der Einsatz von Rettungskräften mit leichtem oder schwerem Werkzeug erforderlich. Schwerverletzte ungeschützte Verkehrsteilnehmer und Krad-Nutzer müssen nur in 2–3 % der Fälle mit fremder Hilfe aus einer Notlage befreit werden, zum Beispiel nach Einklemmung unter einem Kraftfahrzeug. In der Regel gelingt dies durch Ersthelfer ohne Werkzeug.

Zur Befreiung getöteter Pkw-Fahrer ist ausnahmslos fremde Hilfe erforderlich, in drei Viertel der Fälle (76 %) unter Zuhilfenahme von schwerem Rettungsgerät, was auf Einklemmungen der Betroffenen schließen lässt. An dieser Stelle sei noch einmal daran erinnert, dass der Tod nicht zwangsläufig bereits an der Unfallstelle eintritt. Etwa die Hälfte der getöteten Pkw-Insassen verstirbt erst im Krankenhaus. Ein Fußgänger, der von einem Bus überrollt wurde, musste durch Rettungskräfte geborgen werden. Vier getötete Kradfahrer, die nach Sturz unter andere Kraftfahrzeuge gerieten, mussten durch Ersthelfer oder durch Rettungskräfte befreit werden, verstarben in drei Fällen aber schon an der Unfallstelle.

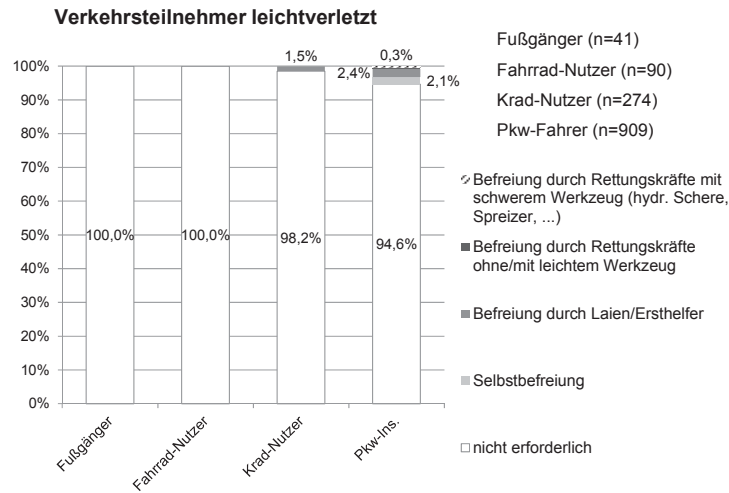


Abbildung 16: Befreiung von Leichtverletzten

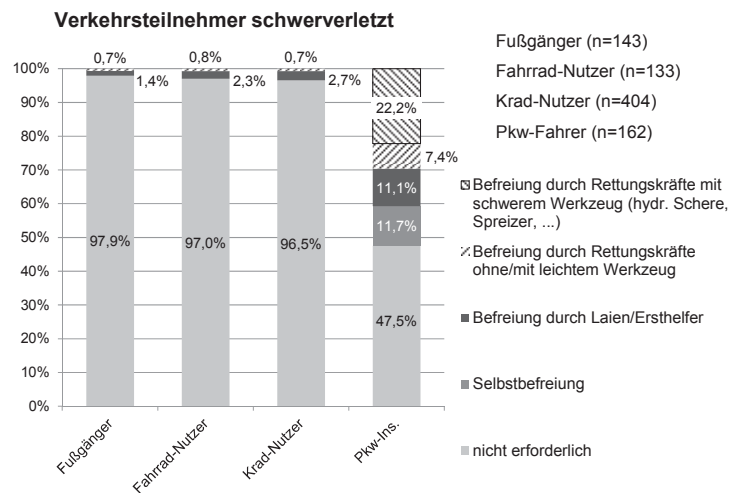


Abbildung 17: Befreiung von Schwerverletzten

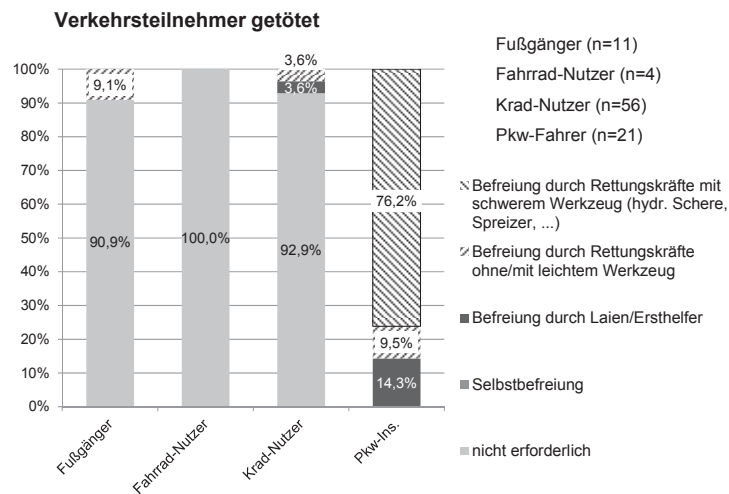


Abbildung 18: Befreiung von Getöteten



4. Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Unfalldatenbank der Versicherer (UDB) hinsichtlich Merkmalen der Rettung und präklinischen Versorgung von Verunglückten, unterschieden nach der Art ihrer Verkehrsbeteiligung und ihrer Verletzungsschwere im Sinne der amtlichen Definition, ausgewertet. In der Vergangenheit gab es mehrere Projekte, die versuchten, rettungsdienstliche Daten mit Informationen zur Verletzungsschwere von Verkehrsunfallopfern zu verknüpfen. In einer Pilotstudie im Lahn-Dill-Kreis wurden 2006 Unfalldaten der Polizei und des Rettungsdienstes gematcht, wobei für 36 % der vom Rettungsdienst Versorgten keine Entsprechung bei der Polizei und umgekehrt für 17 % der polizeilich dokumentierten Verletzten keine Rettungsdienstdaten ermittelt werden konnten⁷. Dies weist auf ein prinzipielles Dunkelfeld von Verkehrsunfallopfern bezüglich präklinischer Versorgung hin, sowohl bei der Identifizierung in Rettungsdienstdaten als auch in Unfallaufnahmen durch die Polizei. Die Verletzungsschwere der Unfallopfer erfolgte in dieser Studie, neben der gebräuchlichen Kategorisierung im amtlichen Sinne, nur in Form einer Ersteinschätzung durch den Rettungsdienst. Eine andere Datenquelle, das Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)⁸, beinhaltet zwar bundesweit eine große Zahl von Verletzten, darunter auch solche aus Verkehrsunfällen, beschränkt die Fallauswahl aber bewusst auf potenziell schwere Verletzungen (Aufnahme über den Schockraum einer Klinik und intensivpflichtige Behandlung) und kann über den Unfallmechanismus nur eingeschränkt Auskunft geben. Eine Studie zur Inzidenz von Polytraumata bei Verkehrsunfällen im Jahr 2008 lieferte neben ausführlichen Verletzungsmustern auch Details der zugrunde liegenden Unfallumstände, beschränkte sich aber ebenfalls auf besonders schwer Verletzte und ausschließlich auf das Erhebungsgebiet Schwaben⁹. Eine geeignete Basis für Auswertungen der rettungsdienstlichen Versorgung von Verkehrsunfallopfern könnte eventuell die German In-Depth Study GIDAS bieten, allerdings auch nur für die von ihr untersuchten Großräume Hannover und Dresden.

Die hier vorliegende Auswertung der Unfalldatenbank der Versicherer bietet den Vorteil, sowohl Unfallereignisse aus dem gesamten Bundesgebiet zu umfassen als auch für einen großen Teil der Verunglückten die anatomische Verletzungsschwere und die Unfallumstände beschreiben zu können. Darin enthalten sind auch Verletzte mit vergleichsweise geringfügiger Verletzungsschwere, die mitunter weder der Polizei noch den Rettungsdiensten zur Kenntnis gelangen, weil sie sich eigenständig – mitunter auch zeitlich verzögert – in medizinische Behandlung begeben. Limitiert ist die Studie durch die verfügbare Stichprobengröße und die Einschlusskriterien für die Erfassung in der Datenbank, die die Beteiligung eines Kraftfahrzeugs und einen Haftpflichtschaden mit dem oben beschriebenen Mindestschadenaufwand voraussetzt. Da in der Regel keine unmittelbaren Einsatzdaten zu den Rettungsmitteln zur Verfügung stehen, konnten diesbezügliche Auswertungen nicht für alle in der Datenbank erfassten Verunglückten vorgenommen werden.

⁷ Auerbach K. et al., „Medizinische Folgen von Straßenverkehrsunfällen: Drei Datenquellen, drei Methoden, drei unterschiedliche Ergebnisse?“, Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach, 2009

⁸ Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, „TraumaRegister DGU, Jahresbericht 2017“, http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU-Jahresbericht_2017.pdf, Download 18.02.2019

⁹ Malczyk A., „Schwerstverletzungen bei Verkehrsunfällen“, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 722, Düsseldorf, 2010



Die Analyseergebnisse zeigen, dass einerseits Schwerverletzte, also Verunglückte, die unmittelbar im Anschluss an den Unfall stationär in einem Krankenhaus aufgenommen werden, zum Teil leicht verletzt im Sinne des Abbreviated Injury Scale sind, also AIS1. Besonders ausgeprägt ist dies bei Pkw-Insassen. Andererseits findet sich ein erheblicher Anteil von MAIS2- und vereinzelt sogar MAIS3-Fällen unter Leichtverletzten, die demzufolge zunächst nur ambulant oder gar nicht medizinisch behandelt wurden. Davon betroffen sind insbesondere Fußgänger und Fahrradfahrer. Während in verunfallten Pkw zwar trotz erheblicher Fahrzeugschäden und –deformationen gurtgesicherte Insassen auch dank moderner Rückhaltesysteme oftmals nur leichte Verletzungen erleiden, sind bei Kollisionen mit Fußgängern und Radfahrern oft nur geringe Beschädigungen am Kraftfahrzeug zu erkennen, die ungeschützten Verkehrsteilnehmer aber einem erheblichen Risiko für Frakturen und Schädel-Hirn-Traumata ausgesetzt. Dieses Risiko wird offenbar mitunter von Polizei und Rettungskräften, aber auch den Betroffenen selbst unterschätzt. Gelegentlich ist den näheren Unfallbeschreibungen zu entnehmen, dass letztere sogar den angebotenen Transport in ein Krankenhaus ablehnen.

Dieses Phänomen spiegelt sich auch darin wieder, dass leicht- und schwerverletzte Fußgänger und Radfahrer im Material tendenziell häufiger ohne präklinische Behandlung bleiben oder, wenn diese erfolgt, seltener durch einen Notarzt versorgt werden als Pkw-Insassen oder Nutzer motorisierter Zweiräder. Letztere zeigen den höchsten Anteil an notärztlicher Versorgung bei Schwer- und insbesondere bei Leichtverletzten. Hier scheint sich die Kenntnis eines prinzipiell hohen Verletzungsrisikos bei dieser Art von Verkehrsteilnehmern in einer vorsorglich großzügigen Alarmierung von Rettungsmitteln auszudrücken.

Die aus der Unfalldatenbank ermittelten Eintreffzeiten können nur einen ungefähren Anhaltspunkt für die Zeit liefern, in der ein Rettungsmittel nach Alarmierung die Unfallstelle erreicht. Die hier ausgewerteten Daten lassen zwar etwas längere Fahrzeiten bei Unfällen außerorts und nachts vermuten, die Interpretation sollte angesichts der begrenzten Fallzahl und Belastbarkeit der Daten aber sehr vorsichtig erfolgen. Für die verfügbaren Daten lässt sich feststellen, dass der überwiegende Teil der Unfallorte offenbar innerhalb von 10 Minuten und bei Unfällen mit Schwerverletzten oder Getöteten in etwa 90 % der Fälle innerhalb von 20 Minuten nach dem Unfalleintritt erreicht wurde. Vor dem Hintergrund der Auswertungen der Leistungen des Rettungsdienstes 2012/2013, welche für den p95-Wert bei Verkehrsunfällen eine reale Hilfsfrist von 19,3 Minuten ermittelten¹⁰, scheinen die Ergebnisse aus der Unfalldatenbank der Versicherer zumindest plausibel. Die tendenziell leichte Überschreitung der gesetzlichen Hilfsfristen, die für die Gesamtheit der rettungsdienstlichen Notfalleinsätze gelten, ist dabei sicher auch den besonderen Umständen schwerer Verkehrsunfälle geschuldet, die das Erreichen entfernter Unfallorte und gegebenenfalls das Auffinden der konkreten Unfallstelle erschweren. Unstrittig ist, dass die Erfüllung der Hilfsfrist allein noch kein Indikator für eine bestmögliche präklinische Versorgung ist, sondern unter anderem auch die Qualifikation des Rettungspersonals und der zeitnahe Transport in eine geeignete Klinik wichtig für das Überleben eines Patienten und das Verletzungoutcome sind.

¹⁰ Schmiedel R., Behrendt H., „Leistungen des Rettungsdienstes 2012/2013“, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 260, Bergisch Gladbach, 2015



Im unmittelbaren Zusammenhang mit dem zeitlichen Einsetzen einer präklinischen Versorgung ist die Anzahl Verletzter, insbesondere Schwerverletzter, bei einem einzelnen Unfallereignis zu sehen. Mit zunehmender Verletzungsschwere, besonders bei Pkw-Insassen, steigt auch die Gefahr, dass an der Unfallstelle mehrere Verletzte gleichzeitig zu versorgen sind. In 7 % der Unfälle mit schwerverletzten und 15 % der Unfälle mit getöteten Pkw-Insassen im Material waren insgesamt mehr als vier Personen zu versorgen, was vielerorts bereits dem Kriterium für das Ausrufen des MANV-Falles (Massenanfall von Verletzten) entspricht und besondere organisatorische Maßnahmen auf den Plan ruft. In ländlichen Regionen kann dies durchaus bedeuten, dass alle Notfallrettungsmittel eines größeren Einzugsraumes eingesetzt werden müssen, was für einige von ihnen vermutlich verlängerte Anfahrzeiten einerseits und die Entblößung des Rettungsdienstbereiches andererseits zur Folge hat.

Hinzu kommt besonders bei Unfällen mit Pkw-Beteiligung die Gefahr, dass ohnehin schwer verletzte Insassen zusätzlich auch in ihren Fahrzeugen eingeklemmt vorgefunden werden. Die Studie zu Polytraumata in Schwaben¹¹ hatte gezeigt, dass nur etwa jeder fünfte polytraumatisierte Fahrzeuginsasse innerhalb der anzustrebenden Frist von 60 Minuten in ein Traumazentrum gelangte. Daher ist es bei absehbar großer und schwieriger Schadenlage wichtig, nicht nur Rettungsdienste, sondern auch Kräfte der Feuerwehren und Polizei frühzeitig und großzügig zu alarmieren.

5. Schlussfolgerungen

Verkehrsunfälle mit Verletzten, insbesondere Schwerverletzten, werden in Deutschland grundsätzlich gut präklinisch versorgt. Das schnelle Erreichen der Unfallstelle mit adäquaten Rettungsmitteln in ausreichender Zahl stellt nach wie vor eine große Herausforderung für das Rettungswesen dar. Das ausgewertete Material lässt nicht erkennen, dass die zeitlichen Vorgaben häufig oder deutlich überschritten werden. Während verletzte Pkw-Insassen und Nutzer motorisierter Zweiräder offenbar regelmäßig gut und schnell versorgt werden, muss zukünftig erhöhtes Augenmerk auf mögliche Traumata bei Radfahrern und Fußgängern gelegt werden, besonders nach vermeintlich harmlosen Kollisionen oder Stürzen, um zu vermeiden, dass schwere oder potenziell lebensbedrohliche Verletzungen anfänglich übersehen werden.

¹¹ Malczyk A., „Schwerstverletzungen bei Verkehrsunfällen“, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 12, Nr. 722, Düsseldorf, 2010





Verletzungsprognosemodelle zur Optimierung der präklinischen Rettung

Henrik Liers¹, Thomas Unger² & Heinz Brehme³

¹ Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH, Geschäftsführer

² Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden GmbH, Leiter Datenanalyse und Simulation

³ Städtisches Klinikum Dresden Friedrichstadt

1. Motivation

Jedes Jahr verunglücken in Deutschland mehr als 65.000 Verkehrsteilnehmer schwer [1]. Nach einer Untersuchung der Bundesanstalt für Straßenwesen [2] treten dabei ca. 10.000 „Schwerstverletzte“ (lebensbedrohlich Verletzte) auf.

Um eine optimale Rettung zu gewährleisten, ist es neben einer exakten Lokalisation der Unfallstelle essentiell, möglichst frühzeitig die Verletzungen der Unfallopfer zu erfassen und nach Dringlichkeit der Behandlung zu gewichten. Dabei auftretende Herausforderungen sind einerseits die teils erschwerte Zugänglichkeit zu den Patienten, andererseits die Schwierigkeit, aufgrund der fehlenden diagnostischen Möglichkeiten an der Unfallstelle alle Verletzungen korrekt einzuschätzen. So können beispielsweise Begleitverletzungen aufgrund der fortschreitenden Fahrzeugtechnologien und Sicherheitssysteme seltener auftreten, die in früheren Zeiten als Indikation für schwerere innere Verletzungen dienten. Auch können leichtere Verletzungen in ihrer visuellen Auffälligkeit ernste innere Verletzungen überdecken.

Somit wird es für die weitere Reduktion der Getötetenzahlen, aber auch für die Vermeidung schwerer Langzeitfolgen immer wichtiger, alle zur Verfügung stehenden Informationen zur Diagnostik zu nutzen. Darüber hinaus ist – mit Blick auf den propagierten Notärztemangel in ländlichen Regionen – auch die Wahl geeigneter Rettungs- bzw. Transportmittel sowie die Bestimmung einer adäquaten Zielklinik für die Erhöhung der Überlebenschancen und die Reduktion Lebensqualität mindernder Langzeitfolgen von Verkehrsunfallopfern substantiell.

Zu den vorhandenen Informationen nach PKW-Unfällen gehören beispielsweise die aufgetretenen Crashpulse und Verzögerungen der verunfallten PKW, der Gurtstatus sowie die Anprallkonstellation. Aufbauend auf diesen Daten wurden im Forschungsvorhaben die Möglichkeiten der Prädiktion schwerer Verletzungen von PKW-Insassen auf Basis retrospektiver Unfalldaten untersucht. Weiterhin sollte eine prototypische Software zur Berechnung von Verletzungswahrscheinlichkeiten erstellt werden, die bspw. vor Ort von medizinischen Laien oder zukünftig in der Leitstelle angewandt werden kann. Ein weiterer Aspekt war die Machbarkeitsanalyse von Unfallschwere-Schätzungen durch technische Laien.

2. Methodik

Für die Analyse wurden Daten des GIDAS-Projektes (German In-Depth Accident Study) verwendet. In GIDAS werden pro Jahr ca. 2.000 Verkehrsunfälle mit Personenschaden in den Großräumen Dresden und



Hannover dokumentiert, wobei detaillierte technische, medizinische, psychologische und infrastrukturelle Informationen erfasst werden. Im Rahmen der medizinischen Erhebung wird jede Einzelverletzung inklusive ihrer Verursachung, Art, betroffener Körperregion und des AIS-Codes dokumentiert [3]. Auf diese Weise werden pro Jahr ca. 6.800 Verletzungen erfasst, davon etwa 3.000 bei PKW-Insassen.

In einer multivariaten Regressionsanalyse [4] wurden für AIS 3+¹ Verletzungen Wahrscheinlichkeitsfunktionen errechnet, wobei verschiedene Aspekte (bspw. Unfallschwere, Anprallkonstellation, Alter und Geschlecht des Patienten, Anschnallstatus etc.) Berücksichtigung fanden. Mit Hilfe der entwickelten Modelle ist es möglich, die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer bestimmten schweren Verletzung bei einem PKW-Insassen auszugeben.

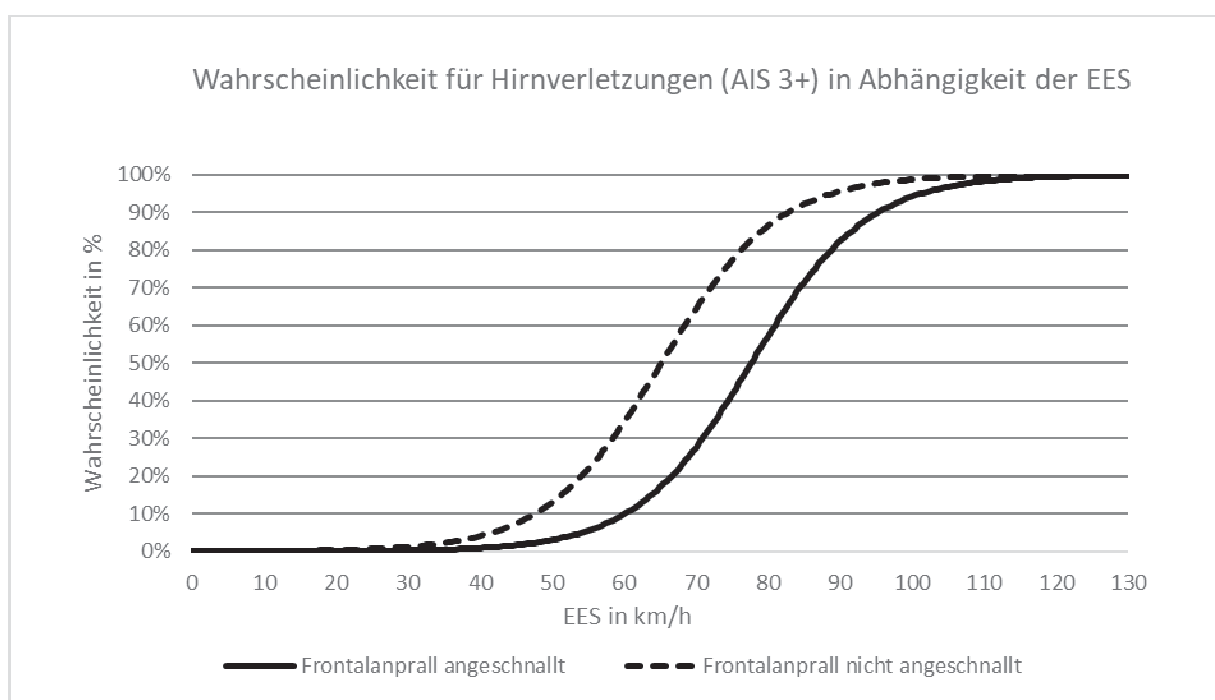


Abbildung 1: Wahrscheinlichkeit schwerer Hirnverletzungen im Frontalanprall (EES, Gurtstatus); nach [4]

Im Rahmen der Modellerstellung wurde eine umfangreiche Ausreißerdiagnostik durchgeführt, um Limitationen (bspw. Katastrophenunfälle, Brand, Intrusion kleiner Objekte, Unterfahren) der Modelle herauszuarbeiten.

Zusätzlich wurde eine Methode zur Abschätzung der Unfallschwere (repräsentiert durch den EES-Wert) erarbeitet, die auch Laien ohne Rekonstruktionskenntnisse befähigen soll, eine Unfallschwereschätzung durchzuführen. Hierfür wurden aus hunderten Deformationsbildern und -codierungen Mittelwerte erzeugt und in exemplarischen Bildern aufbereitet.

¹ AIS 3+ Verletzungen: In der Unfallforschung etablierte Metrik für „schwerste Verletzungen“

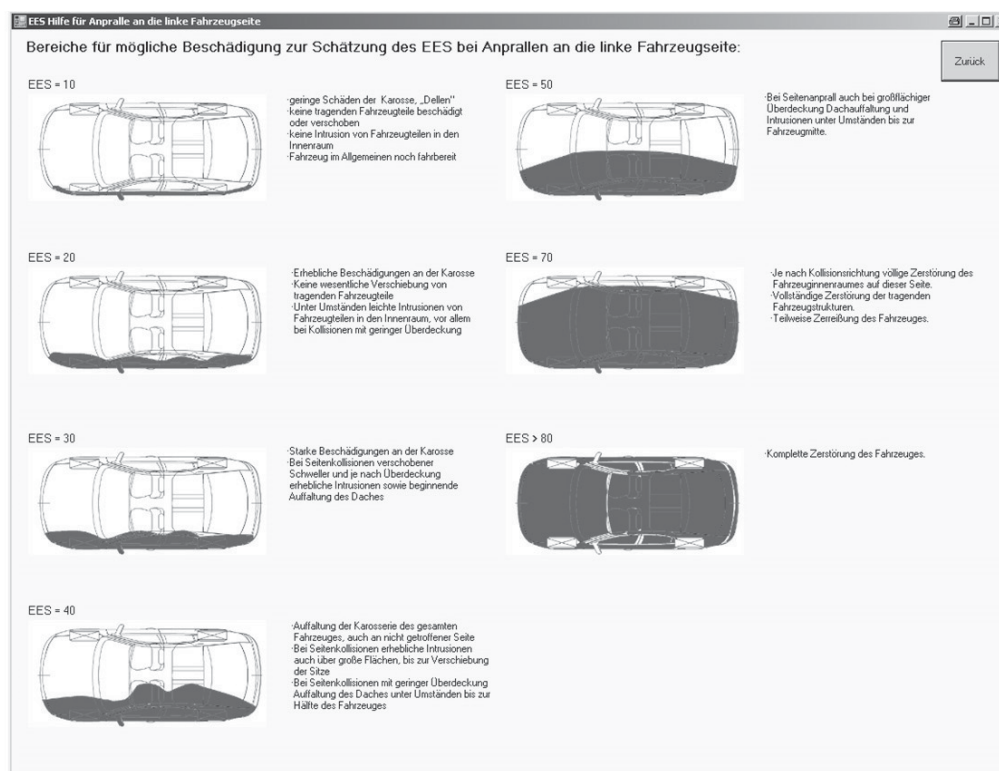


Abbildung 2: Graphiken für die Laienschätzung des EES-Wertes (PKW bis 2007)

Eine Validierung der durch Laien eingeschätzten EES-Werte zeigt eine gute Übereinstimmung mit den rekonstruierten EES Werten. Aufgrund der Evolution der Crashstrukturen der Fahrzeuge (Einsatz von Materialien mit sehr hohen Steifigkeiten, Anforderungen an Kompatibilität, Gestaltung der Lastpfade etc.) erscheint hier allerdings eine regelmäßige Aktualisierung notwendig.

3. Ergebnisse

Die GIDAS-Daten gelten (nach Durchführung einer Gewichtung) zunächst als repräsentativ für das deutsche Unfallgeschehen hinsichtlich Unfallkategorie (Unfallschwere), Unfalltypen und weiterer Unfallparameter. Es ist jedoch zu erwarten, dass die Erkenntnisse und die erschaffenen Modelle zur Verletzungsentstehung bei PKW-Insassen auch auf viele andere Regionen Europas oder gar weltweit übertragen werden kann. Die modellierten Zusammenhänge beziehen sich auf unfallbedingte Belastungen sowie situative und individuelle Eigenschaften, welche sich bei vergleichbarer biomechanischer Konstitution ähnlich auf alle PKW-Insassen auswirken.

Als Ergebnis der initialen Forschungen stehen Modelle für 21 verschiedene Verletzungen bzw. Verletzungsgruppen zur Verfügung. Die Daten basieren auf etwa 12.000 verletzten Personen aus GIDAS-Unfällen der Jahre 1999 bis 2008.

Mit den entwickelten Modellen und der erprobten Vorgehensweise können die Wahrscheinlichkeiten von Verletzungen bei PKW-Insassen nach schweren Verkehrsunfällen berechnet werden.



Beispielsweise konnten mit den damals erarbeiteten Modellen 27% der tatsächlich aufgetretenen AIS3+ Hirnverletzungen prognostiziert werden (Trennwert = 50% Wahrscheinlichkeit). In 99,7% lag das Modell auch bei einem Ausschluss der Verletzung richtig. In weiteren Schritten müssten diese Modelle auf das aktuelle Unfallgeschehen aktualisiert und hinsichtlich ihrer Sensibilität und Sensitivität angepasst werden.

Eine Aktualisierung der Modelle für neuere Fahrzeuge ist jederzeit möglich und erscheint mit Blick auf fortschreitende Entwicklungen der passiven Sicherheit notwendig.

Die Methodik zur EES-Schätzung und eine erste Validierung [5] ergab, dass mit den erzeugten Beispielbildern für verschiedene Anprallkonstellationen und -schweren eine hinreichend genaue Schätzung auch für Laien möglich erscheint. Mehr als die Hälfte (53%) der geschätzten EES-Werte lagen in den Grenzen von +/- 10 km/h.

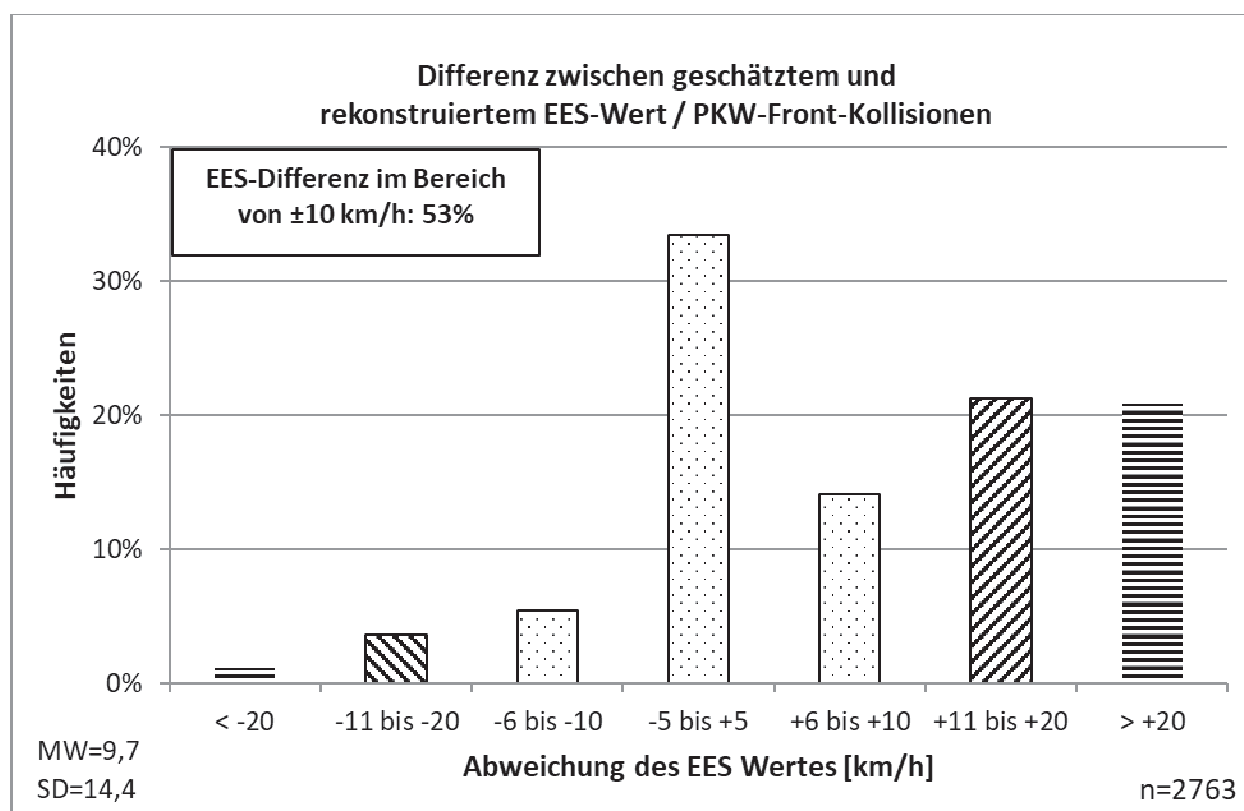


Abbildung 3: Abweichung von der Laienschätzung des EES Wertes zur Rekonstruktion

Es zeigt sich, dass die mittlere Laienschätzung zu hoch liegt (+9,7 km/h) und damit ein zu hoher Energieeintrag in das Fahrzeug angenommen wird.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen besteht in dem Werkzeug zur Verletzungsabschätzung ein nicht unerhebliches Potential für die Reduktion volkswirtschaftlicher Kosten durch eine optimierte Rettungskette. Insbesondere mit Blick auf den Notarztmangel und die begrenzten Ressourcen der Rettungsmittel (bspw. Rettungshubschrauber) ist eine effiziente Arbeitsweise des Rettungswesens essentiell. Für eine bedarfsgerechte und zeitlich optimierte Versorgung der Bevölkerung bei Notfällen ist eine ständige Verbesserung der



Prozesse und Methoden im Rettungswesen notwendig. Die Optimierungsansätze, welche durch die hier entwickelte Methodik adressiert werden, sind:

- Erhöhte Überlebenschancen als Folge besserer und schnellerer Diagnostik
- Bedarfsgerechte Auswahl der geeigneten Rettungsmittel
- Vermeidung von Mehrfach- bzw. Nachalarmierung
- Reduktion von nachträglichen Verlegungen in Krankenhäuser einer höheren Versorgungsstufe
- Reduktion von Langzeitfolgen (schnellere adäquate Behandlung)

Elektronische Systeme halten auf immer breiterer Ebene Einzug im Rettungswesen. So wird nicht nur die Notfalldisposition rechnergestützt abgearbeitet, sondern immer häufiger kommen auch vor Ort IT-gestützte Tools zur Anwendung. Ein Baustein ist hier auch die verpflichtende Einführung des eCalls für Neufahrzeuge in der EU (für neue PKW-Modelle ab März 2018). Alle Systeme haben die Idee der Optimierung des Rettungsablaufes. Es gibt derzeit nur sehr wenige Ansätze, durch elektronisch gestützte Systeme die Vor-Ort Diagnostik zu verbessern. Eine Einbindung der statistischen Modelle in automatisierte Notrufsysteme kann helfen, bereits mit der Erstinformation zum Verkehrsunfall relevante Informationen zu den Verletzungen der Unfallopfer bereitzustellen und damit die Rettung ganzheitlich zu optimieren. Rettungskräfte könnten sich – anders als bisher – bereits auf der Anfahrt auf möglicherweise zu erwartende Verletzungen vorbereiten.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die vorgestellte Methodik kann als Grundlage dienen, zukünftig bei schweren PKW-Unfällen die gesamte Rettungskette zu optimieren. Dabei spielt weniger die Alarmierungszeit eine Rolle, sondern vor allem die Bereitstellung qualifizierter Informationen zur Verletzungswahrscheinlichkeit verunfallter PKW-Insassen. Die sich anschließenden Prozesse, bspw. die Alarmierung des geeigneten Rettungsmittels und die Auswahl und Vorbereitung der geeigneten Zielklinik können mit dem vorliegenden software- und datenbasierten Werkzeug verbessert werden.

Der nächste Schritt auf dem Weg zur flächendeckenden Umsetzung ist die Validierung bzw. Aktualisierung der Modelle. Anschließend wird eine Umsetzung als App (Smartphone, Tablet) und der breite Praxis-Test in einer Pilotregion vorgeschlagen.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt Wiesbaden: Fachserie 8 Reihe 7; Verkehrsunfälle 2017; Erscheinungsdatum: 12.07.2018
- [2] Lefering, R: Abschätzung der Gesamtzahl Schwerstverletzter in Folge von Straßenverkehrsunfällen in Deutschland; Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschungsbericht 2010
- [3] Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM): Abbreviated Injury Scale 2005 Update 2008; 2008
- [4] Brehme, H: Schwere (AIS 3+) Verletzungen von PKW-Frontinsassen; Dissertationsschrift, Dresden 2008



-
- [5] Hannawald, L; Liers, H; Brehme, H: Prediction of severe Injuries for the optimization of the pre-clinical rescue period of car occupants; 5th International conference on Expert Symposium on Accident Research (ESAR), 2012



Euphoria: Prävalenz von Neuen Psychoaktiven Substanzen (NPS) im Kontext von Fahreignungsbegutachtungen

Helena Fels¹, Anna Holzer², Matthias Graw², Thomas Wagner³, Don DeVol⁴ & Frank Mußhoff¹

¹Forensisch Toxikologisches Centrum (FTC) München GmbH

²Institut für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München

³DEKRA AG, Dresden

⁴TÜV Thüringen e.V., Institut für Verkehrssicherheit, Erfurt

Dieses Forschungsprojekt wird von der ADAC Stiftung gefördert.

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Neben den „klassischen Drogen“, wie Cannabis, Amphetamin oder Kokain, haben sich in den letzten Jahren zunehmend neue Drogen, die unter dem Schlagwort NPS (Neue Psychoaktive Substanzen) geführt werden, rasant verbreitet; seit 2005 sind 670 neue Substanzen in Europa beschrieben worden [1]. Hierbei handelt es sich um synthetische Cannabinoide („Spice“), synthetische Cathinone, Designerbenzodiazepine, synthetische Opiode und einige weitere Substanzen. Bei Analysen von Blut, Urin oder Haaren sind sie mit den herkömmlichen Verfahren nicht zu erfassen. Schon dies macht sie für Konsumenten attraktiv. Sofern aufgrund einer Drogenauffälligkeit eine Medizinisch-Psychologische Untersuchung (MPU) erforderlich ist, wird regelmäßig auch ein Abstinenzbeleg benötigt [2]. Solche Belege werden in Form eines Kontrollprogramms i.d.R. über zwölf Monate erbracht, getestet wird aber auch hier nur auf die klassischen Drogen. Bei einer Teilnahme an einem Abstinenzkontrollprogramm wäre eine Verschiebung auf den Konsum von NPS bei einem problematischen Klientel also durchaus anzunehmen [3,4]. Aus diesem Grund sollen anonymisierte Proben entsprechender Klienten retrospektiv analysiert werden.

1.2. Ziel

Das Ziel der intendierten Studie besteht darin, einen Einblick zu gewinnen, bei welcher Klientengruppe ein Umstieg auf NPS im Kontext von Fahreignungsbegutachtungen zu erwarten ist. Zusätzlich soll geprüft werden, ob es möglich ist, den Umstieg auf NPS oder deren Beikonsum anhand soziodemographischer, persönlichkeitsbezogener und devianzbezogener Variablen vorherzusagen.

2. Vorgehensweise/Methodik

Es handelt sich um eine multizentrische Studie mit empirischem Untersuchungsansatz. Aufgrund vorliegender Erkenntnisse sollen Drogenfälle im Zusammenhang mit medizinisch-psychologischen Fragestellungen



und ärztlichen Begutachtungen im Hinblick auf Beikonsum bzw. Umstieg auf NPS nachuntersucht werden. In die Studie sollen sowohl positive als auch negative Gutachten eingehen. Untersucht werden Urin- und Haarproben, da beide Matrices für chemisch-toxikologische Analysen im Rahmen der Fahreignungsdiagnostik eingesetzt werden. Der Nachweis der NPS erfolgt mittels Flüssigkeitschromatographie in Kombination mit hochauflösender Massenspektrometrie (LC-QTOF-MS, Sciex TripleTOF 5600 System). Durch die Verwendung von verschiedenen Screeningmethoden werden unterschiedliche Substanzgruppen erfasst. Das Screening auf sogenannte „Badesalz“-Drogen umfasst zurzeit mehr als 340 Designerstimulanzien, während bei der Untersuchung auf synthetische Cannabinoide momentan 165 Substanzen zuzüglich ihrer Stoffwechselprodukte analysiert werden. Aufgrund der Tatsache, dass synthetische Cannabinoide und deren Metaboliten oft nur in geringen Konzentrationen in biologischen Matrices vorliegen, wird für deren Bestimmung zusätzlich eine zweite, empfindlichere Analysetechnik (LC-MS/MS, Sciex Triple Quad 6500 System) herangezogen, bei der gegenwärtig 75 Muttersubstanzen und etwa 70 Stoffwechselprodukte detektiert werden.

Die erhobenen Daten werden zunächst deskriptiv betrachtet und die Ausprägung der NPS bei unterschiedlichen Untersuchungsanlässen (bzw. Deliktvorgeschichten) analysiert. Hierbei bietet sich ein Vergleich mit Häufigkeitsverteilungen mit denen in früheren Untersuchungen an. Mit Hilfe von multivariaten statistischen Methoden wie Cluster- und Diskriminanzanalyse lassen sich Merkmalstypologien feststellen, die das „Profil“ des „typischen“ NPS-Users im Kontext von Fahreignungsuntersuchungen näher spezifizieren. Je nach Datenniveau können mit Hilfe von Unterschiedstests (t-Test, Varianzanalyse oder χ^2 -Test) diverse Fragestellungen empirisch geprüft werden:

1. Gibt es Unterschiede im Userverhalten im Zusammenhang mit der behördlichen Fragestellung?
2. Gibt es Unterschiede im NPS-Userverhalten zwischen Gutachten mit positivem oder negativem Ausgang?
3. Gibt es regionale oder geschlechtsabhängige Unterschiede usw.?

3. Ergebnis

Die Studie wurde gerade erst begonnen, erste Resultate der chemisch-toxikologischen Analysen können vorgestellt werden.

4. Ausblick

Wie u.a. bei Durchsicht von Chats im Internet (<https://eve-rave.ch/Forum/>) ersichtlich, bauen Drogenkonsumenten, welche sich in Kontrollprogrammen befinden, darauf, dass bei einem Substanz-Shift hin zu den NPS diese bei chemisch-toxikologischen Analysen (mit einem bisher nur eingeschränkten Programm) nicht erfasst werden. Die mögliche Relevanz eines solchen Shifts für die Verkehrssicherheit soll überprüft werden.



5. Bewertung

5.1. Volkswirtschaftlicher Nutzen

Die Ergebnisse einer solchen Studie können den künftigen Untersuchungsumfang bei Kontrollen oder Abstinenzkontrollprogrammen beeinflussen und die Verkehrssicherheit durch Vermeidung falsch positiver Fahreignungsbegutachtungen im Sinne einer Prävention erhöhen.

5.2. Innovationsgehalt

Es handelt sich um die erste Studie, in der nicht nur Prävalenzzahlen ermittelt, sondern auch Merkmalstypologien herausgearbeitet werden sollen, um den „typischen“ NPS-User im Kontext von Fahreignungsuntersuchungen näher zu spezifizieren.

5.3. Übertragbar-/Skalierbarkeit

Da die NPS-Problematik in ganz Europa besteht und sich viele Länder an dem deutschen Modell der Fahreignungsbegutachtung orientieren, lassen sich die Schlüsse der Studie wohl sehr gut in die Praxis übertragen.

Literatur

- [1] Europäische Beobachtungsstelle für Drogen und Drogensucht (2018), *Europäischer Drogenbericht 2018: Trends und Entwicklungen*, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg.
- [2] Schubert, W.; Dittmann, V.; Brenner-Hartmann, J. (2013): *Urteilsbildung in der Fahreignungsbegutachtung – Beurteilungskriterien*, 3. Auflage, Kirschbaum Verlag, Bonn.
- [3] Hutter, M.; Ippisch, J.; Hermeling, J.; Schultis, H.-W.; Auwärter, V. (2014): Synthetische Cannabinoide in der Fahreignungsdiagnostik. In: Risser, R.; Dittmann, V.; Schubert, W. (Hrsg.) *Körperliche und geistige Gesundheit und Verkehrssicherheit*. Tagungsband des 9. Gemeinsamen Symposiums der DGVM und DGVP am 27. und 28. Sep. 2013 in Heringsdorf/Usedom. Kirschbaum Verlag, Bonn, 87 – 89.
- [4] Franz, F.; Müller, K.; Jechle, H.; Angerer, V.; Moosmann, B.; Schwarze, B.; Auwärter, V. (2016): Konsum synthetischer Cannabinoide in Cannabis-Abstinenzkontrollprogrammen. *Blutalkohol*, 53 Sup III, 31 – 32.





Berliner Feuerwehr- und Rettungsdienstakademie

Rolf Erbe

1. Bei der Rettung nach Verkehrsunfall zählt jede Minute

Über 60.000 Schwerstverletzte und über 3000 Verkehrstote ist die traurige Bilanz des Jahres 2017 zu Verkehrsunfällen in Deutschland. Mit einer technischen Rettung ist dabei in rund 10 % der Fälle zu rechnen. Bei dem Kollektiv der eingeklemmten Personen liegt die Inzidenz für eine schwere Verletzung im Sinne eines Polytraumas bei ca. 24 %, die Mortalität beträgt fast 16 %, wobei $\frac{3}{4}$ der Patienten bereits präklinisch versterben. Die Versorgung von eingeklemmten Patienten erfordert eine enge und effektive Zusammenarbeit aller beteiligten Akteure, so dass neben der technischen Rettung auch eine adäquate medizinische Versorgung der Patienten unter Beachtung des Zeitfaktors erfolgen muss.

Bei der Einsatzabwicklung ist daher die enge Verzahnung der verschiedenen Rettungskräfte wesentlicher Bestandteil der Rettung. Aufgrund der speziellen Umstände bei der technischen Rettung erfordert die Patientenversorgung eine flexible Herangehensweise, um den allgemeingültigen Standards der Schwerstverletztenversorgung gerecht zu werden. Der technischen Rettung kommt aufgrund des Faktors Zeit eine entscheidende Bedeutung zu.

2. Einsatzrichtlinien, Handlungshilfen und Stand der Technik

Neue Fahrzeugkarosserien und alternative Antriebe stellen die Rettungskräfte vor immer neue Herausforderungen. Diese Fakten und die Notwendigkeit der Zusammenarbeit der technischen und medizinischen Rettung erfordern Standards bei Ausrüstung und Taktik und funktionierende Schnittstellen. Um den Feuerwehren und Rettungsdiensten einheitlich operativ-taktische Maßnahmen zur patientengerechten Rettung nach Verkehrsunfällen mit Personenkraftwagen (PKW) an die Hand zu geben, wurden von der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb) bereits im Jahr 2011 die Richtlinie 06/01 „Technisch-medizinische Rettung nach Verkehrsunfällen“ und ein Merkblatt entwickelt. Dieses Merkblatt fasst die technisch-taktischen Vorgehensweisen aus der vfdb-Richtlinie 06/10 zusammen, um einen übersichtlichen einheitlichen Handlungsablauf für die Aus- und Fortbildung und somit für den Realeinsatz bereit zu stellen.

Weiterhin wurde als einheitliche und einsatzgerechte Grundlage das Rettungsdatenblatt entwickelt und in der vfdb-Richtlinie 06/01 erstmals definiert. Die Rettungsleitstellen können anhand einer Online-Kennzeichenabfrage beim Kraftfahrt-Bundesamt einem Unfallfahrzeug das richtige Rettungsdatenblatt zuordnen. Damit verfügen Rettungskräfte bereits während der Anfahrt zur Einsatzstelle über fahrzeugspezifische Informationen. Diese Handlungshilfen dienen den Feuerwehren und Rettungsdiensten als Grundlage für die Einsatztaktik sowie der Aus- und Fortbildung. Bei der Berliner Feuerwehr haben wir gute Erfahrungen mit diesem System gesammelt. Durch hohe Verfügbarkeit der Rettungsdatenblätter und Betriebs-



cherheit der Online-Abfrage, empfinden die Einsatzkräfte die neue Informationsquelle als hervorragende Unterstützung. Jedoch ist das immer noch nicht bundesweiter Standard.

3. Wesentliche Elemente in der Richtlinie sind die Rettungsmodi, Zeitmanagement und Technik

Der erste Eindruck des Patienten dient zur schnellen Erfassung des globalen Zustandes des Verunfallten. Hier wird neben dem Bild der Unfallstelle mit Beurteilung der Deformation der Fahrzeuge etc. auf die schwerwiegendsten und offensichtlichen medizinischen Probleme des Patienten geachtet. Grundsätzlich ist bei einem eingeklemmten Fahrzeuginsassen bis zum Beweis des Gegenteils von einem schwerverletzten Patienten auszugehen.

Bei eingeklemmten Patienten ist jedoch in aller Regel von einer schweren Verletzung auszugehen, in diesen Fällen ist eine schnelle Rettung anzustreben.

Patientengerechte Rettung

Unter einer patientengerechten Rettung wird eine Rettung verstanden, die für den jeweiligen Patienten anhand dessen Verletzungsmuster „maßgeschneidert“ wird. Die Entscheidung über den anzustrebenden Rettungsmodus wird in Absprache zwischen Rettungsdienst und Feuerwehr getroffen. Aus dieser Definition ergeben sich drei mögliche Rettungsmodi.

Sofortrettung

Sofortrettung ist die schnellstmögliche Rettung, unter Tolerierung einer möglichen weiteren Schädigung des Patienten, aus unmittelbarer Gefahr oder aufgrund medizinischer Rahmenbedingungen.

Schnelle Rettung

Schnelle Rettung ist die schnellstmögliche Rettung des Patienten unter Beachtung zeitlicher, einsatztaktischer und medizinischer Aspekte. Um die Zeit bis zum Kliniktransport zu minimieren ist bei der schnellen Rettung ein Zeitfenster von 20 bis 30 Minuten anzustreben.

Schonende Rettung

Schonende Rettung ist eine Rettung, bei der der zeitliche Aspekt, aufgrund des diagnostizierten Verletzungsmusters, in den Hintergrund rückt (hier kann in Einzelfällen das Zeitfenster nach ärztlicher Rücksprache auch größer als das der „Schnellen Rettung“ sein).

4. Zeitmanagement

Das Zeitmanagement spielt eine bedeutende Rolle in der präklinischen Traumaversorgung. Ziel der technisch-medizinischen Rettung nach Verkehrsunfällen ist die Anfahrt der Einsatzkräfte, die Rettung und die Versorgung mit anschließendem Patiententransport in eine geeignete Behandlungseinrichtung innerhalb 60 Minuten („Goldene Stunde des Schocks“). Das Konzept der „Golden hour of shock“ findet weite Verbreitung in der Literatur und beschreibt die Idee, dass das Outcome eines Traumapatienten besser ist,



wenn dieser innerhalb einer Stunde eine definitive Versorgung bekommt. Ganze Konzepte der präklinischen Rettungsmedizin sind hierauf aufgebaut. Allerdings bleibt auch die wissenschaftliche Evidenz für diese Behauptung unklar. Dennoch bleibt die Versorgung von schwerstverletzten Patienten immer zeitkritisch. Theoretisch können die 60 Minuten der „golden hour of shock“ so aufgeteilt werden, dass sich auf die Zeit für die Alarmierung und die Anfahrt der Rettungskräfte und auf den Patiententransport in ein geeignetes Traumazentrum je 20 Minuten verteilen. Die verbleibenden 20 Minuten sind für die Versorgung und Befreiung der verletzten Personen gedacht. Modernere Konzepte fordern, dass ein Schwerstverletzter spätestens nach 60 min in einem Krankenhaus aufgenommen und die operative Versorgung nach 90 min begonnen werden sollte. Daten aus Deutschland, einem notarztbasierten Rettungsdienstsystem, zeigen, dass eine indizierte präklinische Stabilisierung und die Durchführung von invasiven Maßnahmen trotz verlängerter Rettungszeit das Überleben nicht vermindert. Diese suffizient durchgeführten Maßnahmen können so eventuell sogar die klinische Schockraumphase verkürzen, sodass der initiale „Zeitverlust“ wieder aufgeholt werden kann. Die präklinische Versorgung von schwerstverletzten Patienten ist und bleibt zeitkritisch, jedoch sollten notwendige medizinische Maßnahmen aufgrund des Zeitdrucks nicht unterlassen werden. Auch ist bei der technischen Rettung von eingeklemmten Personen eine zügige Rettung im Sinne einer schnellen Rettung nicht immer möglich, hier ist die technische Möglichkeit zur Befreiung des Patienten der zeitlimitierende Faktor.

5. Überarbeitung und Aktualisierung der Richtlinie 06/01

Aktuell wird die Richtlinie 06/01 überarbeitet. Was kommt dann neu? Es wird einige redaktionelle Veränderungen mit Anpassungen von Begriffsbestimmungen und Aktualisierungen geben. Bei den medizinischen Grundlagen wird berücksichtigt, dass aufgrund aktueller Literatur und mangelnder Evidenz, nicht mehr die „Goldene Stunde des Traumas“, stattdessen die „Golden Period of Trauma“ mit schnellstmöglicher Versorgung und Transport genannt wird. Das Beachten der Rettungs- und Versorgungszeit bleibt aber unverändert. Eines der entscheidenden Faktoren bei der technisch-medizinischen Rettung. Die Rettungsmodi werden auf „Schnell(zeitorientiert)“ und „Sofort“ beschränkt. Der Rettungsmodus „Schonend“ wird ersatzlos gestrichen, da bei einem eingeklemmten Patienten nach einem Verkehrsunfall mit einer schwer- oder schwerstverletzten Person gerechnet werden kann. Der Kräfteansatz für einen Verkehrsunfall mit einer eingeklemmten Person beträgt unverändert 14 Einsatzkräfte. In der überarbeiteten Fassung wird der realen Personalsituation bei hauptberuflichen und freiwilligen Feuerwehren Rechnung getragen und eine Aufgabenverteilung für zwei Staffeln mit Führungsgruppe beschrieben, dies entspricht auch den genannten 14 Funktionen.

Die technischen Ausstattungsempfehlungen werden überarbeitet und an den aktuellen Stand der Fahrzeugnormung angepasst (2 Hilfeleistungslöschfahrzeuge und ein Rüstwagen). Das Rettungsdatenblatt wird zur Grundlage für Informationen zum verunfallten Fahrzeug (Nutzung von Rettungsdatenblättern als Informationsmedium zur rettungsrelevanten Fahrzeugausstattung ist Stand der Technik!) und ein Mindestlöschwasserbedarf von 1000 l definiert. Neu hinzu zu Ausstattung kommen Elektroschutzhandschuhe und elektrisch isolierende Abdeckungen.



Auch zur Ordnung der Einsatzstelle werden Begriffe wie „Geräteablage“ und „Schrottablage“ beschrieben und ein Hinweis auf räumliche Trennung der Tätigkeitsbereiche von Feuerwehr und Rettungsdienst im Arbeitsbereich, wegen einer parallelen medizinischen Versorgung und technischen Rettung, hinzugefügt.

Bei der Sicherungsmaßnahme „Verkehrsabsicherung“ wird der Hinweis aufgenommen, dass Absicherungsfahrzeuge unbesetzt sein sollten und die Lenkung zum Fahrbahnrand eingeschlagen werden soll. Die Sicherungsmaßnahme „Einsatzstellenbeleuchtung“ wird (analog zu allen anderen Sicherungsmaßnahmen) um beispielhafte Maßnahmen ergänzt.

Die Sicherungsmaßnahmen „Sicherung des Unfallfahrzeugs“ und „Stabilisierung des Unfallfahrzeugs“ werden getrennt, um deutlich zu machen, dass beide Maßnahmen unterschiedliche Zwecke verfolgen und im Regelfall unterschiedlich priorisiert sind.

Hinzu kommen das Deaktivieren der verschiedenen Fahrzeugsysteme (Rückhaltesystem, Antriebssystem, elektrische Anlage) und zusätzlich werden Sicherungsmaßnahmen für „Fahrzeuge mit alternativen Antrieben“ aufgenommen (Erdgas, Flüssiggas, Wasserstoff, Hybrid- und Elektrofahrzeuge).

Es wird berücksichtigt und darauf verwiesen, dass viele der notwendigen Informationen den Rettungsdatenblättern entnommen werden können.

6. Videobeispiele von Einsätzen

Besondere Einsatzlagen werden gezeigt:

Schwierige technische Rettung und Zusammenarbeit Medizin und Technik.

Einsatzroutine und Nutzung eines Rettungsdatenblattes.

7. Fazit für die Praxis

Ein standardisiertes Vorgehen, gute Kommunikation und enge Koordination zwischen der Feuerwehr und dem Rettungsdienst ist für einen erfolgreichen Einsatz unerlässlich. Gerade bei Arbeiten auf engstem Raum unter zeitlichem Druck sollten die Arbeitsschritte der jeweiligen Rettungskräfte in groben Zügen allen bekannt sein.

Die Zeitdauer der technischen Rettung, welche selbst meistens der zeitlich-limitierende Faktor der Rettung ist, sollte effektiv genutzt werden. Dies kann z.B. durch die klare Kommunikation von medizinischen Zielen und voraussichtlichen durchzuführenden medizinischen Maßnahmen, Planung des Transportes, des aufnehmenden Krankenhauses und der frühzeitigen Nachalarmierung weiterer Einsatzkräfte inklusive der Luftrettung erfolgen. Richtlinien und einheitliches Vorgehen erleichtern das Arbeiten und sind durch effektives Handeln Voraussetzung für eine schnelle Traumaversorgung.

Die überarbeitete Richtlinie 06/01 wird auf den aktuellen Stand der Rettungsmedizin und Rettungstechnik angepasst und sollte auch für die Automobilindustrie Hinweise zur Einsatztaktik und für eine enge Zusammenarbeit in Aus- und Fortbildung geben.



Diese Grundlagen und Beispiele zeigen aber auch, wie wichtig die Vorbereitung und damit Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie ist. Ein Zusammenwirken von Konstrukteuren, Unfallforschung, Medizin und Technik sind für die moderne Unfallrettung unerlässlich. Der AK „Retten aus verunfallten Fahrzeugen“, ein Arbeitskreis mit Vertretern aus der Automobilindustrie von Feuerwehr und Notfallmedizin, der neben technischen Empfehlungen auch mit einer zentralen Koordinierungsstelle regelmäßigen Schneidversuche an neuen Fahrzeugen durchführt, bietet hierfür ideale Grundlagen und ist unbedingt zu unterstützen und weiterzuführen.





Pkw Unfälle in besonderen Einsatzlagen

Albert Kreutmayr

Brandamtmann, Sachgebietsleiter Fahrzeugtechnik

Berufsfeuerwehr Augsburg

1. Auftretende Probleme für Rettungskräfte bei Verkehrsunfällen im Personenkraftwagen

Die Fortschritte in der passiven und aktiven Sicherheitstechnik, speziell auch im Insassenschutz können am positiven Trend der Unfallstatistiken abgelesen werden. Die technische Weiterentwicklung an den modernen Kraftfahrzeugen sorgt immer wieder für neue Möglichkeiten, um die Fahrzeuginsassen vor schweren körperlichen Verletzungen zu schützen. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen passiert es weiterhin, dass Fahrzeuginsassen nach Verkehrsunfällen schwer verletzt in Ihren Pkws eingeklemmt sind, und von der Feuerwehr mit technischen Hilfsmitteln befreit werden müssen. Noch dazu sind die Unfallfahrzeuge oftmals in außergewöhnlichen Situation. Die Größe und der Schwerpunkt, Grund und Ursache des Unfalls, sowie die Fahrzeugkonstruktion tragen sehr oft dazu bei, dass sich die verunfallten Fahrzeuge nach dem Aufprall in außergewöhnlichen Positionen und Lagen befinden,



(Foto: Albert Kreutmayr)

1.1. Auftretende Probleme

Nachdem dem Eintreffen an der Unfallstelle treffen die Hilfskräfte auf eine Vielzahl von Problemen. Neben beengten Platzverhältnissen, stehen gerade tagsüber bei den Freiwilligen Feuerwehren oftmals wenig Personal zu Verfügung, die zusätzlich dann noch über fehlende Ausrüstung und über veraltete Technik klagen. Aufgrund von mangelnder Routine und fehlenden bzw. unzureichenden Informationen über die Fahrzeug-



technik, Unfallhergang und betroffener Personenanzahl kann so sehr schnell Stress, Angst, Hilflosigkeit entstehen.

1.2. Fragen an der Einsatzstelle

Für den Einsatzerfolg selbst ist es von enormer Wichtigkeit, dass die Kommunikation zwischen technischer und medizinischer Rettung funktioniert, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Darf das Unfallfahrzeug in seiner Lage und Position verändert werden? Wie viele Personen sind eingeklemmt? Wo oder wie ist die Person eingeklemmt, eventuell sogar gepfählt? Sind eventuell nur die Türen verschlossen und das Unfallopfer ist „nur“ eingesperrt? Mit diesen Fragen werden die Verantwortlichen konfrontiert und müssen dann unter Zeitdruck richtungsweisende Entscheidungen über den Rettungsmodus treffen. Wo wird Platz benötigt? Wo und wie soll der Patient aus dem verunfallten Fahrzeug befreit werden? Wieviel Zeit steht für die Befreiung des Unfallopfers zur Verfügung, um die Überlebensrate des Schwerverletzten Fahrzeuginsassen nicht zu verschlechtern.

Als Leitsatz kann hier die Devise dienen: „10 Sekunden Kommunikation zwischen den Einsatzleitern von Feuerwehr und Rettungsdienst gewährleisten oftmals die nächsten 10 Minuten des Rettungsablaufes um das Hauptproblem gemeinsam zu erläutern, die Fakten festzulegen und die Aufgaben an das gesamte Team zu verteilen.“

2. Unfallszenarien

Leider ist die Situation an den Einsatzstellen in den wenigsten Fällen vergleichbar mit den Vorschriften von EURO NACP Crashtests. Neben den unterschiedlichen Tages- und Jahreszeiten, betroffenen Fahrzeugtypen (Sportwagen, SUV, Transporter, usw.) ist auch die Lage und Deformierung des Pkw von entscheidender Bedeutung für die Dauer der Personenbefreiung und einzusetzenden technischen (Auswahl der Rettungsgeräte) und taktischen Möglichkeiten.



(Fotos: Albert Kreutmayr)



3. Fazit und Resümee

Sehr oft denken die Einsatzkräfte, dass nur mit den neuesten und besten technischen Gerätschaften die Befreiung des Unfallopfers zum Erfolg führt, und vergessen dabei leider den Menschen, der die Technik bedient. Dies führt allerdings nicht immer zum gewünschten Erfolg. Wichtig ist, dass neben handwerklichem Geschick und großer Flexibilität eigentlich alles zur Befreiung der im Unfallfahrzeug eingeklemmten Person erlaubt ist, sofern es die betroffenen Personen und die Rettungskräfte nicht in größerem Maß, als zu vertreten, gefährdet.

Sind die Rettungskräfte im Besitz der notwendigen technischen Gerätschaften, können diese aber nicht effizient einsetzen, kann das als sinnloses Vorgehen bezeichnet werden.

Hilflos sind die Einsatzkräfte dann, wenn sie die taktischen Rettungsmöglichkeiten kennen und beherrschen würden, allerdings nicht die notwendige technische Ausrüstung besitzen.

Daher ist es für alle Rettungskräfte von enormer Wichtigkeit, dass die Bedienung der Ausrüstung und technischen Möglichkeiten idealerweise unter einsatzrealistischen Bedingungen trainiert wird.

Rettungskräfte benötigen für Aus- und Fortbildungsveranstaltungen dringend möglichst neuwertige Fahrzeuge, die mit größeren bzw. höherwertigen Anforderungen als den bestehenden EURO NACP Crashtest deformiert wurden. Nur so kann der Unterschied zwischen der Theorie (Chrashtest) und Praxis (Unfallszenario) deutlich hervorgehoben werden, um die Überlebenschance für die betroffenen eingeklemmten und schwerverletzten Personen zu erhöhen.





Helfer vor Ort – Bundesweite Ist-Analyse und Abschätzung des Nutzens

Holger Behrendt

Wissenschaftlicher Mitarbeiter, FORPLAN DR. SCHMIEDEL GmbH

Ein Forschungsprojekt der ADAC Stiftung.

In der Bundesrepublik Deutschland werden zur Verkürzung des therapiefreien Zeitintervalls bei der Versorgung von Notfallpatienten sogenannte Helfer vor Ort (HvO) eingesetzt, die nicht dem öffentlichen Rettungsdienst zugeordnet werden. Dabei werden die Helfer vor Ort u.a. auch bezeichnet als:

- First Responder,
- Sanitäter vor Ort,
- Ersthelfergruppen,
- örtliche Einrichtungen organisierter Hilfe oder
- Voraus-Helfer.

Im Weiteren wird in der vorliegenden Untersuchung immer von Helfer vor Ort bzw. Helfer vor Ort-Gruppen gesprochen. Bei Notfällen wird durch das Tätigwerden von Helfern vor Ort das therapiefreie Intervall bis zum Eintreffen eines öffentlichen Rettungsmittels mit qualifizierten basismedizinischen Maßnahmen überbrückt, um dadurch die Überlebenschancen der Patienten zu erhöhen und bleibende Schäden zu vermeiden oder zumindest zu vermindern. Helfer vor Ort sind dabei mindestens in erweiterter Erster Hilfe und i. d. R. grundlegend sanitäts- oder rettungsdienstlich ausgebildete, meist ehrenamtliche Kräfte. Bei der vorliegenden Untersuchung werden sogenannte Ersthelfer-Alarmierungssysteme oder „Ersthelfer-App“ nicht berücksichtigt.

Nachfolgend wird eine bundesweite Bestandsaufnahme von Helfer vor Ort-Gruppen vorgenommen, die mit der Aufbereitung der länderspezifischen gesetzlichen Regelungen beginnt (Kapitel 1). Im Anschluss daran werden die Ergebnisse einer bundesweiten Befragung zu Helfer vor Ort-Gruppen auf Kreisebene dargelegt (Kapitel 2). Abschließend wird versucht, den bundesweiten Nutzen von Helfer vor Ort-Gruppen anhand des Zeitvorteils gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst abzuschätzen (Kapitel 3).

1. Rechtsrahmen

Ausgangspunkt für die bundesweite Bestandsaufnahme der Ist-Situation über Helfer vor Ort bildet zunächst einmal der bestehende Rechtsrahmen, den die 16 Bundesländer hierzu definieren. Die gesetzlichen Regelungen zu Helfern vor Ort wurden für die einzelnen Länder recherchiert und in einer Synopse tabellarisch vergleichend zusammengestellt.



Die Ergebnisse der Zusammenstellung der gesetzlichen Regelungen wurden in einem weiteren Untersuchungsabschnitt in einen Fragebogen an die für die Helfer vor Ort zuständigen Landesministerien eingearbeitet und im Sommer 2018 an diese mit der Bitte versandt, den aufgeführten Rechtsrahmen zu prüfen und ggf. zu ergänzen. Insgesamt liegen Rückantworten von 15 der 16 Länder vor, wovon die Länder:

- Baden-Württemberg
- Hamburg
- Hessen und
- Nordrhein-Westfalen

die im Fragebogen vorgegebene rechtlichen Regelungen ergänzt haben.

Hinsichtlich der Ergebnisse zu den gesetzlichen Regelungen der 16 Länder lässt sich festhalten, dass die Vorgaben zur organisierten Ersten-Hilfe und Helfern-vor-Ort sich vom Umfang her sehr unterscheiden. Dies reicht von keinen Vorgaben bis zu detaillierten Empfehlungen zu Helfern vor Ort.

Insgesamt sieben Ländern besitzen keine Vorgaben zu Helfern vor Ort (Berlin, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen). Für das Saarland ist hierzu ergänzend festzuhalten, dass §7 SBKG Abs. 3 zwar ausführt: „Die Feuerwehren können im Rettungsdienst und im Bereich der organisierten Ersten Hilfe mitwirken“, aber ansonsten keine weiteren gesetzlichen Regelungen bezüglich Helfer-vor-Ort-Systemen existieren.

Im Rettungsdienstgesetz Baden-Württembergs und in der Landesrettungsdienstplanverordnung des Landes Brandenburg erfolgt eine Abgrenzung der Helfer-vor-Ort-Systeme zum Rettungsdienst und verdeutlicht, dass diese Systeme nicht zum Rettungsdienst zählen und kein Ersatz für diesen darstellen. Darüber hinaus gibt das Rettungsdienstgesetz Baden-Württembergs einen groben Rahmen vor: „Organisierte Erste Hilfe ist die planmäßig und auf Dauer angelegte, von einer im Katastrophenschutz mitwirkenden Organisation und Einrichtung auf Anforderung der Integrierten Leitstelle geleistete Erste Hilfe am Notfallort bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes“ (§10b Abs. 1 RDG (BW)).

Der Landesrettungsdienstplan des Landes Rheinland-Pfalz verweist als rechtliche Grundlage auf das Brand- und Katastrophenschutzgesetz (LBKG) und sieht darüber hinaus gehend vor, dass der Aufbau von Gruppen qualifizierter Ersthelfer ausschließlich durch die „zuständigen Aufgabenträger nach dem LBKG, im Einvernehmen mit der zuständigen Behörde für den Rettungsdienst, sowie in Absprache mit der jeweiligen Leitstelle“ (LRettDP A. II.3.3) erfolgt. Die qualifizierten Ersthelfer werden vor allem als Angehörige einer Sanitätsorganisation gesehen. Diese Sanitätsorganisation ist für die Aus- und Weiterbildung zuständig. Die Alarmierung der Ersthelfer hat ausschließlich über die Leitstelle zu erfolgen.

Einen vergleichbaren Umfang weisen die Vorgaben im Rettungsdienstgesetz Schleswig-Holsteins (RDG S-H) auf. Hierbei liegt der Fokus auf einer Definition der organisierten Ersten-Hilfe und den Vereinbarungen zwischen den Trägern des Rettungsdienstes und den Einrichtungen der organisierten Ersten Hilfe, um die organisierte Erste Hilfe planbar zu machen.

Leitfäden gibt es für die Länder Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen. Diese gehen in der Detailtiefe weit über die Vorgaben der anderen Länder hinaus, weisen aber untereinander deutliche Unterschiede auf.



Die Leitfäden für Hessen und Nordrhein-Westfalen haben einen ähnlichen Umfang, dahingegen ist der bayrische Leitfaden deutlich detaillierter und umfangreicher.

Abweichend vom bayrischen und nordrhein-westfälischen Leitfaden scheint der hessische Leitfaden ein geringeres Organisationsniveau vorzusehen. Die als Voraus-Helfer bezeichneten Freiwilligen reagieren vielmehr auf Einsätze in der Nähe ihres jeweiligen Aufenthaltsorts.

In Tabelle 1 sind die Inhalte der Leitfäden als Übersicht dargestellt.

Tabelle 1: Inhalt der Leitfäden der Länder Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen

	Baden- Württemberg	Bayern	Hessen	Nordrhein- Westfalen
Definition	x	x	x	X
Verhältnis zum Rettungsdienst	x	x	(x) ¹	X
Rechtsgrundlage	x	x		X
Einsatzindikation	x	x	x	X
Eignung	x	x	x	X
Qualifikation	x	x	x	X
Fortbildung	x	x	x	X
Tätigkeitsbereich / Aufgaben	x	x	x	X
Ausstattung	x	x	x	X
Versicherung	x	x	x	X
Dienstplan (Einsatzgebiet bzw. Standort, Vorhaltezeit)		x	x	
Alarmierung und Alarmierungswege	x	x	x	X
Sonderrechte und BOS-Funk	x	x		
Dokumentation und Qualitätsmanagement	x	x	x	X

Zentraler Bestandteil der rechtlichen Grundlage ist die Abgrenzung zum bzw. die Zusammenarbeit mit dem Rettungsdienst. Darüber hinaus finden sich insbesondere in den Leitfäden/Verordnung Vorgaben zu Qualifikation und Fortbildungen. In den nachfolgenden Abschnitten werden die Vorgaben bezüglich Organisation, Ausbildung sowie der regelhaften Integration der organisierten Ersten-Hilfe in das System des öffentlichen Rettungsdienstes näher betrachtet.

¹ Sehr allgemein erwähnt, eine klare Abgrenzung der Aufgaben wie in den Leitfäden für Bayern und Nordrhein-Westfalen erfolgt hier nicht.



1.1. Vorgaben zur regelhaften Integration in das System des öffentlichen Rettungsdienstes

In diesem Abschnitt werden die Vorgaben zur regelhaften Integration der Helfer-vor-Ort-Systeme bzw. der organisierten Erste-Hilfe in das System des öffentlichen Rettungsdienstes betrachtet.

Der zuvor skizzierte Rechtsrahmen definiert auch die großen Unterschiede der Länder zu den organisatorischen Vorgaben zu Helfer-vor-Ort-Gruppen. Da für die Länder Berlin, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen keine rechtlichen Regelungen existieren, gibt es für diese Länder auch keine organisatorischen Vorgaben. Darüber hinaus enthält auch der Rechtsrahmen des Saarlandes keine entsprechenden Regelungen.

Für die übrigen Länder gibt es organisatorische Vorgaben zu Helfer-vor-Ort-Gruppen. Diese haben gemeinsam, dass das Leisten der Ersten Hilfe bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes bzw. die Verkürzung des therapiefreien Intervalls als Ziel der organisierten Ersten Hilfe verstanden wird. In Bayern und Nordrhein-Westfalen ist eine weitere Unterstützung des Rettungsdienstes bzw. des Notarztes als Option vorgesehen.

Generell wird in den Ausführungen der Länder klargestellt, dass die organisierte Erste Hilfe (bzw. die Helfer-vor-Ort-Systeme) kein Teil des Rettungsdienstes ist. In Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg und Nordrhein-Westfalen wird hervorgehoben, dass durch organisierte Erste Hilfe bzw. Helfer-vor-Ort nicht der Sicherstellungsauftrag erfüllt wird bzw. diese nicht relevant für die Hilfsfrist sind.

Nachfolgend werden wichtige Aspekte der Vorgaben bezüglich der regelhaften Integration von Helfern vor Ort bzw. der organisierten Ersten Hilfe näher betrachtet.

Sofern Regelungen zu Helfer vor Ort auf Landesebene existieren, enthalten diese mehr oder weniger detaillierte Vorgaben. Abweichend hiervon regelt Schleswig-Holstein, dass die organisierte Erste Hilfe durch eine Vereinbarung der Rettungsdienststräger mit den Einrichtungen, die organisierte Erste Hilfe erbringen, schließen kann. Diese dienen dazu, die „organisierte Erste Hilfe planbar und in fachlich gebotennem Maße zur Unterstützung des Rettungsdienstes einsetzbar zu machen“ (§21 Abs. 1 RDG SH). Dabei „ist als Selbstbindung der Einrichtungen festzulegen:

- der räumliche Einsatzbereich in Abhängigkeit von der maximalen Zeitspanne bis zum Erreichen des Einsatzortes,
- der fachliche Einsatzbereich,
- die Qualifikation der Einsatzkräfte,
- die Ausrüstung der Einsatzkräfte,
- eine Dokumentation und
- die Sicherstellung des Datenschutzes“ (§21 Abs. 1 RDG SH).

1.2. Organisation der Helfer-vor-Ort-Gruppe

Helfer vor Ort werden – sofern entsprechende Angaben vorliegen – in der Regel bei im Katastrophenschutz mitwirkenden Organisationen und Einrichtungen (Baden-Württemberg), Sanitätsorganisationen (Rheinland-Pfalz) bzw. Hilfsorganisationen und Feuerwehren (Bayern, Nordrhein-Westfalen) verortet.



Darüber hinaus stellt der Freistaat Bayern die Forderung an die Helfer-vor-Ort-Gruppen, dass „der Träger über einen gewissen Organisationsgrad verfügt und nachhaltig, planmäßig und auf Dauer in der Ersten Hilfe tätig wird“².

Schleswig-Holstein legt nicht die Art der Organisation fest, die die organisierte Erste Hilfe erbringt, sondern definiert sie lediglich als „die planmäßig und auf Dauer angelegte, von einer Organisation geleistete Erste Hilfe am Notfallort bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes“ (§21 Abs. 1 RDG SH). Darüber hinaus erfolgt die Organisation über eine Vereinbarung der Rettungsdienststräger mit Einrichtungen, die organisierte Erste Hilfe erbringen. Dies enthält wie in Abschnitt 1.1 dargelegt eine Selbstbindung dieser Einrichtungen.

1.3. Ausrückebereiche und Standorte

Regelungen zu Ausrückebereichen und Standorten liegen in Bayern und Hessen vor. In Schleswig-Holstein wird eine Selbstbindung bezüglich der räumlichen Einsatzbereiche „in Abhängigkeit von der maximalen Zeitspanne bis zum Erreichen des Einsatzortes“ (§21 Abs. 3 RDG SH) im Rahmen der Vereinbarung zwischen der Einrichtung, die organisierte Hilfe leistet und dem Träger des Rettungsdienstes verlangt.

In Bayern regelt der Zweckverband für Rettungsdienste auf Basis von dokumentierten Einsatzdaten des Rettungsdienstes „von welchem Standort aus, für welches Einsatzgebiet und für welche Tätigkeiten die Ersthelfergruppe von der Integrierten Leitstelle eingesetzt werden kann“. Sofern die Alarmierungssicherheit gewährleistet ist, ist es möglich, lediglich das Einsatzgebiet festzulegen.

In Hessen wird nicht von wachenbasierten Helfer-vor-Ort-Systemen ausgegangen, sondern der Aufenthalts- bzw. Wohnort des Helfers und dessen nähere Umgebung als Einsatzgebiet betrachtet. Dennoch kann die Alarmierung der Helfer „einer Information aller in Frage kommenden Voraus-Helfer über einen Notfall entsprechen. Da zu jedem Zeitpunkt (z. B. auch unerwartet und zufällig) ein einsatzbereiter Voraus-Helfer in der Nähe des Notfallortes anwesend sein könnte, erfolgt die Alarmierung der Voraus-Helfer grundsätzlich rund um die Uhr.“³

1.4. Aufgaben der Helfer vor Ort

Sowohl in Hessen als auch in Bayern bestehen die medizinischen Tätigkeiten der Helfer vor Ort aus:

- Beurteilung der Vitalfunktionen,
- Erhalt bzw. Behandlung der Vitalfunktionen,
- Durchführung weiterer Erste-Hilfe-Maßnahmen.

In Baden-Württemberg sind die Aufgaben der Helfer vor Ort auf Aufgaben beschränkt, die die Behandlung von Störungen der Vitalfunktionen im Rahmen lebensrettender Sofortmaßnahmen sowie damit verbundene Versorgungsmaßnahmen betreffen.

² Leitfaden für die Tätigkeit örtlicher Einrichtungen organisierter Erster Hilfe (Ersthelfergruppen) in Bayern, Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern vom 27. April 2011 Az.: ID3-2281.10-111 in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. Februar 2013 (AllMBl Nr. 2/2013, S. 60),

³ Hessisches Sozialministerium, Empfehlungen für Voraus-Helfer-Systeme (First-Responder-Systeme), 2011



Die Tätigkeiten der Helfer vor Ort sind in Nordrhein-Westfalen anders definiert und sehen explizit die Unterstützung des Rettungsdienstes bei größeren Schadenslagen vor. Die Tätigkeiten „können insbesondere sein:

- Erste Hilfe an schwer Verletzten oder akut Erkrankten mit Hilfsmitteln und betreuende Maßnahmen
- erweiterte Maßnahmen nach Ausbildungsstand und Ausrüstung
- die Frühdefibrillation mit automatischen externen Defibrillatoren (AED)
- personelle Unterstützung des rettungsdienstlichen Personals nach dessen Eintreffen am Notfallort oder bei größeren Schadensereignissen.“⁴

Dabei sieht der bayrische Leitfaden vor, dass die Tätigkeiten der Helfer auf diese medizinischen Tätigkeiten beschränkt sind. Darüber hinaus werden in diesem Leitfaden organisatorische Maßnahmen im Zusammenhang mit medizinischer Hilfeleistung als Aufgaben aufgeführt.

Sowohl in der Empfehlung für Bayern als auch für Nordrhein-Westfalen sind organisatorische Maßnahmen wie Absichern der Einsatzstelle (Bayern, Nordrhein-Westfalen), qualifizierte Rückmeldung an die Integrierte Leitstelle (Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen), Einweisung der Rettungsmittel zum Notfallort (Hessen, Nordrhein-Westfalen) bzw. Transport einer Rettungshubschrauberbesatzung zur Einsatzstelle (Bayern) enthalten.

1.5. Indikation

Bei der Einsatzindikation für Helfer-vor-Ort kann zwischen medizinischen und organisatorischen Kriterien für den Einsatz unterscheiden werden. Für Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen liegen sowohl organisatorische als auch medizinische Indikatoren vor.

Dabei lässt sich der medizinische Indikator als (akute) lebensbedrohliche Situation für den Patienten zusammenfassen. Für Details sei auf die entsprechenden Leitfäden verwiesen.

Der primäre organisatorische Indikator für Bayern und Nordrhein-Westfalen ist, dass die Helfer vor Ort voraussichtlich vor dem Rettungsdienst eintreffen. Eine entsprechende Festlegung ist im hessischen Leitfaden nicht enthalten. Hier wird vielmehr in einem anderen Kontext hervorgehoben, dass „zu jedem Zeitpunkt (z. B. auch unerwartet und zufällig) ein einsatzbereiter Voraus-Helfer in der Nähe des Notfallortes anwesend sein könnte“⁵ und daher die Alarmierung der Helfer vor Ort grundsätzlich rund um die Uhr erfolgt.

In Nordrhein-Westfalen wird explizit auf die Möglichkeit, Helfer vor Ort zur Unterstützung des Rettungsdienstes bei einem Massenanfall von Verletzten und Erkrankten einzusetzen, hingewiesen.

4 MBl. NRW. 2005 S. 546., Empfehlungen des Landesfachbeirates für den Rettungsdienst zur Einbindung von Einrichtungen der organisierten Ersten Hilfe (Notfallhelfer-Systeme) in Nordrhein-Westfalen; RdErl. d. Ministeriums für Gesundheit, Soziales, Frauen und Familie v. 6.4.2005 – III 8 – 0710.2 –

⁵ Hessisches Sozialministerium, Empfehlungen für Voraus-Helfer-Systeme (First-Responder-Systeme), 2011



Neben Indikatoren für den Einsatz von Helfern vor Ort gibt es in Bayern zum Schutz der Helfer Kontraindikatoren. Sie sollen „nicht zu Einsätzen, die voraussichtlich mit einem hohen Gefährdungspotential für die Helfer verbunden sind (z. B. Amoklagen), alarmiert werden.“⁶

1.6. Alarmierung und Kommunikation mit der Leitstelle

Sofern entsprechende Vorgaben vorliegen, dies ist für Baden-Württemberg, Bayern, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Schleswig-Holstein der Fall, sehen diese eine Einsatzanforderung bzw. Alarmierung durch die Leitstelle vor. Lediglich Bayern und Rheinland-Pfalz geben vor, dass die Alarmierung ausschließlich auf diese Weise zu erfolgen hat.

Die Leitfäden für Bayern, Hessen und Nordrhein-Westfalen führen bei den organisatorischen Maßnahmen der Helfer vor Ort darüber hinaus die qualifizierte Rückmeldung an die Leitstelle auf. Diese und weitere organisatorischen Maßnahmen deuten auf eine bidirektionale Kommunikation mit der Leitstelle hin (vgl. Abschnitt 1.4).

1.7. Sonderrechte

In Bayern ist es unter bestimmten Voraussetzungen möglich, dass Einsatzfahrzeuge von Helfer-vor-Ort-Gruppen mit Sonderwarneinrichtungen ausgerüstet werden⁷.

In Baden-Württemberg können Helfer vor Ort Einsatz-Kraftfahrzeuge der Organisationen und Einrichtungen nutzen, die mit Sondersignalanlagen ausgerüstet sind. Die Sonderrechte dürfen dabei von den Helfern vor Ort nur in Anspruch genommen werden, wenn diese von der Integrierten Leitstelle ausdrücklich freigegeben worden sind.

1.8. Größe von Helfer-vor-Ort Gruppen

In Bayern und Nordrhein-Westfalen sollen die Helfer-vor-Ort-Teams in der Regel aus zwei bzw. mindestens zwei Helfern bestehen. Hierfür spricht gemäß dem nordrhein-westfälischen Leitfaden „die Möglichkeit der wechselseitigen Zeugenschaft, der Unterstützung und Aufgabenteilung“⁸.

1.9. Abstimmung / Genehmigung

Der Einfluss der Aufgabenträger des Rettungsdienstes auf die Helfer vor Ort-Gruppen wird in der Regel darin beruhen, dass die Träger die Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen durch die Leitstelle beeinflussen können.

⁶ Leitfaden für die Tätigkeit örtlicher Einrichtungen organisierter Erster Hilfe (Ersthelfergruppen) in Bayern, Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern vom 27. April 2011 Az.: ID3-2281.10-111 in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. Februar 2013 (AllMBl Nr. 2/2013, S. 60)

⁷ AllMBl. Nr. 9/2015 S. 430 (Vollzug der Straßenverkehrs-Ordnung (StVO); Sonderrechte für Einsatzfahrzeuge von örtlichen Einrichtungen organisierter Erster Hilfe (Ersthelfergruppen); Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern, für Bau und Verkehr vom 6. August 2015, Az. IC4-3612.35-54)

⁸ MBl. NRW. 2005 S. 546. Empfehlungen des Landesfachbeirates für den Rettungsdienst zur Einbindung von Einrichtungen der organisierten Ersten Hilfe (Notfallhelfer-Systeme) in Nordrhein-Westfalen; RdErl. d. Ministeriums für Gesundheit, Soziales, Frauen und Familie v. 6.4.2005 – III 8 – 0710.2 –



Dies ist jedoch lediglich in Bayern und Schleswig-Holstein explizit geregelt. In Bayern wird durch einen gesetzlichen Zustimmungsvorbehalt des Zweckverbands Rettungsdienst und Feuerwehralarmierung für die Alarmierung der Leitstellen (Art. 2 Abs. 6 ILSG) geregelt, dass „Ersthelfergruppen nicht ohne Abstimmung mit den zuständigen Aufgabenträgern des Rettungsdienstes unkoordiniert in die Alarmierung aufgenommen“⁹ werden. In Baden-Württemberg sind die Helfer vor Ort-Gruppen von der jeweiligen Organisation oder Einrichtung über den örtlich zuständigen Bereichsausschuss bei der Integrierten Leitstelle anzumelden. Das Rettungsdienstgesetz Schleswig-Holstein regelt, dass die Einrichtungen, die organisierte Erste Hilfe erbringen mit dem Rettungsdienststräger Vereinbarungen abschließen können, um „die organisierte Erste Hilfe planbar und in fachlich gebotenum Maße zur Unterstützung des Rettungsdienstes einsetzbar zu machen“ (§21 Abs. 2 RDG SH). Diese Vereinbarung bildet die Grundlage für die Alarmierung durch die Leitstelle.

Etwas allgemeiner sind die Regelungen in Rheinland-Pfalz, Hessen und Nordrhein-Westfalen. Für Rheinland-Pfalz legt der Landesrettungsdienstbedarfsplan fest, dass der Aufbau von Gruppen Qualifizierter Ersthelfer „durch die zuständigen Aufgabenträger nach dem LBKG, im Einvernehmen mit der zuständigen Behörde für den Rettungsdienst, sowie in Absprache mit der jeweiligen Leitstelle“ (LRttdP A.II.3.3) erfolgt. Der hessische Leitfaden sieht lediglich vor, dass die Dispositionskriterien vom „Träger des Rettungsdienstes im Einvernehmen mit den Organisationen, die diese Kräfte stellen, festgelegt werden“¹⁰ und, dass die Trägerorganisationen der Helfer vor Ort die Einzelheiten der Umsetzung mit dem Träger des Rettungsdienstes vereinbaren. Darüber hinaus sind die Ärztlichen Leiter der Rettungsdienste dazu angehalten, „Voraus-Helfer-Systeme zu fördern, zu koordinieren und zu überwachen“. (§ 20 Abs. 3 Nr. 7). Der Leitfaden für Nordrhein-Westfalen enthält keine explizite Vorgabe, sondern sieht lediglich vor, dass die Leitstelle die Entscheidung über die Alarmierung eines Notfallhelfer-Systems „nach sorgfältiger Abwägung im Einzelfall, ggf. nach kurzer Rücksprache mit der Ärztlichen Leitung des Rettungsdienstes“¹¹ trifft. Somit besteht auch in Nordrhein-Westfalen die Möglichkeit der Einflussnahme der Träger des Rettungsdienstes über die Leitstellen.

Da es in der Regel keine Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppe durch die Leitstelle gegen den Widerstand des Trägers des Rettungsdienstes geben wird, erhält der Träger auch in Ländern ohne entsprechende Regelung über diesen Weg Einfluss auf die Helfer-vor-Ort-Gruppen.

1.10. Vorgaben zu Eignung, Qualifikation, Aus- und Fortbildungen

Die Vorgaben der Länder zur Qualifikation sowie Aus- und Fortbildung von Helfern vor Ort unterscheiden sich bereits erkennbar im Umfang der Vorgaben. Wie in Kapitel 1.1.1 dargelegt, existieren in einigen Län-

⁹ Leitfaden für die Tätigkeit örtlicher Einrichtungen organisierter Erster Hilfe (Ersthelfergruppen) in Bayern, Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern vom 27. April 2011 Az.: ID3-2281.10-111 in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. Februar 2013 (AllMBl Nr. 2/2013, S. 60)

¹⁰ Hessisches Sozialministerium, Empfehlungen für Voraus-Helfer-Systeme (First-Responder-Systeme), 2011

¹¹ MBl. NRW. 2005 S. 546. Empfehlungen des Landesfachbeirates für den Rettungsdienst zur Einbindung von Einrichtungen der organisierten Ersten Hilfe (Notfallhelfer-Systeme) in Nordrhein-Westfalen; RdErl. d. Ministeriums für Gesundheit, Soziales, Frauen und Familie v. 6.4.2005 – III 8 – 0710.2 –



der keine rechtlichen Regelungen zu Helfern vor Ort. Entsprechend gibt es auch keine Vorgaben bezüglich Qualifikation, Aus- und Fortbildung. Darüber hinaus beinhalten die rechtlichen Vorgaben für die Länder Baden-Württemberg und Saarland keine Angaben zur Qualifikation, Aus- und Fortbildung. Die brandenburgische Landesrettungsdienstplanverordnung geht nicht explizit auf diese Themen ein, sie regelt aber bei der Abgrenzung der Helfer vor Ort vom Rettungsdienst, dass die Helfer vor Ort den Rettungsdienst nur unterstützen können, „indem sie therapiefreie Intervalle verkürzen oder qualifizierte Erste Hilfe leisten“ (LRDPV Brandenburg Stand 07.2015). Etwas klarer ist die Formulierung im Landesrettungsdienstplan Rheinland-Pfalz, der vorschreibt, dass die qualifizierten Ersthelfer „durch ihre Organisation [...] gut ausgebildet und regelmäßig weitergebildet werden müssen“ (LRettDP Stand 01.2014). Eine andere Regelung verwendet Schleswig-Holstein, hier kann der Rettungsdienstträger eine Vereinbarung mit Organisationen schließen, die organisierte Erste Hilfe leisten. Diese Vereinbarung soll als Selbstbindung der Einrichtung unter anderem die Qualifikation der Einsatzkräfte festlegen. (§21 Abs. 2 und 3 RDG S-H Stand 03.2017)

Die Vorgaben der Länder Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Nordrhein-Westfalen gehen über diese Regelungen zur Qualifikation hinaus. Die Mindestqualifikation sieht 24 Unterrichtseinheiten (UE) in Hessen¹², 48 UE in Bayern, 48 UE in Baden-Württemberg mit einer empfohlenen Vertiefung auf 72 UE und 50 UE in Nordrhein-Westfalen vor. Inbegriffen in diesem Umfang ist jeweils eine Erste-Hilfe Ausbildung im Umfang von 16 UE. Darüber hinaus wird in Hessen und Bayern eine erweiterte Ausbildung empfohlen.¹³ Sowohl in Bayern, Hessen als auch Nordrhein-Westfalen sind jährlich 8 Stunden Fortbildung vorgeschrieben.

Neben der fachlichen Qualifikation werden in einigen Ländern Anforderungen an die Eignung gestellt. Diese Kriterien existieren für Bayern, Baden-Württemberg, Hessen und Nordrhein-Westfalen. Ein Kriterium ist das Alter (18 Jahre in Bayern, Baden-Württemberg und Hessen, 17 Jahre in Nordrhein-Westfalen), sowie die gesundheitliche (Bayern, Hessen, Nordrheinwestfalen), persönliche (Hessen), körperliche (Bayern, Nordrhein-Westfalen) und geistige (Nordrhein-Westfalen) Eignung. In Bayern ist darüber hinaus die geistige Reife ein Kriterium. In Baden-Württemberg steht es im Ermessen der Organisationen und Einrichtungen weitere Eignungsvoraussetzungen festzulegen.

2. Bundesweite Erfassung von Helfer vor Ort-Gruppen

Im Rahmen der Befragung der für die Helfer vor Ort-Gruppen zuständigen Landesministerien wurde neben dem Rechtsrahmen auch die Anzahl bekannter Helfer vor Ort-Gruppen im jeweiligen Bundesland abgefragt. Danach sind gemäß Tabelle 2 in den Bundesländern Bremen Saarland Schleswig-Holstein und Thüringen den zuständigen Landesministerien bis zu fünf Helfer vor Ort-Gruppen bekannt. In Hamburg geht

¹² In Hessen wird die erste Stufe als (Basis-) Voraus-Helfer-EH+ bezeichnet, die zweite Stufe als Voraus-Helfer-SAN

¹³ Leitfaden für die Tätigkeit örtlicher Einrichtungen organisierter Erster Hilfe (Ersthelfergruppen) in Bayern, Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums des Innern vom 27. April 2011 Az.: ID3-2281.10-111 in der Fassung der Bekanntmachung vom 7. Februar 2013 (AllMBl Nr. 2/2013, S. 60), Hessisches Sozialministerium, Empfehlungen für Voraus-Helfer-Systeme (First-Responder-Systeme), 2011



das zuständige Landesministerium von 26–50 bekannten Helfer vor Ort-Gruppen aus, während in Baden-Württemberg Bayern und Hessen über 100 Helfer vor Ort-Gruppen bekannt sind.

Neben der Anzahl bekannter Helfer vor Ort-Gruppen sind nach Tabelle 2 darüber hinaus einzelnen Bundesländern auch landesspezifische Forschungsprojekte zu Helfer vor Ort-Gruppen bekannt.

Tabelle2: Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen von den zuständigen Landesministerien

	Anzahl bekannter HvO-Gruppen im Land			Sind Forschungsprojekte zu HvO im Land bekannt
	bis 5 HvO-Gruppen	26 bis 50 HvO-Gruppen	über 100 HvO-Gruppen	
Baden-Württemberg			x	nein
Bayern			x	nein
Berlin	-			ja
Brandenburg	-			-
Bremen	x			nein
Hamburg		x		nein
Hessen			x	nein
Mecklenburg-Vorpommern	-			ja
Niedersachsen	-			nein
Nordrhein-Westfalen	-			nein
Rheinland-Pfalz				
Saarland	x			nein
Sachsen	-			-
Sachsen-Anhalt	-			-
Schleswig-Holstein	x			ja
Thüringen	x			nein

Seitens des Bayerischen Staatsministeriums des Inneren und für Integration wurde im Rahmen der Befragung zusätzlich eine aktuelle Übersicht über existierende Helfer vor Ort Gruppen in Bayern zur Verfügung gestellt. Neben den Angaben zur Anzahl der Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis enthält die tabellarische Übersicht zusätzliche Information darüber, ob die Helfer vor Ort-Gruppen

- der Feuerwehr,
- einer Hilfsorganisation,
- sonstigen Einrichtungen zugehörig sind bzw.
- als „gemischte“ Helfer vor Ort-Gruppe gleichzeitig von unterschiedlichen Einrichtungen besetzt werden.

Um weitere Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen außerhalb von Bayern zu erhalten, erfolgte beginnend im Juni 2018 in Absprache mit den kommunalen Spitzenverbänden auf Bundesebene in den übrigen zwölf Flä-



chenländern eine Befragung der kreisfreien Städte und Kreise. Nachfolgend wird anstatt von kreisfreien Städten/Kreise vereinfachend immer von Kreisen gesprochen. Das Ziel dieser Befragung war es, Informationen über Helfer vor Ort-Gruppen zu:

- Standort,
- Personal,
- Vorhaltezeiten,
- Organisation und
- Leistungsgeschehen

zu erhalten.

Insgesamt wurden 306 Kreise im Rahmen der Befragung mit einem beigefügten Fragebogen angeschrieben. Die Rückantworten konnten durch die Kreise

- per Post/Fax,
- per E-Mail oder
- Online über Eingabe eines beigefügten Codes

erfolgen.

Nach einer ersten Welle der Rückantworten von 122 Kreisen erfolgte im Dezember 2018 mittels eines Erinnerungsschreiben bei 184 Kreisen eine erneute Aufforderung den Fragebogen im Rahmen des Forschungsprojektes auszufüllen und zurückzusenden. Im Rahmen dieser zweiten Befragung der Kreise wurden insgesamt 58 Fragebogen zurückgesendet. Insgesamt ergibt sich damit für die vorliegende Befragung der 306 Kreise eine Rücklaufquote von 58,8 %, wovon mit 122 Rückantworten über zwei Drittel auf die erste Erhebungsphase im Juni 2018 entfallen (= 67,8 %).

Die Tabelle 3 zeigt nachfolgend, welche Möglichkeiten die Kreise zur Rücksendung des Fragebogens genutzt haben. So wurden mit 43,3 % rund zwei Fünftel der Rückantworten per Post zurückgeschickt, während mit 24,4 % jede vierte Rückantwort über eine bereitgestellte Online-Erfassung erfolgte. Bei 15 % der Rückantworten wurde eine E-Mail verwendet bzw. in 14,4 % sowohl eine Rückantwort per Post als auch per E-Mail gewählt.

Tabelle3: Rücklauf der Befragung der Kreise zu Helfer vor Ort-Gruppen

	1. Erfassungsphase: Juni 2018		2. Erfassungsphase: Dezember 2018		Gesamt	
	Absolut	in Prozent	Absolut	in Prozent	Absolut	in Prozent
Rücklauf per ...						
Online-Erfassung	30	24,6%	14	24,1%	44	24,4%
FAX	0	0,0%	5	8,6%	5	2,8%
Post	62	50,8%	16	27,6%	78	43,3%
Post und E-Mail	13	10,7%	13	22,4%	26	14,4%
E-Mail	17	13,9%	10	17,2%	27	15,0%
Gesamt	122	100,0%	58	100,0%	180	100,0%
	67,8%		32,2%		100,0%	



2.1. Gebietsstruktur der erfassten Kreise unter Einbeziehung der landesweiten Angaben in Bayern

Für den Erhebungszeitraum der Befragung von 2017 ist bundesweit ohne die drei Stadtstaaten Berlin, Bremen und Hamburg von 398 Kreisen auszugehen, wovon 96 kreisfreie Städte/Kreise auf Bayern entfallen. Das wiederum bedeutet, dass bundesweit ohne Bayern von 302 Kreisen auszugehen ist. Die nachfolgende Tabelle 4 zeigt den Rücklauf der Befragung der Kreise zu Helfer vor Ort Gruppen, wobei zusätzlich zwischen alten Bundesländern und neuen Bundesländern unterschieden wird.

Danach liegen in den alten Bundesländern (ohne Bayern) 134 Rückantworten von Kreisen vor, was einem Anteil von 59,3 % entspricht. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass 92 Kreise aus den alten Bundesländern keinen Fragebogen zurückgeschickt haben (= 40,7 %). Für die alten Bundesländer (ohne Bayern) liegen danach durch die Befragung für 62,4 % der Fläche und 65,0 % der Bevölkerung Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen auf Kreisebene vor.

Tabelle 4: Übersicht über die Kreise mit und ohne Rückantwort eines Fragebogens zu Helfer vor Ort-Gruppen unterteilt nach alten Ländern und neuen Ländern

	Alte Bundesländer ¹			Neue Bundesländer ²		
	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung
Kreisfreie Städte/Kreise mit vorliegender Rückantwort	134	110.321	32.997.722	46	71.262	8.158.077
	59,3%	62,4%	65,0%	60,5%	66,0%	64,8%
Kreisfreie Städte/Kreise ohne vorliegende Rückantwort	92	66.489	17.757.297	30	36.679	4.440.146
	40,7%	37,6%	35,0%	39,5%	34,0%	35,2%
Kreisfreie Städte/Kreise gesamt	226	176.811	50.755.019	76	107.941	12.598.223
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

1 = ohne Länder Bayern, Bremen und Hamburg
2 = ohne Land Berlin

Die neuen Bundesländer weisen vergleichbare Werte wie die alten Bundesländer auf, wonach von 46 Kreisen Rückantworten vorliegen (= 60,5 %), während 30 Kreise keinen Fragebogen zurückgeschickt haben (= 39,5 %). Durch die Befragung in den neuen Bundesländern liegen damit Angaben auf Kreisebene zu Helfer vor Ort-Gruppen für 66,0 % der Fläche und 64,8 % der Bevölkerung vor.

Insgesamt liegen durch die Befragung Rückantworten aus 180 Kreisen zu Helfer vor Ort-Gruppen vor, was in der Summe 41,2 Mio. Einwohner umfasst. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass durch fehlende Rückantworten aus 122 Kreisen mit insgesamt 22,2 Mio. Einwohnern derzeit keine Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen existieren.

Eine erste Analyse der 180 zurückgesandten Fragebogen nach siedlungsstrukturellen Gesichtspunkten gibt die nachfolgende Tabelle 5 wieder. Danach haben von 180 Kreisen insgesamt 89 Kreise angegeben, dass in ihrem Zuständigkeitsgebiet keine Helfer vor Ort-Gruppen existieren (= 49,4 %). Die 89 Kreise umfassen dabei eine Fläche von 89.048 km² mit einer Bevölkerung von 19.229.768 Einwohnern.

Eine Aufteilung dieser 89 Kreise nach Kreistypen zeigt, dass in etwa jeweils ein Viertel auf



- kreisfreie Großstädte,
- städtische Kreise,
- ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen und
- dünn besiedelte ländliche Kreise

entfällt.

Tabelle 5: Gebietsstruktur der 180 Kreise mit Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen

	Kreisfreie Städte/Kreise mit HvO-Gruppen			Kreisfreie Städte/Kreise ohne HvO-Gruppen			Insgesamt		
	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung
Rückantworten von 180 kreisfreien Städten/Kreisen nach ...									
Kreisfreie Großstädte	11	1.681	3.003.653	19	3.425	5.942.416	30	5.106	8.946.069
	12,1%	1,8%	13,7%	21,3%	3,8%	30,9%	16,7%	2,8%	21,7%
Städtische Kreise	46	40.905	13.285.097	25	18.337	6.580.138	71	59.242	19.865.235
	50,5%	44,6%	60,6%	28,1%	20,4%	34,2%	39,4%	32,6%	48,3%
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	18	24.530	3.360.308	22	19.644	2.950.354	40	44.174	6.310.662
	19,8%	26,7%	15,3%	24,7%	21,9%	15,3%	22,2%	24,3%	15,3%
Dünn besiedelte ländliche Kreise	16	24.653	2.276.973	23	48.408	3.756.860	39	73.061	6.033.833
	17,6%	26,9%	10,4%	25,8%	53,9%	19,5%	21,7%	40,2%	14,7%
Insgesamt	91	91.769	21.926.031	89	89.814	19.229.768	180	181.583	41.155.799
	50,6%	50,5%	53,3%	49,4%	49,5%	46,7%	100,0%	100,0%	100,0%

Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) grenzt dabei die Kreistypen wie folgt ab:

Kreisfreie Großstädte: Kreisfreie Städte mit mind. 100.000 Einwohnern

Städtische Kreise: Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von mind. 50% und einer Einwohnerdichte von mind. 150 E./km²; sowie Kreise mit einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte von mind. 150 E./km²

Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen: Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten von mind. 50%, aber einer Einwohnerdichte unter 150 E./km², sowie Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten unter 50% mit einer Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte von mind. 100 E./km²

Dünn besiedelte ländliche Kreise: Kreise mit einem Bevölkerungsanteil in Groß- und Mittelstädten unter 50% und Einwohnerdichte ohne Groß- und Mittelstädte unter 100 E./km²

Von den 180 Kreisen mit einer Rückantwort geben 91 Kreisen an, dass in ihrem Zuständigkeitsgebiet Helfer vor Ort-Gruppen existieren. Diese 91 Kreise umfassen dabei eine Fläche von 91.097 km² mit insgesamt 21.926.031 Einwohnern. Bezüglich der Siedlungsstruktur bilden dabei die 46 städtischen Kreise einen Schwerpunkt, die insgesamt 13.285.097 Einwohner umfassen, was einem Anteil von 60,6 % an der Bevölkerung der 91 Kreise mit Helfer vor Ort-Gruppen entspricht. Die 11 kreisfreien Großstädte weisen mit



12,1 % den geringsten Anteil an den Kreisen mit Helfer vor Ort Gruppen auf, womit gleichzeitig rund 3 Mio. Einwohnern verbunden sind.

Die nachfolgende Tabelle 6 ergänzt die Tabelle 5 um die Angaben des Bayerischen Staatsministerium des Inneren und für Integration über zu Helfer vor Ort-Gruppen auf kreisebene in Bayern.

Tabelle 6: Gebietsstruktur der 180 kreisfreien Städte/Kreise mit Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen sowie der Informationen aus Bayern zu Helfer vor Ort-Gruppen

	Kreisfreie Städte/Kreise mit HvO-Gruppen			Kreisfreie Städte/Kreise ohne HvO-Gruppen			Insgesamt		
	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl	Fläche [qkm]	Bevölkerung
Rückantworten von 180 kreisfreien Städten/Kreisen nach ...									
Kreisfreie Großstädte	11	1.681	3.003.653	19	3.425	5.942.416	30	5.106	8.946.069
	12,1%	1,8%	13,7%	21,3%	3,8%	30,9%	16,7%	2,8%	21,7%
Städtische Kreise	46	40.905	13.285.097	25	18.337	6.580.138	71	59.242	19.865.235
	50,5%	44,6%	60,6%	28,1%	20,4%	34,2%	39,4%	32,6%	48,3%
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	18	24.530	3.360.308	22	19.644	2.950.354	40	44.174	6.310.662
	19,8%	26,7%	15,3%	24,7%	21,9%	15,3%	22,2%	24,3%	15,3%
Dünn besiedelte ländliche Kreise	16	24.653	2.276.973	23	48.408	3.756.860	39	73.061	6.033.833
	17,6%	26,9%	10,4%	25,8%	53,9%	19,5%	21,7%	40,2%	14,7%
Insgesamt	91	91.769	21.926.031	89	89.814	19.229.768	180	181.583	41.155.799
	50,6%	50,5%	53,3%	49,4%	49,5%	46,7%	100,0%	100,0%	100,0%
Kreisfreie Städte/Kreise in Bayern nach ...									
Kreisfreie Großstädte	6	876	2.471.468	2	210	410.545	8	1.086	2.882.013
	7,8%	1,3%	21,5%	10,5%	7,1%	30,3%	8,3%	1,5%	22,4%
Städtische Kreise	19	12.315	3.078.795	1	37	61.844	20	12.352	3.140.639
	24,7%	18,2%	26,8%	5,3%	1,3%	4,6%	20,8%	17,5%	24,5%
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	26	24.072	3.070.637	9	1.283	518.170	35	25.355	3.588.807
	33,8%	35,6%	26,7%	47,4%	43,5%	38,2%	36,5%	35,9%	27,9%
Dünn besiedelte ländliche Kreise	26	30.341	2.865.572	7	1.417	366.483	33	31.758	3.232.055
	33,8%	44,9%	24,9%	36,8%	48,1%	27,0%	34,4%	45,0%	25,2%
Insgesamt	77	67.603	11.486.472	19	2.947	1.357.042	96	70.550	12.843.514
	80,2%	95,8%	89,4%	19,8%	4,2%	10,6%	100,0%	100,0%	100,0%

Hierbei zeigt sich, dass in Bayern

- 2 Großstädte,
- 1 städtischer Kreis,
- 9 ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen und
- 7 dünn besiedelte ländliche Kreise

keine Helfer vor Ort-Gruppen aufweisen, womit gleichzeitig in der Summe eine Bevölkerung von 1.357.042 Einwohnern verbunden ist. Im Umkehrschluss bedeutet das allerdings auch, dass 80,2 % der Kreise in Bayern Helfer vor Ort-Gruppen besitzen, was 95,8 % der Landesfläche bzw. 89,4 % der Landesbevölkerung einschließt.

Tabelle 7 zeigt abschließend für welchen Umfang derzeit im Bundesgebiet Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen vorliegen bzw. für welchen Umfang derzeit grundsätzlich keine Angaben zu Helfer vor Ort-



Gruppen existieren. Dabei werden die Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen zusätzlich unterteilt, in Kreise mit existierenden Helfer vor Ort-Gruppen bzw. ohne existierende Helfer vor Ort-Gruppen.

Danach liegen bundesweit auf Kreisebene für rund zwei Drittel der Bevölkerung generelle Angaben über das Vorhandensein bzw. Nicht-Vorhandensein von Helfer vor Ort-Gruppen vor, was rund 54 Mio. Einwohner umfasst. Von diesen 54 Mio. Einwohnern liegen auf Kreisebene für rund 33,4 Mio. Einwohner Angaben über die Existenz von Helfer vor Ort-Gruppen vor, was einem Anteil von 61,9 % an den 54 Mio. Einwohnern entspricht. Demgegenüber existieren auf Kreisebene für rund 20,6 Mio. Einwohner Angaben über das Fehlen von Helfer vor Ort-Gruppen, was einem Anteil von 38,1 % an den 54 Mio. Einwohnern ausmacht.

Eine Unterscheidung in alte Länder und neue Länder zeigt, dass in den alten Ländern Kreisgebiete mit Helfer vor Ort-Gruppen rund zwei Drittel der Bevölkerung umfassen, während dieser Vergleichswert in den neuen Ländern bei „nur“ 37,6 % liegt. Grundsätzlich liegen durch fehlende Rückantworten zum Fragebogen für knapp ein Drittel der Bevölkerung auf Kreisebene im Bundesgebiet (ohne die drei Stadtstaaten) keine Angaben über die Existenz von Helfer vor Ort-Gruppen vor.

Tabelle 7: Bundesweite Übersicht auf Kreisebene mit und ohne Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen differenziert nach alten Ländern und neuen Ländern

	Alte Bundesländer ¹		Neue Bundesländer ²		Insgesamt	
	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Fläche [qkm]	Bevölkerung
Kreisfreie Städte/Kreise <u>mit</u> Angaben zu HvO-Gruppen	180.871	45.841.236	71.262	8.158.077	252.134	53.999.313
	73,1%	72,1%	66,0%	64,8%	71,0%	70,9%
davon						
mit HvO-Gruppen	134.164	30.346.603	25.209	3.065.900	159.372	33.412.503
	74,2%	66,2%	35,4%	37,6%	63,2%	61,9%
ohne HvO-Gruppen	46.708	15.494.633	46.053	5.092.177	92.761	20.586.810
	25,8%	33,8%	64,6%	62,4%	36,8%	38,1%
Kreisfreie Städte/Kreise <u>ohne</u> Angaben zu HvO-Gruppen	66.489	17.757.297	36.679	4.440.146	103.168	22.197.443
	26,9%	27,9%	34,0%	35,2%	29,0%	29,1%

1 = ohne Länder Bremen und Hamburg
2 = ohne Land Berlin

2.2. Anzahl von Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten Kreisen (inklusive Bayern)

Die Tabelle 8 und Karte 1 zeigen eine Übersicht über die im Rahmen der Befragung erfassten Helfer vor Ort-Gruppen bzw. inklusive der Angaben des Bayerischen Staatsministeriums des Inneren und für Integration zu Helfer vor Ort-Gruppen, wonach derzeit insgesamt 1.193 Helfer vor Ort-Gruppen dokumentiert vorliegen. Eine Unterteilung nach der Siedlungsstruktur auf Kreisebene zeigt, dass 92 Helfer vor Ort-Gruppen in kreisfreien Großstädten dokumentiert vorliegen, was einem Anteil von 7,7 % entspricht.


Tabelle 8: Anzahl von Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten Kreisen differenziert nach Kreistyp

	Kreisfreie Städte/Kreise mit HvO-Gruppen (inkl. Bayern) nach ...			
	Anzahl Kreise	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl HvO-Gruppen
Kreisfreie Großstädte	17	2.557	5.475.121	92
	10,1%	1,6%	16,4%	7,7%
Städtische Kreise	65	53.219	16.363.892	599
	38,7%	33,4%	49,0%	50,2%
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	44	48.602	6.430.945	238
	26,2%	30,5%	19,2%	19,9%
Dünn besiedelte ländliche Kreise	42	54.994	5.142.545	264
	25,0%	34,5%	15,4%	22,1%
Insgesamt	168	159.372	33.412.503	1.193
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

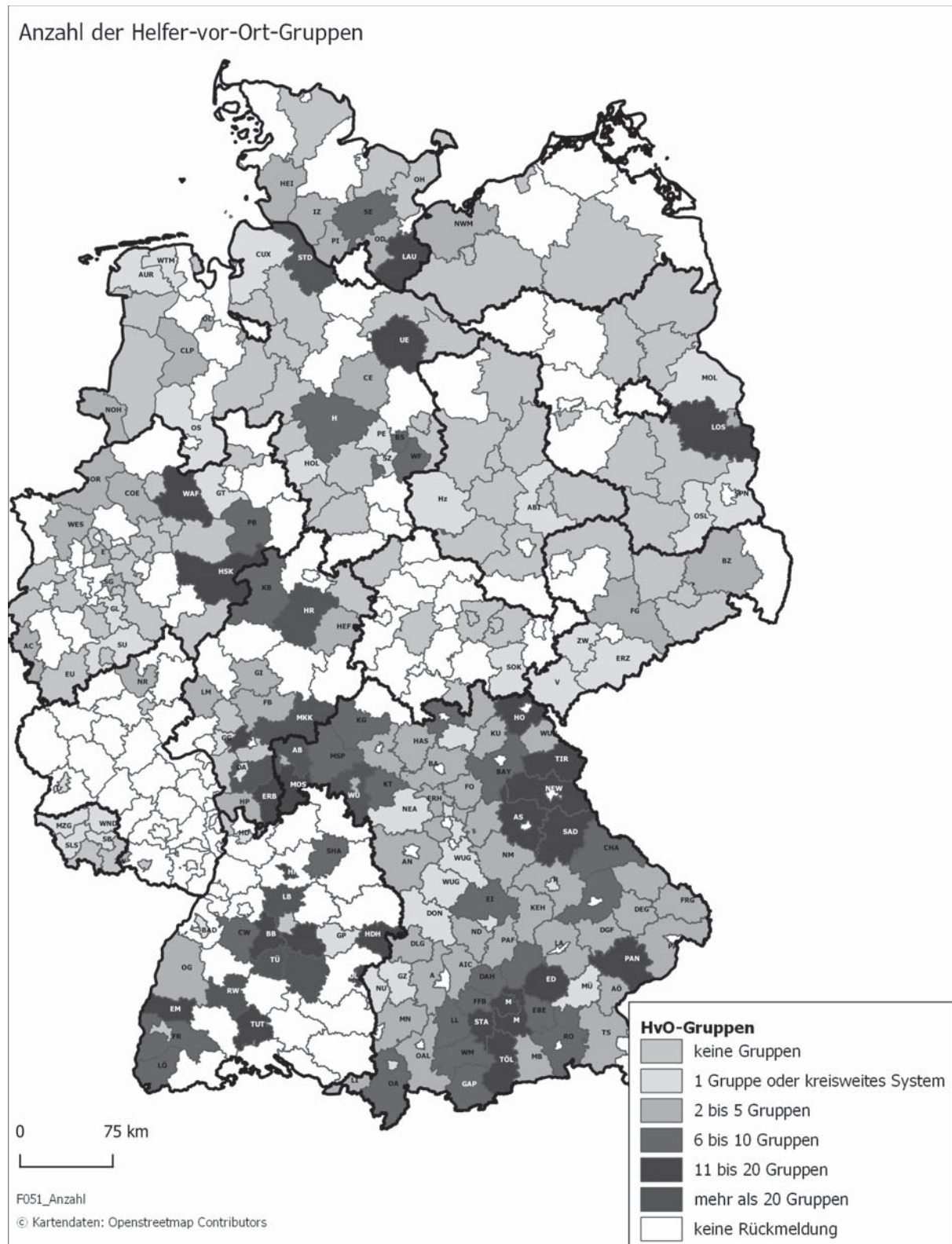
Mit 599 dokumentierten Helfer vor Ort-Gruppen ist der dokumentierte Anteil allerdings in städtischen Kreisen am höchsten, da dort mit 50,2 % praktisch jeder zweite Helfer vor Ort-Gruppe dokumentiert vorliegt. Jeweils rund ein Viertel der dokumentierten Helfer vor Ort-Gruppen ist den ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen bzw. dünn besiedelten ländlichen Kreisen zuzuordnen.

Von den derzeit dokumentierten 1.193 Helfer vor Ort-Gruppen existieren aktuell 494 Helfer vor Ort-Gruppen in Bayern, die sich dort auf 77 der 96 Kreise verteilen. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass derzeit 19 Kreise in Bayern keine Helfer vor Ort-Gruppen besitzen.

Nach Karte 1 ist weiterhin auffällig, dass in Bayern nahezu flächendeckend auf Kreisebene Helfer vor Ort-Gruppen existieren, während durch die Befragung im übrigen Bundesgebiet großräumige Flächen erkennbar sind, die nachweislich keine Helfer vor Ort-Gruppen aufweisen. Weiterhin wird anhand von Karte 1 ersichtlich, dass in den neuen Ländern die Anzahl der Helfer vor Ort-Gruppen insgesamt niedriger erscheint als in den alten Ländern und dabei häufig auf Kreisebene maximal eine Helfer vor Ort-Gruppe umfassen.

Bezüglich der Betreiber von Helfer vor Ort-Gruppen zeigt sich unter Einbeziehung der Angaben aus Bayern, dass mit 62,7 % fast zwei Drittel der Helfer vor Ort-Gruppen von Hilfsorganisationen und mit 35,2 % rund ein Drittel durch die Feuerwehr besetzt werden. Bei der Feuerwehr als Betreiber von Helfer vor Ort-Gruppen dominiert deutlich die Freiwillige Feuerwehr (= 92 %).

Im Rahmen der Befragung der Kreise zu Helfer vor Ort-Gruppen wurde auch das Gründungsjahr der jeweiligen Helfer vor Ort-Gruppe erfragt. Im Ergebnis zeigt sich allerdings, dass von 699 angegebenen Helfer vor Ort-Gruppen nur für 71 Helfer vor Ort-Gruppen auch das Gründungsjahr angegeben worden ist. Danach sind mit 83,1 % über vier Fünftel der Helfer vor Ort-Gruppen seit dem Jahr 2006 gegründet worden.



Karte 1: Anzahl von bundesweit dokumentierten Helfer vor Ort-Gruppen



2.3. Mitgliederzahl von Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten kreisfreien Städten/Kreisen (ohne Bayern)

Die Mitgliederzahl der Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten Kreisen differenziert nach Kreistyp zeigen die nachfolgende Tabelle 9 und Karte 2. Insgesamt sind 6.418 Mitglieder für die 699 Helfer vor Ort-Gruppen angegeben worden. Dies entspricht bei rund 67.000 Beschäftigten im Rettungsdienst im Jahr 2017 nach Angaben der Gesundheitsberichterstattung des Bundes einem Anteil von knapp 10 %, wobei die Mitgliederzahl der Helfer vor-Gruppen derzeit durch fehlende Angaben von Kreisen unterschätzt wird.

Nach siedlungsstruktureller Analyse der Angaben zu Mitgliedern von Helfer vor Ort-Gruppen zeigt sich, dass mit 1.280 Personen rund ein Fünftel der dokumentierten Mitglieder von Helfer vor Ort-Gruppen in kreisfreien Großstädten vorkommen, während die Anzahl der Helfer vor Ort-Gruppen diesem Kreistyp allerdings nach Tabelle 8 „nur“ bei 7,7 % liegt.

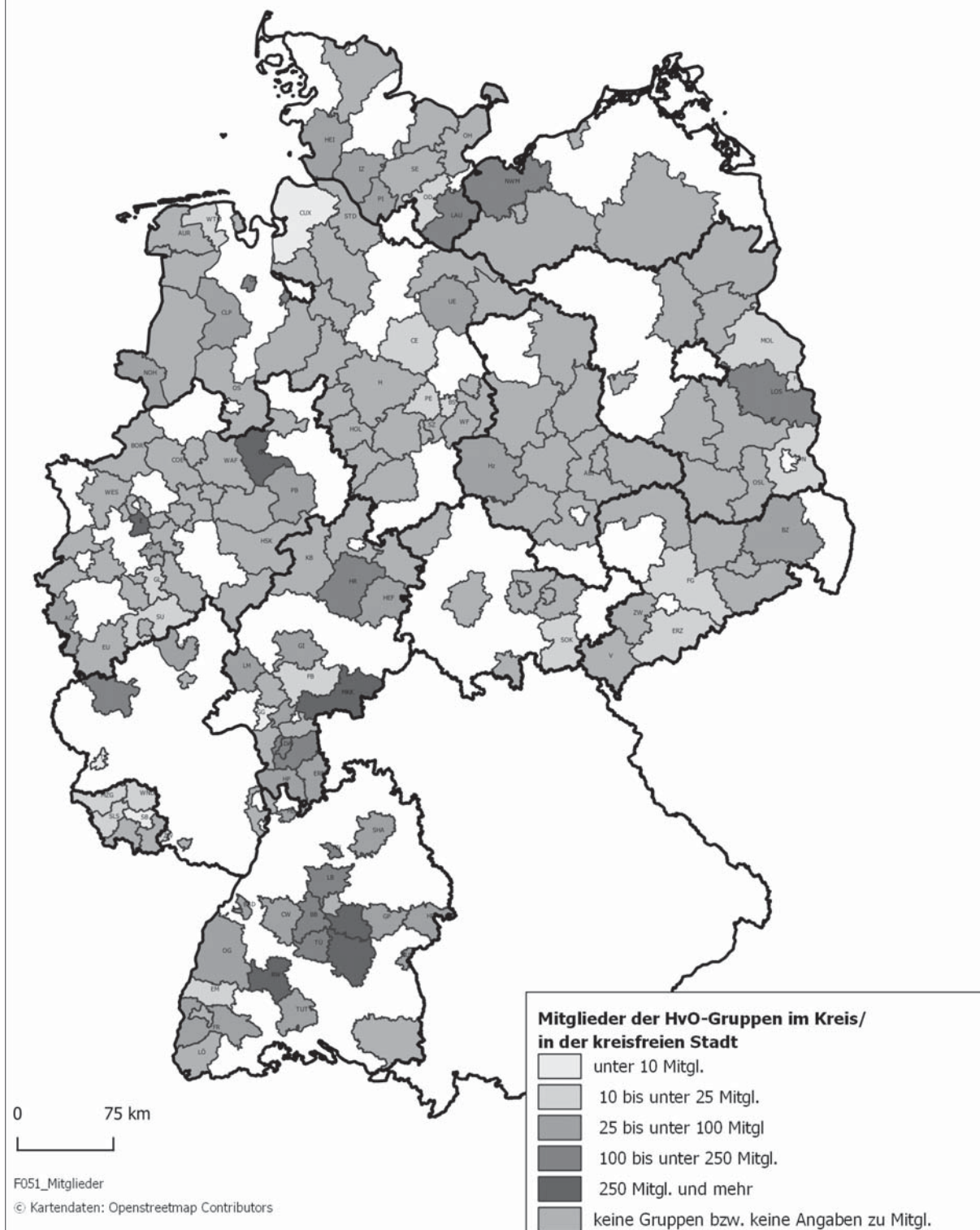
Mit 3.650 Personen ist der größte Anteil an Mitgliedern von Helfer vor Ort-Gruppen in städtischen Kreisen erfasst worden, die 56,0 % an den insgesamt 6.418 erfassten Mitgliedern von Helfer vor Ort-Gruppen ausmachen. Die Anzahl der Mitglieder von Helfer vor Ort-Gruppen in den ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen bzw. den dünn besiedelten ländlichen Kreisen liegt jeweils unter 1.000 Personen.

Tabelle 9: Mitgliederzahl von Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten Kreisen differenziert nach Kreistyp

	Kreisfreie Städte/Kreise (ohne Bayern) mit HvO-Gruppen nach ...			
	Anzahl Kreise	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl HvO-Mitglieder
Kreisfreie Großstädte	11	1.681	3.003.653	1.280
	12,1%	1,8%	13,7%	19,9%
Städtische Kreise	46	40.905	13.285.097	3.650
	50,5%	44,6%	60,6%	56,9%
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	18	24.530	3.360.308	886
	19,8%	26,7%	15,3%	13,8%
Dünn besiedelte ländliche Kreise	16	24.653	2.276.973	602
	17,6%	26,9%	10,4%	9,4%
Insgesamt	91	91.769	21.926.031	6.418
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%



Mitglieder der Helfer-vor-Ort-Gruppen in den Kreisen/kreisfreien Städten (ohne Bayern)



Karte 2: Mitgliederzahl von bundesweit dokumentierten Helfer vor Ort-Gruppen



2.4. Einsatzaufkommen von Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten Kreisen

Mit der bundesweiten Befragung der Kreise zu Helfer vor Ort-Gruppen wurde auch das Einsatzaufkommen der jeweiligen Helfer vor Ort-Gruppen im Jahr 2017 erfragt. Nach Tabelle 10 liegt ein Einsatzaufkommen für die erfassten Helfer vor Ort-Gruppen in Höhe von 51.428 Einsätzen vor. Die Karte 3 zeigt darüber hinaus räumliche Verteilung der Helfer vor Ort-Gruppen mit ihrem Einsatzaufkommen auf Kreisebene. Bezogen auf die 6.418 Mitglieder der erfassten 699 Helfer vor Ort-Gruppen entfallen damit in einem Jahreszeitraum im Durchschnitt 8 Einsätze auf ein Helfer vor Ort-Mitglied bzw. 74 Einsätze auf eine Helfer vor Ort-Gruppe.

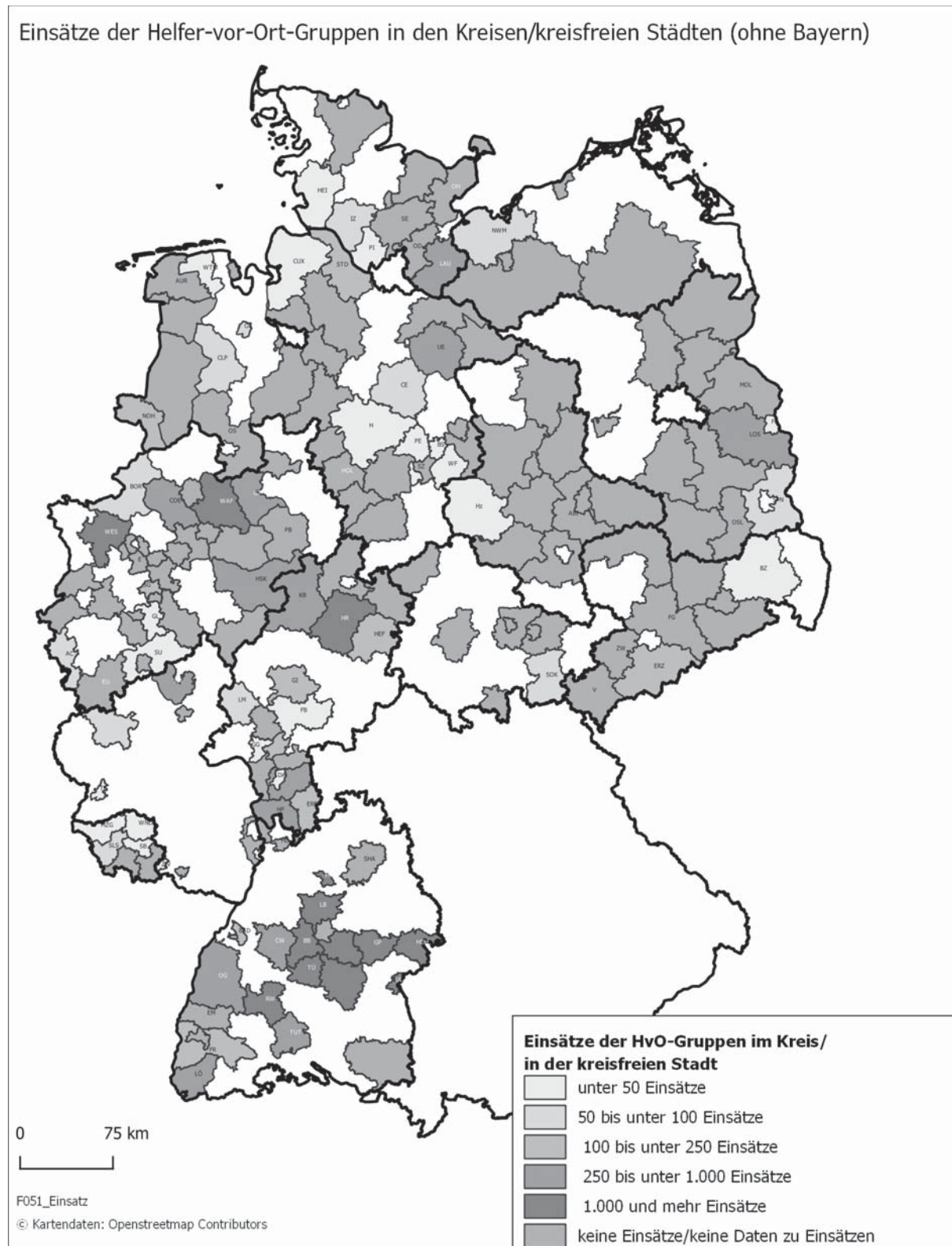
Eine siedlungsstrukturelle Untergliederung des Einsatzaufkommens zeigt, dass mit 33.860 Einsätzen oder 65,8 % rund zwei Drittel der erfassten Einsätze von Helfer vor Ort-Gruppe auf die 46 städtischen Kreise bzw. mit 12.440 Einsätzen ein Fünftel auf die 11 kreisfreien Großstädte (= 24,2 %) entfallen. Auf die ländlichen Kreise mit Verdichtungsansätzen bzw. die dünn besiedelten ländlichen Kreise, die zusammen über 50 % der erfassten Fläche bzw. rund ein Viertel der erfassten Bevölkerung ausmachen, entfallen in der Summe unter 10 % der insgesamt erfassten Einsätze von Helfer vor Ort-Gruppen.

Tabelle 10: Einsatzaufkommen im Jahr 2017 von Helfer vor Ort-Gruppen in den erfassten Kreisen differenziert nach Kreistyp

	Kreisfreie Städte/Kreise (ohne Bayern) mit HvO-Gruppen nach ...			
	Anzahl Kreise	Fläche [qkm]	Bevölkerung	Anzahl HvO-Einsätze
Kreisfreie Großstädte	11	1.681	3.003.653	12.440
	12,1%	1,8%	13,7%	24,2%
Städtische Kreise	46	40.905	13.285.097	33.860
	50,5%	44,6%	60,6%	65,8%
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	18	24.530	3.360.308	3.291
	19,8%	26,7%	15,3%	6,4%
Dünn besiedelte ländliche Kreise	16	24.653	2.276.973	1.837
	17,6%	26,9%	10,4%	3,6%
Insgesamt	91	91.769	21.926.031	51.428
	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Anhand von Karte 3 zeigt sich weiterhin, dass für das Einsatzaufkommen von Helfer vor Ort-Gruppen vor allem in Baden-Württemberg räumliche Cluster erkennbar sind, die ein Jahresaufkommen von über 1.000 Einsätzen besitzen. Darüber hinaus gibt es übers ganze Bundesgebiet Helfer vor Ort-Gruppen, die ein Jahresaufkommen von unter 50 Einsätzen besitzen.

In Ergänzung zu den Ergebnissen der Befragung der Kreise liegen weiterhin landesweite Leistungszahlen der Helfer vor Ort-Gruppen für Bayern durch den jährlichen „Rettungsdienstbericht Bayern“ vor, wonach im Jahr 2017 insgesamt 62.400 Einsätze durch Helfer vor Ort-Gruppen in Bayern erfolgten.



Karte 3: Einsatzaufkommen der bundesweit dokumentierten Helfer vor Ort-Gruppen im Jahr 2017



2.5. Ausgewählte Kennzahlen zu Helfer vor Ort-Gruppen

Anhand der 180 ausgefüllten Fragebogen zu Helfer vor Ort-Gruppen sowie der Angaben des Bayerischen Staatsministerium des Inneren und für Integration lassen sich gemäß Tabelle 11 und Tabelle 12 Kennzahlen errechnen, die u.a. einen Vergleich zwischen Kreistypen (= Tabelle 11) oder zwischen den Befragungsergebnissen und den „Landesdaten“ aus Bayern zu Helfer vor Ort Gruppen (= Tabelle 12) ermöglichen.

Nach Tabelle 11 wurden insgesamt fünf verschiedene Kennzahlen zu Helfer vor Ort-Gruppen errechnet, die sich auf die Anzahl der Helfer vor Ort-Gruppen, deren Mitglieder und sowie deren Einsatzaufkommen beziehen.

Die durchschnittliche Anzahl von Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis liegt demnach zwischen 5,4 Helfer vor Ort-Gruppen je kreisfreier Großstadt und 9,2 Helfer vor Ort-Gruppen je städtischen Kreis. Über alle vier Kreistypen errechnet sich eine durchschnittliche Anzahl von Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis von 7,1 Helfer vor Ort-Gruppen.

Eine Betrachtung der Anzahl der Mitglieder von Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis lässt eine deutliche siedlungsstrukturelle Tendenz erkennen, wonach die Anzahl der Mitglieder von Helfer vor Ort-Gruppen in kreisfreien Großstädten bei 116,4 Mitgliedern je kreisfreier Großstadt liegt und dann auf 37,6 Mitglieder je dünn besiedelten ländlichen Kreis absinkt.

Ein vergleichbares Bild zeigt sich auch bei der durchschnittlichen Anzahl Mitglieder je Helfer vor Ort-Gruppe, die bei kreisfreien Großstädten im Durchschnitt 18,0 Mitgliedern beträgt, während der Vergleichswert bei Helfer vor Ort Gruppen in dünn besiedelten ländlichen Kreisen bei 6,9 Mitgliedern liegt.

Tabelle 11: Kennzahlen zu Helfer vor Ort-Gruppen differenziert nach Kreistyp

	Kreisfreie Städte/Kreise mit HvO-Gruppen nach ...				
	Ø Anzahl HvO-Gruppen je Kreis	Ø HvO-Mitglieder je Kreis	Ø Anzahl Mitglieder je HvO-Gruppe	Ø Anzahl HvO-Einsätze je Kreis	Ø Anzahl Einsätze je HvO-Gruppe
Kreisfreie Großstädte	5,4	116,4	18,0	1.130,9	175,2
Städtische Kreise	9,2	79,3	8,6	736,1	79,5
Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	5,4	49,2	7,7	182,8	28,6
Dünn besiedelte ländliche Kreise	6,3	37,6	6,9	114,8	21,1
Insgesamt	7,1	70,5	9,2	565,1	73,6

Eine Berechnung der Einsätze von Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis zeigt ebenfalls eine siedlungsstrukturelle Tendenz, da die kreisfreien Großstädte mit 1.030,9 Einsätzen je Kreis das durchschnittlich höchste Einsatzaufkommen von Helfer vor Ort-Gruppen besitzen. Dieser Wert senkt sich dann über alle weiteren Kreistypen auf zuletzt 114,8 Einsätze je Kreis in dünn besiedelten ländlichen Kreisen ab.

Die durchschnittliche Anzahl an Einsätzen je Helfer vor Ort Gruppe liegt in kreisfreien Großstädten bei 175,2 Einsätzen. Auch dieser Wert senkt sich siedlungsstrukturell in Richtung der ländlichen Räume er-



kennbar ab und liegt als unterster Wert bei 21,1 Einsätzen je Helfer vor Ort-Gruppe in dünn besiedelten ländlichen Kreisen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass alle berechneten Kennzahlen zu Helfer vor Ort-Gruppen, die sich auf deren Anzahl an Gruppen, die Mitgliederzahl und das zugehörige Leistungsgeschehen beziehen, eine siedlungsstrukturelle Tendenz von der kreisfreien Großstadt zu ländlichen Räumen aufweist.

Die Tabelle 12 stellt abschließend ausgewählte Kennzahlen der Rückantworten der 91 Kreisen mit Helfer vor Ort-Gruppen mit den Angaben der Helfer vor Ort-Gruppen in Bayern gegenüber. Danach zeigt sich, dass die durchschnittliche Anzahl an Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis bei 7,1 Helfer vor Ort-Gruppen in den 91 Kreisen beträgt, während der Vergleichswert in Bayern mit 6,4 Helfer vor Ort-Gruppen je Kreis um rund ein Viertel niedriger liegt.

Ein Vergleich der Kennzahlen zum Einsatzaufkommen der Helfer vor Ort Gruppen je Kreis zeigt dagegen ein umgekehrtes Bild, wonach die Anzahl an Einsätzen von Helfer vor Ort-Gruppen je Kreisgebiet in Bayern bei 810,4 Einsätzen liegt und damit um rund 43 % über dem Durchschnitt von 565,1 Einsätzen in den 91 Kreisen mit Rückantworten zu existierenden Helfer vor Ort-Gruppen.

Ein weiterer Leistungsvergleich bezogen auf die Helfer vor Ort-Gruppe belegt, dass in Bayern mit 126,3 Einsätzen je Helfer vor Ort-Gruppe das Aufkommen um rund 71 % höher liegt als in den 91 Kreisen, wo dieser Wert eine Höhe von 73,6 Einsätzen je Helfer vor Ort-Gruppe aufweist.

Tabelle 12: Vergleich von Kennzahlen zu Helfer vor Ort-Gruppen

	Ø Anzahl HvO-Gruppen je Kreis	Ø Anzahl HvO-Einsätze je Kreis	Ø Anzahl Einsätze je HvO-Gruppe
91 kreisfreie Städte/Kreise mit HvO-Gruppen (ohne Bayern)	7,1	565,1	73,6
77 kreisfreie Städte/Kreise in Bayern	6,4	810,4	126,3

3. Abschätzung des bundesweiten Nutzens von Helfern vor Ort-Gruppen

Der eigentliche medizinische Nutzen von Helfern vor Ort (Veränderung im Outcome der Patienten) ist aus heutiger Sicht nur sehr schwer quantitativ wie qualitativ abzuschätzen. An dieser Stelle wird auf einen entsprechenden Forschungsansatz der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) verwiesen, indem das System Rettungsdienst mit seinen medizinischen Leistungen untersucht worden ist. Hier wurde erstmals unter hohem logistischen Personalaufwand der erfolgreiche Versuch unternommen, die medizinische Dokumentation von Notfallpatienten beginnend mit dem Rettungsdienst über das Krankenhaus bis zum Outcome der Patienten vollständig zu erfassen und auszuwerten. Das entsprechende Forschungsprojekt hierzu lautet „Optimierung von Rettungsdiensteinsätzen“ und wurde im Berichtswesen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) unter der Rubrik Mensch und Sicherheit in Heft M 140 veröffentlicht. Für eine solche voll-



ständige Verlaufsdocumentation, um bundesweit den medizinischen Nutzen von Helfern vor Ort zu ermitteln zu können, fehlen derzeit die Basisdaten über Helfer vor Ort mit ihren Leistungsdaten.

Inwieweit das therapiefreie Intervall von Notfallpatienten durch Helfer vor Ort verkürzt wird, lässt sich dagegen aus den Leitstellendokumentationen durch die Erfassung der entsprechenden Zeitpunkte im Einsatzablauf bestimmen und damit auch entsprechend quantifizieren (vgl. Abbildung 1), sofern diese überhaupt grundsätzlich auswertbar dokumentiert werden.

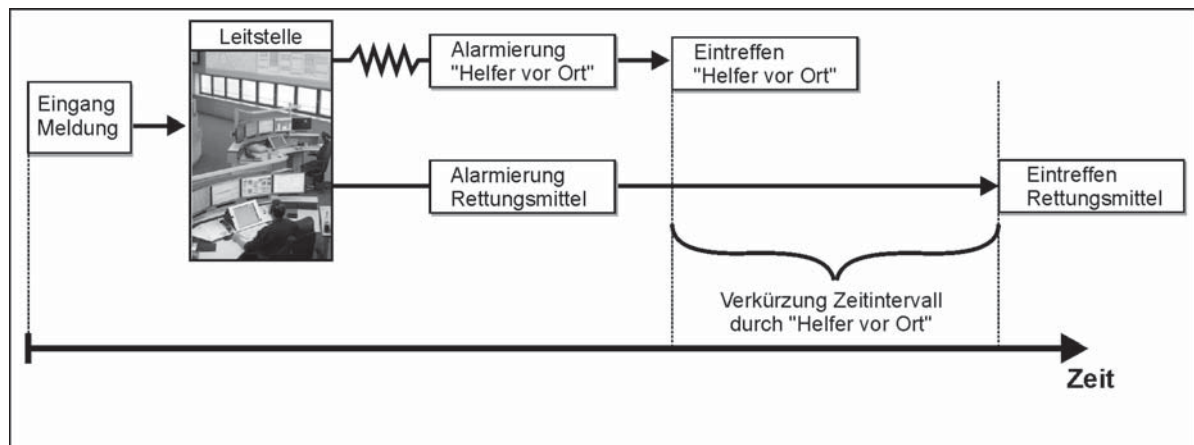


Abbildung 1: Schema zur Erfassung von Eintreffzeitverteilungen durch „Helfer vor Ort“ bei Einsätzen des Rettungsdienstes

3.1. Erfassungsgebiete als Grundlage zur Berechnung des Zeitvorteils von Helfer vor Ort-Gruppen

Um den Zeitvorteil von Helfer vor Ort-Gruppen gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst berechnen zu können, gilt es Leitstellendaten mit den entsprechenden Zeitstempel auszuwerten. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsberichtes konnten vier Integrierte Regionalleitstellen für die Bereitstellung von Leitstellendaten gewonnen werden. Jeweils zwei Integrierte Regionalleitstellen liegen in Schleswig-Holstein und in Bayern. Alle vier Regionalleitstellen umfassen für das vorliegende Forschungsprojekt als Erfassungsgebiet 12 Kreise.

Nach Tabelle 13 zeigt sich, dass von den 12 Gebietseinheiten

- 1 kreisfreie Großstadt,
- 3 städtische Kreise,
- 2 ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen und
- 6 dünn besiedelte ländliche Kreise

vorliegen.

Insgesamt umfasst das vollständige Erfassungsgebiet der 12 Kreise damit eine Bevölkerungszahl von 1.754.109 Einwohnern auf einer Fläche von 10.239 km².



Das Erfassungsgebiet der 12 Kreise umfassen für alle vier Kreistypen in der Summe 112 Helfer vor Ort-Gruppen, wovon

- 5 Helfer vor Ort-Gruppen auf kreisfreie Großstädte,
- 48 Helfer vor Ort-Gruppen auf städtische Kreise,
- 27 Helfer vor Ort-Gruppen auf ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen und
- 32 Helfer vor Ort-Gruppen auf dünn besiedelte ländliche Kreise

entfallen.

Um den Zeitvorteil von Helfer vor Ort-Gruppen gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst überhaupt berechnen zu können, sind mindestens die nachfolgenden 7 Variablen aus der Leitstellendokumentation notwendig:

1. Einsatznummer (ist für alle am gleichen Einsatz beteiligten Fahrzeuge identisch)
2. Rettungsmittel-Rufname
3. Einsatzstichwort
4. Standortkennung des Rettungsmittels (Wachenkennung)
5. Eingang der Meldung
6. Alarmierungszeitpunkt (Rettungsdienst/Helfer vor Ort)
7. Eintreffen am Einsatzort (Rettungsdienst/Helfer vor Ort).

Anhand der Einsatznummer werden aller zu einem Einsatz zugehörigen Einsatzfahrten identifiziert, so auch die Helfer vor Ort-Fahrten, die im Rahmen eines Einsatzes gemeinsam mit dem örtlichen Rettungsdienst stattgefunden haben. Über den Rettungsmittel-Rufnamen erfolgt die Identifizierung von Helfer vor Ort-Fahrzeugen. Über das Einsatzstichwort wird gegebenenfalls sichergestellt, dass es ein Notfalleinsatz bzw. ein Einsatz mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen vorliegt. Die Standortkennung des Rettungsmittels dient ggf. zur eindeutigen Zuordnung von Rettungsmittel zum betrachteten Rettungsdienstbereich.

Der Eingang der Meldung definiert den Beginn des Tätigwerdens des öffentlichen Rettungsdienstes, wobei die vorliegende Berechnung des Zeitvorteils mit dem Alarmierungszeitpunkt der Fahrzeuge des öffentlichen Rettungsdienstes bzw. der Helfer vor Ort-Gruppen beginnt und mit dem Eintreffen am Einsatzort der Fahrzeuge öffentlichen Rettungsdienstes bzw. der Helfer vor Ort-Gruppen endet.

Bei der Berechnung des Zeitvorteils der Helfer vor Ort-Gruppen gegenüber dem örtlichen Rettungsdienst ist weiterhin zu berücksichtigen, dass der Alarmierungszeitpunkt der Helfer vor Ort-Gruppen unabhängig und ggf. auch nach der Alarmierung der Rettungsmittel des öffentlichen Rettungsdienstes erfolgen kann (vgl. Abbildung 1).

Neben der Berechnung der Eintreffzeit der Fahrzeuge des öffentlichen Rettungsdienstes als Differenz zwischen dem Alarmierungszeitpunkt und dem Eintreffen des ersten Rettungsmittels am Notfallort ist weiterhin die Eintreffzeit der Helfer vor Ort-Gruppen als Differenz zwischen dem Alarmierungszeitpunkt und dem Eintreffen am Notfallort zu berechnen. Da die Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen nicht immer zeitgleich mit der Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes erfolgt, sondern gegebenenfalls zu einem späteren Zeitpunkt, wird für einen Vergleich der Eintreffzeitunterschiede zusätzlich für die Helfer vor Ort-



Gruppen eine Eintreffzeit ab Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes bis zum Eintreffen der Helfer vor Ort-Gruppen berechnet.

Insgesamt wurden von den vier Regionalleitstellen für einen Jahreszeitraum in der Summe 368.900 Einsatzfahrtdaten zur Verfügung gestellt. Aus diesen 368.900 Einsatzfahrten wurden nach Tabelle 13 insgesamt 7.619 Einsätze des öffentlichen Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen extrahiert. Davon entfallen auf die kreisfreie Großstadt 202 Einsätze mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen, 2.551 Einsätze mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen in städtischen Kreisen, 1.118 Einsätze mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen in ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen sowie 3.748 Einsätze mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen in dünn besiedelten ländlichen Kreisen.

Tabelle 13: Angaben zu Helfer vor Ort-Gruppen für das Erfassungsgebiet der Leitstellendaten als Grundlage zur Berechnung des Zeitvorteils der Helfer vor Ort-Gruppen gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst

	Kreisfreie Großstadt	Städtische Kreise	Ländliche Kreise mit Verdichtungs- ansätzen	Dünn besiedelte ländliche Kreise	Gesamt
Anzahl Kreisgebiete	1	3	2	6	12
Bevölkerung	124.873	707.512	282.305	639.419	1.754.109
Fläche [qkm]	88	2.399	1.947	5.805	10.239
Anzahl HvO-Gruppen	5	48	27	32	112
HvO-Einsätze (Jahreswert)	202	2.551	1.118	3.748	7.619

Nachfolgend werden für die vier Kreistypen

- kreisfreie Großstadt,
- städtische Kreise,
- ländliche Kreis mit Verdichtungsansätzen und
- dünn besiedelte ländliche Kreise

die Eintreffzeitvorteile der Helfer vor Ort-Gruppen aufgeführt (Abbildung 2 bis Abbildung 5).

Abbildung 2 zeigt zunächst den Eintreffzeitvorteil von Helfer vor Ort-Gruppen in **kreisfreien Großstädten** gegenüber dem örtlichen Rettungsdienst. Hierbei zeigt sich, dass 95 % der Notfälle durch den öffentlichen Rettungsdienst im Erfassungsgebiet einer kreisfreien Großstadt innerhalb von 14,2 Minuten erreicht werden (= p95-Wert), während der Vergleichswert für die Helfer vor Ort-Gruppen bei 12,6 Minuten liegt. Das bedeutet, dass hier gemessen am p95-Wert eine Zeitdifferenz von 1,6 Minuten der Helfer vor Ort-Gruppen gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst vorliegt.

Dieser Sachverhalt spiegelt sich auch in den Mittelwerten zur Eintreffzeitverteilung wieder, wonach dieser beim öffentlichen Rettungsdienst bei 7,8 Minuten liegt bzw. bei den Helfer vor Ort-Gruppen bei 6,4 Minu-



ten. Da die eigentliche Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen als Zeitdifferenz der Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen bis zum Eintreffen der Helfer vor Ort-Gruppen am Notfallort bei 3 Minuten liegt, bedeutet dies, dass die Helfer vor Ort-Gruppen im Durchschnitt 3,4 Minuten nach der Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes erfolgt.

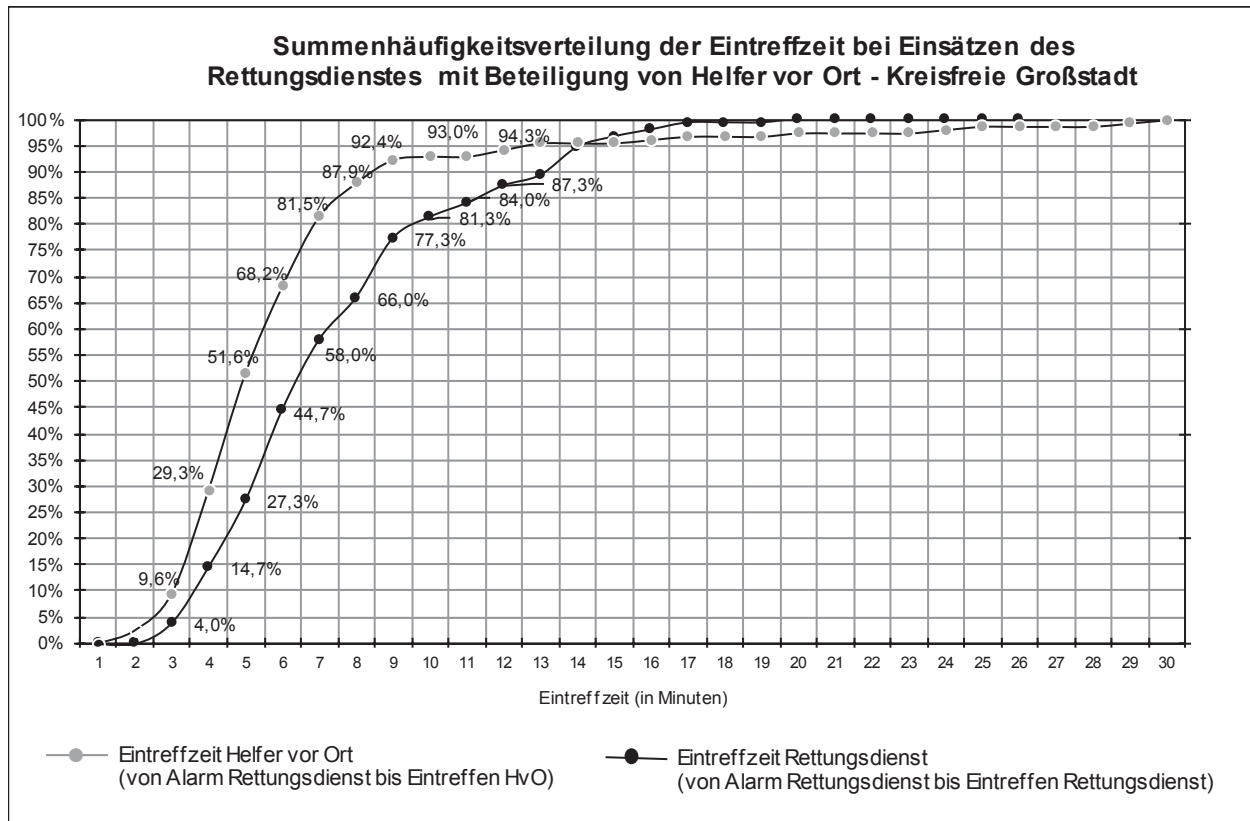


Abbildung 2: Verteilung der Eintreffzeit des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort – Kreisfreie Großstadt

Abbildung 3 zeigt den Eintreffzeitvorteil der Helfer vor Ort-Gruppen in **städtischen Kreisen** gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst. Während der öffentliche Rettungsdienst bei Notfällen 95 % der Notfälle in 16,2 Minuten im Erfassungsgebiet der kreisfreien Großstadt erreicht, liegt dieser Wert für die Helfer vor Ort-Gruppen bei 11,3 Minuten. Die Zeitdifferenz zwischen öffentlichen Rettungsdienst und den Helfer vor Ort-Gruppen beträgt damit gemessen am p95-Wert 4,9 Minuten zugunsten der Helfer vor Ort-Gruppen.

Im Mittel treffen die Helfer vor Ort-Gruppen ab Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes nach 6,8 Minuten am Notfallort ein. Da die eigentliche Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen (= von Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen bis Eintreffen der Helfer vor Ort-Gruppen) bei im Mittel 3,4 Minuten liegt, während der Vergleichswert für den öffentlichen Rettungsdienst bei 10,4 Minuten liegt, erfolgt die Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen im Durchschnitt nach 3,4 Minuten nach Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes.

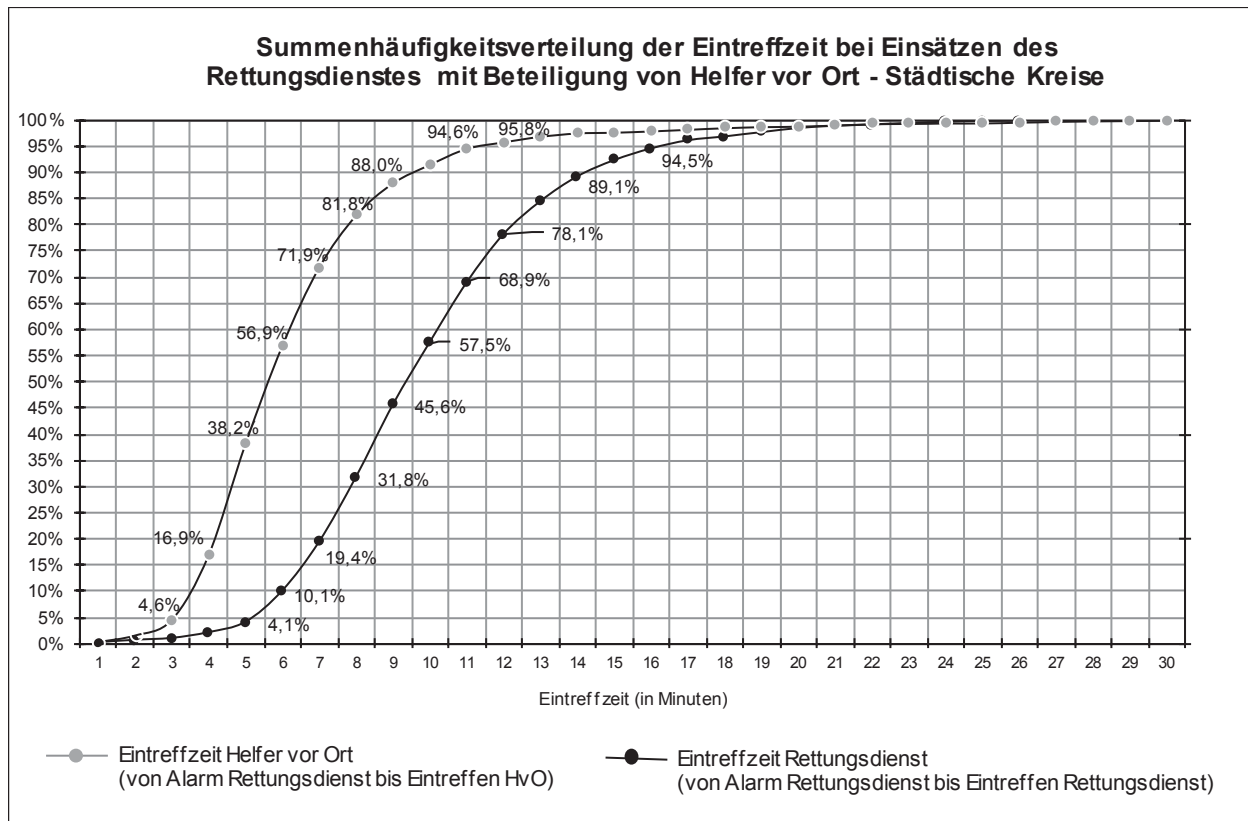


Abbildung 3: Verteilung der Eintreffzeit des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort – Städtische Kreise

Die Verteilung der Eintreffzeit bei Einsätzen des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen in **ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen** zeigt nachfolgend Abbildung 4, wonach der öffentliche Rettungsdienst 95 % der Notfälle innerhalb von 15,4 Minuten in den Erfassungsgebieten der ländlichen Kreise mit Verdichtungsansätzen erreicht, während der Vergleichswert für die Helfer vor Ort-Gruppen bei 11,8 Minuten liegt. Der Eintreffzeitvorteil der Helfer vor Ort-Gruppen gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst beträgt demnach in diesen siedlungsstrukturell abgegrenzten Gebieten 3,6 Minuten gemessen an p95-Wert.

Im Durchschnitt treffen die Helfer vor Ort-Gruppen ab Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes nach 7,0 Minuten am Notfallort ein. Da die eigentliche Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen (= von Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppe bis Eintreffen der Helfer vor Ort-Gruppe) ebenfalls bei Mittel 7,0 Minuten liegt und der öffentliche Rettungsdienst im Mittel eine Eintreffzeitverteilung von 9,4 Minuten aufweist, werden die Helfer vor Ort-Gruppen „praktisch“ immer zeitgleich mit dem öffentlichen Rettungsdienst alarmiert.

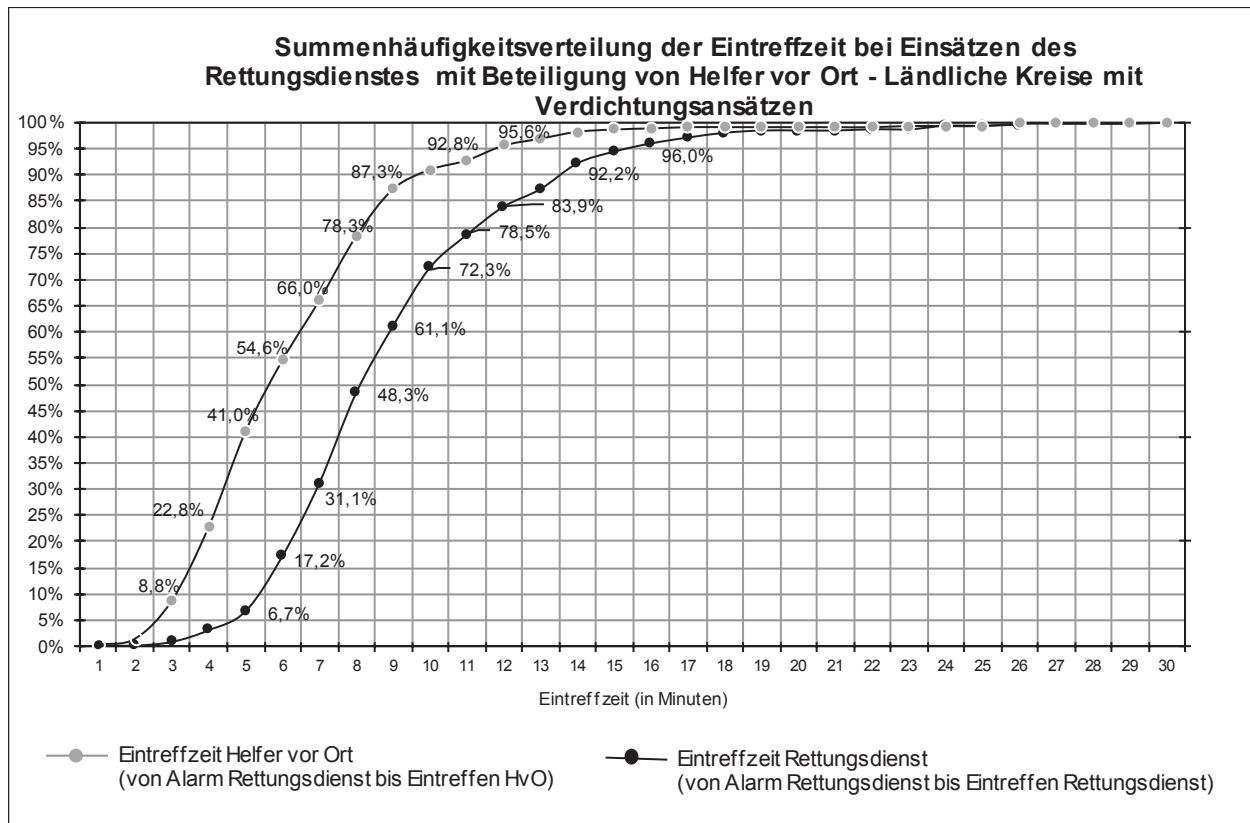


Abbildung 4: Verteilung der Eintreffzeit des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort – Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen

Abbildung 5 zeigt abschließend die Verteilung der Eintreffzeit bei Einsätzen des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen in den Erfassungsgebieten **dünn besiedelter ländlicher Kreise**. Danach werden durch den öffentlichen Rettungsdienst 95 % der Notfälle innerhalb einer Eintreffzeit von 20,3 Minuten erreicht, während der Vergleichswert für die Helfer vor Ort-Gruppen ab Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes bei 13,6 Minuten liegt. Damit ergibt sich für den p95-Wert eine Zeitdifferenz zwischen öffentlichen Rettungsdienst und Helfer vor Ort-Gruppen von 6,7 Minuten. Damit weisen die vorliegenden Erfassungsgebiete der dünn besiedelten ländlichen Kreise die größte Zeitdifferenz beim p95-Wert zwischen öffentlichen Rettungsdienst und Helfer vor Ort-Gruppen auf. Während der öffentliche Rettungsdienst bei der Eintreffzeitverteilung ein Mittelwert von 12,9 Minuten besitzt, liegt der Vergleichswert für die Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen bei 7,7 Minuten. Rechnet man die Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen ab Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes ergibt sich ein Mittelwert für die Eintreffzeitverteilung von 6,2 Minuten. Damit werden die Helfer vor Ort-Gruppen im Durchschnitt 0,5 Minuten nach dem öffentlichen Rettungsdienst alarmiert.

Es zeigt sich das sowohl in den ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen als auch in den dünn besiedelten ländlichen Kreisen die Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen praktisch unmittelbar nach Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes erfolgt, während in den Erfassungsgebieten der kreisfreien Großstadt bzw. der städtischen Kreise die Alarmierung der Helfer vor Ort Gruppen im Durchschnitt erst nach 3,4 Minuten erfolgt.

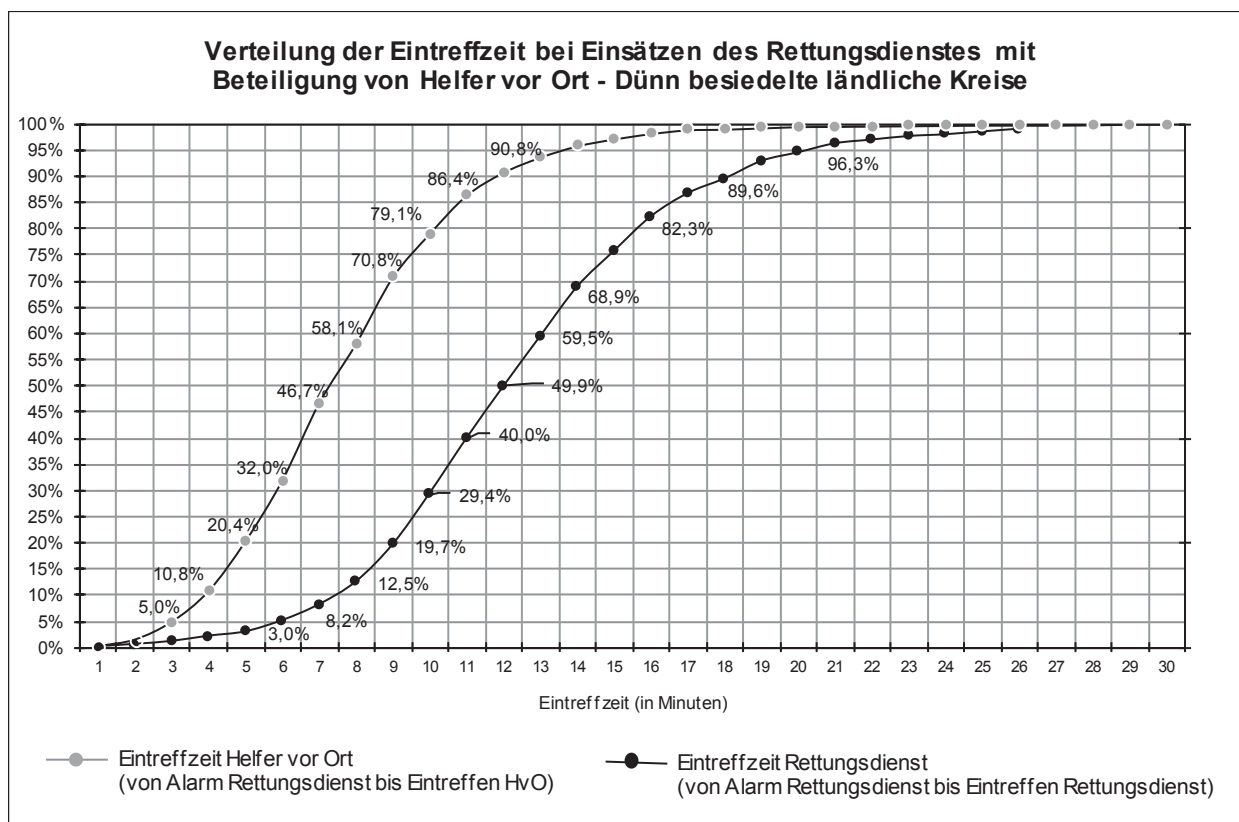


Abbildung 5: Verteilung der Eintreffzeit des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort – Dünn besiedelte ländliche Kreise

3.2. Bundesweite Hochrechnung zur Abschätzung des Zeitvorteils von Helfer vor Ort-Gruppen

Die Grundlage der Hochrechnung zur Abschätzung des Zeitvorteils von Helfer vor Ort-Gruppen bilden die Angaben in Tabelle 14. Die Befragung der Kreise im Bundesgebiet (ohne Bayern) hat Rückantworten aus 180 Kreisen ergeben. Für diese 180 Kreise liegen nun Angaben darüber vor, ob Helfer vor Ort-Gruppen vorhanden sind oder nicht. Insgesamt umfasst dieses Gebiet (ohne Bayern) eine Fläche von 181.583 km² mit einer Bevölkerung von 41.051.799 Einwohnern. In der Summe sind für diese Gebiete 699 Helfer vor Ort-Gruppen dokumentiert, die ein Leistungsgeschehen von 51.428 Helfer vor Ort-Einsätzen als Jahreswert aufweisen.

Eine Berechnung der Helfer vor Ort-Einsatzrate (= Helfer vor Ort-Einsätze pro 1000 Einwohner und Jahr) ergibt eine Einsatzrate von 1,25 Helfer vor Ort-Einsätzen pro 1000 Einwohner und Jahr für das Erfassungsgebiet insgesamt. Eine Differenzierung nach Kreistyp zeigt, dass die Helfer vor Ort-Einsatzrate in den städtischen Kreisen mit 1,70 Helfer vor Ort-Einsätzen pro 1000 Einwohner und Jahr und der kreisfreien Großstadt mit 1,39 Helfer vor Ort-Einsätzen deutlich höher liegt als in ländlichen Kreisen mit Verdichtungsansätzen bzw. dünn besiedelten ländlichen Kreisen mit einer Einsatzrate von 0,52 Helfer vor Ort-Einsätzen bzw. 0,30 Helfer vor Ort-Einsätzen.

Die bundesweite Hochrechnung erfolgt von den 180 erfassten Kreisen auf die 402 Kreise im Bundesgebiet mit insgesamt einer Bevölkerungszahl von 82.175.684 Einwohnern auf einer Fläche von 357.368 km². Unter Einbe-



ziehung der festgestellten Helfer vor Ort-Einsatzrate je Kreistyp erfolgt die Hochrechnung des Leistungsgeschehens der Helfer vor Ort-Gruppen über die zugrunde liegende Bevölkerung differenziert nach Kreistypen.

Die Hochrechnung des Leistungsgeschehens der Helfer vor Ort-Gruppen führt im Ergebnis nach Tabelle 14 bundesweit zu 98.857 Helfer vor Ort-Einsätzen, wovon auf

- 33.134 Helfer vor Ort-Einsätze auf die kreisfreien Großstädte,
- 54.630 Helfer vor Ort-Einsätze auf die städtischen Kreise,
- 7.418 Helfer vor Ort-Einsätze auf die ländlichen Kreise mit Verdichtungsansätzen und
- 3.675 Helfer vor Ort-Einsätze auf die dünn besiedelten ländliche Kreise

entfallen. Eine Berücksichtigung der in Bayern nach dem „Rettungsdienstbericht Bayern“ erfassten Helfer vor Ort-Einsätze in 2017 in Höhe von 62.400 Helfer vor Ort-Einsätze führt nach dem Abzug der für Bayern-hochgerechneten 12.844 Helfer vor Ort-Einsätze zu bundesweit insgesamt 148.641 Helfer vor Ort-Einsätzen. Die Helfer vor Ort-Einsatzrate in Bayern ist unter Zugrundelegung des dokumentierten Einsatzaufkommens im „Rettungsdienstbericht Bayern“ mit landesweit 4,83 Helfer vor Ort-Einsätzen pro 1.000 Einwohnern und Jahr um den Faktor vier höher als in dem übrigen Bundesgebiet.

Eine Übertragung der Hochrechnungsergebnisse im Leistungsgeschehen der Helfer vor Ort-Gruppen auf die prozentuale Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen in den vier Kreistypen führt in einem weiteren Berechnungsschritt durch die Summationsbildung über alle vier Kreistypen zu einer bundesweiten Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen wie sie in Abbildung 6 abschließend dargestellt ist.

Tabelle 14: Bundesweites Hochrechnungsergebnis zum Einsatzaufkommen von Helfer vor Ort-Gruppen

		Kreisfreie Großstadt	Städtische Kreise	Ländliche Kreise mit Verdichtungsansätzen	Dünn besiedelte ländliche Kreise	Gesamt
Erfassungsgebiete	Anzahl kreisfreie Städte/Kreise	30	71	40	39	180
	Bevölkerung	8.946.069	19.865.235	6.310.662	6.033.833	41.155.799
	Fläche [qkm]	5.106	59.242	44.174	73.061	181.583
	HvO-Gruppen ¹	71	426	115	87	699
	HvO-Einsätze	12.440	33.860	3.291	1.837	51.428
	HvO-Einsatzrate ²	1,39	1,70	0,52	0,30	1,25
Bundesweite Hochrechnung	Anzahl kreisfreie Städte/Kreise	66	134	102	100	402
	Bevölkerung	23.827.945	32.050.974	14.225.189	12.071.576	82.175.684
	Fläche	11.996	101.336	103.555	140.482	357.368
	Hochgerechnete HvO-Einsätze	33.134	54.630	7.418	3.675	98.857
1 = ohne Bayern 2 = HvO-Einsätze pro 1.000 Einwohner und Jahr						



Im Ergebnis zeigt sich, dass die Einsätze des öffentlichen Rettungsdienstes unter Beteiligung von Helfer vor Ort-Gruppen eine Eintreffzeitverteilung besitzen, wonach 95 % der Notfälle durch den öffentlichen Rettungsdienst innerhalb von 15,8 Minuten erreicht werden. Der Vergleichswert für die Helfer vor Ort-Gruppen liegt dagegen bei 11,9 Minuten, womit sich eine Zeitdifferenz zum öffentlichen Rettungsdienst von 3,9 Minuten errechnet. Der Mittelwert der Eintreffzeitverteilung für den öffentlichen Rettungsdienst liegt bei 9,5 Minuten, während die Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen ab Alarmierungszeitpunkt des öffentlichen Rettungsdienstes bei 6,7 Minuten liegt. Die eigentliche Eintreffzeitverteilung der Helfer vor Ort-Gruppen weist dagegen ein Mittelwert von 3,7 Minuten auf, sodass die Alarmierung der Helfer vor Ort-Gruppen im Durchschnitt 3 Minuten nach der Alarmierung des öffentlichen Rettungsdienstes erfolgt.

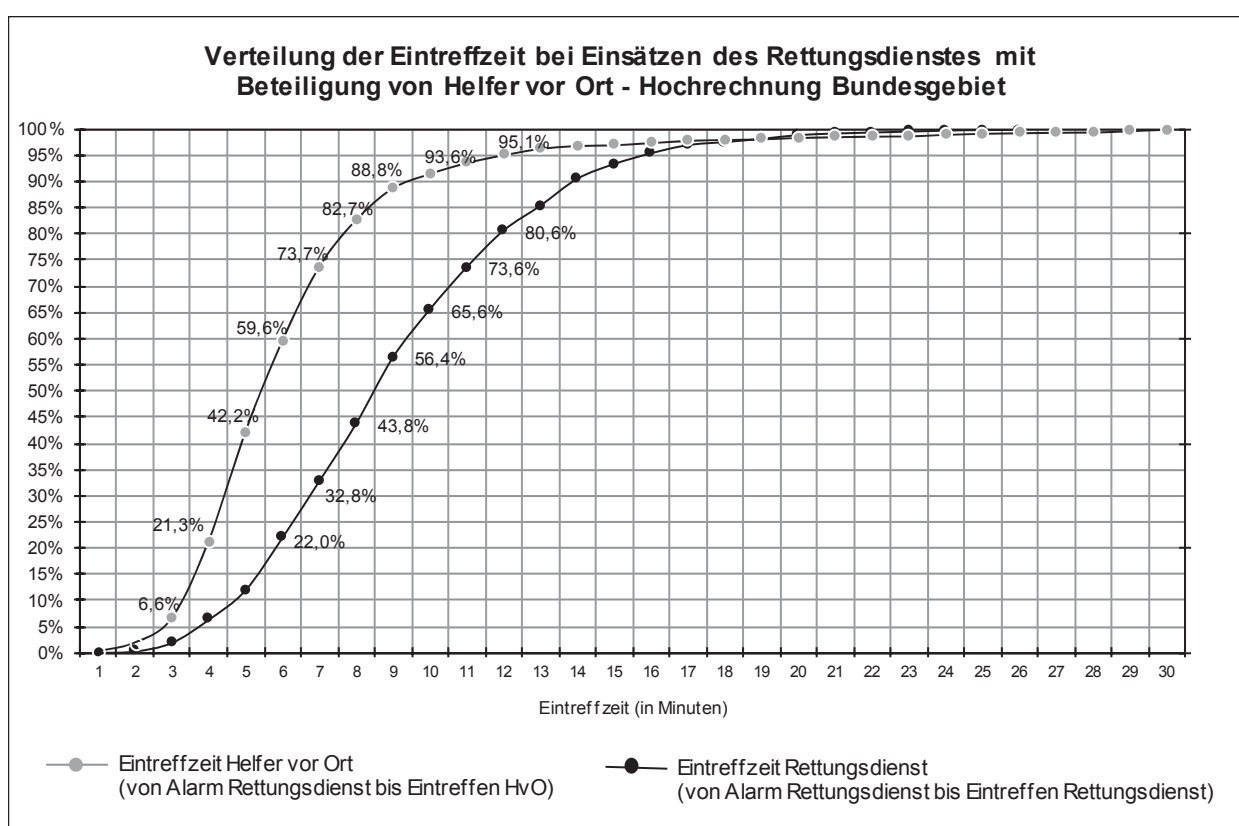


Abbildung 6: Verteilung der Eintreffzeit des Rettungsdienstes mit Beteiligung von Helfer vor Ort – Hochrechnung Bundesgebiet

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die vorliegenden Analysen aufgrund der durchgeführten Befragung der Kreise im Bundesgebiet (ohne Bayern) zeigen, dass die Helfer vor Ort-Gruppen einen erkennbaren Eintreffzeitvorteil gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst besitzen, obwohl sie in siedlungsstruktureller Hinsicht eine erkennbare Nachalarmierungszeit gegenüber dem öffentlichen Rettungsdienst aufweisen. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse, dass von den vorliegenden 180 Rückantworten der Kreise mit 89 Kreisen rund die Hälfte der Gebietskörperschaften keine Helfer vor Ort-Gruppen besitzen. Dieses Gebiet ohne Helfer vor Ort-Gruppen umfasst dabei eine Fläche von 89.814 km² mit einer Bevölkerung von



19.229.768 Einwohnern. Die Karte 1 zeigt die entsprechende Verteilung dieser festgestellten Kreisgebiete ohne Helfer vor Ort-Gruppen, die zugleich auch das festgestellte Optimierungspotenzial für die zukünftige Einrichtung von Helfer vor Ort-Gruppen darstellt.

Unter zukünftigen Forschungsgesichtspunkten ist weiterhin zu untersuchen, wie das Gebiet, von dem bisher keine Angaben zum Vorhandensein von Helfer vor Ort-Gruppen vorliegt, tatsächlich mit Helfer vor Ort-Gruppen ausgestattet ist. Diese Gebietsfläche umfasst nach dem bisherigen Kenntnisstand bundesweit eine Fläche von 103.168 km² mit einer Bevölkerung von 22.197.443 Einwohnern.

Die nachfolgende Abbildung 7 soll den zu untersuchenden Zusammenhang zwischen dem Leistungsgeschehen von Helfer vor Ort-Gruppen und der zugehörigen Organisationsstruktur ebenso verdeutlichen, wie die Abgrenzung zu z.B. Ersthelfer-Alarmierungssysteme („App-Ersthelfer“), um eine qualifizierte Typisierung von Helfer vor Ort-Gruppen vornehmen zu können.

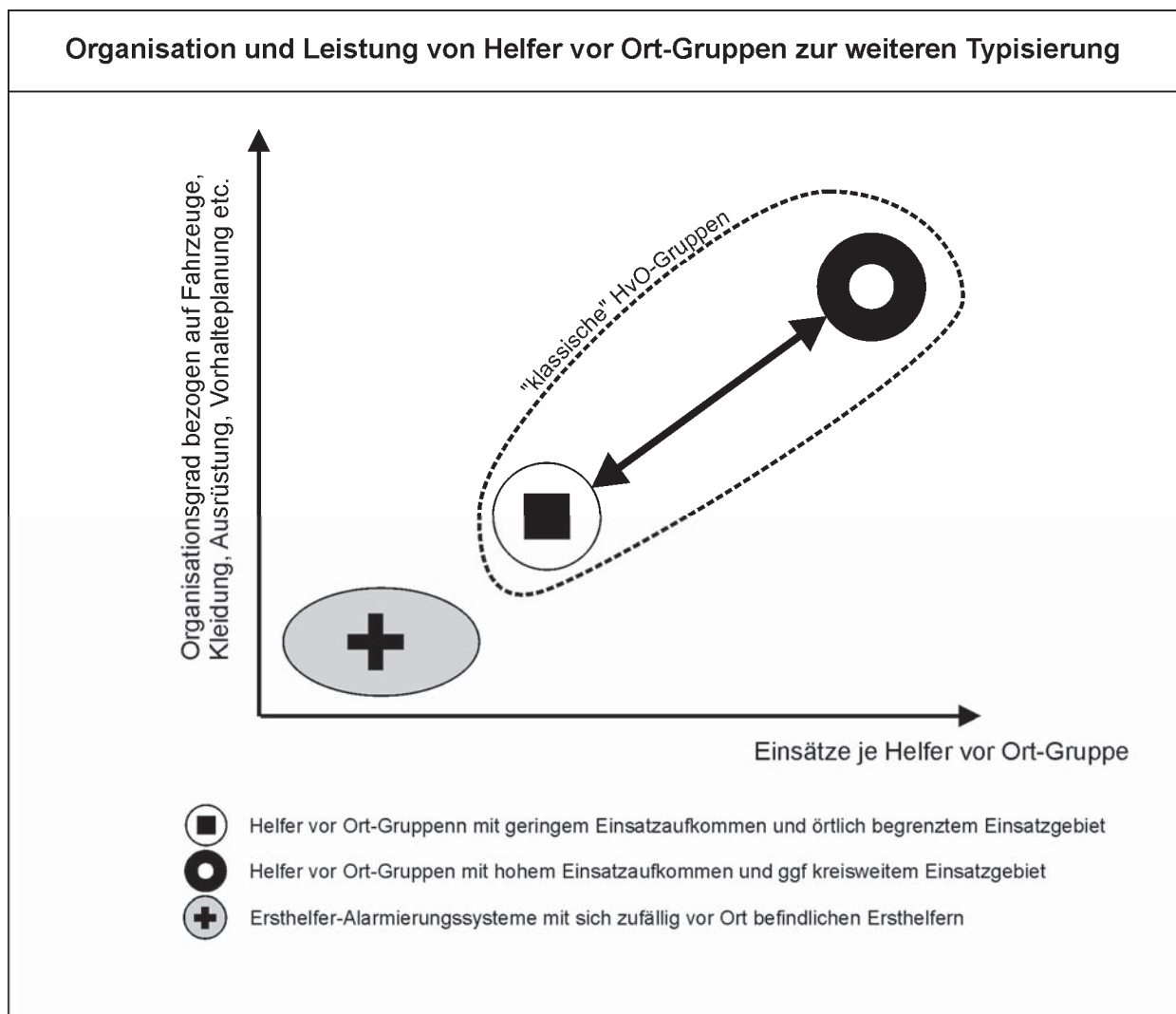


Abbildung 7: Grundlagen der Typisierung von Helfer vor Ort-Gruppen



Mit der Typisierung bzw. Klassifikation von Helfer vor Ort-Gruppen ist zukünftig eine zielgerichtete Analyse der Ursachen und Wirkungen zur Veränderung bzw. Optimierung von Helfer vor Ort-Gruppen möglich, die mit unterschiedlichen Fragestellungen verbunden sind. So ist mit der Fortentwicklung der Helfer vor Ort-Gruppen auch verbunden, welche Rahmenbedingungen bisher die Gründung von Helfer vor Ort-Gruppen verhindert haben bzw. welche die Gründung von Helfer vor Ort-Gruppen positiv beeinflussen können. Damit ist auch eng die Frage verknüpft, ob und wenn ja, welche Schwierigkeiten derzeit Helfer vor Ort-Gruppen mit der Gewinnung von Nachwuchs besitzen. Hier stellt sich dann auch die Frage, wo groß der Umfang an Nachwuchs bei den derzeit bestehenden Helfer vor Ort-Gruppen tatsächlich überhaupt aufgrund der Altersstruktur der bisherigen Mitglieder ist.

Welche Bedeutung die Organisationsstrukturen der Hilfsorganisationen bzw. der Feuerwehr auf das Vorhandensein von Helfer vor Ort-Gruppen besitzen, ist aus dem heutigen Kenntnisstand für die Weiterentwicklung der Helfer vor Ort-Gruppen ebenso wichtig, wie die weitere Verzahnung mit sogenannten „App-Ersthelfern“ und deren Fortentwicklung.

Abschließend darf bei der Betrachtung der Rahmenbedingungen für Helfer vor Ort-Gruppen natürlich der öffentliche Rettungsdienst nicht fehlen, wo es gilt zu untersuchen, welche Bedeutung dieser für das Vorhandensein von Helfer vor Ort-Gruppen besitzt. In diesem Zusammenhang steht dann auch die Fragestellung der Qualifikation von Mitgliedern von Helfer vor Ort-Gruppen.



