

Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
(Direktorin Prof. Dr. med. habil. Britta Bockholdt)  
der Universitätsmedizin der Universität Greifswald

**Tödliche Straßenverkehrsunfälle aus dem Obduktionsgut des Instituts für  
Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald (2006 - 2015) - Ursachen,  
Umstände und der Beitrag der Rechtsmedizin zur Rekonstruktion von Abläufen**

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des akademischen

Grades

Doktor der Medizin  
(Dr.med.)

der

Universitätsmedizin

der

Universität Greifswald

2020

vorgelegt von:  
Sebastian Reiner Schick  
geb. am: 11.07.1991  
in: Ulm

Dekan: Prof. Dr. med. Karlhans Endlich

1. Gutachter: Prof. Dr. med. habil. Britta Bockholdt

2. Gutachter: Univ.-Prof. Dr. med. Andreas Büttner

Tag der Disputation: 17.11.2020

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>II</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Unfallkonstellationen .....	3
1.1.1 PKW-Unfälle.....	3
1.1.2 Fußgängerunfälle.....	5
1.1.3 Kraftradunfälle .....	7
1.1.4 Fahrradunfälle .....	9
1.2 Toxikologie.....	9
1.3 Junge Erwachsene und Senioren im Straßenverkehr.....	11
<b>2 Fragestellung.....</b>	<b>12</b>
<b>3 Material .....</b>	<b>13</b>
3.1 Untersuchte Straßenverkehrsunfälle.....	13
<b>4 Methoden.....</b>	<b>14</b>
4.1 Untersuchung der Straßenverkehrsunfälle .....	14
4.1.1 PKW-Unfälle.....	14
4.1.2 LKW-Unfälle .....	14
4.1.3 Kraftradunfälle .....	15
4.1.4 Fahrradunfälle .....	15
4.1.5 Fußgängerunfälle.....	15
4.1.6 Kutschunfälle .....	15

---

<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>16</b>
5.1	Allgemeine und unfallbezogene statistische Daten .....	16
5.1.1	Obduktionen tödlicher Straßenverkehrsunfälle.....	16
5.1.2	Altersverteilung.....	17
5.1.3	Überlebenszeiten .....	19
5.1.4	Geschlechterverteilung.....	20
5.1.5	Witterung.....	21
5.1.6	Unfallmonate.....	22
5.1.7	Unfallverursacher.....	22
5.1.8	Suizide und Tötungsdelikte.....	23
5.1.9	Toxikologie .....	23
5.2	Unfall-, Kollisions- und Aufprallarten .....	28
5.2.1	Unfall- und Kollisionsarten.....	28
5.2.2	Aufprallarten und Sitzpositionen bei PKW-Unfällen .....	29
5.2.3	Aufprallarten und Sitzpositionen bei LKW-Unfällen.....	30
5.2.4	Anstoßarten und Bewegungsprofile bei Fußgängerunfällen.....	30
5.2.5	Aufprallarten und Sitzpositionen bei Kraftradunfällen.....	32
5.2.6	Aufprallarten bei Fahrradunfällen.....	33
5.3	Verletzungsmuster .....	33
5.3.1	Gesamtübersicht.....	33
5.3.2	Verletzungsmuster tödlich verunglückter PKW-Insassen .....	34
5.3.3	Verletzungsmuster tödlich verunglückter Fußgänger .....	39
5.3.4	Verletzungsmuster tödlich verunglückter Kraftradfahrer .....	45
5.3.5	Verletzungsmuster tödlich verunglückter Fahrradfahrer .....	48
5.4	Todesursachen .....	51
<b>6</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>53</b>
6.1	Limitationen der Arbeit .....	53
6.2	Diskussion allgemeiner und unfallbezogener statistischer Daten .....	55
6.2.1	Obduktionen tödlicher Straßenverkehrsunfälle.....	55

---

6.2.2 Altersverteilung zum Todeszeitpunkt und Überlebenszeiten .....	56
6.2.3 Geschlechterverteilung.....	58
6.2.4 Witterung und Unfallmonat .....	58
6.2.5 Toxikologie .....	59
6.3 Verletzungsmuster unter Berücksichtigung der Unfall-, Kollisions- und Aufprallarten sowie der Todesursachen.....	64
6.3.1 PKW-Unfälle.....	64
6.3.2 Fußgängerunfälle.....	70
6.3.3 Kraftrad- und Fahrradunfälle .....	74
<b>7 Zusammenfassung .....</b>	<b>79</b>
<b>8 Literatur .....</b>	<b>80</b>
<b>9 Anhang.....</b>	<b>94</b>
9.1 Posterpräsentation auf der 97. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (DGRM); 12.-15. September 2018 in Halle- Wittenberg.....	94

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Anteil obduzierter Straßenverkehrsunfallopfer .....	16
Abb. 2:	Altersverteilung getöteter Straßenverkehrsteilnehmer .....	17
Abb. 3:	Altersverteilung getöteter Straßenverkehrsteilnehmer nach Unfallart .....	18
Abb. 4:	Durchschnittliche Überlebenszeiten (in Tagen) .....	19
Abb. 5:	Überlebenszeiten einzelner Unfallopfer (in Tagen) .....	20
Abb. 6:	Witterungsverhältnisse zum Unfallzeitpunkt .....	21
Abb. 7:	Unfallmonate .....	22
Abb. 8:	Alkoholisierungsgrade von 126 Unfallopfern zum Obduktionszeitpunkt.....	24
Abb. 9:	Obduktionsbefunde zu Medikamenten und weiteren toxischen Substanzen bei 50 Unfallopfern.....	26
Abb. 10:	Prozentuale Verteilung der Getöteten nach Unfallarten.....	28
Abb. 11:	Aufprallarten bei PKW-Unfällen (pro Insasse) .....	29
Abb. 12:	Anstoßarten bei Fußgängerunfällen.....	30
Abb. 13:	Gehrichtung der getöteten Fußgänger laut Zeugen oder Unfallgegner .....	31
Abb. 14:	Gehrichtung der Fußgänger aufgrund des festgestellten Verletzungsmusters .	31
Abb. 15:	Aufprallarten bei Kraftradunfällen .....	32
Abb. 16:	Aufprallarten bei Fahrradunfällen .....	33
Abb. 17:	Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der PKW-Insassen .....	35
Abb. 18:	Schädelfrakturen untergliedert nach Frakturkonstellationen der PKW-Insassen .....	35
Abb. 19:	Rippenfrakturen der PKW-Insassen .....	36
Abb. 20:	Personenanzahl mit gurtspezifischen Verletzungen unter den PKW-Insassen	38
Abb. 21:	Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der Fußgänger .	40
Abb. 22:	Schädelfrakturen untergliedert nach Frakturkonstellationen der Fußgänger....	40
Abb. 23:	Rippenfrakturen der Fußgänger.....	41

Abb. 24: Art bzw. Lokalisation der Decollements der freien unteren Extremitäten getöteter Fußgänger.....	43
Abb. 25: Ausrichtung der Bruchkeilbasis der Messerer-Brüche getöteter Fußgänger....	44
Abb. 26: Bruchkonstellationen der Messerer-Brüche getöteter Fußgänger .....	44
Abb. 27: Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der Kraffradfahrer .....	45
Abb. 28: Rippenfrakturen der Kraffradfahrer.....	46
Abb. 29: Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der Fahrradfahrer .....	48
Abb. 30: Rippenfrakturen der Fahrradfahrer.....	49
Abb. 31: Todesursachen .....	51

## **Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Durchschnittsalter der Unfallopfer zum Todeszeitpunkt.....	18
Tab. 2: Kollisionsarten der getöteten Verkehrsteilnehmer .....	28
Tab. 3: Gesamtübersicht der einzelnen Verletzungen .....	34
Tab. 4: Frakturen der freien oberen Extremitäten der PKW-Insassen.....	37
Tab. 5: Frakturen der freien unteren Extremitäten der PKW-Insassen.....	38
Tab. 6: Frakturen der freien oberen Extremitäten der Fußgänger.....	42
Tab. 7: Frakturen der freien unteren Extremitäten der Fußgänger .....	42
Tab. 8: Frakturen der freien oberen Extremitäten der Kraffradfahrer.....	47
Tab. 9: Frakturen der freien unteren Extremitäten der Kraffradfahrer .....	47
Tab. 10: Frakturen der freien oberen Extremitäten der Fahrradfahrer.....	50
Tab. 11: Frakturen der freien unteren Extremitäten der Fahrradfahrer.....	50

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BAK	Blutalkoholkonzentration
BWS	Brustwirbelsäule
HWS	Halswirbelsäule
LKW	Lastkraftwagen
LWS	Lendenwirbelsäule
PKW	Personenkraftwagen
SHT	Schädelhirntrauma
Tab.	Tabelle



## 1 Einleitung

In Deutschland ist gesetzlich festgelegt, dass über Straßenverkehrsunfälle Statistik geführt werden muss [1]. Als Straßenverkehrsunfall bezeichnet man einen unerwarteten Vorfall im öffentlichen Straßenverkehr der Sachschäden, Verletzungen oder den Tod von Menschen zur Folge hat [2]. In diese Statistik gehen nur getötete Personen ein, die direkt oder innerhalb von 30 Tagen nach dem Straßenverkehrsunfallereignis an dessen Folgen sterben. Nicht erfasst in dieser Statistik werden daher verstorbene Unfallopfer, die den Unfall länger als 30 Tage überlebt haben [3]. Im Jahr 2015 lag in Deutschland die Zahl der verunglückten Straßenverkehrsteilnehmer bei 396 891; 219 466 ( $\approx 55,29$  %) männliche und 177 209 ( $\approx 44,65$  %) weibliche Personen [4]. Getötet wurden 3 459 Verkehrsteilnehmer, davon waren 2 549 ( $\approx 73,69$  %) männlich und 910 ( $\approx 26,31$  %) weiblich. Von den deutschlandweit 3 459 Verkehrstoten im Jahr 2015 starben 1 620 ( $\approx 46,83$  %) bei PKW-Unfällen, 537 ( $\approx 15,52$  %) bei Fußgängerunfällen, 701 ( $\approx 20,27$  %) bei Kraftradunfällen und 383 ( $\approx 11,07$  %) bei Fahrradunfällen. Von den bei PKW-Unfällen Getöteten waren 1 091 ( $\approx 67,35$  %) Männer und Jungen sowie 529 ( $\approx 32,65$  %) Frauen und Mädchen. Die Anzahl der getöteten Fußgänger betrug 325 ( $\approx 60,52$  %) männliche Personen und 212 ( $\approx 39,48$  %) weibliche Personen. Unter den getöteten Kraftradfahrern entfielen 658 ( $\approx 93,87$  %) Personen auf das männliche und 43 ( $\approx 6,13$  %) auf das weibliche Geschlecht. Bei den Fahrradfahrern wurden 277 ( $\approx 72,32$  %) Männer und Jungen und 106 ( $\approx 27,68$  %) Frauen und Mädchen getötet.

Im Jahr 2015 lag das Risiko, in Deutschland bei einem Verkehrsunfall getötet zu werden, bei 43 Todesfällen je 1 Million Einwohner [5]. In Mecklenburg-Vorpommern lag dieses Risiko bei 58 Todesopfern je 1 Million Einwohner und war damit überdurchschnittlich hoch.

In Mecklenburg-Vorpommern verunglückten im Jahr 2015 bei Straßenverkehrsunfällen 7 023 Menschen [4]. 3 842 ( $\approx 54,71$  %) männliche und 3 177 ( $\approx 45,24$  %) weibliche; bei 4 ( $\approx 0,06$  %) Unfallopfern erfolgte keine geschlechtsbezogene Zuordnung. Dabei starben insgesamt 93 Menschen, wovon 67 ( $\approx 72,04$  %) männlichen und 26 ( $\approx 27,96$  %) Personen weiblichen Geschlechts waren [2]. Von den 93 Verkehrstoten im Jahr 2015 in Mecklenburg-Vorpommern starben 50 ( $\approx 53,76$  %) bei PKW-Unfällen, 9 ( $\approx 9,68$  %) bei Fußgängerunfällen, 10 ( $\approx 10,75$  %) bei Kraftradunfällen und 13 ( $\approx 13,98$  %) bei Fahr-

radunfällen. Von den bei PKW-Unfällen Getöteten waren 31 (62 %) Männer und Jungen sowie 19 (38 %) Frauen und Mädchen. Bei den tödlich verunglückten Fußgängern wurden 4 ( $\approx 44,44$  %) männliche und 5 ( $\approx 55,56$  %) weibliche Personen registriert. Unter den getöteten Kraftradfahrern waren alle 10 (100 %) Personen männlich. Die Anzahl der getöteten Fahrradfahrer belief sich auf 11 ( $\approx 84,61$  %) männliche und 2 ( $\approx 15,38$  %) weibliche Unfallopfer.

Die meisten Verkehrstoten in Deutschland gab es im Jahr 1970 mit 21 332 [5]. Die Zahl der getöteten Verkehrsteilnehmer ist seitdem mit wenigen Ausnahmen immer weiter gesunken, wobei 2013 der bis dahin niedrigste Wert erreicht wurde (3 339 Getötete). Im Jahr 2015 ist die Zahl der Verkehrstoten deutschlandweit das zweite Jahr in Folge gestiegen. Der Vergleich zwischen den Jahren 1970 und 2015 zeigt einen Rückgang der Verkehrstoten auf deutschen Straßen um 84 % bei deutlich gestiegenem Kraftfahrzeugbestand. Im Jahr 1953 wurden 4,8 Millionen zugelassene Kraftfahrzeuge registriert, im Jahr 2015 waren es 55,8 Millionen.

Für die Entwicklung der Zahl der Verkehrstoten spielen viele Faktoren eine Rolle, wie zum Beispiel die Einführung der Helm-, Gurt- und Kindersitzpflicht, verbesserte Fahrzeugtechnik und Fahrzeugsicherheit wie Airbags beispielsweise, die Senkung der zulässigen BAK (Blutalkoholkonzentration), die Einführung verkehrsberuhigter Bereiche, die Weiterentwicklung des Rettungswesens und natürlich auch verbesserte medizinische Versorgung.

Bei jedem, der im Zusammenhang mit einem Verkehrsunfall verstorben ist, stellt sich die Frage nach der Todesursache, insbesondere ob es sich um eine nicht natürliche Todesart handelt und ob der Verkehrsunfall kausal für den Todeseintritt ist [6].

Hierzu kann die rechtsmedizinische Obduktion des Leichnams entscheidend beitragen. Die Kausalitätsfrage zwischen Verkehrsunfall und Todeseintritt gestaltet sich mit zunehmender Überlebenszeit nach dem Unfall, mit zunehmendem Alter sowie der Anzahl und der Schwere an Vorerkrankungen des Betroffenen umso komplizierter [7]. Teilweise muss sie auch unbeantwortet bleiben. Die gerichtliche Obduktion kann aber auch bei der Rekonstruktion des Unfallhergangs helfen, durchaus darlegen, ob Schutzsysteme (Gurt, Motorradhelm) genutzt wurden und Beeinträchtigung(en) durch Alkohol und/oder Medikamente und/oder Drogen zum Unfallzeitpunkt aufzeigen [6]. Bei mehrphasigen Unfallereignissen besteht unter anderem die Aufgabe der Rechtsmedizin auch

darin, die Phase des Unfalls festzustellen, in der die schwerwiegendsten, todesursächlichsten Verletzungen entstanden sind.

## **1.1 Unfallkonstellationen**

### **1.1.1 PKW-Unfälle**

Die Zahl der tödlich verunglückten PKW-Insassen ist seit 1991 überdurchschnittlich stark zurückgegangen [5]. Deren Anteil machte im Jahr 1991 noch 60 % der Gesamtverkehrstoten aus. Dieser Anteil konnte bis zum Jahr 2015 auf 47 % gesenkt werden. Im Jahr 1991 starben noch 6 794 PKW-Insassen [4]. Diese Zahl sank im Jahr 2006 auf 2 683 und bis zum Jahr 2015 auf 1 620 Getötete. Neben Alleinunfällen mit gegebenenfalls einhergehendem Aufprall auf Hindernisse, wie beispielsweise Bäume, gibt es auch PKW-PKW-Unfälle. Am häufigsten ist hierbei der Frontalaufprall (45 %), gefolgt von Seiten- (20 %) und Heckaufprall (10 %) [8]. Dabei haben neben den genannten Aufprallarten auch die Sitzposition zum Unfallzeitpunkt und das Nutzen von Schutzsystemen, wie beispielsweise Sicherheitsgurte und Airbags, einen Einfluss auf das Verletzungsmaß [9]. Beim Frontalaufprall werden Fahrzeuginsassen durch den Aufprall nach vorne befördert. War zum Unfallzeitpunkt kein Sicherheitsgurt angelegt, resultieren schwere Verletzungen der Frontinsassen aus dem Kontakt zu Lenkrad, Armaturenbrett oder Frontscheibe. Neben Verletzungen innerer Organe können sich sogenannte Dashboardfrakturen mit Tibia-, Femur- und auch Patellafrakturen zeigen. Das Abstützen am Lenkrad kann zu Extremitätenfrakturen führen. Der nicht angeschnallte Fahrer kann durch Anprall an das Lenkrad Brustkorbfrakturen, Herz-, Lungen-, Leber-, Milz, und Darmverletzungen aufweisen. Das Gaspedal kann beim Fahrzeugführer Mittelfußfrakturen verursachen. Im Rahmen der Unfallrekonstruktion können neben den genannten Verletzungen Glassplitterverletzungen mit korrespondierenden Schäden der Windschutzscheibe den Anprall des nicht angegurten Insassen mit dieser nahelegen. Viele dieser Verletzungen können durch Gurtnutzung und Airbag in Auftreten und Intensität reduziert werden. Seit 1976 muss in Deutschland während der Fahrt ein Sicherheitsgut angelegt werden [10]. Ein Verstoß gegen dieses Gesetz kann bei einem Unfall einen Mitverschuldensvorwurf nach sich ziehen [7]. Beim Frontalzusammenstoß ist der Gurtschutz am effektivsten. Bei einem Fahrzeugüberschlag kann ein Herausschleudern des angegurten Fahrzeuginsassen verhindert werden. Beim Seitenaufprall bietet der Sicherheitsgurt weniger Schutz, kann jedoch den stoßfernen

Personen durch Fixierung einen Schutz vor einwirkenden Kräften bieten [9]. Eine Aufhebung der Gurtpflicht ist in medizinisch indizierten Fällen, wie Schwangerschaften, möglich [6]. Unfallbedingt kann es durch den angelegten Gurt zu einer Gefährdung des Ungeborenen kommen [11]. Letale Verletzungen sind bei korrekt angelegten Sicherheitsgurten bis zu einer Kollisionsgeschwindigkeit zwischen 40-45 km/h vermeidbar [9]. Werden jedoch individuelle traumatomechanische Belastungsgrenzen überschritten oder ist der Sicherheitsgurt nicht korrekt positioniert, können gurtinduzierte Verletzungen beobachtet werden. Hier kann der Verlauf von Gurtmarken einen wichtigen Beitrag zur Unfallrekonstruktion liefern. Sie beweisen, dass ein Sicherheitsgurt zum Unfallzeitpunkt angelegt war und können die Sitzposition des Verunfallten mit aufklären. Die Gurtmarke eines Kraftwagenfahrers würde beispielsweise von links oben nach rechts unten verlaufen. Ferner könnten entsprechende Verletzungen in der Unterbauchregion zu finden sein. Jedoch können Gurtmarken bei zum Kollisionszeitpunkt angelegtem Sicherheitsgurt auch fehlen. Mit diesen häufig bandförmig oder partiell bandförmig ausgebildeten Unterblutungen an der Haut oder im Unterhautfettgewebe können auch Brustbein- und/oder Rippenbrüche, Herz-, Lungen-, Leber- und Milzverletzungen assoziiert sein. Für den nicht angeschnallten Fahrzeuginsassen besteht das größte Risiko abdomineller Verletzungen als Fahrzeuglenker [12]. Der angeschnallte Insasse trägt das höchste Risiko derartiger Verletzungen auf dem Rücksitz. Ebenso können sich gurtbedingte Wirbelsäulenverletzungen zeigen [13]. Berichtet wird auch von einer lumbalen Dislokationsfraktur nach singulärem Gebrauch eines Beckengurts [14]. Auch falsch angelegte Gurtsysteme können Verletzungen verursachen. In manchen Fällen resultierten Verletzungen von Milz, Leber, Diaphragma, Aorta und lumbaler Wirbelsäule durch Positionierung des Schultergurts unterhalb des Armes [15, 16]. Sogar Todesfälle durch Gurtbenutzung sind beschrieben [17, 18]. Allerdings ist eine derartige Aggravation selten [9]. Durch das unfallbedingte Auslösen von Airbags können ebenfalls Verletzungen entstehen. Jedoch ist die Verletzungsschwere geringer ausgeprägt als ohne Airbagsysteme. Es wird von Verletzungen der Augen einschließlich Erblindung, Verbrennungen, Gesichtsfrakturen und Hörschäden berichtet [19–25]. Dennoch scheinen Airbags unter den verfügbaren Systemen vor Gesichtsverletzungen mitunter am besten zu schützen [26].

Der Seitenaufprall ist aufgrund des geringen Deformationswegs, insbesondere für den stoßnahen Insassen, mit schweren Verletzungen assoziiert [9]. Es zeigte sich, dass in

diesen Fällen bei angeschnallten Insassen die schwersten Verletzungen im Bereich der Leber und Milz lagen [27]. Ein Heckaufprall kann bei besonders schweren Unfällen neben Halswirbelsäulenverletzungen, Frakturen des Beckens und Steißbeins, weitere Wirbelsäulenverletzungen bedingen [9]. Auch Verletzungen größerer Gefäße, wie der Aorta, können auftreten.

Zur Klärung der Sitzposition von PKW-Insassen kann, ebenso wie bei anderen Unfallarten, neben dem Verletzungsbild auch die Analyse von DNA-Spuren einen wichtigen Beitrag liefern [28]. Auf LKW-Unfälle wird aufgrund ihrer Ähnlichkeit zu PKW-Unfällen in Bezug auf Unfallablauf und Rekonstruktion nicht weiter eingegangen.

### **1.1.2 Fußgängerunfälle**

Die Zahl der tödlich verunglückten Fußgänger im deutschen Straßenverkehr ist seit 1991 ebenfalls überdurchschnittlich stark gesunken [5].

Sind es im Jahr 1991 noch 1 916 getötete Fußgänger, so lag die Zahl im Jahr 2006 bei 710 und sank im Jahr 2015 auf 537 Personen [4]. Neben allgemeinen Maßnahmen der Verkehrsunfallprävention haben geänderte Fahrzeugfronten einen Einfluss auf diese positive Entwicklung [29, 30]. Die Verletzungsschwere ist dabei von der Geschwindigkeit des Unfallfahrzeugs zum Unfallzeitpunkt und der individuellen traumatomechanischen Belastbarkeit abhängig [31]. Dabei lässt sich durch das Verletzungsmuster annähernd die Kollisionsgeschwindigkeit ermitteln und damit die Frage der Vermeidbarkeit. Verletzungen können mittels der Abbreviated Injury Scale (AIS) skaliert werden, worauf in dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden soll [8].

Für die Rekonstruktion des Unfallgeschehens ist es von großer Bedeutung, die jeweiligen Verletzungen des verunfallten Fußgängers zu kennen, da diese Rückschlüsse auf den Unfallablauf liefern können [32]. Die Frage, ob ein Fußgänger durch einen Kraftwagen aus Sicht des Fahrers von rechts oder von links kommend angefahren wurde, ist von rechtlicher Relevanz. Die Kollision bei einem plötzlich von rechts kommenden Fußgänger stellt sich dabei meist als unvermeidbar dar, wohingegen ein von links kommender Fußgänger (lange Seite) rechtzeitig erkannt werden kann [6]. Bei der Kollision wird unterschieden zwischen vollständiger und teilweiser Überdeckung (Streifkollision) [8]. Die vollständige Überdeckung gliedert sich in Anstoß-, Auflade- und Abwurfphase. In der Anstoßphase wird der Fußgänger unterhalb des Schwerpunktes angefahren und im Anschluss auf die Motorhaube aufgeladen. Durch den Bremsvorgang

wird der Fußgänger nach den Gesetzen des horizontalen Wurfes abgeworfen, was zur Berechnung der Kraftwagengeschwindigkeit zum Kollisionszeitpunkt beitragen kann. Bei sehr hohen Geschwindigkeiten des Kraftwagens kann es zu einem Überfliegen des Fußgängers kommen. Je nach Stoßfront kann der Fußgänger auch oberhalb des Schwerpunktes angefahren werden, was ein Niederwerfen des Unfallopfers zur Folge hat. Dies ist bei größeren Fahrzeugen der Fall. Den jeweiligen Unfallphasen lassen sich häufige Verletzungsmuster zuordnen. In der Anstoßphase ist zumeist die untere Extremität massiver stumpfer Gewalt ausgesetzt. Daraus resultieren sogenannte Messerer-Brüche (Bieungsbruch mit Bruchkeil) [33]. Es kann auf die Gehrichtung des Fußgängers zum Kollisionszeitpunkt geschlossen werden, da die Keilspitze in Fahrtrichtung zeigt [8]. Weitere wichtige Erkenntnisse liefern solitäre oder mit Frakturen einhergehende Decollements (Wundtaschen), die bei Anfahrverletzungen kleiner und auf den ersten Blick weniger gut erkennbar sind als bei Überrollvorgängen [34]. Durch einen eingeleiteten Bremsvorgang kommt es zum Absinken der Fahrzeugfront, weshalb sich die ab der Fußsohle gemessene Verletzungshöhe meist unterhalb der Höhe der stoßenden Fahrzeugteile wiederfindet [8]. Gewalteinwirkungen auf die unteren Gliedmaßen zeigen bei medialem Anstoß überwiegend Supinationsverletzungen; bei lateralem Anstoß häufiger Pronationsverletzungen [35]. Bei rücklings angefahrenen Unfallopfern zeigen sich oftmals Plantarflexionsverletzungen, bei ventral erfassten Fußgängern hingegen Dorsalflexionsverletzungen. Zur Rekonstruktion der vermuteten Relativposition des Fußgängers zum Unfallfahrzeug können Knieverletzungen, wie beispielsweise Hyperextensionen, ergänzend herangezogen werden [36]. Auch auf Schleifspuren an den Schuhsohlen muss geachtet werden, da diese Rückschlüsse auf das Standbein und die Gehrichtung zum Unfallzeitpunkt geben können [37]. Wird der Fußgänger in der Anstoßphase des Unfallgeschehens niedergeworfen, kann dieser überrollt oder überfahren werden [6]. Bei den Überrollvorgängen wird der Verunfallte von mindestens einem Rad überrollt. Es können sich dabei Profilmuster der Reifen auf Haut oder Kleidung zeigen und kongruent zur Breite des überrollenden Reifens großflächige Decollements. Schädelbasisbrüche, Beckenbrüche und weitere Frakturen, Organverletzungen sowie parallele Hautdehnungsrisse können ebenfalls auftreten [38]. Bei Überfahrunfällen findet sich der Verunfallte zwischen Fahrzeugboden und Fahrbahn wieder [6]. Dabei besteht kein Kontakt zwischen Unfallopfer und den Reifen. Es zeigen sich eventuell Verbrennungen, Hautmarken und Schmutzanhaftungen des Fahrzeugunterbaus. Derartige Überroll- und Überfahrverletzungen können sich auch bei bereits auf der Fahrbahn liegenden Perso-

nen einstellen [39]. Die verunfallte Person kann Anfahrverletzungen zeigen oder im Rahmen einer Unfallflucht von weiteren Fahrzeugen überfahren bzw. überrollt worden sein. Dabei können auch Lackabriebspuren, die bei Anfahrverletzungen in aufrechter Körperhaltung entstehen und mit zunehmender Geschwindigkeit vermehrt vorhanden sind, bei der Zuordnung des Unfallfahrzeugs helfen [40].

In der Aufladephase, meistens nach der Kollision zwischen einem Stehenden und dem Fahrzeug, kann sich durch den Aufprall auf Motorhaube und Windschutzscheibe ein breites Verletzungsbild darstellen. Thoraxtraumata mit Rippenfrakturen, Verletzungen von Herz und Lunge sowie Bauchtraumen mit Organ- und Gefäßverletzungen können durch den Aufprall auf die Motorhaube als Zeichen stumpfer Gewalt imponieren [8]. Durch den Aufprall des Kopfes auf Motorhaube, Holm oder Windschutzscheibe kann es zu Frakturen des Gesichtsschädels oder der Schädelkalotte kommen. Es zeigen sich Quetsch-Risswunden und/oder Schnittverletzungen mit Glassplitteranhaftungen durch Kontakt zur Windschutzscheibe. Dem bremsbedingten Abwurf des Fußgängers und den dadurch bedingten Sturzverletzungen schließt sich ein Rutschvorgang auf der Fahrbahn mit entsprechenden großflächigen Schürfungen und Ablederungen an. Kommt es im Rahmen einer Streifkollision nur zu einer partiellen Überdeckung, zeigen sich häufig Kopfverletzungen durch Anprall an die Fensterholme. All diese Verletzungen müssen umfassend in den klinischen Unterlagen dokumentiert bzw. bei der rechtsmedizinischen Obduktion erhoben werden.

### **1.1.3 Kraftradunfälle**

Der prozentuale Anteil getöteter Kraftradfahrer an allen Verkehrstoten ist von 11 % im Jahr 1991 auf 20 % im Jahr 2015 gestiegen [5]. Im Jahr 1991 zählte das Statistische Bundesamt noch 1 234 tödlich verunglückte Kraftradfahrer, 899 getötete Personen waren es im Jahr 2006 und 701 Unfallopfer im Jahr 2015 [4]. Im Vergleich zu anderen Verkehrsteilnehmern ist in dieser Zeitspanne nur ein geringer Rückgang zu verzeichnen [5]. 28,8 % der tödlich verunglückten Kraftradfahrer starben im Jahr 2015 bei Alleinunfällen [41]. Häufigster Unfallgegner waren im gleichen Jahr bei allen erfassten Kraftradunfällen mit 81,1 % Personenkraftwagen. Bei dieser Unfallkonstellation stößt zu meist das Kraftrad frontal in eine der PKW-Seiten oder der PKW frontal in eine Kraft radseite [9]. Wird das Kraftrad seitlich mit der PKW-Front erfasst, kommt es ähnlich dem Fußgängerunfall nach dem Anstoß zu einem Aufladevorgang mit Kontakt zu Motorhaube, Windschutzscheibe oder den Holmen und daraus häufig resultierenden Frak-

turen des Beckens und der freien unteren Extremitäten einschließlich Brust- und Bauchtraumata. Die darauffolgende Abwurfphase ähnelt dem Fußgängerunfall. Schwere Verletzungen des Gehirns und der Schädelknochen können aus diesem Unfallgeschehen resultieren. Diese sind, verglichen mit dem Fußgängerunfall, jedoch seltener. Dies kann auf die seit 1976 geltende Schutzhelmpflicht für Kraffradfahrer zurückgeführt werden [10]. Bei Verstoß dagegen kann den Kraffradfahrer eine Mitschuld treffen [9]. Deswegen muss überprüft werden, ob das Verletzungsbild des Kopfes auf das Tragen eines Helms zum Unfallzeitpunkt hindeutet. Ein zu großer oder nicht fest sitzender Helm kann während des Unfallgeschehens weggeschleudert werden. Fehlen bei der gerichtlichen Obduktion Wunden und Frakturen im Kopfbereich, die aufgrund der Gesamtverletzungsschwere zu erwarten gewesen wären, kann dies auf das Tragen eines Schutzhelmes zum Kollisionszeitpunkt hindeuten. Kinnriemenspuren können ebenfalls einen Beitrag zur Klärung dieser Frage liefern. In Florida kam es nach Aufhebung der Helmtragepflicht zu einer Zunahme der Schwere von Hirnverletzungen bei Kraffradunfällen bei einer deutlichen Abnahme der helmtragenden Kraffradfahrer [42]. Jedoch konnte bei Unfällen mit axialer Lastverschiebung, bei denen der Verunfallte einen Helm mit einem Helmgewicht von über 1 500 g getragen hatte, ein erhöhtes Risiko für das Auftreten von Schädelbasisfrakturen festgestellt werden [43]. Die Hypothese, dass Gesichtsschädelfrakturen durch Energieaufnahme vor traumatisch bedingten Gehirnverletzungen schützen können, konnte widerlegt werden [44]. Gesichtsschädelfrakturen könnten sogar als Marker für ein steigendes Risiko für Gehirnverletzungen angesehen werden. Stößt das Kraffrad frontal in eine der PKW-Seiten, resultieren durch den Aufprall des Kopfes oder Oberkörpers gegen robust gebaute Fahrzeugteile von Dachrahmen und Fahrgastzelle häufig sehr schwere bis tödliche Verletzungen [9]. Bedingt durch frustranes Abstützen an der Lenkstange können Frakturen der Mittelhand- und Handwurzelknochen, des Radius oder auch extensionsbedingte distale Humerusfrakturen beobachtet werden. Speziell Daumenverletzungen können durch die Lenkstange hervorgerufen werden [7]. Knieverletzungen durch den Zusammenprall mit der Fahrzeugseite, lenkstangenbedingte Verletzungen auf Höhe des Femurs und benzintankbedingte Abschürfungen an den Innenseiten der Oberschenkel [9]. Verletzungsmuster können bei der Zuordnung von Fahrer und Sozius helfen. Prellungen und Abriebspuren präsentierten sich in Versuchen mit Dummies bei Fahrern im Brust-, Kopf- und Leistenbereich schwerwiegender als bei den Mitfahrern [45]. Den Fahrer können inguinale Verletzungen mit einhergehenden Beckenfrakturen kennzeichnen [46]. Bei mehrphasigen Kraffradunfällen mit anschließen-



dem Überrollen oder Überfahren durch nachfolgende Fahrzeuge soll durch die Obduktion herausgearbeitet werden, in welcher Unfallphase die todesverursachenden Verletzungen am wahrscheinlichsten entstanden sind.

#### **1.1.4 Fahrradunfälle**

Im Jahr 1991 starben 924 Fahrradfahrer auf deutschen Straßen. Diese Zahl lag im Jahr 2006 bei 486 getöteten Personen und sank im Jahr 2015 auf 383 tödlich verunglückte Fahrradfahrer [4]. Ähnlich den Kraftradfahrern ist bei den Fahrradfahrern der Rückgang der Verkehrstoten geringer als in Relation zu anderen Verkehrsteilnehmern [5]. Der prozentuale Anteil getöteter Fahrradfahrer an allen getöteten Verkehrsteilnehmern ist von 8 % im Jahr 1991 auf 11 % im Jahr 2015 gestiegen. Die Zahl der Radfahrer und der Fahrradbestand in Deutschland ist zunehmend [47]. Steigendes Umwelt- und Gesundheitsbewusstsein und eine bessere Radverkehrsinfrastruktur fördern den Trend dieser preisgünstigen Alternative zu motorisierten Fortbewegungsmitteln. 15 % der Fahrradfahrer trugen im Jahr 2013 einen Helm, wobei die Tragehäufigkeit nach dem 13. Lebensjahr stark abnimmt. Rund 90 % der 5- bis 10-Jährigen tragen fast immer einen Schutzhelm, bei den 75-Jährigen und älteren Radfahrern liegt diese Zahl bei unter 10 %. Verunglückte Fahrradfahrer zeigen nach Verkehrsunfällen trotz geringerer Gesamtverletzungsschwere häufiger und schwerwiegendere Kopfverletzungen als Fahrer motorisierter Zweiräder, bei denen im Gegensatz zu Fahrradfahrern das Tragen eines Schutzhelmes gesetzlich vorgeschrieben ist [48–50]. Von allen im Jahr 2015 registrierten Fahrradunfällen mit Verletzten oder Getöteten waren 18,1 % Alleinunfälle [41]. Ähnlich den Kraftradfahrern waren Personenkraftwagen mit 74,9 % die häufigsten Unfallgegner der Fahrradfahrer. Auch hier wird vorrangig zwischen Alleinunfällen und Fahrrad-PKW-Kollisionen differenziert. Die Unfallrekonstruktion und das Verletzungsmuster ähneln sich (vgl. Kraftradunfall). Fahrradfahrer trifft eine Mitschuld bei Unfällen an Zebrastreifen, wenn sie nicht absteigen und schieben [7]. Sattelerletzungen im Gesäßbereich belegen, dass der Fahrradfahrer zum Kollisionszeitpunkt gefahren ist. Hingegen können Anfahrverletzungen, wie sie sich bei Fußgängerunfällen zeigen, ein Fahren zum Kollisionszeitpunkt beispielsweise widerlegen.

## **1.2 Toxikologie**

Im Jahr 1998 wurde in Deutschland die 0,5-Promillegrenze für Kraftfahrzeugführer eingeführt [51]. Für Fahrradfahrer gilt eine maximal zulässige BAK von 1,6 ‰ [52].

Die Rate alkoholisierter Radfahrer ist deutlich höher und die Hemmschwelle niedriger als die alkoholisierter Autofahrer. Bei anderen berauschenden Mitteln, wie beispielsweise Betäubungsmitteln, ist hingegen schon der Nachweis strafbar. Im Jahr 2015 wurden 287 getötete Personen bei Unfällen unter dem Einfluss von Alkohol oder anderer berauschender Mittel registriert [53]. Im Jahr 1975 wurden 3 641 Personen bei Unfällen unter Alkoholeinfluss getötet. Im Jahr 2015 waren es nur noch 256, was einem Rückgang von 93 % entspricht. In Mecklenburg-Vorpommern war der Anteil an Alkoholunfällen mit Personenschaden an allen Unfällen mit Personenschaden im Vergleich zum bundesweiten Schnitt und jeweils zu den entsprechenden Anteilen der anderen Bundesländer am höchsten. Auch Wiederholungstaten konnten dabei bereits festgestellt werden [54]. Deutschlandweit ist die Summe der Unfälle mit Personenschaden unter anderen berauschenden Mitteln im Zeitraum 1975-2015 stark angestiegen; von 323 Unfällen im Jahr 1975 auf 1 679 Unfälle im Jahr 2015 [53]. Diese Zahlen verdeutlichen die Bedeutung der forensisch-toxikologischen Untersuchungen bei bestehendem Anfangsverdacht im Rahmen der Unfallrekonstruktion und Beantwortung der Schuldfrage.

Bei Verdacht der Teilnahme am Straßenverkehr unter dem Einfluss von Alkohol oder anderer berauschender Substanzen bestehen die Möglichkeiten einer Atemalkoholprüfung, körperlichen Untersuchung, Blutentnahme, Urinprobe oder Haarprobe [55]. Es muss individuell geprüft werden, welches der Verfahren in Betracht kommt und entsprechend geltender Vorgaben agiert werden.

Für die Bestimmung der Blutalkoholkonzentration (BAK) gelten entsprechende Richtlinien [56]. Die von Gerichten, Behörden, Institutionen oder Privatpersonen in Auftrag gegebene Probenanalyse muss anhand zweier verschiedener Messmethoden an getrennten Arbeitsplätzen und Geräten erfolgen. Eine Messmethode darf nur von einer Person bis zur Ermittlung des Messergebnisses durchgeführt werden. Die Messergebnisse der unterschiedlichen Messmethoden werden erst am Ende zusammengeführt. Weiterhin werden in den Richtlinien Vorgaben für eine korrekte Handhabung des Untersuchungsmaterials, spezielle personelle und räumliche Voraussetzungen, eine Kalibration, eine laborinterne und externe Qualitätskontrolle, die Berechnung der BAK und Erstellung des Befundberichts, die Dokumentenaufbewahrungspflicht und die Probenaufbewahrung gemacht. Neben der Einhaltung des Datenschutzes muss ein Qualitätsmanagement-System gemäß den Anforderungen nach DIN EN ISO 17025 für forensische Zwecke bestehen. Durch dieses kann der Laboratoriumsleiter sicherstellen, dass die Richtlinien eingehalten werden.

Andere berauschende Substanzen und deren entsprechende Grenzwerte in Blutproben werden von der Grenzwertkommission im Beschluss zu § 24a (2) StVG vom 20.11.2002 aufgeführt [57]. Dabei handelt es sich um D9-Tetrahydrocannabinol (Grenzwert: 1 ng/ml), Morphin (Grenzwert: 10 ng/ml), Bezoylcegonin (Grenzwert: 75 ng/ml), MDMA (Grenzwert: 25 ng/ml), MDE (Grenzwert: 25 ng/ml) und Amphetamin (Grenzwert: 25 ng/ml). Die untersuchenden Laboratorien müssen zur Analyse entsprechend der Richtlinien der Gesellschaft für Toxikologische und Forensische Chemie (GTFCh) verfahren. Dabei müssen die genannten Grenzwerte anhand validierter Methoden erreicht werden, wobei niedrigere Messwerte unterhalb dieser Grenzwerte nur von Laboratorien, die niedrigere Nachweisgrenzen validiert haben, mitzuteilen sind. Bei niedrigeren Messwerten ist jedoch eine kürzlich zurückliegende Substanzeinnahme unwahrscheinlicher.

### **1.3 Junge Erwachsene und Senioren im Straßenverkehr**

Die demographische Entwicklung hat zur Folge, dass immer mehr ältere Menschen am Straßenverkehr teilnehmen [58]. Als Senioren gelten in dieser Statistik Personen ab 65 Jahren und älter. Im Jahr 2015 wurden 1 024 Senioren bei Straßenverkehrsunfällen getötet. Dies entspricht einem Anteil von 29,6 % aller Verkehrstoten des entsprechenden Jahres. Problematisch hinsichtlich der Unfallentwicklung ist oftmals der Gesundheitszustand der Senioren durch eingeschränkte Hör-, Seh-, und Reaktionsfähigkeit. Das Risiko, bei einem Unfall schwere Verletzungen davonzutragen, ist deutlich höher verglichen mit jüngeren Verkehrsteilnehmern, obwohl das Unfallrisiko im Vergleich zum Gesamtbevölkerungsschnitt etwa die Hälfte beträgt.

Die Gruppe der 18- bis 24- Jährigen ist im Straßenverkehr am meisten gefährdet, in einen Unfall verwickelt zu werden [59]. Im Jahr 2016 starben 435 Personen dieser Altersgruppe bei Straßenverkehrsunfällen; 13,6 % aller im Straßenverkehr getöteten Personen. Obwohl sich langfristig ein Abwärtstrend abzeichnet, gilt dieser Risikogruppe besonderes Augenmerk, auch im Hinblick auf den Konsum berauschender Substanzen.

## **2 Fragestellung**

Die Zielstellung dieser Arbeit war es, die tödlichen Straßenverkehrsunfälle aus dem Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald umfassend auszuwerten. Es sollte der Anteil tödlicher Straßenverkehrsunfälle am Gesamtoobduktionsgut des untersuchten Zeitraums ermittelt und geprüft werden, wie sich die Straßenverkehrsunfälle hinsichtlich ihrer betroffenen Personen in einzelnen Gruppen darstellen. Neben allgemeinen epidemiologischen Aspekten sollte der Frage nachgegangen werden, ob bei den untersuchten Betroffenen ein Kausalzusammenhang zwischen Unfall und Tod bejaht werden konnte, und für die einzelnen Unfallgruppen der jeweilige Alkohol- und Betäubungsmittelkonsum ausgewertet werden. Insbesondere sollte überprüft werden, wie häufig und in welcher Weise durch die rechtsmedizinische Obduktion entscheidende Erkenntnisse zur Rekonstruktion erbracht werden konnten, beispielsweise anhand Messerer-Keilbrüche bei den Fußgängern oder Gurtmarken bei den PKW-Insassen.

## **3 Material**

### **3.1 Untersuchte Straßenverkehrsunfälle**

Die Daten dieser retrospektiven Arbeit entstammten dem Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald. Grundlage waren die Obduktionsprotokolle einschließlich der Untersuchungsbefunde von Zusatzuntersuchungen und der zum Obduktionszeitpunkt vorliegenden konkreten Angaben zum jeweiligen Unfallgeschehen in Form von Verkehrsunfallanzeige und/oder polizeilichem Ermittlungsbericht.

An Zusatzuntersuchungen lagen die Befunde über die Bestimmung der Blutalkoholkonzentration und die Ergebnisse der Untersuchung auf Drogen, Medikamente oder andere berauschende Substanzen aus dem hauseigenen forensisch-toxikologischen Labor vor. Das Labor ist, ebenso wie der Bereich der Medizin, seit 2009 akkreditiert bei der Deutschen Akkreditierungsstelle (DAkkS) nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005.

Es wurden die tödlichen Straßenverkehrsunfälle aus dem Obduktionsgut des Instituts aus den Jahren 2006 bis einschließlich 2015 einbezogen. Insgesamt ergaben sich in diesem Zeitraum 163 Fälle. Einschlusskriterium war, dass es sich um einen Unfall im öffentlichen Straßenverkehr gehandelt hat.

In 160 Fällen handelte es sich um gerichtsmedizinische, in 3 Fällen um klinische Obduktionen.

In 157 Fällen bestand ein Kausalzusammenhang zwischen den Unfallverletzungen und dem eingetretenen Tod. In 6 Fällen war eine Kausalität möglich, aber nicht sicher belegbar. Diese Fälle wurden aus der statistischen Auswertung genommen.

## **4 Methoden**

### **4.1 Untersuchung der Straßenverkehrsunfälle**

Jeder Unfall wurde hinsichtlich bestimmter, selbst erarbeiteter Kriterien untersucht und mittels des Datenverarbeitungsprogramms Microsoft® Excel für Office 365 (Version 1707) in eine selbsterstellte Datenbank aufgenommen und ausgewertet. Zur Literaturverwaltung wurde das Literaturverwaltungsprogramm Citavi 5 Version 5.5.0.1 und zur schriftlichen Ausarbeitung der Dissertation das Textverarbeitungsprogramm Microsoft® Word für Office 365 (Version 1707) verwendet. Es erfolgte ein statistisches Beratungsgespräch im Institut für Bioinformatik der Universität Greifswald. Bei der Angabe von Personenbezeichnungen wurde teilweise nur die männliche Form verwendet. Die weibliche Form ist in diesen Fällen inkludiert.

Neben allgemeinen Angaben wurden jeweils die Verletzungen und die Todesursache, die Beeinflussung durch Substanzen sowie besondere Umstände des Unfalls ausgewertet.

Für die einzelnen Unfallarten wurden jeweils spezielle Umstände in die Untersuchung miteinbezogen. Die Unfallart bestimmte sich danach, wie der jeweils getötete Verkehrsteilnehmer am Straßenverkehr teilgenommen hatte.

#### **4.1.1 PKW-Unfälle**

Bei den tödlichen PKW-Unfällen handelte es sich um PKW-Insassen. Tödlich verlaufende PKW-Unfälle wurden entsprechend ihrer Kollisionsarten in PKW-PKW-Kollisionen, PKW-Baum-Kollisionen, PKW-LKW-Kollisionen und PKW-Alleinunfälle ohne erkennbares Hindernis unterteilt. Innerhalb der Aufprallarten wurde zwischen Frontal-, Seiten- und Heckkollisionen unterschieden sowie auf einen Überschlag-Unfall des Fahrzeugs oder ein Herausschleudern des Getöteten geachtet. Hierbei waren Mehrfachnennungen möglich.

#### **4.1.2 LKW-Unfälle**

Bei tödlichen LKW-Unfällen wurde zwischen LKW-LKW-Kollisionen, LKW-Baum-Kollisionen und LKW-Alleinunfälle ohne erkennbares Hindernis unterschieden. Auch

hier wurde auf Frontal-, Seiten- und Heckkollisionen sowie auf einen Überschlag-Unfall des Fahrzeugs oder ein Herausschleudern des Getöteten geachtet. Auch hierbei waren Mehrfachnennungen möglich.

#### **4.1.3 Kraftradunfälle**

Unter Kraftradunfälle wurden alle zweirädrigen, von einem Motor angetriebenen Fahrzeuge subsumiert. Bei den Kraftradunfällen wurden Kraftrad-PKW-Kollisionen, Kraftrad-Kraftrad-Kollisionen, Kraftrad-Baum-Kollisionen und Kraftradalleinunfälle ohne erkennbares Hindernis unterschieden. Neben der vermuteten Rekonstruktion des Unfallhergangs wurde aufgrund der fehlenden Datenlage davon ausgegangen, dass jeder getötete Kraftradfahrer einen Helm getragen hatte.

#### **4.1.4 Fahrradunfälle**

Unfälle mit getöteten Fahrradfahrern wurden untergliedert in Fahrrad-PKW-Kollisionen, Fahrrad-LKW-Kollisionen und Fahrradalleinunfälle ohne erkennbares Hindernis.

#### **4.1.5 Fußgängerunfälle**

Fußgängerunfälle wurden in Fußgänger-PKW-Kollisionen, Fußgänger-LKW-Kollisionen und Fußgänger-Fahrrad-Kollisionen unterteilt. Hier wurde besonders die Frage der Anstoßrichtung untersucht.

#### **4.1.6 Kutschunfälle**

Kutschunfälle wurden als zusätzliche Kategorie mit aufgenommen.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Allgemeine und unfallbezogene statistische Daten

#### 5.1.1 Obduktionen tödlicher Straßenverkehrsunfälle

Zwischen Januar 2006 und Dezember 2015 wurden im Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin der Universität Greifswald 1 887 Obduktionen durchgeführt. Davon entfielen 157 ( $\approx 8,32\%$ ) Obduktionen auf im öffentlichen Straßenverkehr tödlich verunglückte Verkehrsteilnehmer, bei denen ein Kausalzusammenhang zwischen den Unfallverletzungen und dem eingetretenen Tod festgestellt werden konnte. Dabei handelte es sich um das Einschlusskriterium.

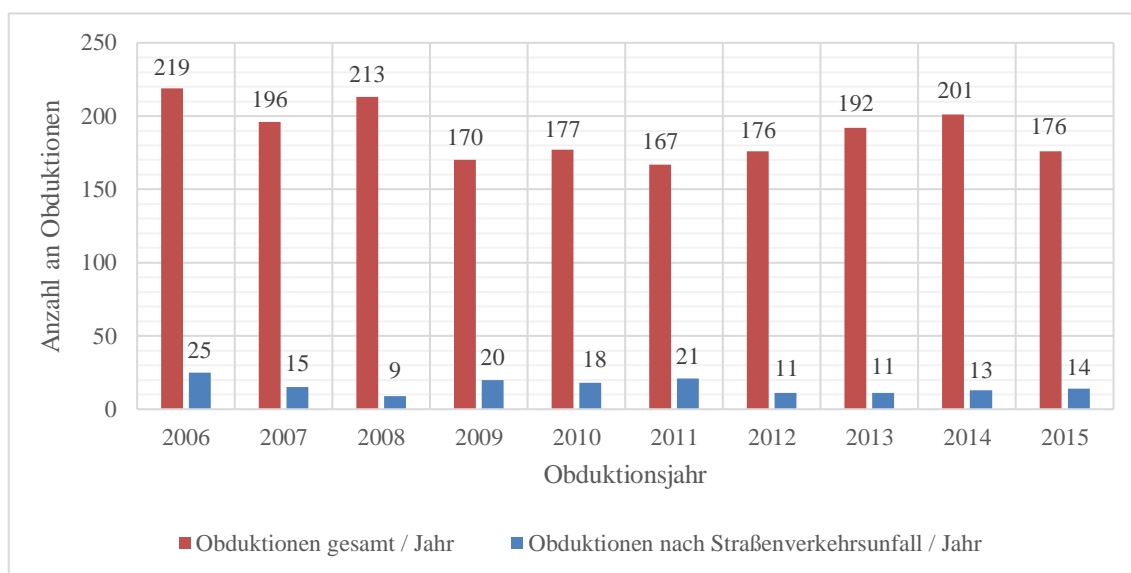


Abb. 1: Anteil obduzierter Straßenverkehrsunfallopfer

Der höchste Anteil obduzierter Straßenverkehrsunfallopfer im Verhältnis zur Gesamtobduktionszahl des entsprechenden Jahres war im Jahr 2011 und zählte 21 ( $\approx 12,57\%$ ) obduzierte Straßenverkehrsteilnehmer bei insgesamt 167 Obduktionen im Untersuchungsjahr. Der niedrigste Anteil wurde im genannten Zeitraum im Jahr 2008 verzeichnet und zählte 9 ( $\approx 4,23\%$ ) obduzierte Straßenverkehrsteilnehmer bei insgesamt 213 Obduktionen.



### 5.1.2 Altersverteilung

Es wurde die Altersverteilung des Gesamtkollektivs von 157 getöteten Straßenverkehrsunfallopfern und der jeweiligen Unfallarten untersucht. Die Alterskategorisierung in unterschiedliche Altersklassen erfolgte zwischen 0 und 94 Jahren in 5-Jahresschritten.

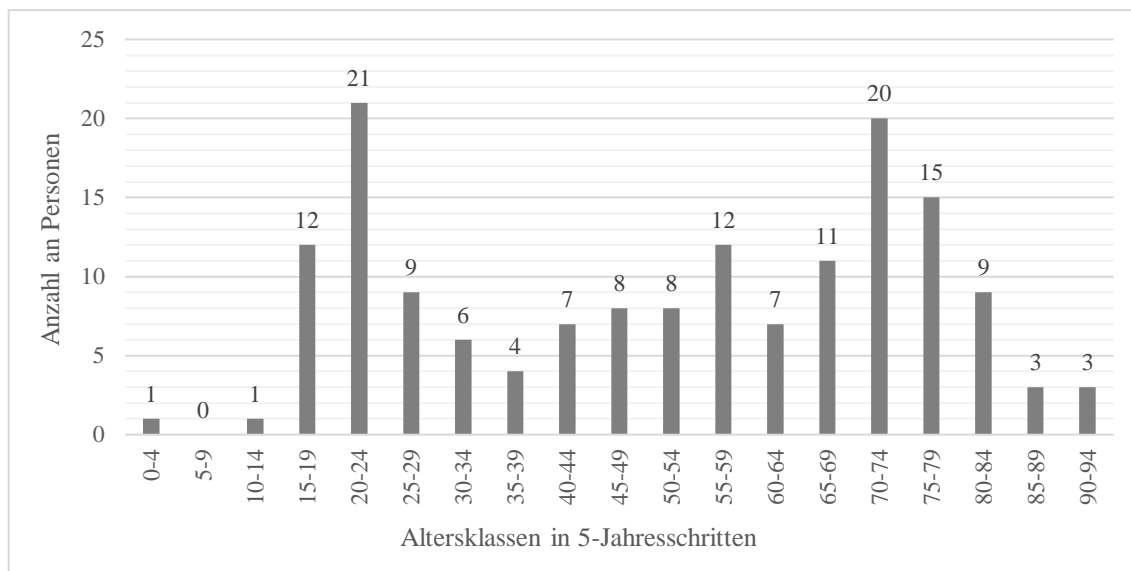


Abb. 2: Altersverteilung getöteter Straßenverkehrsteilnehmer

Das Gesamtkollektiv wies eine Altersspanne von 2 bis 92 Jahren auf. Dabei starben die meisten Personen in der Altersklasse der 20- bis 24-Jährigen (Anzahl (n) = 21;  $\approx 13,38$  % des Gesamtkollektivs), gefolgt von der Gruppe der 70- bis 74-Jährigen (n = 20;  $\approx 12,74$  % des Gesamtkollektivs). 61 ( $\approx 38,85$  %) getötete Personen des Gesamtkollektivs waren 65 Jahre oder älter.

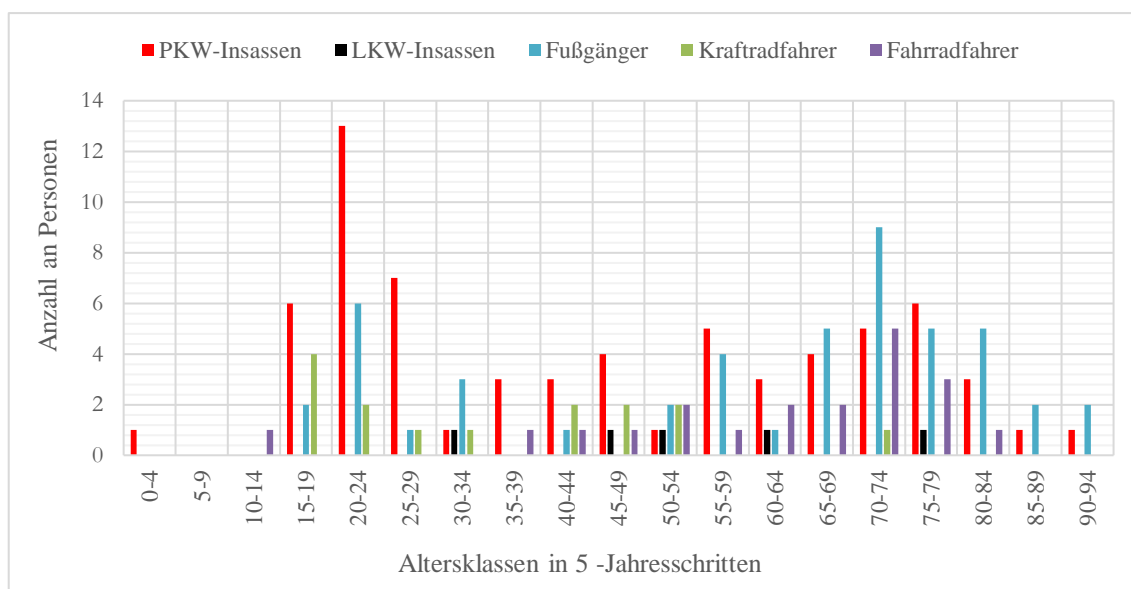


Abb. 3: Altersverteilung getöteter Straßenverkehrsteilnehmer nach Unfallart

Das Kollektiv der tödlich verunglückten PKW-Insassen zeigte in den entsprechenden Altersklassen einen Häufigkeitsgipfel bei den 20- bis 24-Jährigen ( $n=13$ ;  $\approx 19,40\%$  der getöteten PKW-Insassen). Unter den verstorbenen LKW-Insassen konnten keine Besonderheiten in der Altersverteilung festgestellt werden. Bei den tödlich verunglückten Fußgängern starben die meisten in der Altersklasse der 70- bis 74-Jährigen ( $n = 9$ ;  $\approx 18,75\%$  der getöteten Fußgänger). Insgesamt waren 28 ( $\approx 58,33\%$ ) Fußgänger 65 Jahre oder älter. Die meisten Kraftradfahrer starben in der Altersklasse der 15- bis 19-Jährigen ( $n = 4$ ;  $\approx 26,67\%$  der getöteten Kraftradfahrer). Die Gruppe der getöteten Fahrradfahrer wies die höchste Anzahl an Todesfällen in der Altersklasse der 70- bis 74-Jährigen auf ( $n = 5$ ;  $25\%$  der getöteten Fahrradfahrer). Die getöteten Beteiligten des Kutschunfalls waren 58 und 59 Jahre alt.

Das Durchschnittsalter der Unfallopfer zum Todeszeitpunkt (gerundet in Jahren) wurde tabellarisch erfasst nach Geschlecht und Unfallart.

Geschlecht	Gesamt-kollektiv	PKW-Unfälle	LKW-Unfälle	Fußgänger-unfälle	Kraftrad-unfälle	Fahrrad-unfälle	Kutsch-unfall
	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert	Mittelwert
Weiblich	61	53	70	74	-	67	59
Männlich	46	40	45	51	35	59	-

Tab. 1: Durchschnittsalter der Unfallopfer zum Todeszeitpunkt

### 5.1.3 Überlebenszeiten

Nach dem Verkehrsunfall betrug die durchschnittliche Überlebenszeit für das Gesamtkollektiv 2,35 Tage ( $n = 157-1$ ). Hierbei wich ein Wert einer getöteten Fußgängerin mit 1 457 Tagen Überlebenszeit auffallend von den restlichen Werten ab und wurde deswegen für die Berechnung der durchschnittlichen Überlebenszeit des Gesamtkollektivs und der Fußgänger nicht berücksichtigt. Die durchschnittlichen Überlebenszeiten der PKW-Insassen betrug 1,73 Tage, die der LKW-Insassen 0,2 Tage und die Fußgänger überlebten durchschnittlich 3,13 Tage ( $n = 48-1$ ). Kraftradfahrer überlebten im Schnitt 1,33 Tage, Fahrradfahrer 3,9 Tage. Die beiden Verunglückten des Kutschunfalls überlebten jeweils 2 Tage.

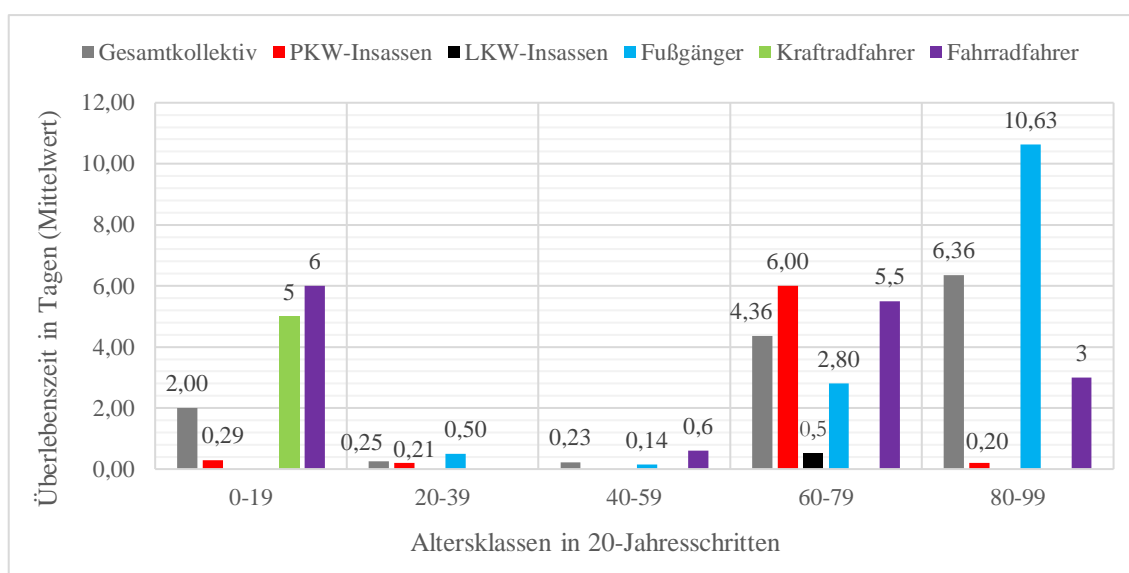


Abb. 4: Durchschnittliche Überlebenszeiten (in Tagen)

Abb. 4 gibt die mittlere Überlebenszeit des Gesamtkollektivs ( $n = 157-1$ ) und der jeweiligen Unfallarten in 5 verschiedenen Altersklassen wieder. Die im Durchschnitt längsten Überlebenszeiten der einzelnen Unfallarten zeigte die Gruppe der Fußgänger mit 10,63 Tagen ( $n = 48-1$ ) in der Altersklasse der 80- bis 99-Jährigen. In den Altersklassen der 20- bis 39-Jährigen und der 40- bis 59-Jährigen war die durchschnittliche Überlebenszeit innerhalb der Unfallarten auffallend kurz.

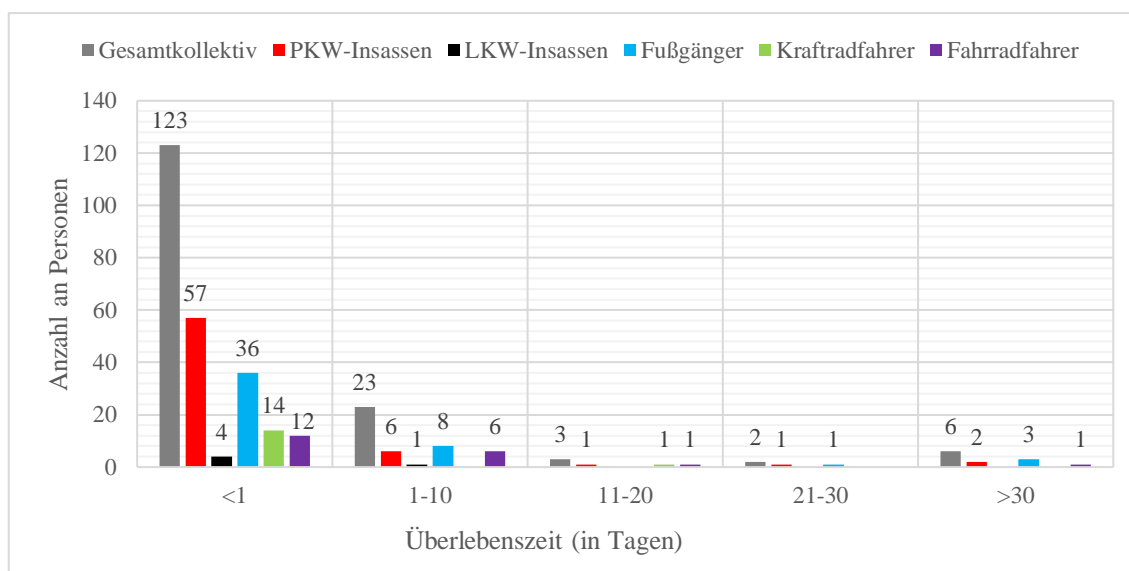


Abb. 5: Überlebenszeiten einzelner Unfallopfer (in Tagen)

Die meisten Straßenverkehrsunfallopfer des Gesamtkollektivs ( $n = 157$ ) und der einzelnen Unfallarten starben innerhalb des ersten Tages an den Unfallfolgen. Nur 6 ( $\approx 3,82\%$ ) Personen aller tödlich Verunglückten überlebten länger als 30 Tage. Die 2 getöteten Personen des Kutschunfalls überlebten jeweils 2 Tage und finden sich in Abb. 5 innerhalb des Gesamtkollektivs der entsprechenden Kategorie wieder.

#### 5.1.4 Geschlechterverteilung

Unter den insgesamt 157 Straßenverkehrsunfallopfern befanden sich 58 ( $\approx 36,94\%$ ) weibliche und 99 ( $\approx 63,06\%$ ) männliche Personen. Darunter befanden sich 30 PKW-Insassinnen ( $\approx 44,78\%$  der insgesamt 67 getöteten PKW-Insassen) und 37 PKW-Insassen ( $\approx 55,22\%$  der insgesamt 67 getöteten PKW-Insassen), 2 LKW-Insassinnen (40% der insgesamt 5 getöteten LKW-Insassen) und 3 LKW-Insassen (60% der insgesamt 5 getöteten LKW-Insassen), 18 Fußgängerinnen ( $\approx 37,5\%$  der insgesamt 48 getöteten Fußgänger) und 30 Fußgänger ( $\approx 62,5\%$  der insgesamt 48 getöteten Fußgänger), 6 Fahrradfahrerinnen (30% der insgesamt 20 getöteten Fahrradfahrer) und 14 Fahrradfahrer (70% der insgesamt 20 getöteten Fahrradfahrer). Von den 15 getöteten Kraftradfahrern waren alle männlichen Geschlechts. Die beiden getöteten Beteiligten des Kutschunfalls waren weiblich.

### 5.1.5 Witterung

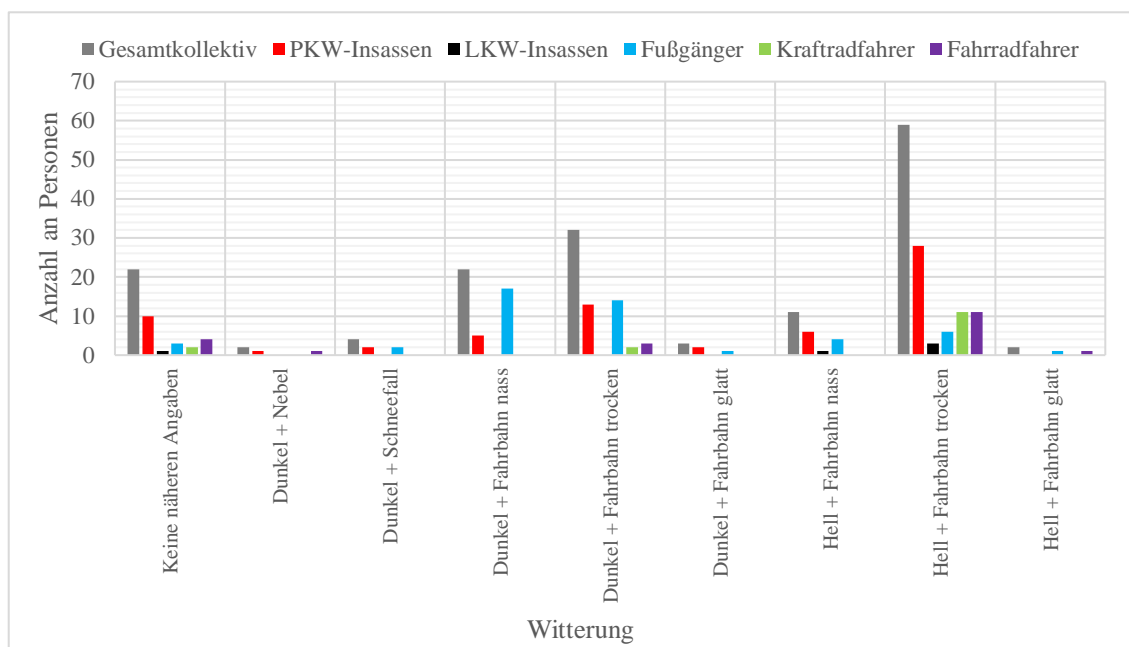


Abb. 6: Witterungsverhältnisse zum Unfallzeitpunkt

Die meisten Unfälle innerhalb des Gesamtkollektivs ereigneten sich bei Tageslicht und trockener Fahrbahn ( $n = 59$ ). Diese Tatsache ließ sich auch auf die Unfallgruppen verstorbener PKW-Insassen ( $n = 28$ ), LKW-Insassen ( $n = 3$ ), Kraftradfahrer ( $n = 11$ ) und Fahrradfahrer ( $n = 11$ ) übertragen. Die Gruppe der Fußgänger verunglückte vermehrt bei Dunkelheit, sowohl bei nasser ( $n = 17$ ) als auch bei trockener ( $n = 14$ ) Fahrbahn. Zu den Witterungsverhältnissen des Kutschunfalls wurden im polizeilichen Ermittlungsbericht keine näheren Angaben gemacht (vgl. Gesamtkollektiv in Abb. 6).

### 5.1.6 Unfallmonate

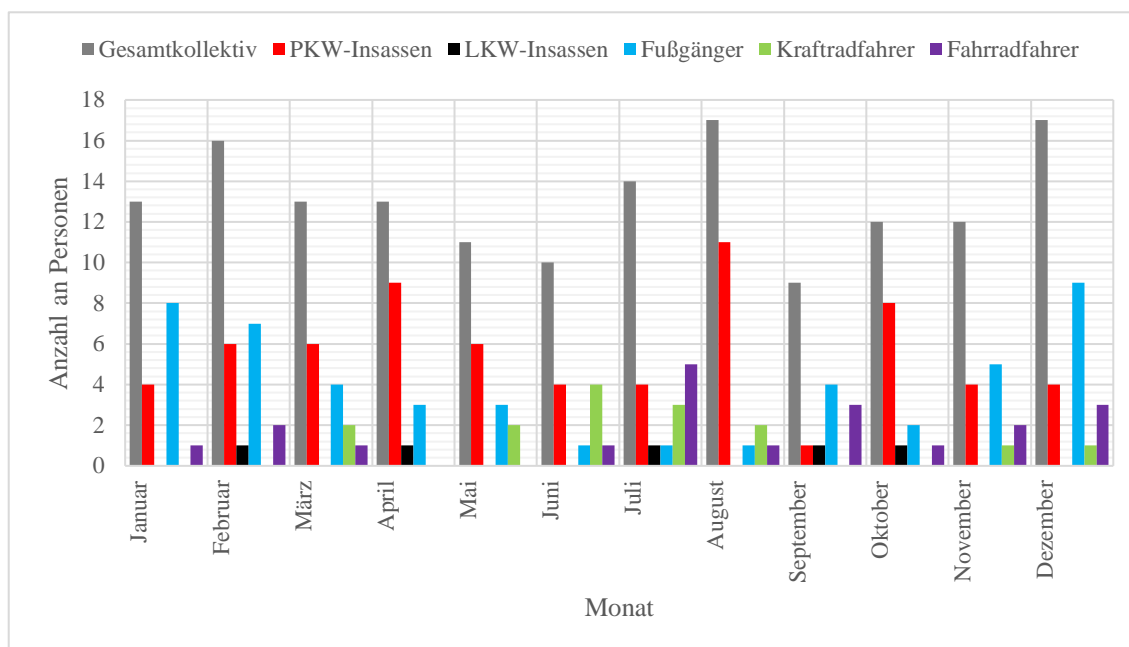


Abb. 7: Unfallmonate

Im Gesamtkollektiv zeigten sich die meisten getöteten Unfallopfer in den Monaten August ( $n = 17$ ) und Dezember ( $n = 17$ ). Die Gruppe der verunglückten PKW-Fahrer hatte das Unfallmaximum im August ( $n = 11$ ). Die verstorbenen LKW-Fahrer waren gleichermaßen auf die Monate Februar, April, Juli, September und Oktober verteilt. Die meisten Fußgänger wurden in den Wintermonaten Dezember ( $n = 9$ ), Januar ( $n = 8$ ) und Februar ( $n = 7$ ) getötet. In der Unfallgruppe der Kraftradfahrer wurde die höchste Anzahl an Todesfällen in den Sommermonaten Juni ( $n = 4$ ) und Juli ( $n = 3$ ) verzeichnet. Das Maximum getöteter Radfahrer lag mit 5 Personen im Sommermonat Juli. Der Kutschunfall ereignete sich im Monat August und findet sich in Abb. 7 innerhalb des Gesamtkollektivs des entsprechenden Monats wieder.

### 5.1.7 Unfallverursacher

Unfallverursacher des Gesamtkollektivs waren nach den polizeilichen Ermittlungsberichten in 61 Fällen die jeweils Getöteten, in 83 Fällen die Unfallgegner und in 13 Fällen wurden hierzu keine näheren Angaben gemacht.

Unter den getöteten PKW-Insassen waren 19 Personen selbst Unfallverursacher, bei 47 Insassen waren die Unfallgegner die Verursacher und in einem Fall wurden hierzu keine Angaben gemacht. In der Gruppe der getöteten LKW-Insassen hatte keiner den jeweili-

gen Unfall selbst verursacht. Unter den Fußgängern galten 28 Personen als Unfallverursacher, 14-mal waren die Unfallgegner die Verursacher und in 6 Fällen ergaben sich keine näheren Details aus den Ermittlungsberichten. Innerhalb der Unfallgruppe der Kraftradfahrer waren 5 Personen Unfallverursacher, 7 Personen waren nicht die Verursacher des Unfalls und bei 3 Personen konnte anhand der Unterlagen keine Zuordnung erfolgen. Unter den Fahrradfahrern fanden sich 9 Unfallverursacher, in 8 Fällen waren die Unfallgegner die Verursacher und in 3 Fällen konnten die Verursacher anhand der Ermittlungsberichte nicht zugeordnet werden. Die Getöteten des Kutschunfalls waren nicht die Unfallverursacher.

### **5.1.8 Suizide und Tötungsdelikte**

Das Gesamtkollektiv wies offenbar 2 Suizide auf. Einer konnte der Gruppe der PKW-Insassen zugeordnet werden, der andere wurde der Unfallgruppe der Fußgänger zugeordnet.

In 5 weiteren Fällen bestand der Verdacht des Suizids. Bei diesen 5 Fällen handelte es sich um verstorbene PKW-Insassen.

Es wurde ein Tötungsdelikt erfasst, bei dem die Verunfallte mit ihrem Auto von ihrem ehemaligen Freund von der Fahrbahn abgedrängt wurde und dabei tödlich verunglückte.

### **5.1.9 Toxikologie**

Die Blutalkoholkonzentration (BAK) wurde im Gesamtkollektiv bei 126 Personen untersucht. Bei 31 Unfallopfern wurde im Rahmen der rechtsmedizinischen Obduktion keine Bestimmung der Alkoholkonzentration im Blut durchgeführt. Die Ursache hierfür lag zumeist in längeren Krankenhausaufenthalten zwischen Unfall und Todeseintritt oder es handelte sich um klinische Obduktionen.

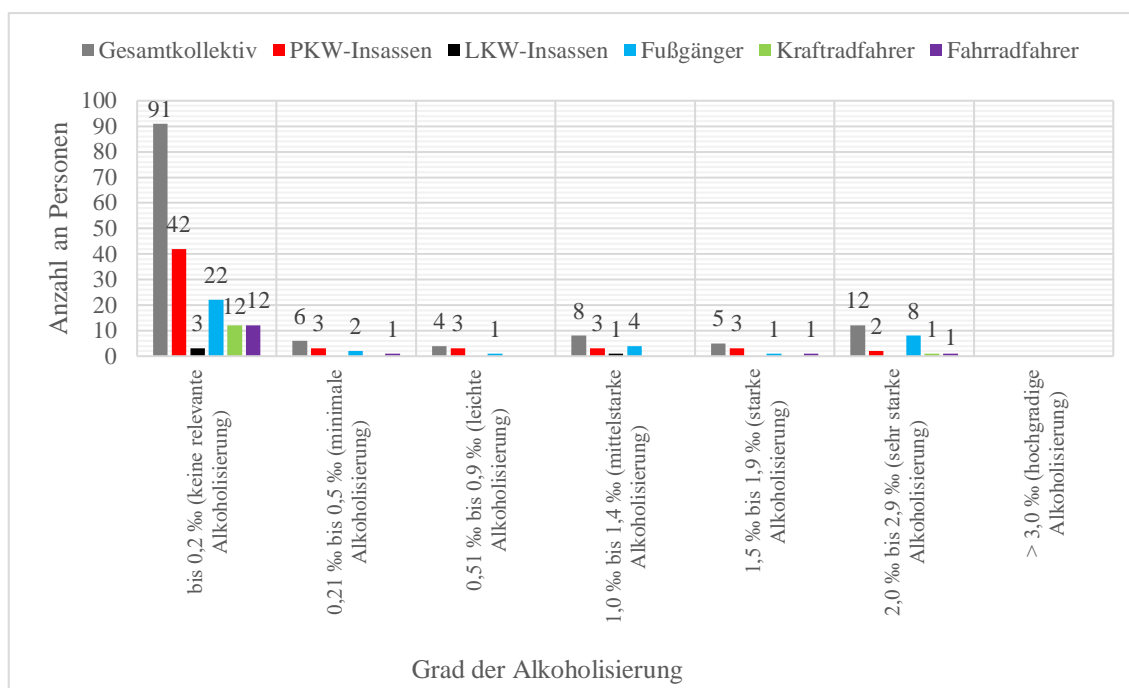


Abb. 8: Alkoholisierungsgrade von 126 Unfallopfern zum Obduktionszeitpunkt

Von den 126 untersuchten Getöteten wiesen 35 Personen zum Obduktionszeitpunkt mindestens eine minimale Alkoholisierung (ab 0,21 ‰ bis 0,5 ‰ BAK) bis sehr starke Alkoholisierung (ab 2,0 ‰ bis 2,9 ‰ BAK) auf. Hiervon verstarben 34 Personen am Unfalltag. Ein Fußgänger starb am darauffolgenden Kalendertag und wies zum Obduktionszeitpunkt eine BAK von 0,45 ‰ auf. Bei 91 untersuchten Personen konnte durch die Obduktion keine relevante Alkoholisierung (bis 0,2 ‰ BAK) festgestellt werden. Die Einteilung in verschiedene Alkoholisierungsgrade erfolgte anhand eines institutsinternen Klassifikationssystems.

In der Unfallgruppe der verstorbenen PKW-Insassen wurde die BAK bei 56 der 67 Personen untersucht. Davon waren 14 Insassen alkoholisiert. Unter ihnen befanden sich 5 PKW-Fahrer, wovon einer eine BAK von 0,41 ‰ und 3 PKW-Fahrer eine BAK von deutlich über 1 ‰ zum Todeszeitpunkt aufwiesen. Bei einem getöteten PKW-Fahrer wurde sogar ein Blutalkoholspiegel von 2,28 ‰ detektiert. Innerhalb der Gruppe der verunglückten LKW-Insassen wurden 4 der 5 Insassen auf ihre BAK hin untersucht, wobei eine Person zum Todeszeitpunkt unter Alkoholeinfluss stand, jedoch nicht Fahrer des Fahrzeugs war. Bei den Fußgängern wurden 38 Personen auf ihre Alkoholkonzentration im Blut untersucht. Unter den Untersuchten wiesen 16 Fußgänger mindestens eine minimale Alkoholisierung bis hin zu sehr starker Alkoholisierung zum Todeszeitpunkt auf. Von 6 männlichen Fußgängern, die zum Kollisionszeitpunkt bereits



auf der Straße lagen, waren 5 sehr stark und einer mittelstark alkoholisiert (Ø 2,34 ‰ BAK). 13 der insgesamt 15 getöteten Kraftradfahrer wurden auf ihre BAK hin untersucht. Davon war einer sehr stark alkoholisiert (2,01 ‰), bei den weiteren 12 konnte keine relevante Alkoholisierung festgestellt werden. Innerhalb der Gruppe der Fahrradfahrer wurde die BAK von 15 der 20 verstorbenen Radfahrer analysiert. Hiervon waren 3 alkoholisiert. Einer wies eine minimale Alkoholisierung auf (0,39 ‰). 2 von ihnen hatten eine BAK von über 1,6 ‰, wobei einer davon zusätzlich unter dem Einfluss von Cannabinoiden stand. Abb. 8 zeigt, dass die meisten untersuchten Personen (n = 91) des Gesamtkollektivs zum Obduktionszeitpunkt keine relevante Alkoholisierung aufwiesen. Diese Feststellung ließ sich auch auf die einzelnen Unfallarten übertragen. Unter den 35 alkoholisierten Untersuchten des Gesamtkollektivs waren 12 Personen sehr stark alkoholisiert. Von diesen 12 Personen verunglückten 8 als Fußgänger. Hiermit bildeten sie die größte Gruppe unter den einzelnen Unfallarten zwischen dem Alkoholisierungsgrad der minimalen Alkoholisierung und dem Grad der sehr starken Alkoholisierung. Einen BAK-Wert von über 3 Promille wurde innerhalb des untersuchten Obduktionsguts nicht festgestellt.

Neben der Bestimmung der BAK wurden 50 der 157 Unfallopfer des Gesamtkollektivs bei der Obduktion auf Medikamente und weitere toxische Substanzen wie beispielsweise illegale Drogen untersucht.

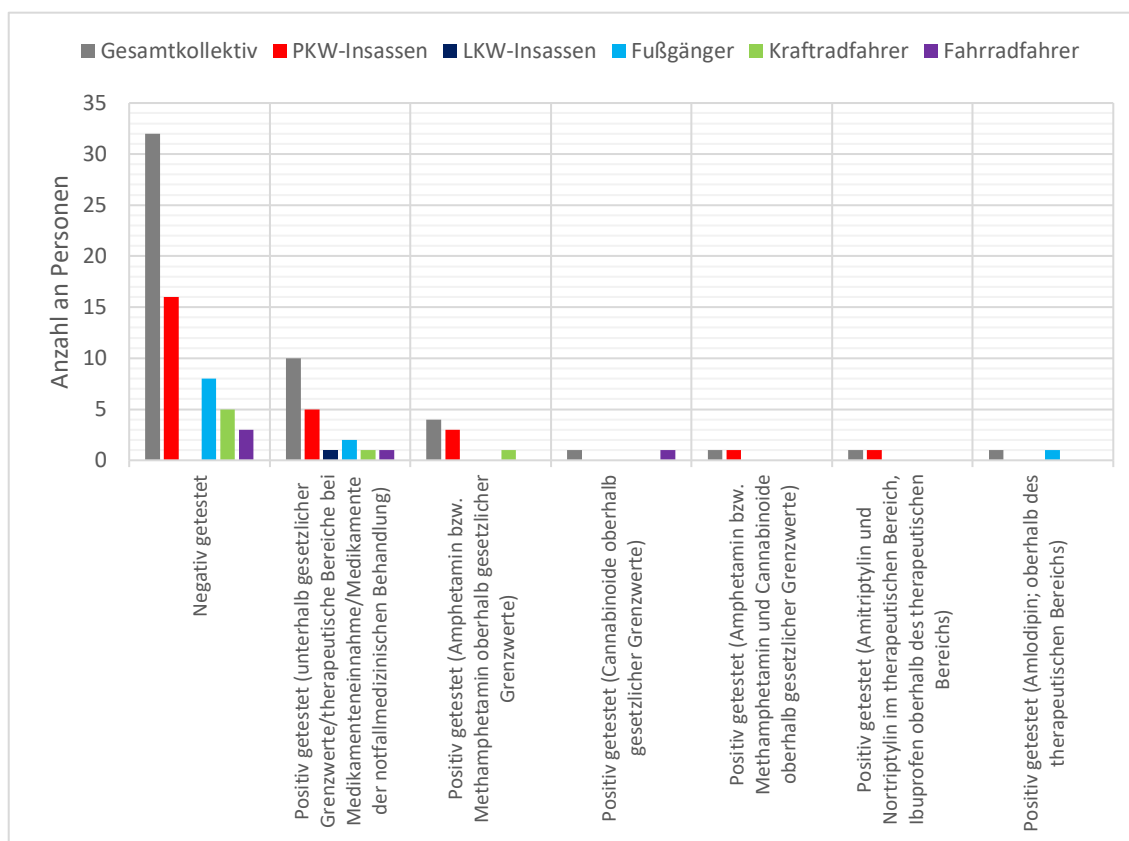


Abb. 9: Obduktionsbefunde zu Medikamenten und weiteren toxischen Substanzen bei 50 Unfallopfern

Abb. 9 zeigt neben der Anzahl negativ getesteter Personen die Anzahl positiv getesteter Personen, bei denen Medikamente bzw. andere toxische Substanzen nachgewiesen wurden, deren Konzentrationen unterhalb gesetzlicher Grenzwerte lagen, sowie die Anzahl positiv getesteter Unfallopfer, die Werte oberhalb gesetzlicher Grenzwerte aufwiesen. Die jeweils vorgefundenen Medikamenten- und Substanzkonstellationen wurden erfasst. Beim Nachweis von Medikamenten wurde berücksichtigt, ob die Konzentrationen innerhalb des therapeutischen Bereichs lagen bzw. ob die Medikamente der unfallbedingten notfallmedizinischen Versorgung zuzuordnen waren.

Unter den 50 getesteten Personen wurden 32 negativ und 18 positiv getestet. Von den 18 positiv Getesteten, die alle am Unfalltag verstarben, wurden in 10 Fällen Blutkonzentrationen der entsprechenden toxischen Substanzen unterhalb gesetzlicher Grenzwerte bzw. bei Medikamenteneinnahme Konzentrationen im therapeutischen Bereich festgestellt oder Medikamente nachgewiesen, die der unfallbedingten notfallmedizinischen

Versorgung zugerechnet wurden. Bei den verbliebenen 8 positiv getesteten Personen wurden Blutkonzentrationen der toxischen Substanzen oberhalb gesetzlicher Grenzwerte festgestellt bzw. ließen sich Medikamentenkonzentrationen oberhalb des therapeutischen Bereichs feststellen. In der Gruppe der PKW-Insassen wurden 26 Insassen auf Medikamente und weitere Substanzen getestet. Dabei fanden sich bei 10 Insassen positive Werte. Bei 5 der 10 positiv getesteten PKW-Insassen waren Blutkonzentrationen oberhalb gesetzlicher Grenzwerte bzw. Medikamentenkonzentrationen außerhalb des therapeutischen Bereichs nachweisbar. Darunter befanden sich 2 Fahrzeugführer. Bei einem der Fahrzeugführer waren Amphetamine/Methamphetamine nachweisbar, der zweite wies eine Kombination aus trizyklischen Antidepressiva (Amitriptylin und Nortriptylin) sowie Ibuprofen oberhalb des therapeutischen Bereichs auf. Unter den LKW-Insassen wurde ein Fahrzeugführer positiv getestet, wobei sich bei dieser Person die Medikamentenkonzentration des Betablockers Bisoprolol im therapeutischen Bereich bewegte. 11 Fußgänger wurden auf Medikamente und weitere Substanzen getestet. Davon wurden 3 positiv getestet und nur bei einem von ihnen die Medikamentenkonzentration des Calciumkanalblockers Amlodipin oberhalb des therapeutischen Bereichs nachgewiesen. In der Unfallgruppe der Kraftradfahrer wurden 7 der 15 Verunfallten auf Medikamente und weitere Substanzen untersucht. 2 der 7 wurden positiv getestet, bei einem lag dabei eine Konzentration von Amphetaminen/Methamphetaminen oberhalb gesetzlicher Grenzwerte vor. 5 der 20 Fahrradfahrer wurden auf Medikamenten- und Substanzeinnahme hin untersucht. 2 der 5 wurden positiv getestet, wobei einer eine Blutkonzentration an Cannabinoiden oberhalb gesetzlicher Grenzwerte aufwies. Zusätzlich hatte dieser eine BAK von 1,75 ‰ zum Obduktionszeitpunkt. Die Personen, bei denen durch die Obduktionen Blutkonzentrationen oberhalb gesetzlicher Grenzwerte aufgezeigt wurden, konsumierten mehrheitlich Amphetamine/Methamphetamine. Die höchste Anzahl an Amphetamin-/Methamphetaminkonsumenten mit Blutkonzentrationen oberhalb der Grenzwerte zeigte die Gruppe der PKW-Insassen (n = 3). Die getöteten Mitfahrerinnen des Kutschunfalls wurden keiner toxikologischen Untersuchung unterzogen.

Unter den auf Medikamente und weitere Substanzen positiv getesteten Personen wiesen insgesamt 3 Unfallopfer zusätzlich Blutalkohol auf.

## 5.2 Unfall-, Kollisions- und Aufprallarten

### 5.2.1 Unfall- und Kollisionsarten

Im Untersuchungszeitraum wurden bei Straßenverkehrsunfällen 67 PKW-Insassen, 5 LKW-Insassen, 48 Fußgänger, 15 Kraftradfahrer, 20 Fahrradfahrer und 2 Mitfahrerinnen einer Kutsche tödlich verletzt. Die 67 PKW-Insassen starben bei 61 PKW-Unfällen, da in 6 Fahrzeugen jeweils 2 Personen saßen.

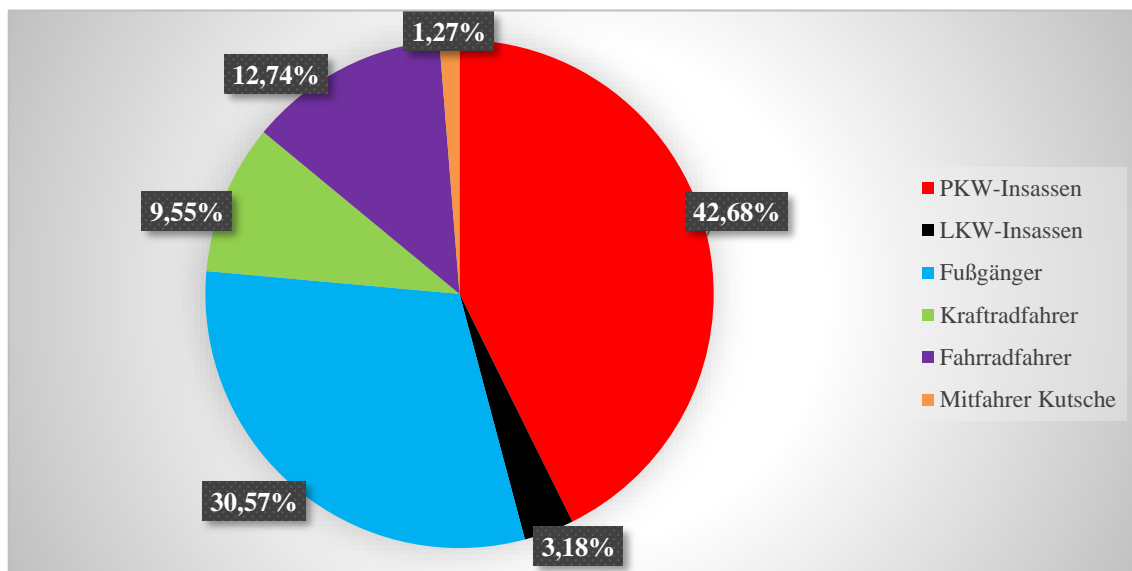


Abb. 10: Prozentuale Verteilung der Getöteten nach Unfallarten

Damit war der Anteil der getöteten PKW-Insassen ( $\approx 42,68\%$ ) erkennbar am größten, gefolgt von den Fußgängerunfällen ( $\approx 30,57\%$ ).

Getötete \ Gegner	PKW	LKW	Kraftrad	Fahrrad	Baum	Alleinunfall	Gesamt
PKW	29	4			32	2	67
LKW		2			1	2	5
Fußgänger	40	7		1			48
Kraftrad	10		1		3	1	15
Fahrrad	13	5				2	20
Kutsche						2	2

Tab. 2: Kollisionsarten der getöteten Verkehrsteilnehmer

Die meisten getöteten PKW-Insassen starben bei PKW-Baum-Kollisionen ( $n = 32$ ;  $\approx 47,76\%$ ), gefolgt von PKW-PKW-Kollisionen ( $n = 29$ ;  $\approx 43,28\%$ ). Die häufigsten Unfallgegner der Fußgänger, Kraftradfahrer und Fahrradfahrer waren mit Abstand Personenkraftwagen. Innerhalb dieser Kollisionsarten verunglückten 40 Personen bei Fußgänger-PKW-Kollisionen, 10 Personen starben bei Kraftrad-PKW-Kollisionen und 13 bei Fahrrad-PKW-Kollisionen.

### 5.2.2 Aufprallarten und Sitzpositionen bei PKW-Unfällen

Unter den PKW-Unfällen zeigten sich verschiedene Aufprallarten. Neben den klassischen Aufprallarten wie Frontal-, Seiten-, oder Heckaufprall waren auch kombinierte Aufprallarten möglich.

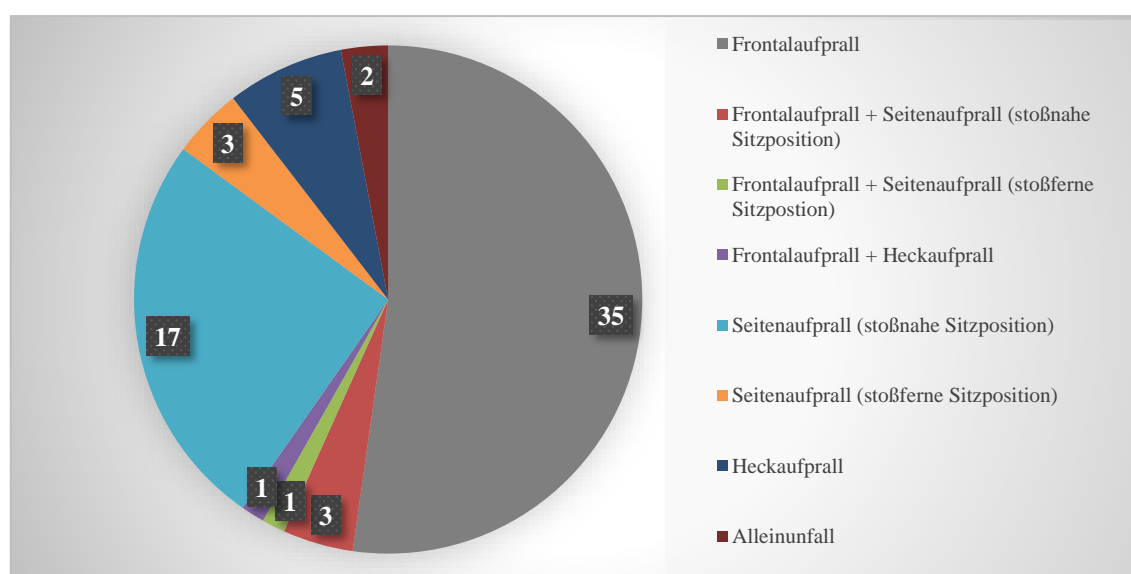


Abb. 11: Aufprallarten bei PKW-Unfällen (pro Insasse)

35 ( $\approx 52,24\%$ ) Personen, und damit mehr als die Hälfte verunglückten beim Frontalaufprall, gefolgt vom Seitenaufprall mit stoßnaher Sitzposition ( $n = 17$ ;  $\approx 25,37\%$ ). Selten starben Insassen bei Alleinunfällen ( $n = 2$ ) oder kombinierten Aufprallarten wie Frontalaufprall kombiniert mit Heckaufprall ( $n = 1$ ) und Frontalaufprall verbunden mit Seitenaufprall bei stoßnaher ( $n = 3$ ) und stoßferner Sitzposition ( $n = 1$ ).

3 der 67 PKW-Insassen wurden aus dem PKW geschleudert. Bei 14 Insassen kam es zum Fahrzeugüberschlag. Unter den tödlich verunglückten Personen dieser Unfallgruppe befanden sich 30 Fahrer, 22 Beifahrer, 8 Personen auf dem Rücksitz rechts hinter dem Beifahrer und 3 Personen auf dem Rücksitz links hinter dem Fahrer. In 4 Fällen waren keine Angaben zur Sitzposition möglich.

### 5.2.3 Aufprallarten und Sitzpositionen bei LKW-Unfällen

Bei den insgesamt 5 LKW-Unfällen zeigten sich neben dem Frontalaufprall ( $n = 2$ ) ein Seitenaufprall mit stoßnaher Sitzposition, ein weiterer Seitenaufprall, bei dem die Fahrzeugseite aus dem polizeilichen Ermittlungsbericht nicht ermittelt werden konnte, und ein Alleinunfall. Es wurde kein LKW-Insasse aus dem Fahrzeug geschleudert und kein LKW überschlug sich. Unter den 5 LKW-Insassen befanden sich 2 Fahrer, ein Beifahrer und eine Person auf dem Rücksitz rechts hinter dem Beifahrer. In einem Fall konnten keine Angaben zur Sitzposition erfasst werden.

### 5.2.4 Anstoßarten und Bewegungsprofile bei Fußgängerunfällen

Innerhalb der Gruppe verunfallter Fußgänger konnten anhand der Obduktionsprotokolle und polizeilichen Ermittlungsberichte die Anstoßarten erfasst werden.

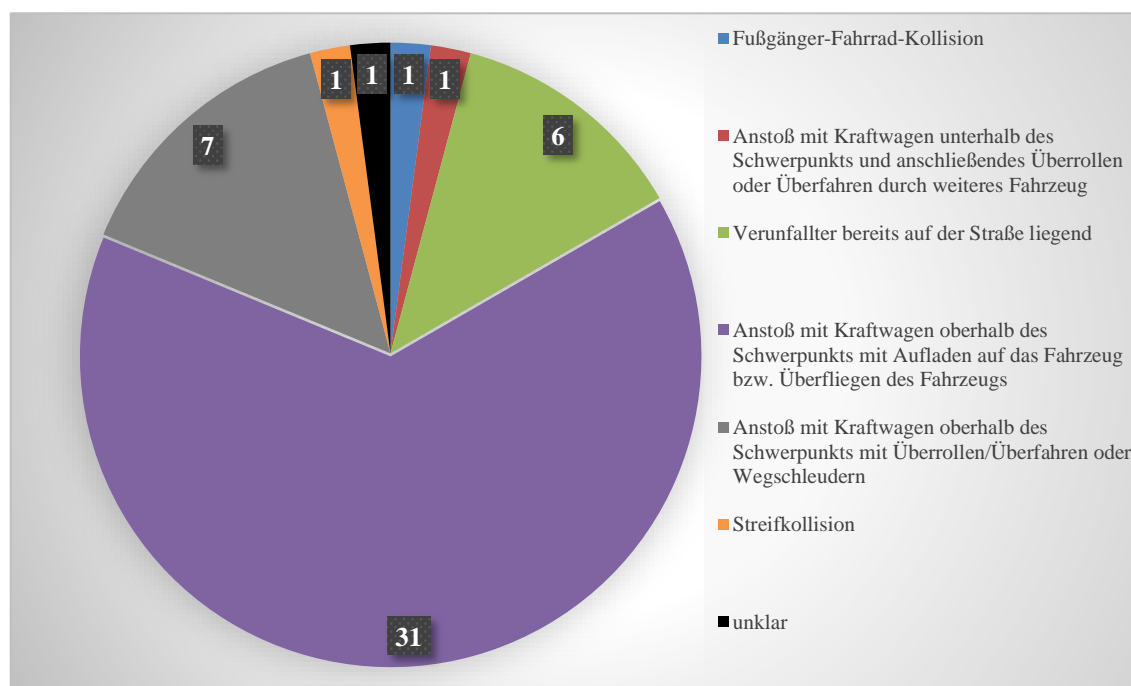


Abb. 12: Anstoßarten bei Fußgängerunfällen

Die Mehrheit der Fußgänger ( $n = 31$ ;  $\approx 64,58\%$ ) wurde unterhalb ihres Schwerpunkts durch einen Kraftwagen erfasst (primärer Anstoß) mit darauffolgender Aufladephase und entsprechendem Abwurf oder Abrutschen vom oder Überfliegen des Fahrzeugs und anschließendem Aufprall auf den Boden. In 7 ( $\approx 14,58\%$ ) Fällen wurden die Fußgänger oberhalb des Schwerpunkts erfasst; in 6 (12,5 %) Fällen lagen die Fußgänger zum Kollisionszeitpunkt bereits auf der Straße.

Die entsprechende Gehrichtung des Fußgängers beim Anstoß wurde anhand der Aussagen von Zeugen oder Unfallgegnern notiert. Anschließend wurde auch die jeweils plausibelste Gehrichtung zum Anstoßzeitpunkt aufgrund des durch die Obduktion festgestellten Verletzungsmusters erfasst.

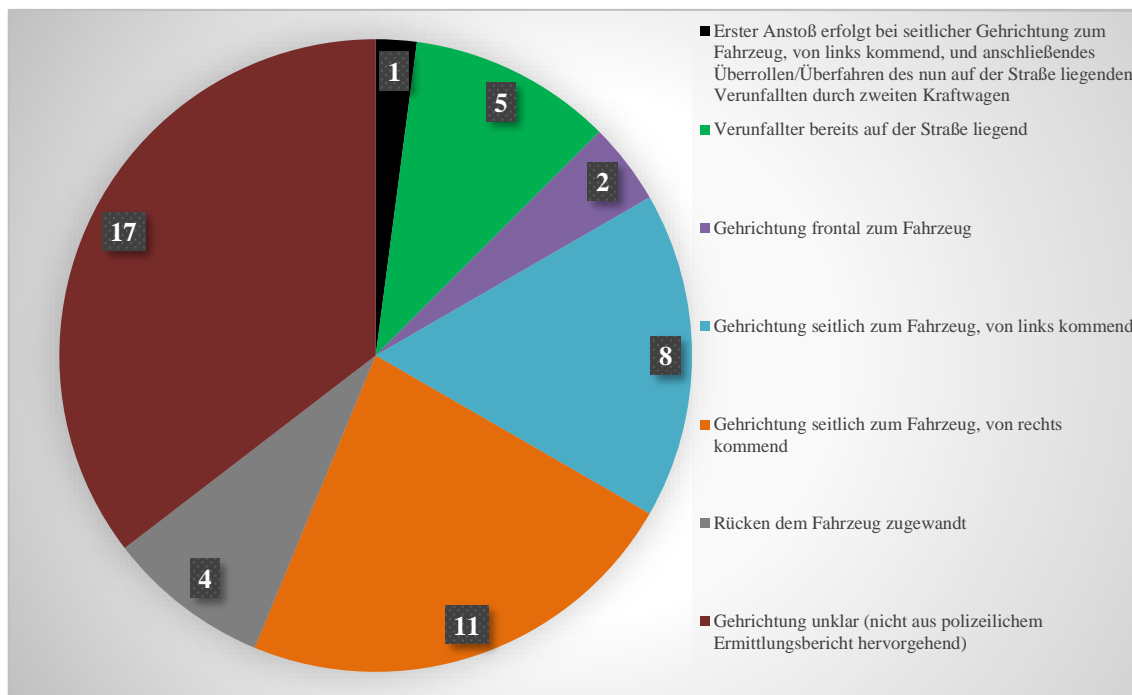


Abb. 13: Gehrichtung der getöteten Fußgänger laut Zeugen oder Unfallgegnern

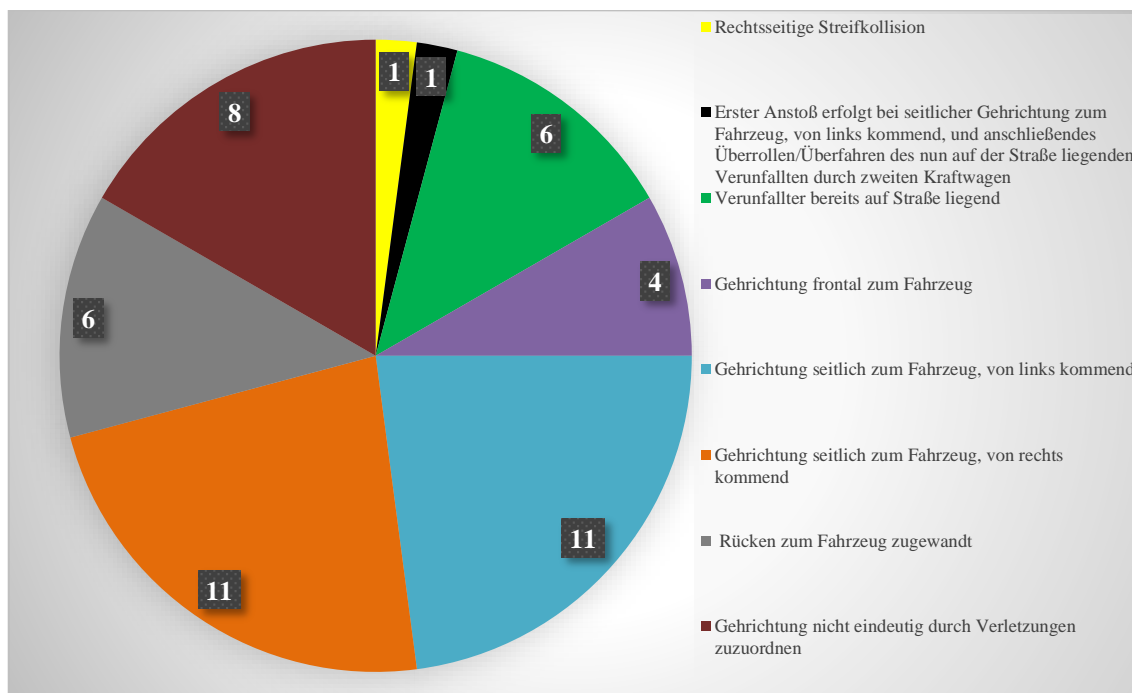


Abb. 14: Gehrichtung der Fußgänger aufgrund des festgestellten Verletzungsmusters

Der Vergleich von Abb. 13 und Abb. 14 zeigt Änderungen der Personenanzahl innerhalb der einzelnen Anstoßarten. Zeugen bzw. Unfallgegner gaben in 8 Fällen an, dass der jeweilige Fußgänger seitlich zum Fahrzeug, von links kommend erfasst worden wäre. Durch die Obduktion wurde diese Anstoßrichtung jedoch in 11 Fällen festgestellt. Insbesondere die Zahl an Fußgängern, bei denen die Gehrichtung nicht aus dem Ermittlungsbericht der Polizei hervorging, konnte im Rahmen der Obduktion durch die genaue Analyse der Verletzungsmuster von 17 ( $\approx 35,42\%$  aller getöteten Fußgänger) auf 8 ( $\approx 16,67\%$ ) verändert werden.

### 5.2.5 Aufprallarten und Sitzpositionen bei Kraftradunfällen

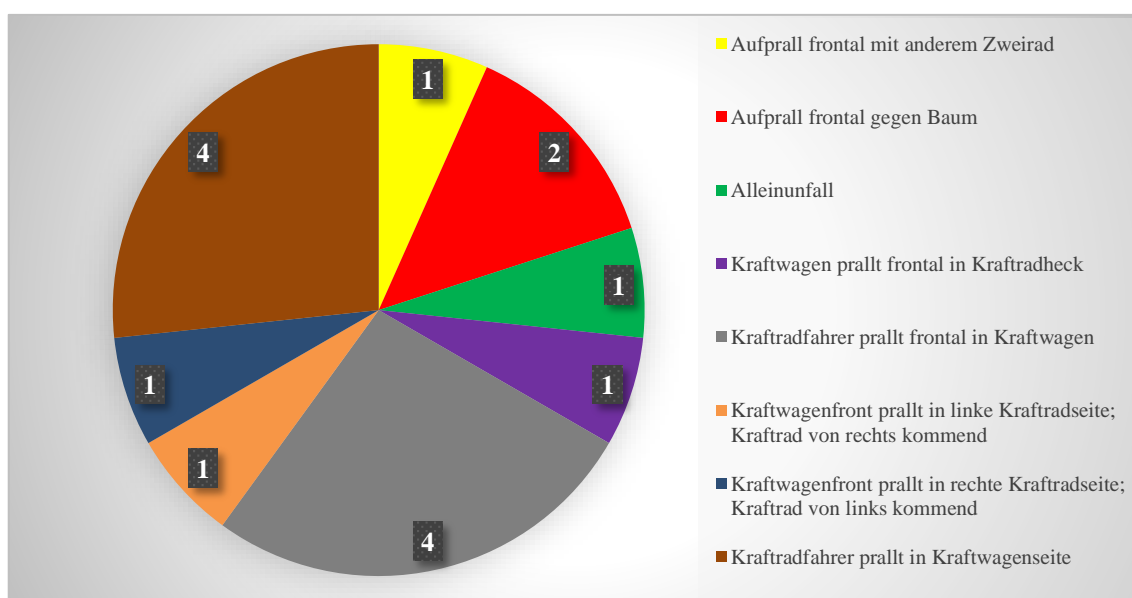


Abb. 15: Aufprallarten bei Kraftradunfällen

Die größte Anzahl an Kraftradfahrern verunglückte beim Frontalaufprall mit einem Kraftwagen ( $n = 4$ ;  $\approx 26,67\%$ ) und beim Aufprall in die Fahrzeugseite eines Kraftwagens ( $n = 4$ ;  $\approx 26,67\%$ ). 2 ( $\approx 13,33\%$ ) Kraftradfahrer kollidierten frontal mit einem Baum. Unter den Getöteten fanden sich nur die Fahrer des jeweils verunfallten Kraftwagens; keiner der Getöteten war Sozium.



## 5.2.6 Aufprallarten bei Fahrradunfällen

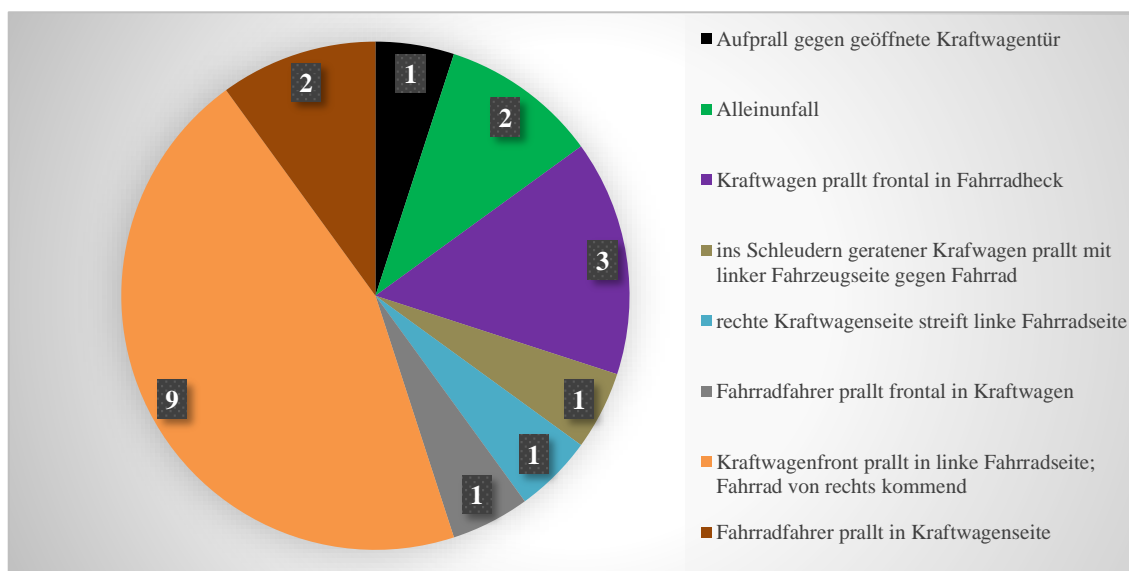


Abb. 16: Aufprallarten bei Fahrradunfällen

In nahezu der Hälfte der Fahrradunfälle ( $n = 9$ ; 45 % der Fälle) prallte der Kraftwagen in die linke Fahrradseite der von rechts kommenden Fahrradfahrer. 3 (15 %) Fahrradfahrer wurden rücklings durch die Fahrzeugfront erfasst.

## 5.3 Verletzungsmuster

### 5.3.1 Gesamtübersicht

Tab. 3 gibt einen Überblick der einzelnen Verletzungen des Gesamtkollektivs und der jeweiligen Unfallarten. Es wurde die Anzahl an Personen mit mindestens einer Verletzung der in der Tabelle aufgeführten Strukturen zusammengetragen. Im Detail wurde darauf bei der genauen Analyse des Verletzungsmusters bei PKW-, Fußgänger-, Kraft- und Fahrradunfällen eingegangen. Aufgrund der geringen Anzahl erfolgte dies nicht für LKW-Unfälle und den Kutschunfall. Ferner wurden Verbrennungsbefunde aus Gründen der Übersichtlichkeit und der geringen Fallzahl nicht in der Tabelle berücksichtigt.

Unfallart und Anzahl Getöteter	PKW-Unfall (67)	LKW-Unfall (5)	Fußgänger-Unfall (48)	Kraftradunfall (15)	Fahrradunfall (20)	Kutschunfall (2)	Gesamtkollektiv (157)
Anzahl an Personen mit mindestens einer Verletzung der entsprechenden Struktur							
<b>Verletzungen verschiedener Strukturen</b>							
<b>Kopf</b>							
Schädelhirntrauma	58	3	47	15	17	2	142
Gehirnblutung	43	1	41	12	15	2	114
Schädelfraktur	32	1	29	6	14	2	84
<b>Thorax</b>							
Rippenfraktur rechts	59	4	36	9	14	0	122
Rippenfraktur links	56	4	37	9	12	0	118
Sternumfraktur	23	2	14	4	3	0	46
Herzverletzung	25	1	6	5	0	0	37
Lungenverletzung	49	1	26	10	7	0	93
Verletzung Aorta thoracica	17	4	6	6	4	0	37
<b>Abdomen</b>							
Milzverletzung	26	2	16	10	4	0	58
Leberverletzung	41	4	21	9	5	0	80
Nierenverletzung	21	1	13	5	3	0	43
Darmverletzung	8	1	2	0	1	0	12
Verletzung Aorta abdominalis	1	0	3	0	0	0	4
<b>Wirbelsäule</b>							
Rückenmarksverletzung	22	0	14	4	5	0	45
HWS-Fraktur	24	1	18	1	4	0	48
BWS-Fraktur	12	1	20	5	7	0	45
LWS-Fraktur	4	0	6	2	1	0	13
Kreuzbeinfraktur	21	1	23	5	3	0	53
Steißbeinfraktur	0	0	2	0	1	0	3
<b>Freie obere Extremität</b>							
Humerusfraktur rechts	7	1	6	1	4	0	19
Humerusfraktur links	7	0	10	0	0	0	17
Ulnafraktur rechts	3	1	4	3	0	0	11
Ulnafraktur links	8	1	2	3	0	0	14
Radiusfraktur rechts	4	1	2	3	0	0	10
Radiusfraktur links	10	1	0	3	1	0	15
Handskelettfaktur rechts	1	0	2	0	0	0	3
Handskelettfaktur links	4	1	0	1	0	0	6
<b>Freie untere Extremität</b>							
Femurfraktur rechts	15	0	9	3	1	0	28
Femurfraktur links	12	0	7	4	3	0	26
Tibiafraktur rechts	9	1	14	0	1	0	25
Tibiafraktur links	12	0	19	7	3	0	41
Fibulafraktur rechts	11	0	14	0	1	0	26
Fibulafraktur links	9	0	15	6	3	0	33
Fußskelettfaktur rechts	5	1	0	2	0	0	8
Fußskelettfaktur links	3	0	2	1	0	0	6
Patellafraktur rechts	1	0	0	0	0	0	1
Patellafraktur links	5	0	0	1	0	0	6
<b>Becken</b>							
Frakturen Ossa coxae	25	1	29	7	4	0	66

Tab. 3: Gesamtübersicht der einzelnen Verletzungen

### 5.3.2 Verletzungsmuster tödlich verunglückter PKW-Insassen

**Kopfverletzungen:** 49 PKW-Insassen wiesen ein geschlossenes Schädelhirntrauma (SHT) auf, 9 Insassen erlitten ein offenes SHT. Bei 6 PKW-Insassen waren keine Verletzungen, die auf ein Schädelhirntrauma hinweisen könnten, diagnostizierbar.

In 3 Fällen war aufgrund ausgeprägter Verbrennungen der Gehirnschubstanz keine SHT-Beurteilung möglich.

Innerhalb der beurteilbaren Fälle mit Schädelhirntrauma wurde bei 13 Personen ein leichtes SHT (Commotio cerebri) ohne hirnorganische Schädigungen erfasst. Hier wurde aufgrund des Gesamtverletzungsbildes des Kopfes einschließlich äußerer Verletzungen von einem leichtgradigen SHT ausgegangen. 16 Insassen zeigten ein mittelschweres

SHT (Contusio cerebri) mit Gehirnprellung bei organischer Hirnschädigung. 29 Personen wiesen ein schweres SHT (Compressio cerebri) mit Gehirnuquetschung auf.

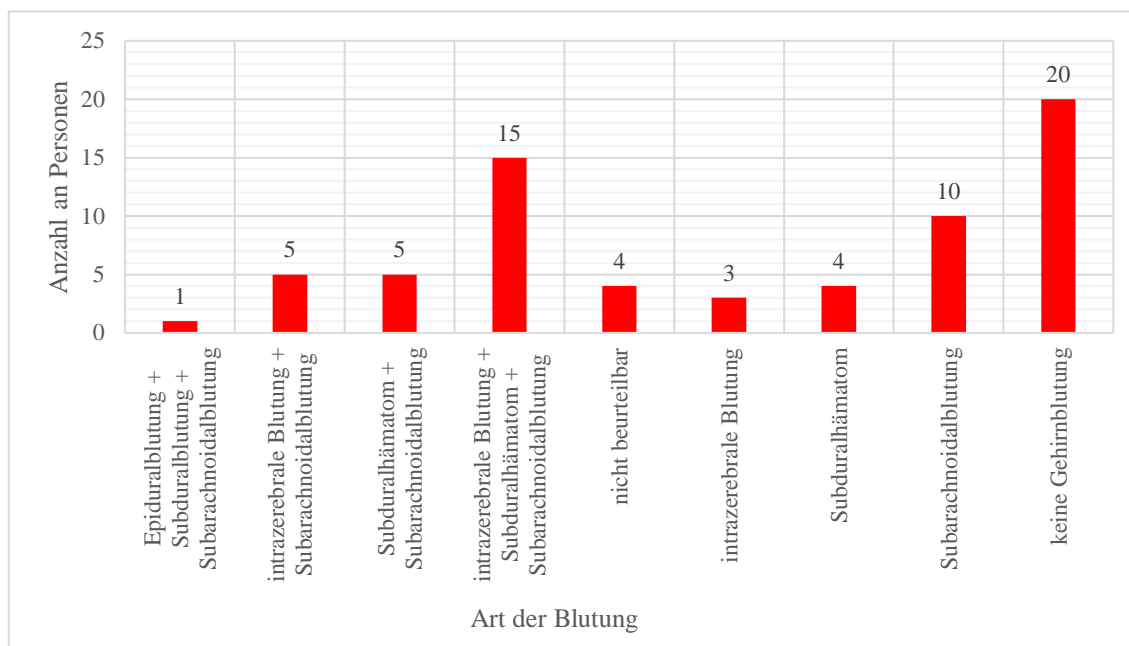


Abb. 17: Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der PKW-Insassen

Bei 43 getöteten PKW-Insassen konnten durch die Obduktion Gehirnblutungen nachgewiesen werden. Davon zeigten die meisten Personen (n = 15) eine Blutungskonstellation aus einer intrazerebralen Blutung mit Subduralhämatom und Subarachnoidalblutung. Nur eine Person zeigte die Konstellation aus Subdural-, Epidural- und Subarachnoidalblutung. Bei einer weiteren Person konnte aufgrund einer Enthirnung, wie auch bei 3 Verbrennungsoffern, keine Blutungsbeurteilung stattfinden.

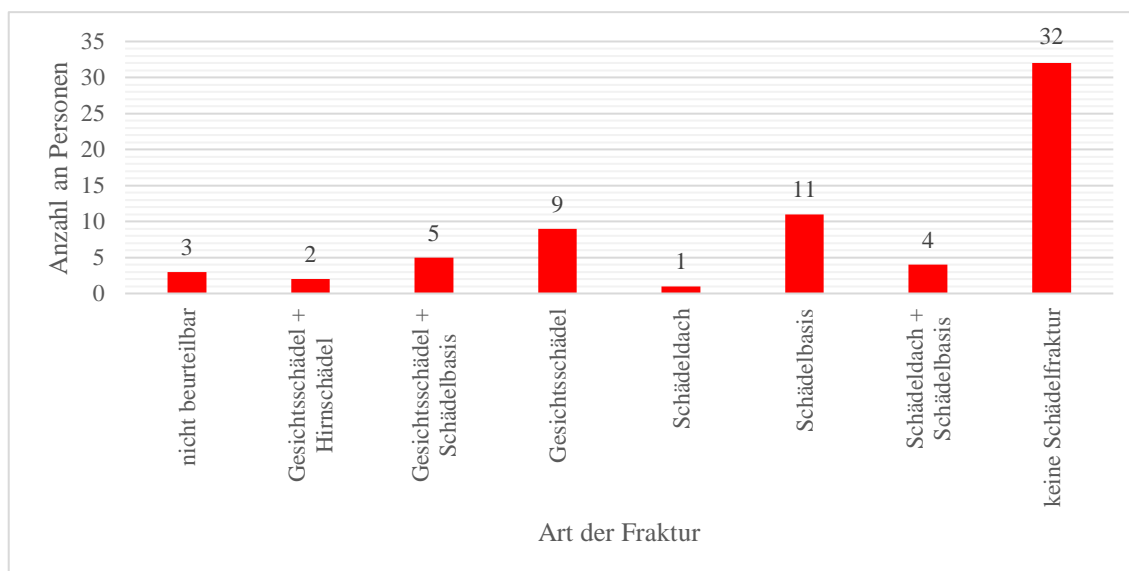


Abb. 18: Schädelfrakturen untergliedert nach Frakturkonstellationen der PKW-Insassen

Bei 32 PKW-Insassen fanden sich frakturierte Schädelknochen. Unter den vorgefundenen Frakturkonstellationen traten am häufigsten solitäre Schädelbasis- ( $n = 11$ ) und Gesichtsschädelfrakturen ( $n = 9$ ) auf. Solitäre Frakturen des Schädeldachs traten bei einer Person auf. Schädelfrakturen waren unter den Verbrennungsoptionen nicht beurteilbar.

5 ( $\approx 7,46\%$ ) Personen zeigten keine der erhobenen Kopfverletzungen (SHT, Gehirnblutungen, Schädelfrakturen, Verbrennungen).

### Thoraxverletzungen:

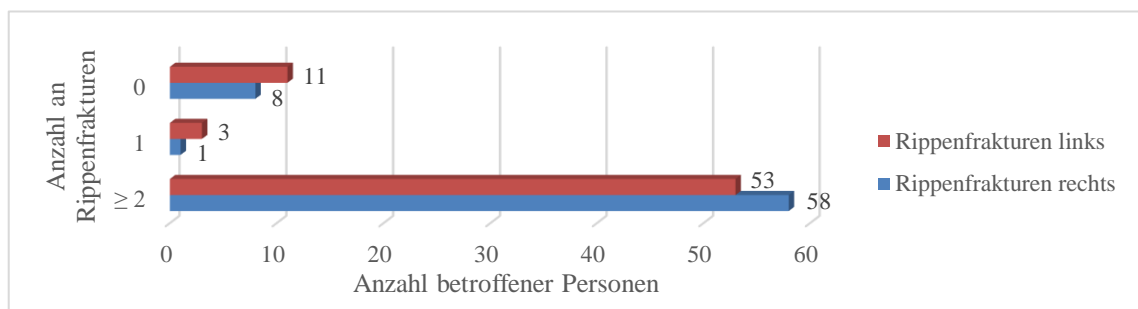


Abb. 19: Rippenfrakturen der PKW-Insassen

Im Bereich des knöchernen Thorax fanden sich gehäuft Rippen- und Sternumfrakturen. Die überwiegende Mehrheit der PKW-Insassen wies dabei multiple Rippenfrakturen auf. Es hatten 58 ( $\approx 86,57\%$ ) Personen rechtsseitig und 53 ( $\approx 79,1\%$ ) Personen linksseitig mehrere frakturierte Rippen. Nur 8 Personen zeigten an der rechten und 11 Personen an der linken Thoraxseite keine Rippenbrüche.

Bei 23 ( $\approx 34,33\%$ ) der 67 PKW-Insassen wurde ein frakturiertes Sternum vorgefunden. Davon waren 13 Personen Fahrzeugführer. Durch die Obduktion konnte bei 25 ( $\approx 37,31\%$ ) Personen Herzverletzungen festgestellt werden. Darunter befanden sich 11 Fahrzeugführer. In 49 ( $\approx 73,13\%$ ) Fällen zeigten sich Lungenverletzungen. Hiervon war bei 16 Personen die rechte und bei 5 Personen die linke Lunge betroffen. Beidseitige Lungenverletzungen wurden bei 28 getöteten PKW-Insassen beobachtet. In 17 ( $\approx 25,37\%$ ) Fällen kam es zu thorakalen Aortenverletzungen.

Nur bei einer Person ( $\approx 1,49\%$ ) waren keine der erhobenen Thoraxverletzungen (Rippenfrakturen, Sternumfrakturen, Herz- und Lungenverletzungen, Verletzungen der Aorta thoracica, Verbrennungen) feststellbar.

**Abdomenverletzungen:** 26 ( $\approx 38,81\%$ ) Insassen hatten Milzverletzungen. Unter den 23 sicher angeschnallten Personen (gurtspezifische Verletzungen oder angeschnallt durch Einsatzkräfte vorgefunden) wiesen 7 Personen Milzverletzungen auf, wobei 5 von

ihnen bei einem alleinigen oder kombinierten Frontalaufprall verunglückten. Bei 6 der 7 sicher angeschnallten Personen mit Milzverletzungen lagen gleichzeitig Verletzungen der Leber vor. Leberverletzungen ergaben sich insgesamt bei 41 ( $\approx 61,19\%$ ) Insassen. Unter den 23 sicher angeschnallten Personen wiesen 16 ( $\approx 69,57\%$ ) Personen Leberverletzungen auf, wobei 13 ( $\approx 81,25\%$ ) von ihnen bei einem alleinigen oder kombinierten Frontalaufprall verunfallten. Bei 21 PKW-Insassen konnten Nierenverletzungen festgestellt werden. Es war 15-mal die rechte, 2-mal die linke und 4-mal waren beide Nieren betroffen. 8 der 15 rechtsseitigen Nierenverletzungen entstanden bei alleiniger Seitenkollisionen und stoßnaher Sitzposition. Verletzungen des Magen-Darm-Traktes traten in lediglich 8 Fällen auf. In einem Fall kam es zu einer abdominalen Aortenverletzung.

14 ( $\approx 20,9\%$ ) Personen erlitten keine der erhobenen Abdomenverletzungen (Milz-, Leber-, Nieren- und Darmverletzungen, Verletzungen der Aorta abdominalis, Verbrennungen).

**Wirbelsäulenfrakturen und Rückenmarksverletzungen:** 22 ( $\approx 32,84\%$ ) der 67 PKW-Insassen zeigten Rückenmarksverletzungen. Es traten Frakturen der HWS (Halswirbelsäule) ( $n = 24$ ;  $\approx 35,82\%$ ), der BWS (Brustwirbelsäule) ( $n = 12$ ;  $\approx 17,91\%$ ), der LWS (Lendenwirbelsäule) ( $n = 4$ ;  $\approx 5,97\%$ ) und des Kreuzbeins ( $n = 21$ ;  $\approx 31,34\%$ ) auf. 4 von 5 PKW-Insassen, die bei alleiniger Heckkollision, und der Insasse, der infolge einer Frontal- und Heckkollision verunglückte, erlitten HWS-Frakturen. Weiterhin zeigten 4 von 5 Personen bei alleiniger Heckkollision Rückenmarksverletzungen. 23 ( $\approx 34,33\%$ ) Personen erlitten weder Rückenmarksverletzungen noch Wirbelsäulenfrakturen.

#### Frakturen der freien oberen Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie obere Extremität links				Freie obere Extremität rechts			
	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett
$\geq 2$	1	1	1	1	0	1	1	1
<b>1</b>	6	7	9	3	7	2	3	0
<b>0</b>	60	59	57	63	60	64	63	66

Tab. 4: Frakturen der freien oberen Extremitäten der PKW-Insassen

Frakturen der freien oberen Extremitäten waren unter den PKW-Insassen in geringem Maße vorhanden. Frakturen der linken freien oberen Extremität dominierten dabei. Am häufigsten hatten getötete Insassen linksseitig jeweils eine Radiusfraktur ( $n = 9$ ), gefolgt

von einer Ulnafraktur ( $n = 7$ ). 44 ( $\approx 65,67\%$ ) Personen wiesen keinerlei Frakturen der freien oberen Extremitäten auf.

### Frakturen der unteren Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie untere Extremität links				Freie untere Extremität rechts			
	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett
$\geq 2$	5	0	1	2	4	0	4	3
<b>1</b>	7	12	8	1	11	9	7	2
<b>0</b>	55	55	58	64	52	58	56	62

Tab. 5: Frakturen der freien unteren Extremitäten der PKW-Insassen

Frakturen der freien unteren Extremitäten waren ebenfalls nur in geringer Zahl vorhanden. Dabei traten am häufigsten linksseitige Tibiafrakturen ( $n = 12$ ) auf, gefolgt von rechtsseitigen Femurfrakturen ( $n = 11$ ).

Die rechte Patella war bei einer Person frakturiert. Linksseitig hatten 4 Personen eine Patellafraktur. Bei einem weiteren Insassen war die linke Patella mehrfach gebrochen. 36 ( $\approx 53,73\%$ ) Personen der PKW-Insassen wiesen keine Frakturen der freien unteren Extremitäten auf.

3 PKW-Insassen hatten jeweils eine Fraktur im Bereich der beiden Hüftbeine (Ossa coxae). Bei 22 weiteren Insassen wiesen diese multiple Frakturen auf.

**Blutverlust:** 58 der 67 verstorbenen PKW-Insassen zeigten Zeichen starken Blutverlusts.

### Spezifische Verletzungen innerhalb der Unfallgruppe der PKW-Insassen:

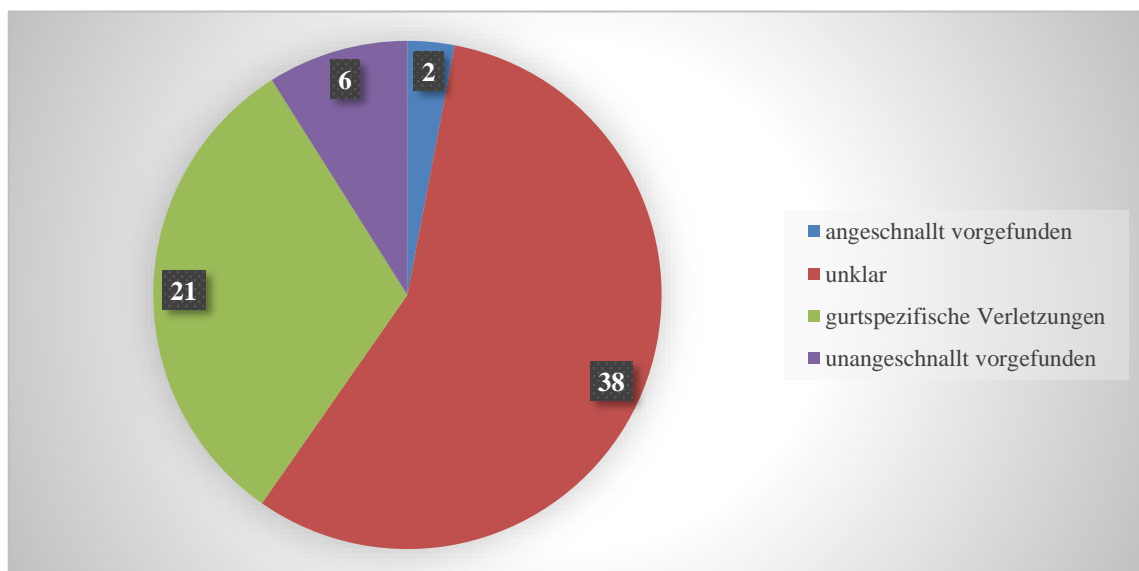


Abb. 20: Personenanzahl mit gurtspezifischen Verletzungen unter den PKW-Insassen

Gurtspezifische Verletzungen, wie zum Beispiel bandförmige Abschürfungen an der Haut oder entsprechende Unterblutungen im Unterhautfettgewebe, zeigten 21 ( $\approx 31,34\%$ ) der 67 PKW-Insassen. In 2 Fällen wurden die Getöteten angeschnallt durch die Einsatzkräfte vor Ort vorgefunden, in 6 Fällen unangeschnallt, wobei eine dieser 6 Personen aus dem Fahrzeug geschleudert wurde. In 38 Fällen war unklar, ob zum Unfallzeitpunkt ein Sicherheitsgurt angelegt war, da dies nicht eindeutig aus dem polizeilichen Ermittlungsbericht hervorging und auch keine gurtspezifischen Verletzungen durch die Obduktion festgestellt werden konnten.

29 der 67 Getöteten wiesen Verletzungen durch Glassplitter im Kopf- bzw. Thoraxbereich auf. Von den 38 Personen, bei denen unklar war, ob sie einen Sicherheitsgurt zum Kollisionszeitpunkt angelegt hatten, zeigten 16 Glassplitterverletzungen. 2 dieser 38 Personen wurden aus dem Fahrzeug geschleudert.

### **5.3.3 Verletzungsmuster tödlich verunglückter Fußgänger**

**Kopfverletzungen:** 34 der 48 Fußgänger zeigten ein geschlossenes Schädelhirntrauma, 13 Fußgänger erlitten ein offenes SHT und lediglich ein Fußgänger wies keine SHT-spezifischen Verletzungen auf. Unter den Getöteten mit Schädelhirntrauma wurde bei 5 Fußgängern anhand sonstiger Verletzungen des Kopfes von einem leichtgradigen SHT ausgegangen. 11 Personen wiesen ein mittelschweres und 31 Personen ein schweres Schädelhirntrauma auf.

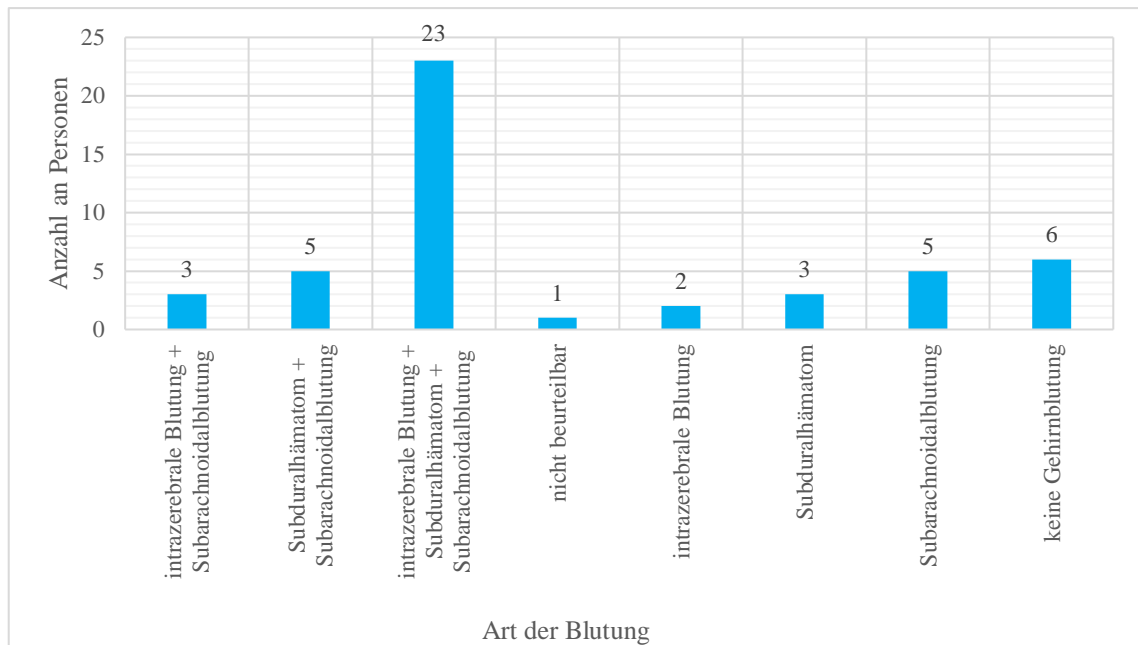


Abb. 21: Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der Fußgänger

Innerhalb der Unfallgruppe der Fußgänger konnten in 41 Fällen Gehirnblutungen nachgewiesen werden. Die häufigste Blutungskonstellation war dabei eine intrazerebrale Blutung mit Subduralhämatom und Subarachnoidalblutung ( $n = 23$ ). In einem Fall war eine Beurteilung der Blutungsart aufgrund der Verletzungsschwere nicht möglich.

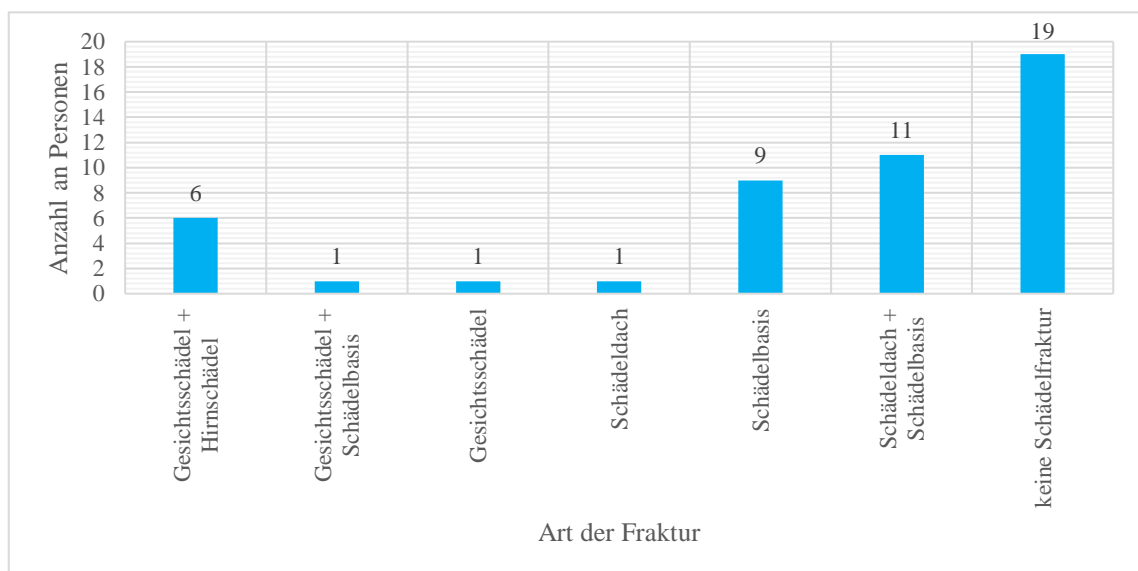


Abb. 22: Schädelfrakturen untergliedert nach Frakturkonstellationen der Fußgänger

Von 29 ( $\approx 60,42\%$ ) Fußgängern mit Schädelfrakturen hatten 27 Fußgänger ( $\approx 93,1\%$  der Fußgänger mit Schädelfrakturen) mindestens eine Schädelbasisfraktur. Unter den Frakturkonstellationen war am häufigsten eine Schädeldach- mit einer Schädelbasis-



fraktur vergesellschaftet (n = 11), gefolgt von solitären Schädelbasisfrakturen (n = 9). In 19 Fällen waren keine frakturierten Schädelknochen nachweisbar.

Nur ein Fußgänger ( $\approx 2,08\%$ ) zeigte keine der erhobenen Kopfverletzungen (SHT, Gehirnblutungen, Schädelfrakturen).

### Thoraxverletzungen:

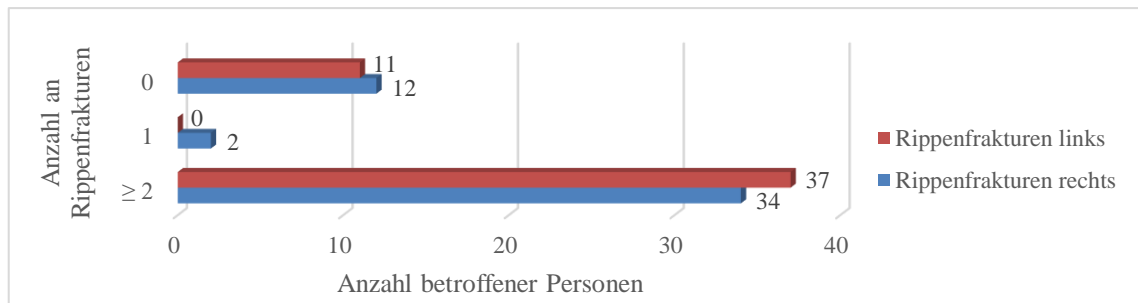


Abb. 23: Rippenfrakturen der Fußgänger

Die meisten getöteten Fußgänger erlitten mindestens 2 Rippenfrakturen (rechts n = 34; links n = 37). Nur 11 Personen hatten linksseitig und 12 Personen rechtsseitig keinerlei Rippenfrakturen.

14 Fußgänger wiesen ein frakturiertes Sternum auf. Herzverletzungen wurden bei 6 Fußgängern festgestellt. Von 26 Fußgängern mit Lungenverletzungen war bei 3 Personen die rechte und bei 7 Fußgängern die linke Lunge betroffen. Beidseitige Lungenverletzungen zeigten 16 verstorbene Fußgänger. Sechsmal ( $\approx 12,5\%$ ) war die Aorta thoracica verletzt.

5 ( $\approx 10,42\%$ ) Personen zeigten keine der erhobenen Thoraxverletzungen (Rippenfrakturen, Sternumfrakturen, Herz- und Lungenverletzungen, Verletzungen der Aorta thoracica).

**Abdomenverletzungen:** 16 Fußgänger erlitten durch die Kollision Milzverletzungen. 21 der 48 getöteten Fußgänger wiesen Leberverletzungen auf. Unter den 13 Fußgängern mit Nierenverletzungen waren sechsmal die rechte, dreimal die linke Niere und in 4 Fällen beide Nieren betroffen. Lediglich in 2 Fällen kam es zu Verletzungen des Magen-Darm-Traktes. Dreimal ( $\approx 6,25\%$ ) war die Aorta abdominalis verletzt.

20 ( $\approx 41,67\%$ ) Fußgänger erlitten keine der erhobenen Abdomenverletzungen (Milz-, Leber-, Nieren- und Darmverletzungen, Verletzungen der Aorta abdominalis).

**Wirbelsäulenfrakturen und Rückenmarksverletzungen:** 14 der 48 Fußgänger erlitten Rückenmarksverletzungen. Unter den verunglückten Fußgängern traten Frakturen der HWS (n = 18), der BWS (n = 20), der LWS (n = 6), des Kreuzbeins (n = 23) und des Steißbeins (n = 2) auf. 12 (25 %) Fußgänger erlitten weder Rückenmarksverletzungen noch Wirbelsäulenfrakturen.

#### Frakturen der freien oberen Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie obere Extremität links				Freie obere Extremität rechts			
	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett
≥ 2	2	0	0	0	1	0	1	1
1	8	2	0	0	5	4	1	1
0	38	46	48	48	42	44	46	46

Tab. 6: Frakturen der freien oberen Extremitäten der Fußgänger

Frakturen der freien oberen Extremitäten waren innerhalb der Unfallgruppe der getöteten Fußgänger selten. An der linken freien oberen Extremität waren die meisten Frakturen am Oberarmknochen lokalisiert. 8 Personen hatten jeweils eine Fraktur und 2 Personen mehrere Frakturen des linken Humerus. Radius und Handskelettfrakturen traten an der linken freien oberen Extremität nicht auf. An der rechten freien oberen Extremität waren ebenfalls Humerusfrakturen die häufigsten Frakturen. 5 Fußgänger wiesen jeweils eine Humerusfraktur und eine Person wies multiple Humerusfrakturen auf. An der rechten freien oberen Extremität waren Radius und Handskelettfrakturen nahezu nicht vorzufinden.

31 ( $\approx 64,58$  %) Fußgänger wiesen keinerlei Frakturen der freien oberen Extremitäten auf.

#### Frakturen der unteren Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie untere Extremität links				Freie untere Extremität rechts			
	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett
≥ 2	3	8	6	1	2	7	4	0
1	4	11	9	1	7	7	10	0
0	41	29	33	46	39	34	34	48

Tab. 7: Frakturen der freien unteren Extremitäten der Fußgänger

Frakturen der freien unteren Extremitäten waren zahlreicher vorhanden als der freien oberen Extremitäten. Am häufigsten wurden Tibiafrakturen der linken unteren Extremität registriert, gefolgt von linksseitigen Fibulafrakturen. In 11 Fällen bestand

jeweils eine Fraktur des linken Schienbeins, in 8 Fällen fanden sich multiple Frakturen der linken Tibia. Auch rechtsseitig waren Frakturen von Fibula und Tibia dominierend. Fußskelettfrakturen der freien unteren Extremitäten waren nahezu nicht vorzufinden. Patellafrakturen wurden bei keinem getöteten Fußgänger gefunden. 16 ( $\approx 33,33\%$ ) Fußgänger wiesen keine Frakturen der freien unteren Extremitäten auf.

5 Fußgänger hatten eine Fraktur im Bereich der beiden Hüftbeine, bei 24 Fußgängern wiesen diese multiple Frakturen auf und bei 19 Fußgängern waren keine Frakturen der Hüftbeine nachweisbar.

**Blutverlust:** 42 Fußgänger wiesen Zeichen starken Blutverlusts auf.

**Spezifische Verletzungen innerhalb der Unfallgruppe der Fußgänger:** Bei 11 der 48 getöteten Fußgänger war kein Decollement an der Leiche feststellbar. 15 Fußgänger hatten ein Decollement an der dorsalen Rumpf- oder Gesäßregion. An der rechten freien oberen Extremität konnte bei einem Fußgänger am Oberarm und bei einem weiteren am Unterarm ein Decollement gesichert werden. An der linken freien oberen Extremität hatte lediglich ein Fußgänger ein Decollement am Unterarm.

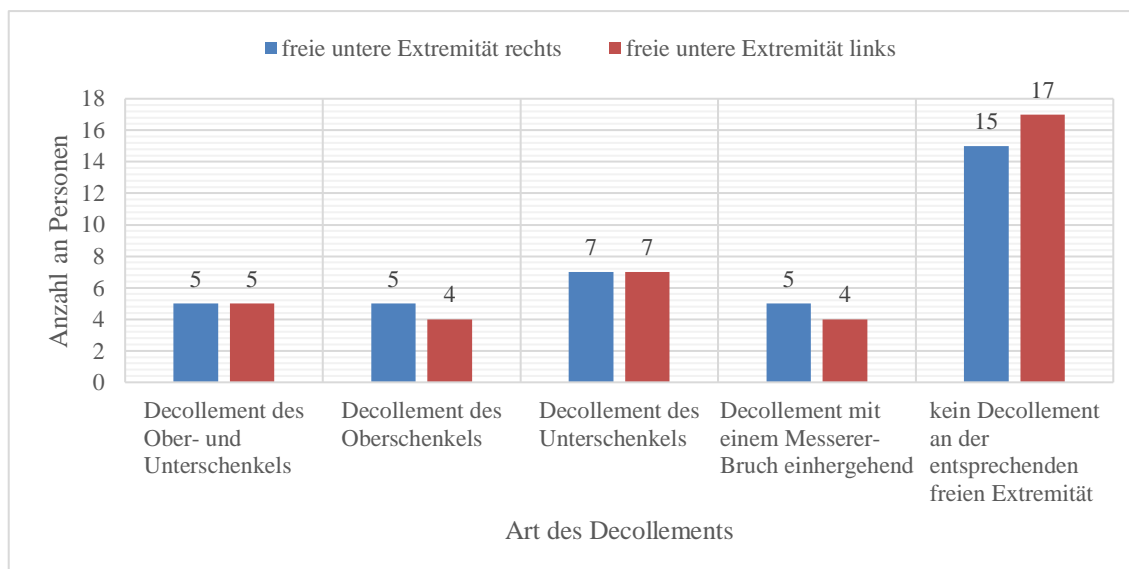


Abb. 24: Art bzw. Lokalisation der Decollements der freien unteren Extremitäten getöteter Fußgänger

In 17 Fällen war kein Decollement der linken und in 15 Fällen kein Decollement der rechten freien unteren Extremität nachweisbar. In diesen Fällen hatten die entsprechenden Personen jedoch an einer anderen Körperstelle Wundtaschen. An den freien unteren Extremitäten waren die meisten Decollements am rechten ( $n = 7$ ) und linken Unterschenkel ( $n = 7$ ) lokalisiert. Es konnten 5 Decollements rechtsseitig und 4 Decollements

linksseitig sichergestellt werden, die in Verbindung mit Messerer-Brüchen auftraten. Davon befanden sich 4 Brüche mit Wundtasche am rechten Unter- und einer am rechten Oberschenkel. 3 weitere mit Decollements einhergehende Messerer-Brüche befanden sich am linken Unterschenkel und ein weiterer am linken Ober- und Unterschenkel.

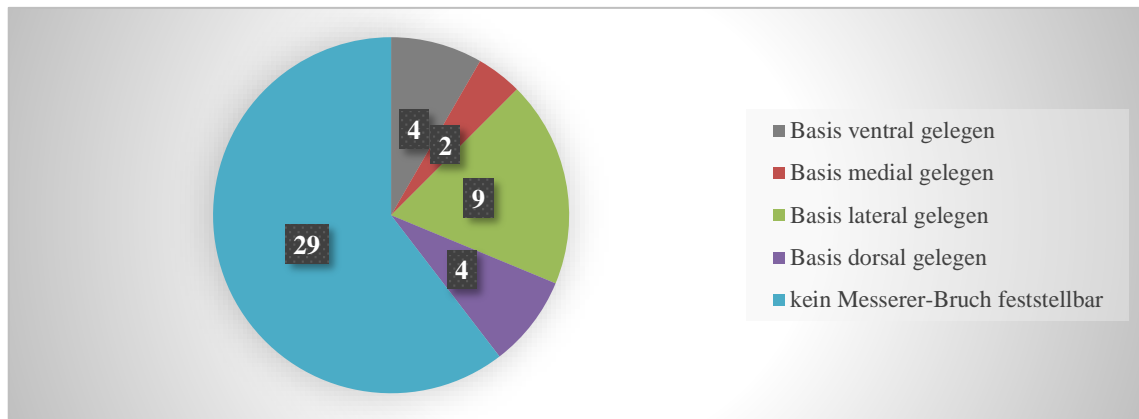


Abb. 25: Ausrichtung der Bruchkeilbasis der Messerer-Brüche getöteter Fußgänger

Insgesamt wiesen 19 ( $\approx 39,58\%$ ) der 48 verstorbenen Fußgänger Messerer-Brüche auf. Davon lag in beinahe der Hälfte der Fälle die Basis des Bruchkeils lateral ( $n = 9$ ) und nur in 2 Fällen lag die Basis medial.

In 10 der 19 Fälle befand sich der Messerer-Bruch an der rechten freien unteren Extremität, in 8 Fällen an der linken freien unteren Extremität und bei einem Fußgänger wurden durch die Obduktion an beiden freien unteren Extremitäten Messerer-Brüche nachgewiesen.

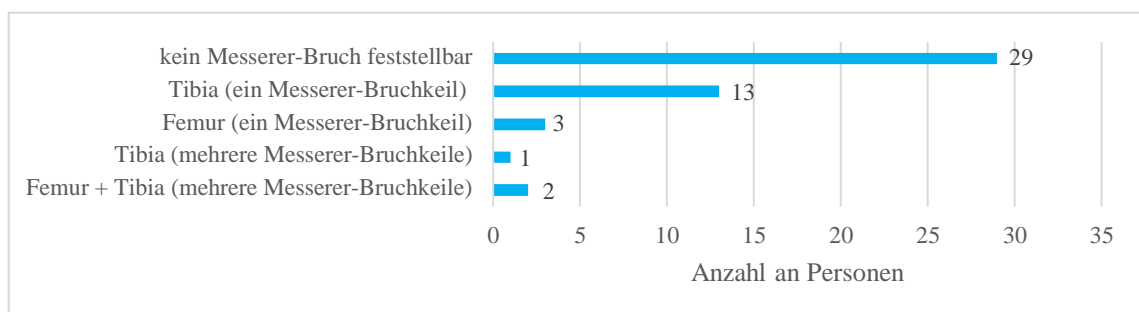


Abb. 26: Bruchkonstellationen der Messerer-Brüche getöteter Fußgänger

Am häufigsten zeigten sich Messerer-Bruchkeile an der Tibia. An dieser Stelle waren derartige Frakturen bei insgesamt 16 ( $\approx 84,21\%$ ) der 19 Fußgänger mit Messerer-Brüchen nachweisbar.

11 der 48 untersuchten Fußgänger wurden überrollt und 5 von ihnen überfahren. Unter den 11 überrollten Fußgängern konnte in 10 Fällen ein Decollement an der dorsalen Rumpf- oder Gesäßregion erfasst werden, in 7 Fällen wurden Hautdehnungsrisse festgestellt und bei 4 Unfallopfern Spuren des Reifenprofils gesichert. 3 Fußgänger wiesen Verletzungen bzw. Spuren auf, die auf Kontakt mit dem Fahrzeugunterboden zurückzuführen waren. Bei lediglich einem Fußgänger waren Abriebspuren an der Schuhsohle dokumentiert. 7 Personen hatten Glassplitterverletzungen im Kopf- bzw. Thoraxbereich.

### 5.3.4 Verletzungsmuster tödlich verunglückter Kraftradfahrer

**Kopfverletzungen:** 10 ( $\approx 66,67\%$ ) der 15 getöteten Kraftradfahrer zeigten ein geschlossenes Schädelhirntrauma (SHT), 5 ( $\approx 33,33\%$ ) Kraftradfahrer erlitten durch den Unfall ein offenes SHT. Bei der Schweregradbeurteilung der Schädelhirntraumata wurde bei 3 (20%) Getöteten anhand entsprechender Kopfverletzungen von einem leichtgradigen SHT ausgegangen. 4 ( $\approx 26,67\%$ ) Kraftradfahrer erlitten ein mittelschweres und 8 ( $\approx 53,33\%$ ) Kraftradfahrer ein schweres Schädelhirntrauma.

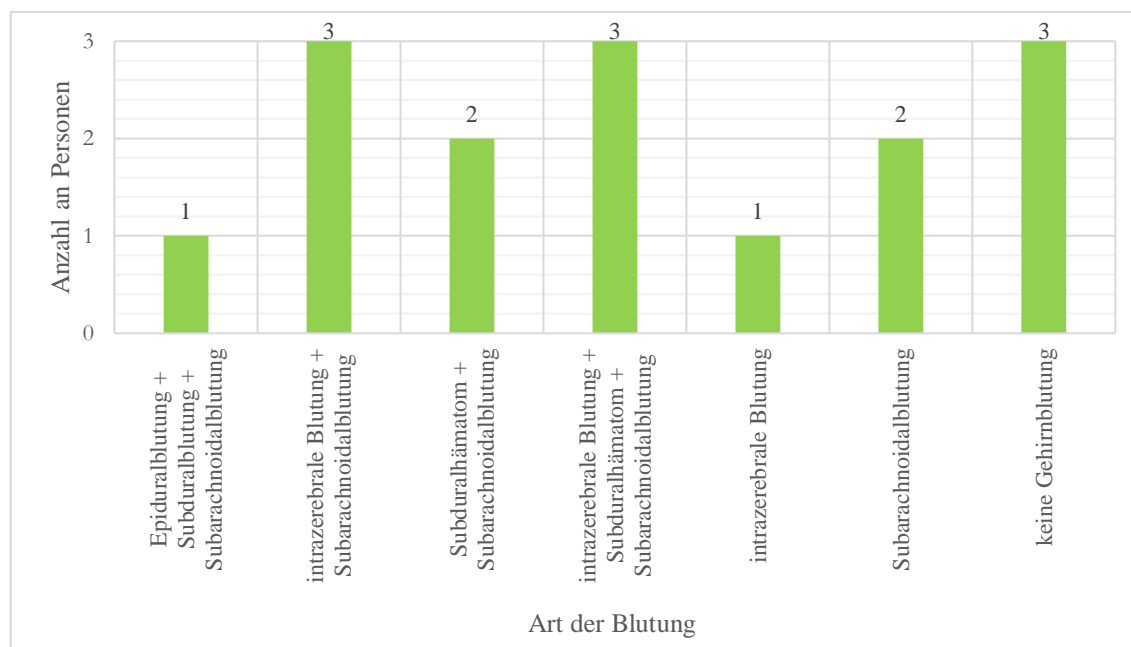


Abb. 27: Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der Kraftradfahrer

Lediglich 3 (20%) Kraftradfahrer wiesen keine Gehirnblutung auf. Am häufigsten vertreten waren die Blutungskonstellationen einer intrazerebralen Blutung mit Subarachnoidalblutung ( $n = 3$ ) und einer intrazerebralen Blutung mit Subduralhämatom und Subarachnoidalblutung ( $n = 3$ ).

Bei 9 Kraftradfahrern waren keine frakturierten Schädelknochen nachweisbar. 5 Kraftradfahrer hatten solitäre Schädelbasisfrakturen und eine Person wies frakturierte Gesichts- und Hirnschädelknochen auf.

Jeder Kraftradfahrer zeigte mindestens eine der erhobenen Kopfverletzungen (SHT, Gehirnblutungen, Schädelfrakturen).

### Thoraxverletzungen:

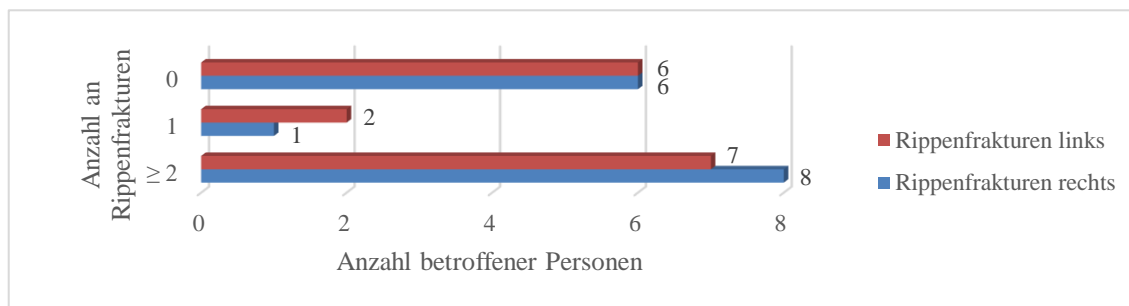


Abb. 28: Rippenfrakturen der Kraftradfahrer

Bei 6 Kraftradfahrern wurden keine frakturierten Rippen gefunden. Am häufigsten vertreten waren multiple rechtsseitige Rippenfrakturen ( $n = 8$ ), gefolgt von multiplen linksseitigen Rippenfrakturen ( $n = 7$ ).

Sternumfrakturen wurden bei 4 der 15 Kraftradfahrern festgestellt. 5 Personen zeigten Herz- und 10 Getötete Lungenverletzungen. Davon war dreimal die rechte und einmal die linke Lunge betroffen. Bei 6 Personen waren beide Lungenflügel verletzt. 6 (40 %) der 15 Kraftradfahrer hatten Verletzungen der Aorta thoracica.

Nur ein Kraftradfahrer ( $\approx 6,67\%$ ) zeigte keine der erhobenen Thoraxverletzungen (Rippenfrakturen, Sternumfrakturen, Herz- und Lungenverletzungen, Verletzungen der Aorta thoracica).

**Abdomenverletzungen:** Bei 10 Kraftradfahrern wurden Milzverletzungen, bei 9 Kraftradfahrern Leberverletzungen dokumentiert. 5 der 15 Kraftradfahrer hatten Verletzungen der rechten Niere. Keiner der verunglückten Kraftradfahrer hatte Verletzungen des Magen-Darm-Traktes oder der Aorta abdominalis.

3 (20 %) Kraftradfahrer erlitten keine der erhobenen Abdomenverletzungen (Milz-, Leber-, Nieren- und Darmverletzungen, Verletzungen der Aorta abdominalis).

**Wirbelsäulenfrakturen und Rückenmarksverletzungen:** 4 der 15 Kraftradfahrer erlitten Rückenmarksverletzungen. Unter den verstorbenen Kraftradfahrern waren Frak-

turen der HWS (n = 1), der BWS (n = 5), der LWS (n = 2) und des Kreuzbeins (n = 5) nachweisbar.

7 ( $\approx 46,67\%$ ) Kraftradfahrer erlitten weder Rückenmarksverletzungen noch Wirbelsäulenfrakturen.

### Frakturen der freien oberen Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie obere Extremität links				Freie obere Extremität rechts			
	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett
$\geq 2$	0	0	0	1	0	1	1	0
<b>1</b>	0	3	3	0	1	2	2	0
<b>0</b>	15	12	12	14	14	12	12	15

Tab. 8: Frakturen der freien oberen Extremitäten der Kraftradfahrer

Frakturen der freien oberen Extremitäten waren innerhalb dieser Unfallgruppe selten vorhanden. Die linke freie obere Extremität wies am häufigsten solitäre Frakturen von Ulna (n = 3) und Radius (n = 3) auf. Humerusfrakturen waren linksseitig nicht vorhanden. Auch an der rechten freien oberen Extremität dominierten, wenn auch in geringerer Anzahl, solitäre Frakturen von Ulna (n = 2) und Radius (n = 2).

8 ( $\approx 53,33\%$ ) Kraftradfahrer wiesen keine Frakturen der freien oberen Extremitäten auf.

### Frakturen der unteren Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie untere Extremität links				Freie untere Extremität rechts			
	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett
$\geq 2$	2	2	3	1	1	0	0	2
<b>1</b>	2	5	3	0	2	0	0	0
<b>0</b>	11	8	9	14	12	15	15	13

Tab. 9: Frakturen der freien unteren Extremitäten der Kraftradfahrer

Unter den Kraftradfahrern war die linke freie untere Extremität insgesamt häufiger frakturiert als die rechte. Dabei traten linksseitig vor allem solitäre Tibia- (n = 5) und Fibulafrakturen (n = 3) auf.

Innerhalb der Unfallgruppe der 15 getöteten Kraftradfahrern trat lediglich eine singuläre linksseitige Patellafraktur auf. 8 ( $\approx 53,33\%$ ) Kraftradfahrer wiesen keine Frakturen der freien unteren Extremitäten auf.

2 Kraftradfahrer hatten jeweils eine Fraktur im Bereich der beiden Hüftbeine. Bei 5 Kraftradfahrern wiesen diese multiple Frakturen auf.

**Blutverlust:** 14 Kraftradfahrer zeigten Zeichen starken Blutverlusts.

### **Spezifische Verletzungen innerhalb der Unfallgruppe der Kraftradfahrer:**

Geformte Verletzungen durch Lenker, Kühlrippen oder Tank des Kraftrads konnten nur bei einer Person festgestellt werden. Bei einem weiteren Kraftradfahrer zeigten sich Verletzungen, die dem Sitz bzw. Sattel des Kraftrads zuzuordnen waren. Ein Kraftradfahrer wurde infolge eines mehrphasigen Unfallgeschehens im Anschluss an die Kollision durch ein weiteres Fahrzeug überrollt und wies dahingehend Spuren eines Reifenprofils auf. Dieser Kraftradfahrer verlor laut den Unterlagen im Rahmen der Kollision seinen Schutzhelm, wies aber keine Schädelfrakturen auf.

### **5.3.5 Verletzungsmuster tödlich verunglückter Fahrradfahrer**

**Kopfverletzungen:** 17 (85 %) von 20 Fahrradfahrer erlitten ein SHT. 9 ( $\approx 52,94$  %) der 17 Fahrradfahrer mit SHT wiesen ein geschlossenes und 8 ( $\approx 47,06$  %) ein offenes Schädelhirntrauma auf. Von den 17 Fahrradfahrern mit Schädelhirntrauma wurde bei 2 ( $\approx 11,76$  %) von ihnen angesichts der Kopfverletzungen von einem leichtgradigen SHT, bei weiteren 2 ( $\approx 11,76$  %) von einem mittelschweren SHT und bei 13 ( $\approx 76,47$  %) Fahrradfahrern von einem schweren Schädelhirntrauma ausgegangen.

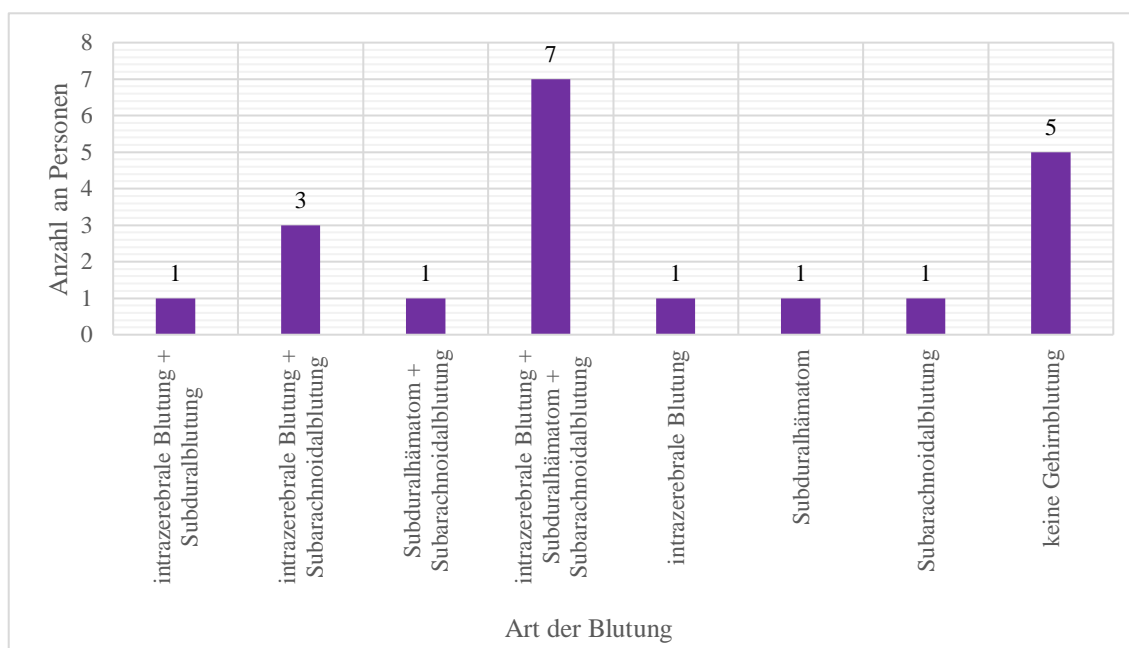


Abb. 29: Gehirnblutungen untergliedert nach Blutungskonstellationen der Fahrradfahrer

25 % und damit 5 der 20 untersuchten Fahrradfahrer hatten keine Gehirnblutungen. Am häufigsten vertreten war die Blutungskonstellation aus einer intrazerebralen Blutung mit



Subduralhämatom und Subarachnoidalblutung (n = 7), gefolgt von einer intrazerebralen Blutung mit Subarachnoidalblutung (n = 3).

6 der 20 Fahrradfahrer wiesen keine frakturierten Schädelknochen auf. Ein Fahrradfahrer hatte eine Schädeldachfraktur, 7 Radfahrer solitäre Frakturen der Schädelbasis und 6 Fahrradfahrer sowohl Schädeldach- als auch Schädelbasisfrakturen. Kein Fahrradfahrer hatte Gesichtsschädelfrakturen.

3 (15 %) Fahrradfahrer zeigten keine der erhobenen Kopfverletzungen (SHT, Gehirnblutungen, Schädelfrakturen).

### Thoraxverletzungen:

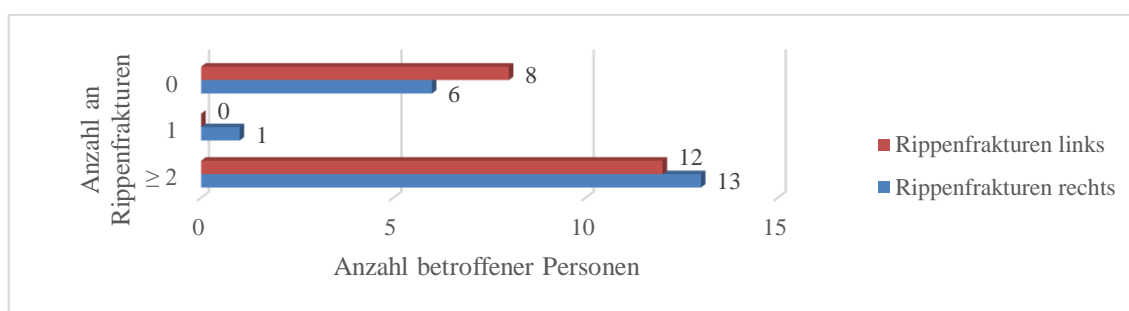


Abb. 30: Rippenfrakturen der Fahrradfahrer

Ein Großteil der Fahrradfahrer wies mindestens 2 Rippenfrakturen auf. An der rechten Thoraxhälfte wurden bei 13 Personen und an der linken Thoraxhälfte bei 12 Personen multiple Rippenfrakturen festgestellt. 8 Radfahrer hatten linksseitig und 6 Radfahrer rechtsseitig keine Rippenfrakturen. Personen mit nur einer Rippenfraktur waren selten (n = 1, mit Rippenfraktur rechts).

3 Fahrradfahrer wiesen ein frakturiertes Sternum auf. Herzverletzungen wurden bei keinem der untersuchten Fahrradfahrern nachgewiesen. Ein Fahrradfahrer hatte linksseitige und 6 Fahrradfahrer beidseitige Lungenverletzungen. 4 (20 %) Fahrradfahrer hatten Verletzungen der thorakalen Aorta.

5 (25 %) Fahrradfahrer wiesen keine der erhobenen Thoraxverletzungen (Rippenfrakturen, Sternumfrakturen, Herz- und Lungenverletzungen, Verletzungen der Aorta thoracica) auf.

**Abdomenverletzungen:** 4 Fahrradfahrer hatten Milz- und 5 Fahrradfahrer Leberverletzungen. Nierenverletzungen offenbarten sich bei einem Fahrradfahrer rechts, einem Fahrradfahrer links und einem weiteren beidseits. Eine der getöteten Personen wies

Verletzungen des Magen-Darm-Traktes auf. Kein Fahrradfahrer hatte Verletzungen der abdominalen Aorta.

13 (65 %) Fahrradfahrer erlitten keine der erhobenen Abdomenverletzungen (Milz-, Leber-, Nieren- und Darmverletzungen, Verletzungen der Aorta abdominalis).

**Wirbelsäulenfrakturen und Rückenmarksverletzungen:** 5 der 20 Fahrradfahrer erlitten Rückenmarksverletzungen. Unter den verstorbenen Fahrradfahrern fanden sich Frakturen der HWS (n = 4), der BWS (n = 7), der LWS (n = 1), des Kreuzbeins (n = 3) und des Steißbeins (n = 1).

11 (55 %) Fahrradfahrer erlitten weder Rückenmarksverletzungen noch Wirbelsäulenfrakturen.

#### Frakturen der freien oberen Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie obere Extremität links				Freie obere Extremität rechts			
	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett	Humerus	Ulna	Radius	Handskelett
≥ 2	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	1	0	3	0	0	0
0	20	20	19	20	16	20	20	20

Tab. 10: Frakturen der freien oberen Extremitäten der Fahrradfahrer

Frakturen der freien oberen Extremitäten waren unter den getöteten Fahrradfahrern sehr selten. Die linke freie obere Extremität war lediglich bei einem Radfahrer frakturiert. Dabei handelte es sich um eine Radiusfraktur. Die rechte freie obere Extremität wies bei 3 Fahrradfahrern jeweils eine Humerusfraktur und bei einem weiteren Fahrradfahrer multiple Humerusfrakturen auf.

15 (75 %) Fahrradfahrer wiesen keine Frakturen der freien oberen Extremitäten auf.

#### Frakturen der unteren Extremitäten:

Anzahl an Frakturen	Freie untere Extremität links				Freie untere Extremität rechts			
	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett	Femur	Tibia	Fibula	Fußskelett
≥ 2	0	1	1	0	0	0	0	0
1	3	2	2	0	1	1	1	0
0	17	17	17	20	19	19	19	20

Tab. 11: Frakturen der freien unteren Extremitäten der Fahrradfahrer

Frakturen der freien unteren Extremitäten waren unter den Fahrradfahrern selten, wobei die linke freie untere Extremität etwas häufiger betroffen war. Patellafrakturen wies

keiner der 20 Fahrradfahrer auf. 13 (65 %) Fahrradfahrer wiesen keine Frakturen der freien unteren Extremitäten auf.

4 Fahrradfahrer hatten im Bereich der beiden Hüftbeine multiple Frakturen.

**Blutverlust:** 15 Fahrradfahrer zeigten Zeichen starken Blutverlusts.

### **Spezifische Verletzungen innerhalb der Unfallgruppe der Fahrradfahrer:**

Geformte Verletzungen durch die Lenkstange oder den Sattel des Fahrrads konnten bei keinem der Getöteten festgestellt werden. 2 Fahrradfahrer wurden im Rahmen eines mehrphasigen Unfallgeschehens jeweils durch ein weiteres Fahrzeug überrollt. Davon wies einer sowohl Spuren eines Reifenprofils als auch Hautdehnungsrisse auf. Eine weitere Person wurde nach dem eigentlichen Unfallgeschehen durch ein nachfolgendes Fahrzeug überfahren.

## **5.4 Todesursachen**

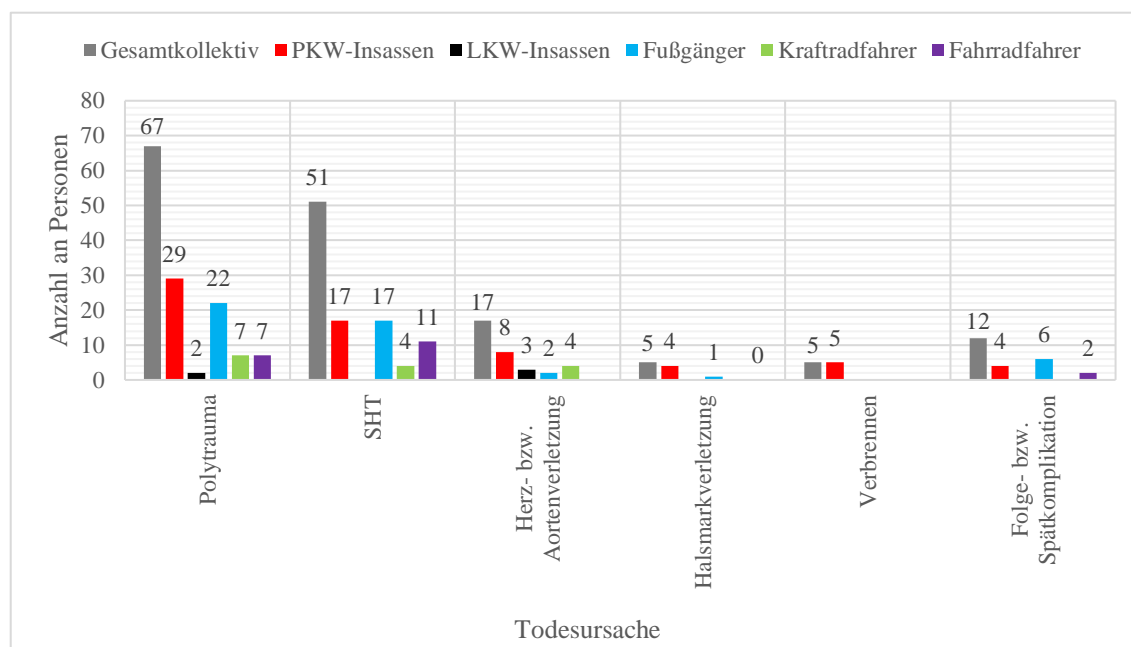


Abb. 31: Todesursachen

Die durch die Obduzenten diagnostizierten Todesursachen wurden 6 Kategorien zugewiesen. Anhand der am schnellsten zum Tode führenden Verletzung bzw. Komplikation erfolgte die Einteilung in Tod durch Polytrauma, Schädelhirntrauma, Herz- bzw. Aortenverletzung, wie zum Beispiel Aortenrupturen und daraus teilweise resultierender Hämorrhagie, Halsmarkverletzung, Verbrennen des Verunfallten am

Unfallort und Folge bzw. Spätkomplikation aufgrund des Unfallgeschehens. Die meisten Personen des Gesamtkollektivs verstarben infolge eines Polytraumas ( $n = 67$ ), gefolgt von den Unfallopfern, die einem Schädelhirntrauma erlagen ( $n = 51$ ). Die Anzahl an PKW-Insassen mit Polytrauma als Todesursache ( $n = 29$ ) war unter den einzelnen Unfallgruppen am höchsten. Die aufgrund eines Polytraumas verstorbenen 7 Kraftradfahrer bildeten mit 46,67 % aller verstorbenen Kraftradfahrer prozentual die größte Gruppe an Personen, die an den Folgen eines Polytraumas verstarben. Gemessen am Gesamtkollektiv erlagen PKW-Insassen ( $n = 17$ ) und Fußgänger ( $n = 17$ ) am häufigsten einem Schädelhirntrauma. Innerhalb der einzelnen Unfallgruppen starben prozentual jedoch am häufigsten Fahrradfahrer an den Folgen eines Schädelhirntraumas (55 % aller getöteten Fahrradfahrer). Prozentual am häufigsten starben LKW-Insassen an den Folgen von Herz- und Aortenverletzungen (60 % aller getöteten LKW-Insassen), gefolgt von Kraftradfahrern (26,67 % aller getöteten Kraftradfahrern). 4 der 5 Personen des Gesamtkollektivs, die an Halsmarkverletzungen verstarben, waren PKW-Insassen. Alle verbrannten Personen waren PKW-Insassen ( $n = 5$ ). Die Hälfte aller an Folge- und Spätkomplikationen verstorbenen Patienten waren Fußgänger ( $n = 6$ ) mit einem Durchschnittsalter von ungefähr 74 Jahren.

Die getöteten Mitfahrerinnen des Kutschunfalls starben beide an einem schweren offenen Schädelhirntrauma. Sie sind in Abb. 31 innerhalb des Gesamtkollektivs der entsprechenden Kategorie zu finden, wurden jedoch nicht weiter statistisch analysiert.

## 6 Diskussion

### 6.1 Limitationen der Arbeit

Im Folgenden soll als Erstes auf die Limitationen dieser Arbeit hingewiesen werden. Es wurden nur die tödlichen Straßenverkehrsunfälle im Untersuchungszeitraum erfasst, bei denen aufgrund der Ermittlungen aus Sicht der Staatsanwaltschaft eine Notwendigkeit zur Obduktion bestand und die damit Bestandteil des Obduktionsguts wurden.

Während die Vollständigkeit der jeweiligen Obduktionsprotokolle im Untersuchungszeitraum aufgrund standardisierter Dokumentation gegeben war, waren Verkehrsunfallanzeigen bzw. polizeiliche Ermittlungsberichte teilweise unvollständig oder lagen gar nicht vor. Daher konnten anhand der Ermittlungsberichte nicht zu jedem untersuchten Unfall Angaben bezüglich Gurtnutzung der Fahrzeuginsassen, Sitzposition, Gehrichtung der Fußgänger basierend auf Aussagen durch Zeugen und/oder Unfallgegner, Unfallverursacher und Witterung erfasst werden. Verständlicherweise wird es auch Fälle geben, bei denen diese Details gar nicht durch die Polizei dokumentiert werden konnten, weil es keine Erkenntnisse dazu gab.

Eine Standardisierung der Ermittlungsberichte könnte diese Problematik lösen. In wenigen Fällen war bei schwersten Verletzungen bzw. Verbrennungen keine Beurteilung der entsprechenden Strukturen mehr möglich. Bestanden derartige Einschränkungen, so wurden diese benannt und statistisch miterfasst. Informationen über die entsprechenden Unfallfahrzeuge und ob Schutzeinrichtungen wie Airbags vorhanden waren bzw. ihre Funktion erfüllten, lagen nicht vor.

Nicht alle Getöteten des Gesamtkollektivs wurden auf ihre BAK bzw. auf die Einnahme von Medikamenten und weiteren Substanzen hin untersucht, die zu einer eventuellen Bewusstseinsbeeinflussung zum Kollisionszeitpunkt geführt hätten. Ursächlich hierfür waren neben längeren Überlebenszeiten, beispielsweise aufgrund von Krankenhausaufenthalten zwischen Unfall und Todeseintritt, auch klinische Obduktionen sowie fehlende Indikationen aus Sicht der Staatsanwaltschaft. Eine gewisse Anzahl nicht erfasster Fälle kann daher überhaupt nicht ausgeschlossen werden. Die Überlebenszeit der Getöteten wurde in Kalendertagen, jedoch nicht in Stunden erfasst. Daher ist es möglich, dass neben dem genannten Fußgänger, der am Folgetag seines Verkehrsunfalls verstarb

und zum Obduktionszeitpunkt eine BAK von 0,45 ‰ aufwies, bei weiteren Personen die BAK zum Unfallzeitpunkt höher als zum Obduktionszeitpunkt war. Dies gilt auch für Personen, die unter dem Einfluss anderer berauschender Substanzen standen. Überlebenszeiten führen zum Abbau von Substanzen. Einer Rückrechnung bei den Überlebenszeiten erfolgte in dieser Studie nicht.

Anders als im Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz festgelegt wurden in dieser Arbeit auch Straßenverkehrsunfallopfer mit einer Überlebenszeit länger als 30 Tage berücksichtigt [1]. Hierdurch konnte das Gesamtkollektiv um 6 Personen erweitert werden. Bereits Bachor et al. (1988) verdeutlichten mit ihrer publizierten Arbeit, dass 5 – 16 % der Verunfallten erst nach dem 30-tägigen Zeitraum verstarben und daher der offiziellen Statistik entgingen [60]. Aufgrund eingangs erwähnter zunehmender Fortschritte in Medizin und Technik ist von einer ansteigenden Dunkelziffer auszugehen und aus persönlicher Sicht eine Änderung dieser Frist anzustreben [5]. Seitens der klinisch tätigen Ärzte oder der Hausärzte muss bei der Dokumentation der Todesart ein solches Geschehen in der Vorgeschichte berücksichtigt werden.

Es war, bis auf wenige Ausnahmen, anhand der Ermittlungsberichte nicht nachvollziehbar, ob innerhalb der Unfallgruppen der Fahrradfahrer und Kraftradfahrer ein Schutzhelm zum Unfallzeitpunkt getragen wurde. Deshalb musste anhand des Verletzungsmusters individuell geprüft werden, ob dieses mit dem Tragen eines Helms korrespondierte. Unklar blieb, ob unter den verunglückten Fahrradfahrern Nutzer von Pedelecs waren, mit denen durchaus höhere Geschwindigkeiten erreicht werden können als mit nicht motorisierten Fahrrädern.

Anhand der vorhandenen Dokumente war ferner nicht nachvollziehbar, ob einzelne Unfallopfer reanimiert worden waren. Weiterhin waren die durch die Obduktionen vorgefundenen Verletzungen mitunter so ausgeprägt, dass beispielsweise eine eindeutige Zuordnung von Sternum- bzw. Rippenfrakturen zum Reanimations- oder Unfallgeschehen nicht möglich war.

Der Kutschunfall, der nicht als klassischer Straßenverkehrsunfall gewertet werden kann, wurde der Vollständigkeit halber statistisch mit aufgeführt, da er sich im öffentlichen Straßenverkehr ereignete.

Das Tötungsdelikt, die 2 aufgeführten Suizide und die 5 Fälle mit vermutetem Suizid können ebenfalls nicht als Straßenverkehrsunfälle gewertet werden. Jedoch gleicht das

Verletzungsmuster demjenigen eines tatsächlichen Unfallgeschehens im Straßenverkehr, weshalb auch diese Fälle in die statistische Auswertung mit einbezogen wurden.

## **6.2 Diskussion allgemeiner und unfallbezogener statistischer Daten**

### **6.2.1 Obduktionen tödlicher Straßenverkehrsunfälle**

Die Gesamtabduktionszahl der einzelnen Jahre und der entsprechende Anteil obduzierter Straßenverkehrsunfälle war im Untersuchungszeitraum Schwankungen unterworfen, wobei sich keine klare Tendenz für eine zukünftige Entwicklung dieser Zahlen widerspiegelte. So lag der größte Anteil obduzierter Straßenverkehrsteilnehmer an der Gesamtabduktionszahl des entsprechenden Jahres mit ungefähr 12,57 % im Jahr 2011, der niedrigste im Jahr 2008 mit etwa 4,23 %. Insgesamt wurden in den Jahren 2006 bis 2015 im Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Greifswald 157 Obduktionen nach tödlichen Straßenverkehrsunfällen durchgeführt, bei denen ein Kausalzusammenhang zwischen den Unfallverletzungen und dem eingetretenen Tod bestand. In Mecklenburg-Vorpommern verunglückten im genannten Zeitraum 1 217 Verkehrsteilnehmer infolge tödlicher PKW-, Fußgänger-, Kraftrad- oder Fahrradunfälle [2, 61–69]. Zur Anzahl tödlicher LKW-Unfälle im genannten Zeitraum enthielten die genutzten Quellen keine Daten, jedoch ist deren Zahl auch im institutseigenen Obduktionsgut nur gering. Unter der hypothetischen Überlegung, dass in den Jahren 2006 bis 2015 im Institut für Rechtsmedizin der Universitätsmedizin Rostock ebenfalls etwa 157 Obduktionen nach tödlichen Straßenverkehrsunfällen durchgeführt worden wären, wäre nur bei ungefähr 26 % der getöteten Straßenverkehrsteilnehmer in Mecklenburg-Vorpommern eine Obduktion erfolgt. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Zahlen obduzierter Straßenverkehrsunfallopfer in den kommenden Jahren entwickeln werden. Es ist jedoch durch eingangs erwähnte Unfallentwicklung auf deutschen Straßen innerhalb der letzten Jahrzehnte und aufgrund stetiger Fortschritte in Medizin und Technik mit immer weiter sinkenden Unfallzahlen zu rechnen [5]. Diese werden sich vermutlich in Zukunft auch auf die Anzahl obduzierter Straßenverkehrsteilnehmer auswirken. Andererseits müssen die Sterbefälle, die eventuell im Zusammenhang mit einem Verkehrsunfallgeschehen stehen, aufgrund des wertvollen Erkenntnisgewinns dieser rechtsmedizinischen Untersuchung genau hinsichtlich der Verfügung einer gerichtlichen Obduktion geprüft werden.

### 6.2.2 Altersverteilung zum Todeszeitpunkt und Überlebenszeiten

Bei Betrachtung der eingangs erwähnten Risikogruppen junger Erwachsener und Senioren im Straßenverkehr zeigten sich im untersuchten Gesamtkollektiv 2 Häufigkeitsgipfel Getöteter in den Altersgruppen der 20- bis 24-Jährigen ( $n = 21$ ) und der 70- bis 74-Jährigen ( $n = 20$ ).

Dabei starben die meisten 20- bis 24-Jährigen bei PKW-Unfällen ( $n = 13$ ), ähnlich den offiziellen Erhebungen des statistischen Bundesamtes zu Unfällen der 18- bis 24-Jährigen im Straßenverkehr aus dem Jahr 2016 [59].

Bundesweit verunglückten erstmals im Jahr 1995 mehr Senioren bei PKW-Unfällen als bei Fußgängerunfällen [70].

Im Gegensatz zu diesem Trend, der sich auch in den offiziellen Ergebnissen des statistischen Bundesamtes zu Unfällen von Senioren im Straßenverkehr des Jahres 2015 widerspiegelte [58], wies das untersuchte Kollektiv die meisten Todesopfer ab 65 Jahren innerhalb der Fußgänger ( $n = 28$ ) auf, gefolgt von den PKW-Insassen ( $n = 20$ ). Mögliche Ursachen hierfür könnten beispielsweise die stark ländlich geprägte Region des Einzugsgebiets des rechtsmedizinischen Instituts sowie der hohe Anteil von Alkoholunfällen mit Personenschaden an allen Unfällen mit Personenschaden sein [53]. Der wichtigste Grund dürfte aber sein, dass längst nicht alle Verkehrsunfalltote zur Obduktion angeordnet werden. Hierbei handelt es sich um eine gravierende Grauzone.

In ländlichen Regionen werden durchschnittlich mehr Kilometer auf Straßen mit höherer zulässiger Höchstgeschwindigkeit zurückgelegt, sodass bei Unfällen mit größerer Kollisionsgeschwindigkeit zu rechnen ist. Varga und Melegh (1991) zeigten in ihrer Publikation einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit des Unfallfahrzeugs und der durch den Zusammenprall resultierenden Verletzungsschwere [71]. Dabei entstanden bei Geschwindigkeiten bis 44 km/h geringere Verletzungen mit längeren Überlebenszeiten, bei höheren Geschwindigkeiten jedoch bereits lebensbedrohliche Verletzungen mit starkem Anstieg der am Unfallort verstorbenen Personen. Auch innerorts können daher lebensbedrohliche Verletzungen aus Unfällen resultieren, insbesondere wenn zulässige Höchstgeschwindigkeiten überschritten werden.

Innerhalb der untersuchten Unfallgruppe der Fußgänger starben 36 der 48 tödlich verunglückten Fußgänger bereits innerhalb von 24 Stunden an ihren Unfallfolgen, was eventuell auf höhere Kollisionsgeschwindigkeiten zurückzuführen war. Eine Veröffent-



lichung aus dem Jahr 2017 zeigte, dass im bundesweiten Vergleich in Mecklenburg-Vorpommern mit 7,2 % die meisten Eintragungen in das Fahreignungsregister (FAER) verzeichnet wurden [72]. Es wurde somit im Verhältnis häufiger als in anderen Bundesländern gegen geltende Straßenverkehrsvorschriften verstoßen.

Weiterhin waren in den offiziellen Erhebungen durch die gesetzlichen Limitationen nur Unfälle mit bis zu 30 Tagen Überlebenszeit erfasst worden [1]. Dies könnte dazu geführt haben, dass gerade Fußgänger mit längeren Überlebenszeiten, im Gegensatz zur eigenen Erhebung, nicht durch die offiziellen Statistiken erfasst wurden und die Dunkelziffer dadurch stieg.

Ungefähr 58,33 % der getöteten Fußgänger des in dieser retrospektiven Analyse untersuchten Obduktionsguts waren mindestens 65 Jahre alt. Weiterhin waren 3 von 6 Personen, die den Unfall länger als 30 Tage überlebten, Fußgänger. Auch die Veröffentlichung von Lutz und Bach (1991) zeigte einen hohen Anteil älterer Menschen unter den tödlich verunglückten Fußgängern [73]. Hier zeigten sich gehäuft Spätkomplikationen wie Bronchopneumonien. Auch in der Arbeit von Mittmeyer und Fischer (1983) wurde die mittlere Überlebenszeit von älteren Verunfallten meist überschritten [74, 75]. Dies war häufig durch Spätkomplikationen bedingt, wobei auch hier die Pneumonie dominierte, die oftmals länger als 30 Tage überlebt wurde. Jüngere Verkehrsunfallopfer verstarben mehrheitlich kurz nach dem Unfallgeschehen. Je ausgeprägter die Verletzungen, desto kürzer waren die Überlebenszeiten. Ähnlich hierzu zeigten sich im untersuchten Kollektiv des Obduktionsguts vor allem in den Altersgruppen der 20- bis 39-Jährigen und 40- bis 59-Jährigen kurze, durchschnittliche Überlebenszeiten. Ab 60 Jahren verlängerten sich die durchschnittlichen Überlebenszeiten.

Gründe einer erhöhten Unfallgefahr für ältere Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr können neben dem eingangs erwähnten eingeschränkten Seh- und Hörvermögen und der reduzierten Reaktionsfähigkeit auch eine reduzierte Beweglichkeit sowie verminderte Konzentrations- und Koordinationsfähigkeit sein [76]. Medikamente können ebenfalls zu Beeinträchtigungen führen. Problematisch ist weiterhin, dass die genannten Einschränkungen oftmals spät realisiert werden. Regelmäßige ärztliche Gesundheitsuntersuchungen für ältere PKW-Fahrer könnten gesundheitliche Einschränkungen bzw. Erkrankungen identifizieren, die mit dem Führen eines Kraftfahrzeugs im Straßenverkehr nicht zu vereinbaren sind. Möbus und Schlosser (1999) machten in ihrer Veröffentlichung anhand von Kasuistiken auf die Gefahren durch Erkrankungen bei Kraftfahrzeug-

führern aufmerksam [77]. Sie empfahlen ab dem 50. Lebensjahr, je nach bestehender Erkrankung und Führerscheinklasse, regelmäßige medizinische Untersuchungen zur Überprüfung der Fahreignung, wie sie in anderen europäischen Ländern schon seit Jahren bestünden.

Derartige Untersuchungen oder auch der Führerscheinentzug ab einem gewissen Alter werden weiterhin diskussionsbedürftig bleiben, solange keine zufriedenstellende Lösung gefunden ist [78]. Jedem Betroffenen sollte bewusst sein, dass das Führen eines Fahrzeugs eine verantwortungsvolle Aufgabe darstellt. Gerade im ländlichen Raum ist die Mobilitäts-erhaltung älterer Menschen jedoch von großer Bedeutung, sei es durch nachgerüstete Fahrzeuge oder auch infrastrukturelle Verbesserungen.

### **6.2.3 Geschlechterverteilung**

Auffallend war mit ungefähr 63,06 % aller tödlich verunglückten Straßenverkehrsteilnehmer des Obduktionsguts die deutliche Dominanz des männlichen Geschlechts. Eine Ursache hierfür könnte die Veröffentlichung von Rhodes und Pivik (2011) über geschlechterspezifisches Fahrverhalten liefern [79]. Es wurde über riskanteres Fahrverhalten des männlichen im Vergleich zum weiblichen Geschlecht und von jüngeren Fahrern verglichen mit älteren Fahrern berichtet. Ein weiterer Grund könnte auch der niedrigere prozentuale Anteil ausgestellter Führerscheine unter Frauen sein. Im Jahr 2016 lag der Anteil an Frauen mit ausgestellttem Führerschein (Krafträder, PKW, LKW, Busse, sonstige Fahrzeuge) bei 42 %, der Anteil der Männer bei 58% [80]. Daher ist davon auszugehen, dass infolgedessen vermutlich mehr Männer als Frauen am Straßenverkehr teilnehmen und das männliche Geschlecht daher einem höheren Unfallrisiko ausgesetzt sein müsste.

### **6.2.4 Witterung und Unfallmonat**

Die Analyse der retrospektiven Auswertung des Gesamtkollektivs ergab, dass die Witterungsverhältnisse vor allem für die Unfallgruppe der Fußgänger relevant war. Die meisten Fußgänger verunglückten in den Wintermonaten Dezember, Januar, Februar. Insgesamt starben 31 der 48 Fußgänger bei Dunkelheit. Dass Dunkelheit ein zusätzliches Risiko für Fußgängerunfälle darstellt, zeigte bereits Smeed (1968) in seiner Arbeit [81]. Hier konnte durch bessere Ausleuchtung der Straßen eine deutliche Reduktion der Unfallzahlen nachgewiesen werden. Auch Polus und Katz (1978) konnten in ihrer Veröffentlichung nach Installation von Licht- und Hinweissystemen an

Zebrastreifen eine signifikante Reduktion der Unfallzahlen bei Dunkelheit feststellen, wohingegen es bei Tageslicht zu keiner signifikanten Reduktion von Unfällen kam [82]. Aufgrund eigener Erfahrungen kann auch das Tragen gut sichtbarer, reflektierender Kleidung dazu beitragen, besser auf sich aufmerksam zu machen, um in der Dunkelheit als Person einfacher und schneller erkannt zu werden.

### **6.2.5 Toxikologie**

35 von 126 auf Alkohol untersuchte Personen wiesen mindestens eine minimale Alkoholisierung zum Obduktionszeitpunkt auf. 14 PKW-Insassen, darunter 5 PKW-Fahrer, 16 Fußgänger, ein Kraftradfahrer und 3 Fahrradfahrer waren alkoholisiert. Rechtsrelevant bedeutsam sind insbesondere alkoholisierte PKW-, Kraftrad- und Fahrradfahrer, für die eine gesetzlich maximal zulässige BAK vorgeschrieben ist [51, 52]. Alkohol kann einen erheblichen Einfluss auf die Fahrtüchtigkeit haben [83]. Relative Fahruntüchtigkeit kann bereits ab einer BAK von 0,3 ‰ bestehen, ab einer BAK von 1,1 ‰ besteht absolute Fahruntüchtigkeit.

Laut Rothschild und Schneider (1999) wird durch eine Nachtrunkbehauptung teilweise versucht, drohende rechtliche Konsequenzen abzuwenden [84]. Sie proklamierten in ihrer Veröffentlichung, dass Polizeibeamte auf derartige Schutzbehauptungen am Einsatzort vorbereitet sein sollten. Durch adäquate Befragung der entsprechenden Person bzw. anhand von Zeugenaussagen, Hinweisen am Unfallort und mit Hilfe von 2 zeitnah durchgeführten aufeinanderfolgenden Blutentnahmen mit einem Zeitabstand von 30 Minuten (sog. Doppelblutentnahme) können Falschaussagen aufgedeckt werden. Jedoch ist bei dieser Studie aus heutiger Sicht kritisch anzumerken, dass aufgrund aktueller Polizeistrukturen und zunehmender Arbeitsbelastung ein derartiges zeitnahes Handeln äußerst schwer umzusetzen ist. Gerade in ländlichen Regionen spielt auch der oft längere Weg zur Blutentnahme eine Rolle.

Die Fahruntüchtigkeit kann sich durch eine entsprechende Fahrweise oder Trunkenheitszeichen widerspiegeln [83]. Die Wirkung des Alkohols kann sich dabei korrespondierend zum Grad der Blutalkoholkonzentration auf die Fahrtüchtigkeit wie folgt darstellen:

- 0 – 0,5 ‰: Normalerweise unauffälliges Verhalten, jedoch ist ab 0,3 ‰ bereits eine nachlassende Leistungsfähigkeit möglich.

- 0,5 – 1,5 ‰: Leichte Trunkenheit, die sich durch nachlassende Aufmerksamkeit und Geschicklichkeit sowie gesteigerten Antrieb und Euphorie zeigt. Konzentration, Aufmerksamkeit und Kritikfähigkeit sind eingeschränkt. Seh- und Gleichgewichtsstörungen treten auf.
- 1,5 – 2,5 ‰: Mittlere Trunkenheit, wobei die Auffälligkeiten der leichten Trunkenheit in diesem Stadium stärker ausgeprägt sind. Zusätzlich zeigen sich neben Gang- und Sprachstörungen, Uneinsichtigkeit und geminderte Distanz.
- 2,5 – 3 ‰: Schwere Trunkenheit mit starken Gang- und Sprachstörungen. Neben Verwirrtheit treten Orientierungs- und Erinnerungsstörungen auf.
- Über 3,5 ‰: Schwerste Trunkenheit mit vitaler Gefährdung und meist deutlich reduziertem Bewusstseinszustand. Bei Reflexlosigkeit besteht die Möglichkeit der Aspiration, eine Atemlähmung ist ebenfalls möglich. Situationsbedingt kann eine Hypothermie auftreten.

Mit welchen kognitiven Einschränkungen Verkehrsteilnehmer bereits bei gesetzlich zulässigen Blutalkoholkonzentrationen rechnen müssen, verdeutlichten Breitmeier et al. (2008) in ihrer Untersuchung [85]. Es zeigte sich, dass es bereits bei einer BAK von ungefähr 0,3 ‰ insbesondere in diffizilen Situationen zu signifikanten Einschränkungen der visuellen Informationswahrnehmung und -verarbeitung kam. Lockemann und Püschel (1997) untersuchten den Alkoholeinfluss bei einer BAK von ungefähr 0,4 ‰ auf das vestibuläre System [86]. Die Untersuchungen ergaben, dass Bereiche des für das Führen eines Kraftfahrzeugs wichtigen vestibulären Systems schon bei einer BAK von ungefähr 0,4 ‰ deutlich eingeschränkt sein konnten, teilweise ähnlich einer BAK von 0,8 ‰. Die Untersucher schlussfolgerten, dass unter diesen Gegebenheiten eine sichere aktive Teilnahme am Straßenverkehr nicht mehr möglich wäre. Anhand der vorliegenden Erkenntnisse, dass bereits bei Alkoholkonzentrationen in gesetzlich tolerierten Bereichen mit derartigen Einschränkungen der Fahrtüchtigkeit zu rechnen ist, wäre eine Neuregelung bzw. Senkung des bestehenden Grenzbereichs für das Führen eines Kraftfahrzeugs anzustreben. Erfolge einer derartigen Maßnahme lassen sich in der Zielgruppe der Fahranfänger beobachten. Hier existiert bereits seit August 2007 eine restriktive 0,0-Promillegrenze für Fahranfänger in der Probezeit oder vor Vollendung des 21. Lebensjahres [87]. Dieses Gesetz wirkte sich bereits nach kurzer Zeit positiv auf die Verkehrssicherheit aus, wie eine Veröffentlichung der Bundesanstalt für Straßenwesen zeigte [88]. Unter hoher Akzeptanz der befragten Fahranfänger konnte innerhalb des ersten Jahres nach Einführung eine Reduktion der Verkehrsunfälle von Fahranfängern

mit einer BAK von mindestens 0,3 ‰ um 15 % registriert werden. Bei konstanter Akzeptanz dieses Gesetzes unter Fahranfängern in den nächsten Jahren ist von einer Nachhaltigkeit dieser Maßnahme auszugehen. Dennoch soll auf die endogene Alkoholbildung als mögliche Schutzbehauptung bei absolutem Alkoholverbot verwiesen werden, die Wittig et al. (2008) genauer untersuchten [89]. Aus dem im Körper regelmäßig gebildeten endogenen Alkohol resultierten BAK-Werte, die mit den gängigen forensischen Verfahren nicht nachweisbar sind, und derartige Schutzbehauptungen dadurch hinfällig waren, auch wenn es in sehr seltenen Fällen durch enzymatische Defekte zu relevanten endogenen Alkoholspiegeln kam. Derartige Fälle müssten sich dann jedoch gutachterlich leicht nachweisen lassen.

Es bleibt fraglich, ob sich ein absolutes Alkoholverbot für alle Kraftfahrzeugführer aufgrund bestehender Kultur- und Wertevorstellungen überhaupt durchsetzen lassen würde. Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass dies aus medizinischer Sicht und zur Verbesserung der Verkehrssicherheit ein relevanter Beitrag wäre.

Mit Bezug auf die vorstehend genannten Studien musste im institutseigenen Kollektiv bei einem PKW-Fahrer, der eine BAK von 0,41 ‰ zum Obduktionszeitpunkt aufwies, mindestens von einer eingeschränkten Fahrtüchtigkeit zum Unfallzeitpunkt ausgegangen werden. Bei den verbliebenen 4 PKW-Fahrern, die zum Obduktionszeitpunkt eine BAK von deutlich über 1 ‰ aufwiesen, musste zum Unfallzeitpunkt eine absolute Fahruntüchtigkeit vorgelegen haben. Das gleiche gilt für den sehr stark alkoholisierten Kraftradfahrer (2,01 ‰) und die 2 Fahrradfahrer mit einer BAK von über 1,6 ‰.

50 getötete Unfallopfer wurden auf Medikamente und weitere Substanzen untersucht. Darunter befanden sich 18 positiv getestete Personen. Bei 8 von ihnen musste aufgrund der festgestellten Blutkonzentrationen der eingenommenen toxischen Substanzen oberhalb gesetzlicher Grenzwerte bzw. bei Medikamenteneinnahme und damit einhergehenden Medikamentenkonzentrationen oberhalb des therapeutischen Bereichs von einer Bewusstseinsbeeinträchtigung zum Unfallzeitpunkt ausgegangen werden. Grundlage dieser Einschätzungen der institutseigenen Toxikologen waren bundeseinheitlich festgelegte strafrechtlich relevante Grenzwerte für die jeweiligen Substanzen [57]. Die therapeutischen Referenzbereiche der jeweiligen Medikamente wurden den entsprechenden institutseigenen toxikologischen Gutachten entnommen. Bei den bewusstseinsbeeinträchtigten Personen wurden Amphetamine/Methamphetamine, Cannabinoide, trizykli-

sche Antidepressiva (Amitriptylin und Nortriptylin), Ibuprofen und Calciumkanalblocker des Nifedipin-Typs (Amlodipin) nachgewiesen.

Bei 4 Personen wurden Amphetamine/Methamphetamine oberhalb erlaubter Grenzwerte festgestellt und daher von Bewusstseinsbeeinträchtigungen zum Todeszeitpunkt ausgegangen. Vor allem bei Personen, die aktiv am Straßenverkehr teilnehmen, kann die Wirkung dieser Substanzen ein erhebliches Verkehrssicherheitsrisiko darstellen. Dabei kommt es zunächst in der akuten Wirkphase zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit mit gesteigerter Wachheit, Aufmerksamkeit und teils gefährlicher Selbstüberschätzung [90]. Mit nachlassender Wirkung der Substanz kommt es durch zunehmende Leistungsabnahme zu Müdigkeit mit reduzierter Orientierung und Verwirrtheitszuständen, die teilweise mit Halluzinationen assoziiert sein können. Auffälliges Fahrverhalten muss sich dabei nicht immer zeigen, jedoch tritt dies gehäuft in der akuten und abklingenden Wirkphase der Substanz auf. Derartiges wirkphasenabhängiges Fahrverhalten zeigte sich auch in der Arbeit von Musshoff et al. (2008), wobei hier von Polizei und Ärzten im Vergleich zu anderen Substanzen mit zentral dämpfender Wirkung weniger psychophysische Leistungsdefizite dokumentiert wurden [91].

Eine Person stand zum Obduktionszeitpunkt unter dem Einfluss von Cannabinoiden. Bei diesem Fahrradfahrer lag die Konzentration von Tetrahydrocannabinol (THC) im Blut über dem Wert von 1,0 ng/ml, bei dem bereits eine Wirkung zu erwarten wäre. Außerdem war er mit einer BAK von 1,75 ‰ stark alkoholisiert. Die Wirkung von Cannabinoiden zeigt sich in ausgeprägter Müdigkeit, reduzierter Konzentration, Aufmerksamkeitsdefiziten und motorischen Störungen [90]. Dies kann sich in variierender Fahrgeschwindigkeit, reduzierter Reaktion und Schwierigkeiten beim Halten der Fahrspur äußern.

Weiterhin lagen sowohl eine Mischintoxikation von Amphetaminen/Methamphetaminen mit Cannabinoiden bei Überschreitung der Grenzwerte sowie eine Mischintoxikation von trizyklischen Antidepressiva mit Ibuprofen vor. Die trizyklischen Antidepressiva Amitriptylin (therapeutischer Bereich bei 50-300 ng/ml) und Nortriptylin (therapeutischer Bereich 20-200 ng/ml) befanden sich bei der entsprechenden Person beide im therapeutischen Bereich, Ibuprofen (therapeutischer Bereich bei 15-30 µg/ml) überschritt den therapeutischen Bereich jedoch deutlich. In diesem Fall war wegen möglicher Nebenwirkungen dieser Substanzen ein bewusstseinsgetrübter Zustand wahrscheinlich. Bei hoch dosierten Nicht-Opioid-Analgetika wie Ibuprofen ist eine zentral

erregende Wirkung möglich [92]. Psychopharmaka wie trizyklische Antidepressiva können teils stark sedierende Wirkung haben. In einer Studie von Wadsworth et al. (2005) war die Einnahme von Psychopharmaka mit Unfällen, Verletzungen und auch kognitiven Ausfällen assoziiert [93]. Insbesondere Personen mit weiteren gesundheitlichen Risikofaktoren waren davon betroffen.

Bei einem weiteren Unfallopfer wurde Amlodipin, ein Calciumantagonist vom Nifedipin-Typ, oberhalb des therapeutischen Bereichs nachgewiesen (therapeutischer Bereich 5-15 ng/ml). Aufgrund einer Überdosierung ist eine toxikologische Beeinflussung der Todesumstände dieses Fußgängers möglich. In Deutschland gibt es eine hohe Prävalenz an Hypertonikern, weshalb Antihypertonika weit verbreitet sind [92]. Es können neben einer sedierenden Wirkung Hypotonie und Vertigo auftreten, wobei diese Symptome vor allem bei Behandlungsbeginn zu erwarten sind. Im therapeutischen Bereich haben ACE-Hemmer und Vasodilatoren unter den Antihypertonika den geringsten Einfluss auf die Teilnahme am Straßenverkehr und auch von Calciumantagonisten ist nur eine minimale Einschränkung zu erwarten. Dennoch sollten Patienten auf diese potenziellen Nebenwirkungen und die damit einhergehenden Gefahren stets hingewiesen werden, insbesondere in der Initialphase der antihypertensiven Therapie.

Weirich et al. (1999) untersuchten in ihrer Veröffentlichung das Drogenspektrum auffälliger Kraftfahrer der Jahre 1993/1994 verglichen mit 1997 in Mecklenburg-Vorpommern [94]. Dabei wurden jeweils 1 000 Blutproben auf Amphetamine, Barbiturate, Benzodiazepine, Cannabinoide, Cocain und Opiate hin analysiert. Neben einem Anstieg der Prävalenz positiv gescreenter Personen von 4,6 % auf 7,8 % von 1993/1994 bis 1997 änderte sich auch der Drogenkonsum. Der dominierende Benzodiazepinkonsum sank und wurde in der vorgefundenen Häufigkeit bis 1997 durch einen deutlich angestiegenen Konsum von Cannabinoiden abgelöst. Zum Zeitpunkt der Untersuchungen zeigte sich nur eine sehr geringe Prävalenz von Amphetaminen sowie von Cocain und Opiaten.

Zum Vergleich waren im institutseigenen Obduktionsgut zum Obduktionszeitpunkt bei über der Hälfte der Personen, bei denen Medikamente und weitere Substanzen oberhalb des therapeutischen Bereichs bzw. oberhalb gesetzlicher Grenzwerte festgestellt wurden, Amphetamine/Methamphetamine nachweisbar. Auch Cannabinoide wurden nachgewiesen. Durch Cocain und Opiate beeinflusste Straßenverkehrsteilnehmer wurden in dieser Studie nicht festgestellt. Limitierend muss ergänzt werden, dass im

institutseigenen Obduktionsgut nur obduzierte und somit getötete Verkehrsteilnehmer über einen Zeitraum von 10 Jahren untersucht wurden und davon wurden insgesamt nur 50 der 157 Unfallopfer des Gesamtkollektivs auf Medikamente und weitere toxische Substanzen getestet.

Bei den Personen, bei denen durch die Obduktion Alkohol-, Medikamente und/oder andere toxische Substanzen in Konzentrationen nachgewiesen werden konnte, die auf eine Bewusstseinsbeeinträchtigung zum Unfallzeitpunkt schließen ließen und die aktiv am Straßenverkehr teilnahmen, stellten der eigenen Einschätzung nach die toxikologischen Untersuchungen eine wichtige Säule einer ganzheitlichen rechtsmedizinischen Unfallaufarbeitung dar. Nicht nur aus verkehrsrechtlichen und versicherungstechnischen Gründen ist diese Untersuchung von besonderer Relevanz, sondern auch bei Unfällen, deren Unfallursache, beispielsweise aufgrund guter Straßen- und Witterungsverhältnisse, zunächst unklar erscheint. In solchen Fällen kann die Rechtsmedizin mittels toxikologischer Untersuchungen zur Identifizierung einer möglichen Unfallursache beitragen. Insbesondere bei Hinweisen einer eventuellen Substanzeinnahme oder eines Substanzmissbrauchs, sollten derartige Untersuchungen in Anspruch genommen werden.

### **6.3 Verletzungsmuster unter Berücksichtigung der Unfall-, Kollisions- und Aufprallarten sowie der Todesursachen**

#### **6.3.1 PKW-Unfälle**

PKW-Unfälle bildeten mit 61 Unfällen und 67 getöteten Insassen (etwa 42,68 % der untersuchten Personen des Obduktionsguts) den größten Anteil innerhalb der einzelnen Unfallarten und der tödlich verunglückten Personen. Auffallend häufig starben die verunfallten PKW-Insassen mit ungefähr 47,76 % bei PKW-Baum-Kollisionen, gefolgt von PKW-PKW-Kollisionen. Matthes et al. (2007) untersuchten mit Verweis auf die hohe Anzahl an Baumunfällen im alleinreichen Mecklenburg-Vorpommern zum Bundesdurchschnitt in ihrer Studie unter anderem die Verletzungsschwere nach Baumunfällen (76 PKW-Insassen und 2 Zweiradfahrer) der Jahre 2001 bis 2004 in Mecklenburg-Vorpommern [95]. Es zeigte sich, dass bei Baumkollisionen die Schwere der Verletzungen und die Letalität zumeist hoch waren. Bei den besonders schwer bis tödlich verletzten Personen dominierten Thorax- (35 %) und Kopfverletzungen (23 %). Sie berich-



teten über eine Anschnallhäufigkeit von nur 56 % unter den Personen, die Baumunfälle erlitten haben.

Unter allen PKW-Insassen der eigenen Erhebung verunglückten ungefähr 52,24 % infolge eines Frontalaufpralls und etwa 25,37 % durch einen Seitenaufprall mit stoßnaher Sitzposition. Wehner (2007) gab den Frontalaufprall ebenfalls als dominierende Aufprallart (45 %) an, gefolgt vom Seitenaufprall (20 %) [8]. Er differenzierte jedoch bei der prozentualen Verteilung nicht weiter zwischen stoßnaher und stoßferner Sitzposition.

2 PKW-Insassen des institutseigenen Obduktionsguts verunglückten jeweils bei Alleinunfällen. Diese niedrige Zahl könnte damit zusammenhängen, dass möglicherweise bei diesen Unfällen weniger häufig gerichtliche Obduktionen angeordnet werden, da sich gegebenenfalls Unfallsituationen und Gegebenheiten eindeutiger darstellen als bei Kollisionen mit verschiedenen Unfallgegnern. Dass eine Obduktion auch bei Alleinunfällen aufschlussreich sein kann, zeigt der Fall eines der beiden bei Alleinunfällen verunglückten PKW-Insassen des institutseigenen Obduktionsguts. Dieser Insasse wies zum Obduktionszeitpunkt eine BAK von 2,28 ‰ auf, war daher sehr stark alkoholisiert und absolut fahruntüchtig.

Im institutseigenen Obduktionsgut dominierten unter den getöteten PKW-Insassen Thorax- und Kopfverletzungen. Nur etwa 7,46 % der getöteten PKW-Insassen zeigten keine der erhobenen Kopfverletzungen und nur bei einer Person waren keine thorakalen Verletzungen feststellbar ( $\approx 1,49$  %). In dieser Arbeit wurde in allen Unfallgruppen die Häufigkeit an Betroffenen dargestellt, die in den entsprechenden Körperregionen keine Verletzungen aufwiesen. Unter den Betroffenen mit Verletzungen wurde, mit Ausnahme der SHT-Klassifikation, nicht die Schwere der entsprechenden Verletzungen beurteilt, sondern welche Körperregionen Verletzungen der erhobenen Strukturen aufwiesen. In der Arbeit von Sevitt (1968) zeigten sich thorakale Verletzungen (67 %) als die häufigsten bei den obduzierten PKW-Fahrern, gefolgt von Kopfverletzungen (63 %) [96]. Unter den weiteren PKW-Insassen dominierten laut Sevitt Kopfverletzungen (81 %) und thorakale Verletzungen (50 %). Der Vergleich der eigenen Datenerhebung und Sevitts Arbeit legt nahe, dass trotz dieser großen Zeitspanne zwischen den Arbeiten und damit einhergegangenen sicherheitstechnischen Verbesserungen in Kraftzeugen das Verletzungsbild bzw. die besonders gefährdeten Körperregionen für PKW-Insassen die

gleichem geblieben sind. Bei Matthes et al. (2007) dominierten unter den Baumunfällen Verletzungen der Thorax- und Kopfregion [95].

Auf Grundlage der erhobenen Thoraxverletzungen wiesen 58 ( $\approx 86,57\%$ ) Personen rechtsseitig und 53 ( $\approx 79,1\%$ ) Personen linksseitig multiple Rippenfrakturen auf. Bei 23 ( $\approx 34,33\%$ ) Insassen frakturierte das Sternum. 49 ( $\approx 73,13\%$ ) Personen hatten mindestens eine verletzte Lunge, 25 ( $\approx 37,31\%$ ) Insassen zeigten Herzverletzungen. In 17 ( $\approx 25,37\%$ ) Fällen kam es zu Verletzungen der Aorta thoracica wie beispielsweise Aortenrupturen. Büttner (1969) sah in seiner Arbeit Thoraxkontusionen als plausibelste Ursache derartiger Rupturen, da durch Verdrängung der Brustorgane Zugkräfte auf die Aorta einwirken und eine Ruptur bedingen können [97].

Unter den Abdominalverletzungen dominierten mit 41 ( $\approx 61,19\%$ ) betroffenen Insassen Leberverletzungen, gefolgt von Milzverletzungen bei 26 ( $\approx 38,81\%$ ) Personen. 14 ( $\approx 20,9\%$ ) PKW-Insassen erlitten keine der erhobenen Abdomenverletzungen. Unter den 23 sicher angeschnallten Personen wiesen etwa 69,57 % Leberverletzungen auf, wobei ungefähr 81,25 % der angeschnallten Personen mit Leberverletzungen bei einem alleinigen oder kombinierten Frontalaufprall verunfallten. In der Arbeit von Holbrook et al. (2007) zeigten sich mit 53 % der angeschnallten Personen eine ähnlich hohe Häufigkeit an gurtbedingten Leberverletzungen durch Frontalunfälle mit vollständiger oder teilweiser Überdeckung [98]. Außerdem konnten Holbrook et al. nachweisen, dass das Risiko gurtbedingter Leberverletzungen angeschnallter Personen ohne Airbagauslösung signifikant erhöht war. Ursache der Leberverletzungen bei nicht angeschnallten Personen war laut Holbrook et al. zu 54 % die Lenksäule.

22 ( $\approx 32,84\%$ ) Personen erlitten Rückenmarksverletzungen. Die Wirbelsäule war am häufigsten im HWS-Bereich ( $n = 24$ ;  $\approx 35,82\%$ ) und Kreuzbeinbereich ( $n = 21$ ;  $\approx 31,34\%$ ) gebrochen. 23 ( $\approx 34,33\%$ ) getötete PKW-Insassen erlitten weder Rückenmarksverletzungen noch Wirbelsäulenfrakturen. In der Arbeit von Robertson et al. (2002) dominierten zervikale Rückenmarksverletzungen unter PKW-Insassen [99]. Durch die Dezeleration zum Kollisionszeitpunkt resultieren aus einem gurtfixierten Thorax gegenüber einem nicht fixierten Kopf mehr zervikale Verletzungen als durch den gewaltsamen Kontakt mit der Fahrzeuginneneinrichtung [100]. In der eigenen Arbeit wurden nicht die genaue Lokalisationen an Rückenmarksverletzungen erfasst, jedoch ist davon auszugehen, dass frakturierte Wirbelsäulenbereiche wahrscheinlicher mit Rückenmarksverletzungen einhergehen als nicht frakturierte Bereiche.

Die freien Extremitäten der PKW-Insassen der eigenen Erhebung waren seltener frakturiert. Frakturen an den freien unteren Extremitäten traten häufiger auf als an den freien oberen. 44 ( $\approx 65,67\%$ ) Personen hatten keine Frakturen der freien oberen Extremitäten, 36 ( $\approx 53,73\%$ ) Personen zeigten keine Frakturen der freien unteren Extremitäten. Robertson et al. (2002) berichteten über eine etwas höhere Anzahl an Verletzungen der unteren Extremitäten (einschließlich Becken) gegenüber den Verletzungen der oberen Extremitäten der untersuchten PKW-Insassen [99]. McGwin et al. (2003) wiesen durch ihre Arbeit nach, dass die Gurtnutzung vor Verletzungen der oberen Extremitäten schützt, jedoch nicht die alleinige Airbagauslösung eines unangeschnallten Insassen [101]. Angeschnallte Insassen hatten auch für die unteren Extremitäten ein geringeres Verletzungsrisiko, jedoch zeigte sich bei den unangeschnallten Insassen bei alleiniger Airbagauslösung sogar ein erhöhtes Verletzungsrisiko der unteren Extremitäten. Auch Estrada et al. (2004) zogen diese Schlussfolgerung bezüglich des Verletzungsrisikos der unteren Extremitäten [102].

Die Analyse bestimmter Verletzungsmuster von PKW-Insassen bzw. häufig vorhandener Verletzungen hilft, die Fahrzeugsicherheit weiter zu erhöhen und derartige Verletzungen zu reduzieren [103]. Die Rechtsmedizin kann zur Identifizierung dieser häufig betroffenen Körperregionen beitragen. Weiterhin kann die rechtsmedizinische Obduktion anhand spezifischer Verletzungen Hinweise zur Unfallrekonstruktion liefern. Von besonderer Relevanz sind dabei gurtspezifische Verletzungen die beweisen, dass zum Kollisionszeitpunkt ein Sicherheitsgurt angelegt war, und welche anhand des Gurtmarkenverlaufs zur Rekonstruktion der Sitzposition beitragen [9]. Diese können jedoch trotz angelegtem Sicherheitsgurt fehlen. Ausgenommen von Gurtmarken konnten die erhobenen Verletzungen nicht zweifelsfrei einem Sicherheitsgurt zugeordnet werden. Auffallend waren jedoch im institutseigenen Kollektiv das gehäufte Auftreten von Leberverletzungen unter nachgewiesener Gurtnutzung. Derartige Verletzungen, die teilweise unter korrekt, aber auch falsch angelegtem Sicherheitsgurt auftreten, können im Gesamtbild aus Verletzungsmuster und korrespondierenden Fahrzeugbeschädigungen Hinweise auf Gurtnutzung geben, beweisend sind jedoch letztlich nur die Gurtverletzungen [9, 13–16]. Todesfälle aufgrund des Sicherheitsgurts, wie in der Literatur beschrieben, sind selten und wurden im institutseigenen Obduktionsgut nicht gefunden [17, 18]. Innerhalb des untersuchten Kollektivs getöteter PKW-Insassen konnten insgesamt bei 21 PKW-Insassen Gurtmarken sicher nachgewiesen werden, 2 Personen wurden außerdem durch die Einsatzkräfte

angeschnallt vorgefunden. In der eigenen Arbeit wurde lediglich erhoben, ob Gurtmarken vorhanden waren, jedoch nicht der entsprechende Verlauf oder die Lokalisation anhand der zugehörigen Körperregion (Thorax bzw. Abdomen). In 38 Fällen war trotz Obduktion unklar, ob ein Sicherheitsgurt zum Unfallzeitpunkt genutzt wurde. 16 dieser 38 Personen wiesen Glassplitterverletzungen im Kopf- bzw. Thoraxbereich auf. Nach Spiessl und Gögler (1978) treten Glasverletzungen des Kopfes bei angegurten Personen erst aufgrund schwerster Frontalkollisionen auf, mit einem daraus resultierenden deformierten bzw. eingedrückten Fahrzeugraum [104]. In Anbetracht der durch die Obduktion festgestellten Glassplitterverletzungen der 16 genannten PKW-Insassen kann in Relation zur Fahrzeugbeschädigung (Deformation, Bruchspinne) nach individueller Begutachtung eine Gurtnutzung als wahrscheinlicher bzw. unwahrscheinlicher eingestuft werden. 2 PKW-Insassen, bei denen unklar war, ob sie zum Kollisionszeitpunkt einen Sicherheitsgurt angelegt hatten, wurden aus dem Fahrzeug geschleudert. O'Day und Scott (1984) zeigten in ihrer Arbeit, dass es nahezu ausgeschlossen ist, als angegurter Fahrzeuginsasse aus einem Kraftfahrzeug herausgeschleudert zu werden [105]. Es kann somit mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die 2 genannten PKW-Insassen zum Kollisionszeitpunkt keinen Sicherheitsgurt angelegt hatten und daher aus dem Fahrzeug geschleudert wurden. Bei 2 der 3 herausgeschleuderten Personen überschlug sich das Fahrzeug. Kocherscheidt (1991) proklamierte in seiner Arbeit die besonders schwerwiegenden bis tödlichen Verletzungen unangeschnallter PKW-Insassen, die durch Überschlag des Kraftwagens aus dem Fahrzeug geschleudert wurden [106]. Verletzungen solitärer Überschlagsunfälle angegurter PKW-Insassen waren dabei oftmals weniger schwer und daher der Benefit durch den Sicherheitsgurt beim Überschlagunfall so hoch wie bei keiner anderen Unfallart.

In der eigenen Erhebung konnte durch die Obduktionen bei allen 4 aus dem PKW geschleuderten Insassen die Sitzposition zum Unfallzeitpunkt rekonstruiert werden. Die Klärung der Sitzposition herausgeschleudelter Personen nach dem Fahrzeugüberschlag stellt eine besondere Herausforderung dar, was Hunger et al. (1991) durch einen Fallbericht verdeutlichten, in welchem falsche Angaben zur Sitzposition durch die Unfallüberlebende gemacht wurden [107]. Aufgrund der genauen Analyse des Unfallgeschehens und der Verletzungen konnte die Falschaussage der Frau aufgedeckt werden. Hunger et al. verdeutlichten durch ihre Arbeit die Wichtigkeit interdisziplinärer Zusammenarbeit der Rechtsmediziner unter anderem mit der Polizei, Ingenieuren und Kriminaltechni-

kern im Rahmen der Unfallaufklärung. Für die Begutachtung des Unfalls bedarf es dem Rechtsmediziner an ausreichender Information über Umstände bzw. Ablauf des Unfalls [108]. Wichtig für die Unfallrekonstruktion sind dabei für den Rechtsmediziner Erkenntnisse über Bewegungsabläufe und Intensitäten der auf den Körper einwirkenden Gewalt bzw. Kräfte durch geschulte Unfallanalytiker. Andererseits benötigen Unfallsachverständige für ihre Untersuchungen Informationen über rechtsmedizinische Feststellungen, was die interdisziplinäre Zusammenarbeit unabdingbar macht. Die Klärung der Frage des Kausalzusammenhangs zwischen Unfall und daraus eventuell resultierendem Tod ist dabei eine der Kernaufgaben des Rechtsmediziners.

In 157 Fällen des institutseigenen Obduktionsguts bestand dieser Kausalzusammenhang und damit ein durch äußere Einflüsse im Rahmen eines Straßenverkehrsunfalls verursachter nicht natürlicher Tod [109]. Für die Kategorisierung der Todesursachen in Polytrauma, Schädelhirntrauma, Herz- bzw. Aortenverletzung und daraus teilweise resultierender Hämorrhagie, Halsmarkverletzung, Verbrennen des Verunfallten am Unfallort und Folge bzw. Spätkomplikation aufgrund des Unfallgeschehens wurde die Einteilung anhand der am schnellsten zum Tode führenden Verletzung bzw. Komplikation gewählt. Fanden sich beispielsweise bei einer Person eine nicht mit dem Leben zu vereinbarende Halsmarkverletzung und zusätzlich weitere schwerwiegende Verletzungen im Rahmen eines Polytraumas, wurde als Todesursache die Halsmarkverletzung angesehen, da sie in diesem Fall am schnellsten und wahrscheinlichsten zum Tod geführt haben musste. Diese Vorgehensweise erfolgte für alle Unfallarten. Im untersuchten Kollektiv der PKW-Insassen rangierte unter den Todesursachen das Polytrauma ( $n = 29$ ) an erster Stelle, was anhand der erörterten, vielseitig zu erwartenden Verletzungen nicht verwundert. Dabei war die Gesamtheit mehrerer Verletzungen oder mindestens eine Verletzung, die nicht den restlichen Kategorien zugeordnet werden konnte, vitalgefährdend [110]. Die zweithäufigste Todesursache der PKW-Insassen war das Schädelhirntrauma ( $n = 17$ ), gefolgt von Herz- bzw. Aortenverletzungen ( $n = 8$ ), wobei entsprechende Körperregionen in der Erhebung auch am häufigsten von Verletzungen betroffen waren. Für alle Unfallarten erfolgte die Klassifikation des Schädelhirntraumas in *Commotio cerebri* ohne hirnorganische Schädigungen, *Contusio cerebri* mit Gehirnprellung bei organischer Hirnschädigung und *Compressio cerebri* mit sekundärer Hirnquetschung durch traumatisch bedingtes Hirnödem [111]. Hierbei handelt es sich um eine veraltete Einteilung, die jedoch eine Zuordnung nach anatomischen Gesichtspunkten erlaubt und deshalb ausgewählt wurde. Eine Beurteilung der Schwere des Schädelhirn-

traumas war anhand der heutzutage gängigen Glasgow Coma Scale (GCS), mit der der neurologische Status erhoben wird, am Verstorbenen nicht möglich. Daher wurde anhand der gewählten Klassifikation eigenständig eine Einteilung in leichtes, mittelschweres und schweres Schädelhirntrauma getroffen. Bei der Unterteilung des Schädelhirntraumas in kein SHT oder leichtgradiges SHT bestand die Problematik darin, dass keine anatomische Gehirnschädigung vorlag. Die Entscheidung erfolgte daher anhand des Gesamtverletzungsbildes des Kopfes. Lagen beispielsweise Frakturen oder ausgeprägte Hämatome im Kopfbereich vor, wurde von einem leichtgradigen SHT ausgegangen, da dafür stärkere Kräfte auf den Kopf eingewirkt haben mussten. Die Zuordnung in mittelschweres und schweres SHT erfolgte neben dem Vorliegen einer Gehirnprellung bzw. Gehirnquetschung weiterhin aufgrund individueller Einschätzung. So konnte beispielsweise bei einer Hirnblutung teilweise auch nur ein mittelschweres SHT vorliegen und nicht zwangsläufig ein schweres SHT, wenn nur geringgradige Blutungen festgestellt wurden, die keine Gehirnquetschungen zur Folge hatten.

Der Tod durch Verbrennen stellte eine Besonderheit der PKW-Unfälle dar. Unter allen untersuchten Unfallarten trat er nur bei PKW-Insassen auf ( $n = 5$ ). Die Verbrennungen wurden unter den Kopf-, Thorax-, und Abdomenverletzungen der PKW-Insassen berücksichtigt, im Bereich der Extremitäten wurden nur Frakturen erhoben. Bei Brandleichen ist die Unfallrekonstruktion besonders erschwert, wie Scheithauer et al. (1993) anhand von Fallberichten verdeutlichten [112]. Starke Verkohlung der Haut, die durch die Fechterstellung veränderte Ausrichtung des Körpers, hitzebedingte Frakturen oder auch Brandhämatome im Schädel machen die Rekonstruktion problematisch und erfordern besonders die bereits erwähnte interdisziplinäre Zusammenarbeit. Auch im institutseigenen Kollektiv war unter den verbrannten PKW-Insassen eine Beurteilung von Strukturen im Kopfbereich teilweise nicht möglich. Die Identifizierung des Leichnams, was anhand eines odontologischen Vergleichs oftmals gelingt, und die Klärung der Frage, ob die entsprechende Person zum Kollisionszeitpunkt bzw. danach noch gelebt hat (Rußpartikel in den unteren Atemwegen bestätigen dies), stellen dabei zentrale Aufgaben des Rechtsmediziners dar.

### **6.3.2 Fußgängerunfälle**

Etwa 30,57 % aller Getöteten im Untersuchungszeitraum waren Fußgänger ( $n = 48$ ). Sie bildeten damit die zweitgrößte Unfallgruppe. 40 der 48 Fußgänger starben bei Fußgänger-PKW-Kollisionen. Ungefähr 64,58 % der Fußgänger ( $n = 31$ ) wurden unter-

halb ihres Schwerpunktes erfasst und anschließend auf das Fahrzeug aufgeladen bzw. überflogen dieses. Am zweithäufigsten erfolgte in 7 ( $\approx 14,58\%$ ) Fällen der Anstoß oberhalb des Schwerpunktes, wodurch der Fußgänger zu Boden geworfen und im Anschluss überrollt, überfahren oder weggeschleudert wurde. Letzteres ist seltener und ist bei größeren Fahrzeugen (beispielsweise LKWs) der Fall [8]. Von besonderer Bedeutung im Rahmen der Unfallrekonstruktion ist dabei die Gehrichtung des Fußgängers [6]. Hier muss analysiert werden, ob der Fußgänger aus Fahrersicht plötzlich von rechts auf die Fahrbahn trat, wodurch sich die Kollision meist als unvermeidbar darstellt, oder ob es sich um einen von links kommenden Fußgänger (lange Seite) handelte, welcher rechtzeitig hätte erkannt werden können.

Die größte Bedeutung zur Klärung dieser Frage kommen dabei dem Messerer-Bruch und dem Decollement zu [33, 34]. Insgesamt wiesen ungefähr 39,58 % der verstorbenen Fußgänger Messerer-Brüche auf. Bei Auswertung des Fußgängerkollektivs zeigte sich, dass die behauptete Gehrichtung des jeweils verunglückten Fußgängers, auf Basis von Zeugenaussagen bzw. Aussagen der Unfallgegner, im Vergleich zur plausibelsten Gehrichtung nach Analyse des Verletzungsmusters des entsprechenden Fußgängers teilweise differierte. So behaupteten beispielsweise Zeugen bzw. Unfallgegner in 8 Fällen, der jeweilige Fußgänger wäre seitlich zum Fahrzeug von links kommend erfasst worden. Durch die Obduktion wurde dieser Umstand jedoch in 11 Fällen festgestellt, sodass vermutlich in 3 Fällen durch Zeugen bzw. Unfallgegner falsche Angaben gemacht wurden, sei es vorsätzlich oder unbeabsichtigt im Rahmen der gesamten Unfallsituation. Insbesondere die Summe der Fußgänger, bei denen die Gehrichtung nicht aus dem polizeilichen Ermittlungsbericht hervorging und damit als unklar eingestuft wurde, konnte im Rahmen der Obduktion durch die genaue Analyse der Verletzungsmuster von 17 ( $\approx 35,42\%$ ) auf 8 ( $\approx 16,67\%$ ) gesenkt werden und die Rechtsmediziner dadurch einen entscheidenden Beitrag zur Unfallrekonstruktion liefern.

Im institutseigenen Obduktionsgut dominierten unter den getöteten Fußgängern Kopf- und Thoraxverletzungen. Unter den erhobenen Verletzungen der entsprechenden Körperregionen zeigte lediglich ein Fußgänger ( $\approx 2,08\%$ ) keine Kopfverletzungen, 5 ( $\approx 10,42\%$ ) hatten keine Thoraxverletzungen, 20 ( $\approx 41,67\%$ ) Fußgänger wiesen keine Abdomenverletzungen auf, 12 (25 %) Personen erlitten weder Rückenmarksverletzungen noch Wirbelsäulenfrakturen, 31 ( $\approx 64,58\%$ ) Fußgänger zeigten keine Frakturen der freien oberen Extremitäten auf und 16 ( $\approx 33,33\%$ ) Fußgänger hatten keine Frakturen der freien unteren Extremitäten.

In der Untersuchung von Martin et al. (2011) dominierten Verletzungen der unteren Extremitäten (ohne Becken), gefolgt von Kopfverletzungen, Verletzungen der oberen Extremitäten, Thoraxverletzungen, Rückenverletzungen und Abdomenverletzungen [113]. Die schwersten Verletzungen zeigten sich dabei in der Kopfregion, gefolgt von der Thoraxregion. Weiterhin zeigte die Untersuchung, dass die Letalität unter den Fußgängern verglichen zu den ebenfalls erhobenen Unfallgruppen der PKW-Insassen, Motorradfahrer und Fahrradfahrer am höchsten war.

In der Arbeit von Karger et al. (2001) sollte der Frage nachgegangen werden, ob die untersuchten Fußgänger in aufrechter Position erfasst wurden, bevor sie überfahren bzw. überrollt wurden [114]. Dabei traten bestimmte Verletzungen nur in der Gruppe der Fußgänger auf, die zunächst in aufrechter Position erfasst wurden. Dazu zählten unter anderem Messerer-Brüche, Glassplitterverletzungen nach Kontakt mit der Windschutzscheibe eines Personenkraftwagens und Abriebspuren der Schuhsohle, die Hinweise auf die Richtung der Gewalteinwirkung gaben. Derartige Verletzungen wurden in der Vergleichsgruppe der überfahrenen bzw. überrollten Fußgänger ohne Anstoß nicht gefunden. Die Art und Häufigkeit von Verletzungen wie beispielsweise des Kopfes, der Rippen, der oberen Extremitäten, der Oberschenkel oder innerer Organe zeigte laut Karger et al. keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Im institutseigenen Kollektiv wurden bei 7 Fußgängern Glassplitterverletzungen und bei einem Fußgänger Abriebspuren der Schuhsohle gefunden. Frakturen der freien unteren Extremitäten waren zahlreicher vorhanden als an den freien oberen Extremitäten, wobei links- und rechtsseitig Tibia-, gefolgt von Fibulafrakturen dominierten. 19 ( $\approx 39,58\%$ ) der 48 verstorbenen Fußgänger wiesen Messerer-Brüche auf, wovon in beinahe der Hälfte der Fälle ( $n = 9$ ) die Basis des Bruchkeils lateral lag. Die in diesen Fällen nach medial zeigende Keilspitze zeigte dabei die Fahrtrichtung des Fahrzeugs an [8]. In 10 der 19 Fälle befand sich der Messerer-Bruch an der rechten unteren Extremität, in 8 Fällen an der linken unteren Extremität. Wenn vorhanden, zeigten sich Messerer-Bruchkeile am häufigsten an der Tibia ( $\approx 84,21\%$ ).

Mittmeyer et al. (1974) schlossen aus den Ergebnissen ihrer Studie, dass durch die Obduktion des Leichnams und in Anbetracht der gesamten Spurenlage anhand sorgfältig präparierter Messerer-Brüche entscheidende Rückschlüsse auf die Anstoßrichtung im Rahmen der Unfallrekonstruktion gezogen werden können [115]. Jedoch ist ein Messerer-Bruch nicht immer vorzufinden, wenn er anhand eines entsprechenden Anstoßes zu erwarten wäre. Dies zeigen auch die Ergebnisse der



eigenen Arbeit. Schmidt et al. (2016) warnten aufgrund ihres Fallberichts, dass Messerer-Bruchkeile auch durch indirekte Anstöße im Rahmen einer weiteren Unfallphase entstehen können [116]. Daher müssen fraglich direkt entstandene Messerer-Bruchkeile in Relation zu weiteren Verletzungen (z.B. Haut- und Weichteilverletzungen) bzw. zum Gesamtverletzungsbild und der polizeilichen Berichterstattung gesetzt werden. Auch Rabl et al. (1996) thematisierten die Problematik indirekt entstandener Tibiafrakturen [117]. Einfacher gestaltet sich die Rekonstruktion der Anstoßrichtung, wenn durch die Obduktion ein Decollement in Verbindung mit einem Messerer-Bruch gefunden wird, was sich als besonders aussagekräftig darstellt [34]. Bei Anfahrverletzungen kann sich die Haut oberhalb dieser geschlossenen Wundhöhle unverletzt präsentieren. Eine ausführliche Präparation ist erforderlich. Das Decollement kann der einwirkenden Gewalt entsprechend an jeder Körperstelle entstehen. Zur Klärung rechtsrelevanter Fragen bzw. zur Rekonstruktion des Fußgängerunfalls spielt das Decollement im Bereich der oberen Extremitäten jedoch nur eine untergeordnete Rolle. Eine Wundtasche bedingt durch eine Anfahrverletzung präsentiert sich meist klein und eher unauffällig, wohingegen nach Überrollvorgängen eher ausgeprägtere Befunde mit großen Wundhöhlen und äußerlichen Schwellungen, Hämatomen oder auch Reifenspuren zu erwarten sind. Bei Personen, die von Fahrzeugreifen überrollt wurden, ist nahezu immer ein Decollement zu finden. Bei insgesamt 11 überrollten Fußgängern der eigenen Erhebung wurde in 10 Fällen ein Decollement an der dorsalen Rumpf- oder Gesäßregion gefunden. Spuren des Reifenprofils konnten bei 4 Unfallopfern gesichert werden. In der Untersuchung von Ehrlich (2008) zeigte sich, dass Reifenabdrücke nach einer Überrollung durch einen LKW häufiger vorhanden waren als durch einen PKW [118]. Ehrlich schloss daraus, dass die Entstehung des Reifenabdrucks mit dem Gewicht des Fahrzeugs in Verbindung stehen könnte. Er stellte außerdem fest, dass sowohl Quetschungen als auch der Profilabdruck am Anfang der Reifenspur am deutlichsten ausgeprägt waren.

6 alkoholisierte männliche Fußgänger des institutseigenen Obduktionsguts lagen vor dem Fahrzeugkontakt bereits auf der Straße (Ø 2,34 ‰ BAK). Aufgrund der Obduktionsergebnisse konnte ausgeschlossen werden, dass diese Personen vor der Kollision tot auf der Straße abgelegt wurden, infolgedessen bei ihnen kein Kausalzusammenhang zwischen den Unfallverletzungen und dem eingetretenen Tod bestanden hätte. Fechner et al. (1991) beschrieben anhand den Ergebnissen ihrer Arbeit diese charakteristische Konstellation überfahrener alkoholisierter Männer [39]. In

diesen Fällen besteht die Notwendigkeit einer genauen rechtsmedizinischen Rekonstruktion, da neben der Todesursachenfeststellung und Analyse des Verletzungsmusters hier vor allem die Ergebnisse der toxikologischen Untersuchungen und Vitalitätszeichen der Verletzungen entscheidende Hinweise liefern können.

3 Fußgänger wiesen Verletzungen bzw. Spuren auf, die auf Kontakt mit dem Fahrzeugunterboden zurückzuführen waren. Dabei handelte es sich um Verletzungen, die durch das Überfahren mit einem Fahrzeug zustande kamen [6].

Innerhalb des untersuchten Fußgängerkollektivs war bei 22 Fußgängern ein Polytrauma die Todesursache und bei 17 Fußgängern ein SHT, was mit den diskutierten häufigen Verletzungen der betroffenen Körperregionen korrespondiert. Auffallend war, dass die Hälfte aller an Folge- und Spätkomplikationen verstorbener Personen Fußgänger ( $n = 6$ ) mit einem Durchschnittsalter von ungefähr 74 Jahren waren. In der eigenen Arbeit kann dies auf den bereits erwähnten hohen Anteil älterer Menschen unter den tödlich verunglückten Fußgängern sowie die in dieser Alters- und Personengruppe generell häufigen Spätkomplikationen bei längeren Überlebenszeiten trotz vergleichsweise geringen Verletzungen zurückgeführt werden [73–75, 119]. Jüngere Verkehrsunfallopfer starben meist aufgrund ausgeprägterer Verletzungen kurz nach dem Unfall, sodass die geringere Rate an Spätkomplikationen jüngerer Unfallopfer unter anderem diesem Umstand geschuldet ist.

### **6.3.3 Kraftrad- und Fahrradunfälle**

Bei Kraftrad- und Fahrradunfällen handelt es sich um Zweiradunfälle. Daher werden diese aufgrund der Ähnlichkeit im Unfallablauf und zur Feststellung eventueller Gemeinsamkeiten im Verletzungsmuster vergleichend diskutiert. Im Untersuchungszeitraum befanden sich unter den 157 getöteten Straßenverkehrsunfallopfer lediglich 15 ( $\approx 9,55\%$ ) Kraftradfahrer und 20 ( $\approx 12,74\%$ ) Fahrradfahrer, wobei auch in diesen Unfallgruppen PKWs die häufigsten Unfallgegner darstellten. 10 Personen starben bei Kraftrad-PKW-Kollisionen und 13 Personen bei Fahrrad-PKW-Kollisionen. Andere Quellen geben für die Unfallgruppe der Fahrradfahrer ebenfalls Fahrrad-PKW-Kollisionen als häufigste Kollisionsart an [119, 120]. Preusser et al. (1995) gaben für Motorradfahrer den Alleinunfall als häufigste Kollisionsart an [121]. Allerdings muss hierbei bedacht werden, dass in der eigenen Erhebung unter dem Begriff Kraftrad alle motorisierten Zweiräder subsumiert wurden. Es ist davon auszugehen, dass sich bei-

spielsweise Mofafahrer eher im Stadtverkehr wiederfinden, wodurch das Kollisionsrisiko mit PKWs vermutlich höher sein dürfte als für Alleinunfälle. Anhand besserer Studienlage wurde in der eigenen Arbeit der Vergleich zwischen den untersuchten Kraftstoffradfahrern (Mofa, Motorrad,...) und Motorradfahrern anderer Arbeiten gezogen.

Die meisten Kraftstoffradfahrer verunglückten in der eigenen Erhebung beim Frontalaufprall mit einem Kraftwagen ( $\approx 26,67\%$ ) und beim Aufprall in die Fahrzeugseite eines Kraftwagens ( $\approx 26,67\%$ ). Bei den Fahrradunfällen hingegen prallte in 45 % der Fälle der Kraftwagen in die linke Fahrradseite, der von rechts kommenden Fahrradfahrer und weitere 15 % der Fahrradfahrer wurden rücklings durch die Fahrzeugfront erfasst.

Bei der Analyse des Verletzungsmuster werden die in beiden Unfallgruppen am häufigsten von Verletzungen betroffenen Körperregionen (Kopf- und Thoraxregion) vergleichend diskutiert.

Alle Kraftstoffradfahrer erlitten ein Schädelhirntrauma. Bei der Schweregradbeurteilung der Schädelhirntraumata wurde bei 3 (20 %) Getöteten anhand entsprechender Kopfverletzungen von einem leichtgradigen SHT ausgegangen. 4 ( $\approx 26,67\%$ ) Kraftstoffradfahrer erlitten ein mittelschweres und 8 ( $\approx 53,33\%$ ) Kraftstoffradfahrer ein schweres Schädelhirntrauma. Bei ungefähr 33,33 % der Kraftstoffradfahrer wurde ein offenes SHT verzeichnet. In Anbetracht der rechtsrelevanten Helmpflicht wurde aufgrund fehlender Datenlage davon ausgegangen, dass alle Kraftstoffradfahrer zum Unfallzeitpunkt einen Helm getragen haben [10]. Ein Kraftstoffradfahrer verlor im Rahmen der Kollision seinen Helm, wies jedoch keine Schädelfrakturen auf, welche wie auch eingangs erwähnt das Risiko für Gehirnverletzungen erhöhen könnten [44, 122]. Jeder Kraftstoffradfahrer zeigte mindestens eine der erhobenen Kopfverletzungen, wenn auch verglichen mit den Fahrradfahrern mit meist geringerer Verletzungsschwere gemessen an der gewählten SHT-Klassifikation. Rice et al. (2016) konnten anhand ihrer Untersuchungen zeigen, dass das Tragen eines Schutzhelms Kraftstoffradfahrer stark vor tödlichen Verletzungen und Kopfverletzungen schützt, und auch bedingt vor Nackenverletzungen [123]. Die Bedeutung der Schutzfunktion des Helms für Kraftstoffradfahrer bedingt durch die Reduktion von Kopfverletzungen bekräftigten auch Gabella et al. (1995) mit ihren Ergebnissen [124].

Die Schädelbasisfraktur stellte mit 40% die häufigste Schädelfraktur der Kraftstoffradfahrer dar, jedoch bleibt unklar, inwieweit das Helmgewicht derartige Frakturen begünstigt haben könnte, da hierzu keine Informationen vorlagen [43].

Nur etwa 6,67 % der Kraftradfahrer wiesen keine der erhobenen Thoraxverletzungen auf. Außerdem hatten 40 % von ihnen thorakale Aortenverletzungen und damit prozentual deutlich mehr als in den Unfallgruppen der PKW-Insassen, Fußgänger und Fahrradfahrer. Bambach und Mitchell (2014) identifizierten in ihrer Arbeit unter den untersuchten Motorradfahrern thorakale Verletzungen als die am häufigsten vorkommenden schweren Verletzungen, gefolgt von schweren Kopfverletzungen und schweren Verletzungen der unteren Extremitäten [125]. In der eigenen Arbeit wiesen etwa 53,33 % der Kraftradfahrer keine Frakturen der freien unteren Extremitäten auf. Auf Grundlage der erhobenen Verletzungen waren die freien unteren Extremitäten damit neben den freien oberen Extremitäten die am wenigsten von Verletzungen betroffene Körperregion der Kraftradfahrer. Jedoch wurde keine Aussage zur Verletzungsschwere getroffen.

Zhao et al. (2011) untersuchten in ihrer Arbeit unter anderem die Verteilung oberflächlicher Verletzungen von Kraftradfahrern und Soziern [126]. Die beiden Gruppen Fahrer und Soziern zeigten die häufigsten Verletzungen im Kopfbereich, gefolgt von den unteren Extremitäten und dem Thorax, wobei die Häufigkeiten innerhalb der 2 Gruppen variierten. Spezifische oberflächliche Verletzungen können bei der Sitzplatzrekonstruktion helfen. Im institutseigenen Kollektiv waren alle Getöteten Fahrer des Kraftrads. Diese spezifischen Verletzungen können helfen, den Fahrer des Kraftrads zu identifizieren, was jedoch in den eigenen untersuchten Fällen aufgrund der Gegebenheiten nicht erforderlich war [7, 9, 45, 46]. Die eingangs erwähnten geformten Verletzungen, beispielsweise durch Lenker, Kühlrippen oder Tank des Kraftrads, konnten im institutseigenen Kollektiv nur bei einer Person festgestellt werden.

Im Vergleich zur Unfallgruppe der Kraftradfahrer erlitten 17 (85 %) von 20 Fahrradfahrern ein Schädelhirntrauma. Von diesen 17 Fahrradfahrern wurde angesichts der Kopfverletzungen in ungefähr 11,76 % der Fälle von einem leichtgradigen SHT, bei weiteren etwa 11,76 % von einem mittelschweren SHT und in ungefähr 76,47 % der Fälle von einem schweren Schädelhirntrauma ausgegangen. Die Tatsache, dass etwa 47,06 % der Fahrradfahrer mit SHT ein offenes bzw. ungefähr dreiviertel der Fahrradfahrer ein schweres Schädelhirntrauma erlitten, legt die Vermutung nahe, dass die Helmtragequote im untersuchten Kollektiv gering gewesen sein musste. Die Berücksichtigung der teils großen Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Kraftrad- und Fahrradfahrer in Relation zur SHT-Schwere beider Unfallgruppen bekräftigt diese Überlegung. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit wären unter den Kraftradfahrern schwerere Kopfverletzungen zu erwarten gewesen, unter diesen war jedoch vermutlich die Helmtragequote höher als

unter den Fahrradfahrern. Da anhand der polizeilichen Ermittlungsberichte nicht festgestellt werden konnte, ob die getöteten Fahrradfahrer zum Kollisionszeitpunkt einen Helm trugen, wurde aufgrund der individuellen Verletzungsschwere des Kopfes in den meisten Fällen nicht davon ausgegangen. Die 3 Fahrradfahrer ohne Schädelhirntrauma könnten entweder ohne Kopfbeteiligung gestürzt sein oder einen Helm getragen haben. Lediglich 15 % der Fahrradfahrer zeigten keine der erhobenen Kopfverletzungen. Thompson et al. (1989) konnten in ihrer Studie durch das Tragen eines Fahrradhelms eine Risikoreduktion von Kopfverletzungen um 85 % und Gehirnverletzungen um 88 % nachweisen [127]. Und auch Otte (1991) verweist anhand seiner Arbeit auf eine deutliche Reduktion an Verletzungen der Weichteile, des Gehirns und des knöchernen Schädels durch einen Helm [128]. Anhand dieser Untersuchungen müssen Fahrradfahrer weiterhin dazu ermutigt werden, einen Fahrradhelm zu tragen, aber auch die Einführung einer Helmpflicht für Fahrradfahrer wäre eventuell eine weitere Möglichkeit, die eingangs erwähnten geringen Helmtragequoten deutlich zu erhöhen [47].

25 % der Fahrradfahrer wiesen keine der erhobenen Thoraxverletzungen auf und damit war die Thoraxregion nach der Kopfregion die am zweithäufigsten verletzte Körperregion in der Unfallgruppe der Fahrradfahrer. In der Arbeit von Simon et al. (1991) stellte die verletzte Thoraxregion nach der Kopf-/Halsregion die zweithäufigste Region der Todesursache dar [120].

In der Arbeit von Schlickewei et al. (1993) zeigte die vergleichende Analyse der unterschiedlichen Verletzungsmuster stationärer Patienten nach Motorrad- und Fahrradunfällen, dass Fahrradfahrer insgesamt leichter verletzt waren, jedoch häufiger Kopfverletzungen erlitten als Motorradfahrer [50]. Motorradfahrer waren hingegen meistens schwerwiegender verletzt. McDermott und Klug (1985) kommen bezüglich der Verteilung von Verletzungshäufigkeit und Verletzungsschwere von Motorrad- und Fahrradfahrern zu ähnlich Schlüssen [48, 49]. Zwar zeigten im institutseigenen Kollektiv Kraftfahrer häufiger Kopfverletzungen der erhobenen Strukturen als Fahrradfahrer, jedoch erlitten letztere bezogen auf die SHT-Klassifikation deutlich schwerere Kopfverletzungen, wohingegen Kraftfahrer häufiger polytraumatisiert waren.

Ein Kraftfahrer wurde infolge eines mehrphasigen Unfallgeschehens im Anschluss an die Kollision durch ein weiteres Fahrzeug überrollt und wies dahingehend Spuren eines Reifenprofils auf. Auch 2 Fahrradfahrer wurden im Rahmen eines mehrphasigen Unfallgeschehens jeweils durch ein weiteres Fahrzeug überrollt, wovon einer sowohl

Spuren eines Reifenprofils als auch Hautdehnungsrisse aufwies. Ein weiterer Fahrradfahrer wurde nach der eigentlichen Kollision durch ein nachfolgendes Fahrzeug überfahren. Für die genannten Fälle müssen im Rahmen der Unfallrekonstruktion außerdem die bereits erörterten Kriterien bzw. Verletzungsmuster des Fußgängerunfalls berücksichtigt werden und die Getöteten zusätzlich dahingehend untersucht werden.

Im Vergleich zu den anderen Unfallgruppen starben Kraftradfahrer mit ungefähr 46,67 % prozentual am häufigsten an den Folgen eines Polytraumas. Innerhalb der Gruppe der Kraftradfahrer starben nach dem Polytrauma ( $n = 7$ ) ebenso viele Personen an einem SHT ( $n = 4$ ) wie an Herz- bzw. Aortenverletzungen ( $n = 4$ ). Diese Todesursachenverteilung deckt sich mit dem diskutierten Verletzungsmuster. Gleiches gilt für die Unfallgruppe der Fahrradfahrer, die verglichen mit den Kraftradfahrern die schwereren Kopfverletzungen verzeichneten. Dazu korrespondierend starben mit 55 % prozentual am häufigsten Fahrradfahrer ( $n = 11$ ) an einem Schädelhirntrauma, gefolgt vom Polytrauma. In der Arbeit von Schmidt et al. (1991) war das Schädelhirntrauma bei ungefähr 50 % der verstorbenen Radfahrer todesursächlich [119]. Auch Rabl et al. (1991) deklarierten in ihrer Arbeit das Schädelhirntrauma als häufigste Todesursache, gefolgt vom Polytrauma [129].

## 7 Zusammenfassung

Von insgesamt 1 887 Obduktionen im Untersuchungszeitraum entfielen 163 Fälle auf tödlich verunglückte Straßenverkehrsteilnehmer, wovon in 157 Fällen ein Kausalzusammenhang zwischen Unfallereignis und Tod nachgewiesen werden konnte. Deren statistische Auswertung ergab für das Gesamtkollektiv 58 ( $\approx 36,94\%$ ) weibliche und 99 ( $\approx 63,06\%$ ) männliche Todesopfer. Weibliche Verkehrstote waren gegenüber den männlichen in nahezu allen Unfallgruppen unterrepräsentiert. Die meisten Personen starben in der Altersklasse der 20- bis 24-Jährigen (Anzahl  $n = 21$ ). Weibliche Personen verstarben durchschnittlich mit ungefähr 61 Jahren, männliche mit etwa 46 Jahren, bei einer für beide Geschlechter mittleren Überlebenszeit von 2,35 Tagen ( $n = 157 - 1$ ; ein stark abweichender Wert wurde nicht berücksichtigt). 123 Personen starben innerhalb des ersten Tages an den Unfallfolgen. Unter allen Untersuchten verunglückten die meisten bei Tageslicht und trockener Fahrbahn ( $n = 59$ ). Die Hauptunfallmonate waren August ( $n = 17$ ) und Dezember ( $n = 17$ ). In 61 Fällen waren die Getöteten selbst die Unfallverursacher. Von den auf Alkohol hin untersuchten 126 Getöteten waren 35 Personen alkoholisiert (ab  $0,21\text{ ‰}$  bis  $2,9\text{ ‰}$  Blutalkoholkonzentration). 50 der 157 Unfallopfer wurden auf Medikamente und weitere toxische Substanzen gescreent. Von 18 positiv getesteten Personen musste bei 8 aufgrund der jeweils bei der Obduktion festgestellten Blutkonzentration von einer Bewusstseinsbeeinträchtigung zum Unfallzeitpunkt ausgegangen werden. Mit ungefähr  $42,68\%$  waren PKW-Unfälle mit 67 Getöteten unter allen untersuchten Unfallarten am häufigsten vertreten. Die Haupttodesursache im Gesamtkollektiv war das Polytrauma ( $n = 67$ ), gefolgt vom Schädelhirntrauma ( $n = 51$ ). Prozentual am häufigsten verstarben mit etwa  $46,67\%$  Kraftradfahrer an den Folgen eines Polytraumas ( $n = 7$ ). Mit  $55\%$  starben Fahrradfahrer prozentual am häufigsten aufgrund eines Schädelhirntraumas ( $n = 11$ ). Durch die Obduktionen der Leichname konnte die Rechtsmedizin innerhalb des untersuchten Kollektivs vor allem in den Unfallgruppen der PKW-, Fußgänger-, Kraftrad- und Fahrradunfälle entscheidende Beiträge zur Rekonstruktion und Klärung rechtsrelevanter Fragen liefern. Hier zeigten sich vor allem Gurtmarken der PKW-Insassen, Verletzungen, die auf die Gehrichtungen der Fußgänger schließen ließen, Zeichen von Überrollen und/oder Überfahren der Fußgänger sowie Schädelhirntraumata der Kraftrad- und Fahrradfahrer als besonders relevant.

## 8 Literatur

1. (1990) Gesetz über die Statistik der Straßenverkehrsunfälle (Straßenverkehrsunfallstatistikgesetz - StVUnfStatG). In: Bundesgesetzblatt I (1990), pp 1078–1079
2. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2016) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2015. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Abt4.Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202015%2000.pdf>. Accessed 22 Feb 2018
3. Metzner G, Brinkmann B (1993) Inaccuracies in the official statistics of fatal traffic accidents - Comparative studies in West Germany during two time periods. *Journal of traffic medicine* 21(4): 165–169
4. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Destatis) (2016) Verkehrsunfälle - Unfälle von Frauen und Männern im Straßenverkehr 2015. [https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00043062/5462407157004.pdf](https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00043062/5462407157004.pdf). Accessed 22 Feb 2018
5. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Destatis) (2016) Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2015. Begleitmaterial zur Pressekonferenz am 12. Juli 2016 in Berlin
6. Mattern R (2004) Verkehrsunfall. In: Brinkmann B, Madea B (eds) *Handbuch gerichtliche Medizin Band 1*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, pp 1171–1214
7. Miltner E (2002) Verkehrsunfälle und Unfallrekonstruktion. *Rechtsmedizin* 12(1): 40–53
8. Wehner H-D (2007) Der Verkehrsunfall. In: Madea B (ed) *Praxis Rechtsmedizin. Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung, 2., aktualisierte Auflage*. Springer Medizin Verlag Heidelberg, pp 478–488
9. Wehner H-D, Pustina P (2007) Differenzierung nach Unfallarten. In: Madea B, Mußhoff F, Berghaus G (eds) *Verkehrsmedizin. Fahreignung, Fahrsicherheit, Unfallrekonstruktion*. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, pp 703–732



10. (1975) Verordnung über Maßnahmen im Straßenverkehr. In: Bundesgesetzblatt I (1975), pp 2967–2973
11. Svendsen E, Morild I (1988) Fetal strangulation following uterine rupture. *The American journal of forensic medicine and pathology* 9(1): 54–57
12. Lamielle S, Cuny S, Foret-Bruno JY, Petit P, Vezin P, Verriest JP, Guillemot H (2006) Abdominal Injury Patterns in Real Frontal Crashes. Influence of Crash Conditions, Occupant Seat and Restraint Systems. *Annual Proceedings / Association for the Advancement of Automotive Medicine* 50: 109–124
13. Miltner E (1993) Wirbelsäulenverletzungen bei angegurteten Frontinsassen mit Pkw-Pkw-Frontalkollisionen. *Kongreßbericht 1993 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(89): 145–148
14. Spetzger U, Weckesser A, Bani A, Gilsbach JM (1996) Lumbale Luxationsfraktur mit Paraplegie nach Beckengurtverletzung. Fallbericht (Lumbar dislocation fracture with paraplegia after pelvic seat belt injury. Case report). *Der Unfallchirurg* 99(11): 905–908
15. States JD, Huelke DF, Dance M, Green RN (1987) Fatal injuries caused by underarm use of shoulder belts. *The Journal of trauma* 27(7): 740–745
16. Mori K, Hukuda S, Katsuura A, Saruhashi Y, Asajima S (2002) Traumatic bilateral locked facet at L4-5. Report of a case associated with incorrect use of a three-point seatbelt. *European Spine Journal* 11(6): 602–605
17. Kibayashi K, Yonemitsu K, Honjyo K, Tsunenari S (1999) 1. Accidental Decapitation. An Unusual Injury to a Passenger in a Vehicle. *Medicine, Science and the Law* 39(1): 82–84
18. James RA, Byard RW (2001) Asphyxiation from shoulder seat belts. An unusual motor vehicle injury. *The American journal of forensic medicine and pathology* 22(2): 193–195
19. Anderson SK, Desai UR, Raman SV (2002) Incidence of ocular injuries in motor vehicle crash victims with concomitant air bag deployment. *Ophthalmology* 109(12): 2356–2358
20. Gösele S, Stein KM, Peuser A, Miltner E, Burk ROW (2000) Erblindung durch Airbag bei Bagatellunfall. *Der Ophthalmologe* 97(12): 874–877

21. Baruchin AM, Jakim I, Rosenberg L, Nahlieli O (1999) On burn injuries related to airbag deployment. *Burns* 25(1): 49–52
22. Hendrickx I, Mancini LL, Guizzardi M, Monti M (2002) Burn injury secondary to air bag deployment. *Journal of the American Academy of Dermatology* 46(2 Suppl Case Reports): S25-26
23. Ulrich D, Noah E-M, Fuchs P, Pallua N (2001) Burn injuries caused by air bag deployment. *Burns* 27(2): 196–199
24. Roccia F, Servadio F, Gerbino G (1999) Maxillofacial fractures following airbag deployment. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 27(6): 335–338
25. William J. McFeely, JR, Bojrab DI, Davis KG, Hegyi DF (1999) Otologic Injuries Caused by Airbag Deployment. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 121(4): 367–373
26. Murphy RX, Birmingham KL, Okunski WJ, Wasser T (2000) The influence of airbag and restraining devices on the patterns of facial trauma in motor vehicle collisions. *Plastic and reconstructive surgery* 105(2): 516–520
27. Augenstein J, Perdeck E, Martin P, Bowen J, Stratton J, Horton T, Singer M, Digges K, Steps J (2000) Injuries to Restrained Occupants in Far-Side Crashes. *Annual Proceedings / Association for the Advancement of Automotive Medicine* 44: 57–66
28. Wiegand P, Stiller D, Kleiber M (1999) DNA-Analyse und Verkehrsunfallrekonstruktion. *Kongreßbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 111):* 136–138
29. Robertson LS (1990) Car design and risk of pedestrian deaths. *American journal of public health* 80(5): 609–610
30. Schroeder G, Konosu A, Ishikawa H, Kajzer J (1999) Verletzungsmechanismen des Fußgängers bei Kollisionen mit einer modernen Fahrzeugfront - eine experimentelle Studie. *Kongreßbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 111):* 116–123
31. Kamiyama S, Schmidt G (1970) Beziehungen zwischen Aufprallgeschwindigkeit, Fahrzeugbeschädigungen, Frakturen und „Wurfweite“ bei 50 tödlichen

- Fußgänger-PKW-Unfällen. *International Journal of Legal Medicine* 67(5): 282–292
32. Haberkorn E (1991) Verletzungsbild des Fußgängers; ein Hilfsmittel für die Unfallrekonstruktion. *Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(82): 178–181
  33. Messerer O (1880) *Über Elasticität und Festigkeit der menschlichen Knochen.* Verlag der J.G. Cotta'schen Buchhandlung, Stuttgart
  34. Metter D (1980) Das Decollement als Anfahrverletzung. *International Journal of Legal Medicine* 85(3): 211–219
  35. Teresiński G, Mądro R (2001) Ankle joint injuries as a reconstruction parameter in car-to-pedestrian accidents. *Forensic science international* 118(1): 65–73
  36. Teresiński G, Mądro R (2001) Knee joint injuries as a reconstructive factors in car-to-pedestrian accidents. *Forensic science international* 124(1): 74–82
  37. Wagner H-J (1992) Verkehrsunfall. In: Schwerd W (ed) *Rechtsmedizin. Lehrbuch für Mediziner und Juristen, 5., neu bearb. Aufl.* Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, pp 55–62
  38. (1985) Verkehrsunfall. In: Reimann W, Prokop O, Geserick G (eds) *Vademecum Gerichtsmedizin, 4. durchgesehene Auflage.* VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin, pp 124–140
  39. Fechner G, Bajanowski T, Brinkmann B (1991) Der liegend überfahrene Verkehrsteilnehmer. *Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(82): 210–211
  40. Metter D (1983) Spurenbefunde bei Fußgänger-Fahrzeugkollisionen und ihre Bedeutung für die Unfallrekonstruktion. *International Journal of Legal Medicine* 91(1): 21–32
  41. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Destatis) (2016) Verkehrsunfälle - Kraft- rad- und Fahrradunfälle im Straßenverkehr 2015: 9. [https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivative\\_00027260/5462408157004.pdf](https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivative_00027260/5462408157004.pdf). Accessed 22 Feb 2018

42. Hotz GA, Cohn SM, Popkin C, Ekeh P, Duncan R, Johnson EW, Pernas F, Selem J (2002) The impact of a repealed motorcycle helmet law in Miami-Dade County. *The Journal of trauma* 52(3): 469–474
43. Konrad CJ, Fieber TS, Schuepfer GK, Gerber HR (1996) Are fractures of the base of the skull influenced by the mass of the protective helmet? A retrospective study in fatally injured motorcyclists. *The Journal of trauma* 41(5): 854–858
44. Keenan HT, Brundage SI, Thompson DC, Maier RV, Rivara FP (1999) Does the face protect the brain? A case-control study of traumatic brain injury and facial fractures. *Archives of surgery (Chicago, Ill. : 1960)* 134(1): 14–17
45. Ueyama M (1990) Driver identification of the motorcycle in motorcycle/car accidents. *Nihon hoigaku zasshi = The Japanese journal of legal medicine* 44(4): 314–329
46. Shiono H, Akane A, Matsubara K, Tanabe K, Takahashi S (1990) Identification of the driver in two-rider motorcycle accidents. Inguinal contusion-laceration as an indication of the driver. *The American journal of forensic medicine and pathology* 11(3): 190–192
47. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014) Radverkehr in Deutschland. Zahlen, Daten, Fakten. Deutsches Inst. für Urbanistik, Berlin
48. McDermott FT, Klug GL (1985) Head injury predominance. Pedal-cyclists vs motor-cyclists. *The Medical journal of Australia* 143(6): 232–234
49. McDermott FT, Klug GL (1985) Injury profile of pedal and motor cyclist casualties in Victoria. *The Australian and New Zealand journal of surgery* 55(5): 477–483
50. Schlickewei W, Stukenborg C, Kuner EH (1993) Unterschiede im Verletzungsmuster bei Motorrad- und Fahrradfahrern. Kongreßbericht 1993 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(89): 184–187
51. (1998) Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes. In: *Bundesgesetzblatt I* (1998), p 795
52. Hagemeister C, Kronmaier M (2017) Alcohol consumption and cycling in contrast to driving. *Accident Analysis & Prevention* 105: 102–108

53. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Destatis) (2016) Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr 2015. [https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00027338/5462404157004\\_korr.pdf;jsessionid=DE77DBCE3BC975B822F1E4267928B9A4](https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00027338/5462404157004_korr.pdf;jsessionid=DE77DBCE3BC975B822F1E4267928B9A4). Accessed 24 Feb 2018
54. Breustedt K-U, Below E, Bockholdt B (2008) Zur Situation der Mehrfachdelinquenz unter Alkoholeinfluss im Straßenverkehr in Vorpommern. Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 195): 78–80
55. Feststellung von Alkohol-, Medikamenten- und Drogeneinfluss bei Straftaten und Ordnungswidrigkeiten; Sicherstellung und Beschlagnahme von Führerscheinen. <https://www.bads.de/mediaAlt/148134/richtlinien.pdf>. Accessed 28 Mai 2019
56. Aderjan R, Daldrup T, Käferstein H, Krause D, Mußhoff F, Paul LD, Peters F, Rochholz G, Schmitt G, Skopp G (2011) Richtlinien zur Bestimmung der Blutalkoholkonzentration (BAK) für forensische Zwecke - BAK-Richtlinien - herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (DGRM), der Gesellschaft für Toxikologische und Forensische Chemie (DTFCh) und der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin (DGVM). In: Blutalkohol, Vol. 48, pp 137–143
57. Grenzwertkommission (2002) Beschluss zu §24a (2) StVG vom 20.11.2002. Toxichem + Krimtech 69(3): 127
58. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Destatis) (2016) Verkehrsunfälle - Unfälle von Senioren im Straßenverkehr 2015. [https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00027196/5462409157004.pdf](https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00027196/5462409157004.pdf). Accessed 24 Feb 2018
59. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (Destatis) (2017) Verkehrsunfälle - Unfälle von 18- bis 24-Jährigen im Straßenverkehr 2016. [https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00043073/5462406167004.pdf](https://www.destatis.de/GPSstatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00043073/5462406167004.pdf). Accessed 24 Feb 2018
60. Bachor R, Baczako K, Fischer H (1988) Zur kurz- und langfristigen Überlebenszeit bei tödlichen Straßenverkehrsunfällen. International Journal of Legal Medicine 100(2): 191–197

61. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2007) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2006. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202006%2000.pdf>. Accessed 25 Feb 2018
62. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2008) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2007. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202007%2000.pdf>. Accessed 25 Feb 2018
63. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2009) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2008. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202008%2000.pdf>. Accessed 25 Feb 2018
64. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2010) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2009. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202009%2000.pdf>. Accessed 25 Feb 2018
65. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2011) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2010. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202010%2000.pdf>. Accessed 25 Feb 2018
66. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2012) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2011. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra>

- %C3%9Fen-  
%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202011%2000.pdf. Accessed  
25 Feb 2018
67. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2013) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2012. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202012%2000.pdf>. Accessed  
25 Feb 2018
68. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2014) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2013. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202013%2000.pdf>. Accessed  
25 Feb 2018
69. Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2015) Statistische Berichte. Straßenverkehrsunfälle in Mecklenburg-Vorpommern 2014. <https://www.laiv-mv.de/static/LAIV/Statistisches%20Amt/Dateien/Publikationen/H%20I%20Stra%C3%9Fen-%20und%20Schienenverkehr/H%20113J/H113J%202014%2000.pdf>. Accessed  
25 Feb 2018
70. Statistisches Bundesamt (Destatis) (2005) Straßenverkehrsunfälle Kurzinformation zur Verkehrsunfallstatistik Unfälle von Senioren im Straßenverkehr 2003. [https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft\\_derivate\\_00011287/5462409039004.pdf;jsessionid=A15802CAFE7B3278F0776EF9846FE310](https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00011287/5462409039004.pdf;jsessionid=A15802CAFE7B3278F0776EF9846FE310). Accessed 26 Feb 2018
71. Varga T, Melegh G (1991) Die Rolle der Geschwindigkeit beim Zusammenstoß mit Kraftfahrzeugen in der Herausbildung der Verletzungsmuster von Fußgängern. Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(82): 176–177

72. CHECK24 GmbH (2017) Raserhochburgen: Rostock und Leipzig haben die meisten Punktesünder. <https://www.presseportal.de/pm/73164/3691513>. Accessed 03 Jun 2018
73. Lutz F-U, Bach C (1991) Tödliche Fußgängerunfälle - medizinische und rechtliche Folgen. Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(82): 173–175
74. Mittmeyer H-J, Fischer H (1983) Traumatisierung und Überlebenszeit beim tödlichen Verkehrsunfall. Beitr. ger. Med.(41): 249–254
75. Karger B, Teige K, Bühren W, DuChesne A (2000) Relationship between impact velocity and injuries in fatal pedestrian-car collisions. *International Journal of Legal Medicine* 113(2): 84–88
76. Draeger W, Klöckner D (2001) Ältere Menschen zu Fuß und mit dem Fahrrad unterwegs. In: Flade A, Limbourg M, Schlag B (eds) *Mobilität älterer Menschen*. Leske + Budrich, Opladen, pp 41–42
77. Möbus U, Schlosser T (1999) Obligatorischer Gesundheits-Check des älteren Kraftfahrers - eine Alternative zur jetzigen Regelung? Kongreßbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 111): 167–170
78. Egelhaaf M, Berg FA, Zimmermann K (2008) Unfallgeschehen älterer Verkehrsteilnehmer. Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 195): 182–185
79. Rhodes N, Pivik K (2011) Age and gender differences in risky driving. The roles of positive affect and risk perception. *Accident Analysis and Prevention* 43(3): 923–931
80. Kraftfahrt-Bundesamt Bestand an allgemeinen Fahrerlaubnissen im ZFER am 1. Januar 2016 nach Geschlecht, Lebensalter und Fahrerlaubnisklassen. [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftfahrer/Fahrerlaubnisse/Fahrerlaubnisbestand/2016/2016\\_fe\\_b\\_geschlecht\\_alter\\_fahrerlaubniskl.html?nn=2218922](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftfahrer/Fahrerlaubnisse/Fahrerlaubnisbestand/2016/2016_fe_b_geschlecht_alter_fahrerlaubniskl.html?nn=2218922). Accessed 01 Jun 2019
81. Smeed RJ (1968) Some Aspects of Pedestrian Safety. *Journal of Transport Economics and Policy* 2(3): 255–279



82. Polus A, Katz A (1978) An analysis of nighttime pedestrian accidents at specially illuminated crosswalks. *Accident Analysis & Prevention* 10(3): 223–228
83. Schwerd W (1992) Alkohol und Verkehrssicherheit. In: Schwerd W (ed) *Rechtsmedizin. Lehrbuch für Mediziner und Juristen, 5., neu bearb. Aufl.* Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, pp 104–123
84. Rothschild MA, Schneider V (1999) Der Nachtrunk als Einlassung vor Gericht - eine rechtsmedizinische Betrachtung. *Kongreßbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(M 111): 31–36
85. Breitmeier D, Seeland-Schulze I, Schneider U, Hecker H (2008) Der Einfluss niedriger Blutalkoholkonzentrationen auf neurokognitive Leistungen; relative Fahruntüchtigkeit bei 0,30 Promille? - Eine doppelblinde, placebokontrollierte Untersuchung. *Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(M 195): 85–95
86. Lockemann U, Püschel K (1997) Veränderungen straßenverkehrsrelevanter vestibulärer Reaktionen bei 0,4 Promille und 0,8 Promille Blutalkoholkonzentration. *Blutalkohol* 34(4): 241–259
87. (2007) Gesetz zur Einführung eines Alkoholverbots für Fahranfänger und Fahranfängerinnen. In: *Bundesgesetzblatt I* (2007), pp 1460–1461
88. Holte H, Assing K, Poppel-Decker M, Schönebeck S (2010) Alkoholverbot für Fahranfänger. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Mensch und Sicherheit“*(M 211)
89. Wittig H, Böttcher S, Römhild W, Bartels H, Krause D, Jachau K (2008) Endogener Alkohol als mögliche Schutzbehauptung nach Einführung eines absoluten Alkoholverbotes für FahranfängerInnen. *Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(M 195): 133–136
90. Heß C, Madea B, Musshoff F (2015) Drogen. In: Madea B (ed) *Rechtsmedizin. Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung, 3. Aufl.* 2015. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 729–745
91. Musshoff F, Wollersen H, Madea B (2008) Über die Beeinträchtigung der Fahr-sicherheit nach Konsum von Amphetaminen. *Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(M 195): 157–160

92. Mußhoff F, Heß C, Madea B (2015) Medikamente. In: Madea B (ed) Rechtsmedizin. Befunderhebung, Rekonstruktion, Begutachtung, 3. Aufl. 2015. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp 745–759
93. Wadsworth EJK, Moss SC, Simpson SA, Smith AP (2005) Psychotropic medication use and accidents, injuries and cognitive failures. *Human psychopharmacology* 20(6): 391–400
94. Weirich V, Wegener R, Rentsch D (1999) Untersuchungen zur Problematik "Fahren unter Drogeneinfluß" in Mecklenburg. Kongreßbericht 1999 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 111): 54–57
95. Matthes G, Schmucker U, Schindel M, Siebenhühner S, Ekkernkamp A, Seifert J (2007) Baumunfälle im Strassenverkehr - Unfallmechanismus und Verletzungsmuster (Tree collisions in road traffic accidents - mechanism and pattern of injury). *Zentralblatt für Chirurgie* 132(2): 142–145
96. Sevitt S (1968) Fatal road accidents. Injuries, complications, and causes of death in 250 subjects. *Br. J. Surg.* 55(7): 481–505
97. Büttner H (1969) Zur traumatischen Ruptur der Brustaorta; einer häufigen Verletzung bei Straßenverkehrsunfällen. *International Journal of Legal Medicine* 66(4): 139–152
98. Holbrook TL, Hoyt DB, Eastman AB, Sise MJ, Kennedy F, Velky T, Conroy C, Pacyna S, Erwin S (2007) The impact of safety belt use on liver injuries in motor vehicle crashes. The importance of motor vehicle safety systems. *The Journal of trauma* 63(2): 300–306
99. Robertson A, Branfoot T, Barlow IF, Giannoudis PV (2002) Spinal injury patterns resulting from car and motorcycle accidents. *Spine* 27(24): 2825–2830
100. Mackay GM, Hill JR (1995) The limitations of current seatbelts in Europe--some population considerations. *The Journal of trauma* 38(4): 533–537
101. McGwin G, Metzger J, Alonso JE, Rue LW (2003) The association between occupant restraint systems and risk of injury in frontal motor vehicle collisions. *The Journal of trauma* 54(6): 1182–1187

102. Estrada LS, Alonso JE, McGwin G, Metzger J, Rue LW (2004) Restraint use and lower extremity fractures in frontal motor vehicle collisions. *The Journal of trauma* 57(2): 323–328
103. Appel H, Wanderer U, Meißner S, Schmidt G, Barz J, Kallieris D, Mattern R, Schüler F (1984) Mechanik und Biomechanik des Unfalls. In: Wagner H-J (ed) *Verkehrsmedizin. Unter Einbeziehung aller Verkehrswissenschaften*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 439–468
104. Spiessl B, Gögler E (1978) Kiefer- und Gesichtsverletzungen. *Langenbecks Archiv für Chirurgie* 347(1): 353–357
105. O'Day J, Scott RE (1984) Safety Belt Use, Ejection and Entrapment. *Health Education Quarterly* 11(2): 141–146
106. Kocherscheidt H (1991) Verletzungskriterien bei Überschlagunfällen. *Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(82)*: 135–140
107. Hunger H, Weigel B, Wilk E, Kretschmer R (1991) Interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Rekonstruktion der Sitzposition beim Fahrzeugüberschlag. *Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(82)*: 149–151
108. Luff K (1984) Rekonstruktion von Verkehrsunfällen aus gerichtsärztlicher Sicht. In: Wagner H-J (ed) *Verkehrsmedizin. Unter Einbeziehung aller Verkehrswissenschaften*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo, pp 412–422
109. Bartsch A, Fischer M, Buschmann C, Kleber C (2014) Notarzt und Leichenschau. In: Madea B (ed) *Die ärztliche Leichenschau. Rechtsgrundlagen, Praktische Durchführung, Problemlösungen*, 3. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg, pp 143–159
110. Jakob W, Weigel B (2011) Polytrauma. In: Weigel B, Nerlich ML (eds) *Praxisbuch Unfallchirurgie*, 2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 885–908
111. Masuhr KF, Neumann M (2007) Traumatische Schäden des Gehirns. In: Masuhr KF, Neumann M (eds) *Duale Reihe Neurologie*. 128 Tabellen, 6. Aufl. Thieme, Stuttgart, pp 366–388

112. Scheithauer R, Weisser H-J, Pollak S (1993) Brandleichen in Kraftfahrzeugen: Probleme der Identifikation und Rekonstruktion. Kongreßbericht 1993 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(89): 180–183
113. Martin J-L, Lardy A, Laumon B (2011) Pedestrian Injury Patterns According to Car and Casualty Characteristics in France. *Annals of Advances in Automotive Medicine / Annual Scientific Conference* 55: 137–146
114. Karger B, Teige K, Fuchs M, Brinkmann B (2001) Was the pedestrian hit in an erect position before being run over? *Forensic science international* 119(2): 217–220
115. Mittmeyer H-J, König HG, Springer E, Staah M (1974) Die Unterschenkelfraktur verunglückter Fußgänger —Möglichkeiten und Grenzen der Unfallrekonstruktion. *International Journal of Legal Medicine* 75(3): 163–170
116. Schmidt S, Schulz R, Pfeiffer H, Schmeling A, Geserick G (2016) On the evidential value of a Messerer fracture sustained in a car-pedestrian traffic accident. *International Journal of Legal Medicine* 130(6): 1593–1597
117. Rabl W, Haid C, Krismer M (1996) Biomechanical properties of the human tibia. Fracture behavior and morphology. *Forensic science international* 83(1): 39–49
118. Ehrlich E (2008) Diagnostischer Wert des Merkmals "Reifenprofilabdruck" bei Rekonstruktion eines tödlichen Verkehrsunfalls. Kongressbericht 2007 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(M 195): 223–225
119. Schmidt P, Haarhoff K, Bonte W (1991) Tödliche Radfahrerunfälle in Düsseldorf 1980-1989. Auswertung eines Obduktionsgutes. Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(82): 97–100
120. Simon A, Schäfer H-D, Kämpf J. A. (1991) Der tödliche Unfall von Radfahrern aus gerichtsmedizinischer Sicht - eine Analyse. Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.(82): 106–111
121. Preusser DF, Williams AF, Ulmer RG (1995) Analysis of fatal motorcycle crashes. Crash typing. *Accident Analysis & Prevention* 27(6): 845–851
122. Kraus JF, Rice TM, Peek-Asa C, McArthur DL (2003) Facial trauma and the risk of intracranial injury in motorcycle riders. *Annals of emergency medicine* 41(1): 18–26

123. Rice TM, Troszak L, Ouellet JV, Erhardt T, Smith GS, Tsai B-W (2016) Motorcycle helmet use and the risk of head, neck, and fatal injury. Revisiting the Hurt Study. *Accident; analysis and prevention* 91: 200–207
124. Gabella B, Reiner KL, Hoffman RE, Cook M, Stallones L (1995) Relationship of helmet use and head injuries among motorcycle crash victims in El Paso county, Colorado, 1989–1990. *Accident Analysis & Prevention* 27(3): 363–369
125. Bambach MR, Mitchell RJ (2014) The rising burden of serious thoracic trauma sustained by motorcyclists in road traffic crashes. *Accident; analysis and prevention* 62: 248–258
126. Zhao H, Chen R, Deng G, Yin Z, Yang G, Liu S, Chen H, Wang Z (2011) Comparison of injuries sustained by drivers and pillion passengers in fatal head-on motorcycle collision accidents. *Forensic science international* 207(1-3): 188–192
127. Thompson RS, Rivara FP, Thompson DC (1989) A case-control study of the effectiveness of bicycle safety helmets. *The New England journal of medicine* 320(21): 1361–1367
128. Otte D (1991) Unfallsituation des Radfahrers und Diskussion der Notwendigkeit eines Radhelmes aus der Sicht der Unfallerhebung Hannover. *Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(82): 116–123
129. Rabl W, Tributsch W, Ambach E (1991) Radfahrurfälle mit tödlichem Ausgang. *Kongreßbericht 1991 der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e.V.*(82): 101–105

## **9 Anhang**

### **9.1 Posterpräsentation auf der 97. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin (DGRM); 12.-15. September 2018 in Halle-Wittenberg**

#### **Tödliche Straßenverkehrsunfälle aus dem Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin Greifswald (2006-2015) - Ursachen, Umstände und Beitrag der Rechtsmedizin zur Rekonstruktion**

Sebastian Schick<sup>1</sup>, Martin Dokter<sup>1</sup>, Britta Bockholdt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Rechtsmedizin, Universitätsmedizin Greifswald, Kuhstraße 30, 17489 Greifswald

Der Vergleich der Todesfälle im Straßenverkehr in der Bundesrepublik Deutschland der Jahre 1970 (21 332 Fälle) und 2015 (3 459 Fälle) belegt einen Rückgang der Verkehrstoten um nahezu 84 % bei deutlich gestiegenem Kraftfahrzeugbestand. Trotz sinkender Zahlen an Verkehrstoten sind die rechtsmedizinische Untersuchung charakteristischer Verletzungsmuster sowie die Beurteilung der Kausalitätsfrage zwischen Unfallereignis und Tod essenziell und gehören zu den Routineaufgaben der Rechtsmedizin. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die tödlichen Straßenverkehrsunfälle aus dem Obduktionsgut des Instituts für Rechtsmedizin Greifswald der Jahre 2006 - 2015 in einer retrospektiven Analyse auszuwerten und zu beschreiben. Einbezogen wurden dabei PKW-, LKW-, Fußgänger-, Kraftrad- und Fahrradunfälle sowie ein Kutschunfall. Neben der Frage des Kausalzusammenhangs zwischen dem Unfall und dem Todeseintritt wurde ein besonderes Augenmerk auf die Erkenntnisse aus der Obduktion zur Rekonstruktion des Unfallherganges gelegt. Neben allgemeinen epidemiologischen Aspekten wurden auch die Ergebnisse der jeweiligen alkoholanalytischen- und/oder toxikologisch-chemischen Untersuchungen ausgewertet. Von insgesamt 1 887 Obduktionen im Untersuchungszeitraum entfielen 163 Fälle auf tödlich verunglückte Straßenverkehrsteilnehmer. Davon

konnte in 157 Fällen ein Kausalzusammenhang zwischen Unfallereignis und dem Todeseintritt nachgewiesen werden. Dabei handelte es sich um 58 weibliche ( $\approx 36,94\%$ ) und 99 männliche ( $\approx 63,06\%$ ) Todesopfer. Auch in den Untergruppen waren die weiblichen Verkehrstoten unterrepräsentiert. Die meisten Personen starben in der Altersgruppe der 20- bis 24-Jährigen (Anzahl  $n = 21$ ). Das durchschnittliche Alter zum Todeszeitpunkt betrug in der Gruppe der weiblichen Personen 61 Jahre, in der Gruppe der männlichen Personen 46 Jahren. In 126 Fällen wurde eine Blutalkoholbestimmung durchgeführt, die in 35 Fällen positiv war (Blutalkoholkonzentration  $0,21\%$  bis  $2,9\%$ ). Die Haupttodesursache im Gesamtkollektiv war das Polytrauma ( $n = 62$ ). Vor allem in den Unfallgruppen der PKW-, Fußgänger-, Kraftrad- und Fahrradunfälle konnten durch die Obduktion entscheidende Beiträge zur Rekonstruktion und Klärung rechtsrelevanter Fragen geliefert werden.