

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. Matthias Graw

**Verletzungen und Todesursachen  
von tödlich verunglückten Fahrradfahrern unter  
Berücksichtigung der Unfallgegner**

Auswertung der Obduktionsbefunde des Instituts für  
Rechtsmedizin München sowie der zugehörigen Unfallakten 2003- 2008

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Lorenz Eder

aus

Starnberg

Jahr

2016

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Matthias Graw

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Ekkehard Euler

Mitbetreuung durch die  
promovierte Mitarbeiterin: Dr. med. Sylvia Schick, M.P.H. postgrad.

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 07.07.2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1. Risiken beim Fahrradfahren .....	1
1.2. Fragestellungen .....	3
<b>2. Theoretischer Hintergrund .....</b>	<b>3</b>
2.1. Abbreviated Injury Scale (AIS) .....	3
2.2. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS) .....	5
2.3. Injury Severity Score (ISS) .....	6
<b>3. Material und Methoden.....</b>	<b>7</b>
3.1. Untersuchungsmaterial .....	7
3.2. Auswertungsmethode .....	8
3.3. Besonderheiten bei den personen- und unfallbezogenen Daten.....	10
3.4. Besonderheiten bei den medizinischen Daten .....	12
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>17</b>
4.1. Das Gesamtkollektiv .....	17
4.1.1. Personenbezogene Daten .....	17
4.1.1.1. Alter .....	17
4.1.1.2. Geschlecht.....	18
4.1.1.3. Gewicht.....	18
4.1.1.4. Größe .....	19
4.1.1.5. Blutalkoholkonzentration.....	20
4.1.1.6. Fahrradtyp .....	21
4.1.1.7. Helm .....	21
4.1.2. Unfallbezogene Daten .....	22
4.1.2.1. Unfallgegner .....	22
4.1.2.2. Kollisionsort .....	22
4.1.2.3. Geschwindigkeit des Unfallgegners.....	23
4.1.2.4. Unfall mit Überrollung .....	24
4.1.3. Medizinische Daten.....	24
4.1.3.1. Todeszeitpunkt .....	24
4.1.3.2. Todesursache .....	25
4.1.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche .....	26
4.1.3.4. Maximum Abreviated Injury Score (MAIS).....	27

4.1.3.5. Injury Severity Score (ISS).....	28
4.1.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen.....	29
4.1.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich MAIS(KR)≥2 und MAIS(KR)≥4.....	35
4.2. Unfallgegner PKW.....	36
4.2.1. Personenbezogene Daten .....	36
4.2.1.1. Alter .....	36
4.2.1.2. Geschlecht.....	37
4.2.1.3. Gewicht.....	37
4.2.1.4. Größe .....	37
4.2.1.5. Blutalkoholkonzentration.....	37
4.2.1.6. Fahrradtyp .....	38
4.2.1.7. Helm .....	38
4.2.2. Unfallbezogene Daten .....	38
4.2.2.1. Kollisionsort .....	38
4.2.2.2. Geschwindigkeit des Unfallgegners.....	38
4.2.2.3. Unfall mit Überrollung .....	39
4.2.3. Medizinische Daten.....	40
4.2.3.1. Todeszeitpunkt .....	40
4.2.3.2. Todesursache .....	41
4.2.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche .....	42
4.2.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS).....	43
4.2.3.5. Injury Severity Score (ISS).....	44
4.2.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen.....	45
4.2.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich MAIS(KR)≥2 und MAIS(KR)≥4.....	49
4.3. Unfallgegner LKW.....	50
4.3.1. Personenbezogene Daten .....	50
4.3.1.1. Alter .....	50
4.3.1.2. Geschlecht.....	51
4.3.1.3. Gewicht.....	51
4.3.1.4. Größe .....	51
4.3.1.5. Blutalkoholkonzentration.....	51
4.3.1.6. Fahrradtyp .....	51

4.3.1.7. Helm .....	52
4.3.2. Unfallbezogene Daten .....	52
4.3.2.1. Kollisionsort .....	52
4.3.2.2. Geschwindigkeit des Unfallgegners .....	52
4.3.2.3. Unfall mit Überrollung .....	52
4.3.3. Medizinische Daten.....	53
4.3.3.1. Todeszeitpunkt .....	53
4.3.3.2. Todesursache .....	54
4.3.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche .....	55
4.3.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS) .....	56
4.3.3.5. Injury Severity Score (ISS).....	57
4.3.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen.....	58
4.3.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ und MAIS(KR) $\geq 4$ .....	66
4.4. Alleinunfall.....	68
4.4.1. Personenbezogene Daten .....	68
4.4.1.1. Alter .....	68
4.4.1.2. Geschlecht.....	69
4.4.1.3. Gewicht.....	69
4.4.1.4. Größe .....	69
4.4.1.5. Blutalkoholkonzentration.....	69
4.4.1.6. Fahrradtyp .....	70
4.4.1.7. Helm .....	70
4.4.2. Unfallbezogene Daten .....	70
4.4.2.1. Kollisionsort .....	70
4.4.3. Medizinische Daten.....	71
4.4.3.1. Todeszeitpunkt .....	71
4.4.3.2. Todesursache .....	72
4.4.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche .....	73
4.4.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS) .....	74
4.4.3.5. Injury Severity Score (ISS).....	75
4.4.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen.....	76
4.4.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ und MAIS(KR) $\geq 4$ .....	79

<b>5. Diskussion.....</b>	<b>80</b>
<b>6. Zusammenfassung .....</b>	<b>99</b>
Literaturverzeichnis.....	101
Abkürzungsverzeichnis.....	104
Abbildungsverzeichnis.....	105
Tabellenverzeichnis .....	107
Danksagung.....	108

## **1. Einleitung**

### **1.1. Risiken beim Fahrradfahren**

Das Fahrrad als alternatives Fortbewegungsmittel zum eigenen Auto oder öffentlichem Verkehr erfreut sich gerade in Großstädten wie München wachsender Beliebtheit. Im März 2010 beschloss der Stadtrat die großangelegte Kampagne "Radlhauptstadt München" und versucht seither mit dem weiteren Ausbau der Fahrradinfrastruktur, kostenlosen Sicherheitschecks, mehreren Broschüren und Events der bisherigen "Radlhauptstadt Münster" den Rang abzulaufen [1]. Ziel der Kampagne ist, möglichst viele Bewohner zu motivieren, sowohl für den Weg zur Arbeit als auch in der Freizeit das Fahrrad zu nutzen. Fahrradfahren soll nicht nur als Fortbewegungsmittel gesehen werden, sondern sich zu einem urbanen Lebensstil entwickeln.

Neben den vielen positiven Eigenschaften wie gesundheitlicher Förderung durch Bewegung, Zeitersparnis gerade bei innerstädtischen Kurzstrecken, der fehlenden Parkplatzsuche, dem Umweltschutz und den geringen Unterhaltskosten birgt das Fahrradfahren bei einem Unfall aber auch Gefahren. Der Fahrradfahrer als Verkehrsteilnehmer „ohne Knautschzone“ ist bei einer Kollision mit einem anderen Fahrzeug stark im Nachteil und nahezu ungeschützt.

Durch das Tragen eines Fahrradhelms, was sich vor allem bei Kindern und Sportfahrern durchgesetzt hat [2], können die häufigen Kopfverletzungen zum Teil zwar verhindert bzw. vermindert werden [3], ein wirklicher Schutz besonders für den restlichen Körper besteht dennoch nicht. Eine gesetzliche Helmpflicht ist seit Jahren in der politischen Diskussion, besteht aber in Deutschland noch nicht. Bislang wird Fahrradfahrern nur nahe gelegt, einen Helm und eventuell leuchtende Kleidung mit Reflektoren zu tragen [4]. Die Hersteller von Fahrradkleidung und -ausrüstung haben sich darauf größtenteils eingestellt und bieten ihre Artikel mit Reflektoren versehen an.

Auf vielfache Weise wird versucht Fahrradfahren sicherer zu machen. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf die Infrastruktur gelegt. Sowohl inner- als auch außerorts werden bei Neubau einer Straße je nach Möglichkeit getrennte Fahrbahnen für Fahrradfahrer und motorisierte Fahrzeuge angelegt.

Fahrräder müssen für die Benützung im öffentlichen Verkehr vom Gesetzgeber aus auch tagsüber mit einer funktionierenden Lichtanlage, verschiedenen Reflektoren,

einer Klingel und zwei voneinander unabhängigen Bremsen für vorn und hinten ausgestattet sein [5].

Die Automobilindustrie hat bei der Entwicklung von Neuwägen bestimmte Auflagen zu erfüllen, um die Verletzungen von Fußgängern und Fahrradfahrern bei einer Kollision möglichst gering zu halten. Bei der Sicherheitsbeurteilung von neuen Autos durch das "European New Car Assessment Programm (EURO NCAP)" werden seit 1997 Sterne zur Bewertung des Fußgängerschutzes vergeben. Dabei werden unter anderem Tests an den Frontstrukturen wie Motorhaube und deren Vorderkante, Windschutzscheibe und Stoßfänger ausgeführt und dabei energieabsorbierende Strukturen, Verformungs- und Knautschzonen, die das Verletzungsausmaß vermindern sollen, beurteilt.

Ebenfalls bemühen sich einige Autohersteller bei der Entwicklung automatischer Sicherheitssysteme, die das Ereignis des Unfalls verhindern bzw. bei Unvermeidbarkeit zumindest die Kollisionsgeschwindigkeit reduzieren können. Hierzu zählen vor allem automatische Abbremssysteme und Abbiegeassistenten, die anhand von Sensoren andere Verkehrsteilnehmer registrieren und ein Bremsmanöver einleiten bzw. den Fahrer vor einer bestehenden Kollision warnen.

Trotz dieser vielen Bestrebungen ist die Anzahl der Fahrradunfälle und die Anzahl der dabei tödlich Verunglückten in Deutschland hoch. Laut Statistischem Bundesamt [6] verunglückten im Jahr 2012 74.772 Fahrradfahrer, 406 von ihnen tödlich. Nach offizieller Klassifikation waren 13.853 Personen dieser Verunglückten schwerverletzt (unmittelbare stationäre Behandlung im Krankenhaus für mindestens 24 Stunden) und 60.513 leichtverletzt (alle übrigen Verletzten). Insgesamt waren 11,3% aller im Straßenverkehr tödlich verunglückten Personen Fahrradfahrer.

Vergleicht man die Anzahl der getöteten Radfahrer mit der aus früheren Jahren, ist doch ein kontinuierlicher Rückgang der absoluten Zahlen zu verzeichnen. Laut Bundesanstalt für Straßenwesen [7] lag im Jahr 1970 die Anzahl bei 1.835, im Jahr 1980 bei 1.142, im Jahr 1990 bei 711, im Jahr 2000 bei 659 und im Jahr 2010 bei 381.

Diese Arbeit soll durch die Analyse der Verletzungsmuster und den damit verbundenen Todesursachen bei tödlich verunglückten Fahrradfahrern bei verschiedenen Unfallgegnern einen wissenschaftlichen Beitrag für weitere Forschung und Entwicklung leisten.

Zu diesem Zweck wurde eine retrospektive Studie durchgeführt, deren Grundlage 96 tödliche Fahrradunfälle sind, die im Rechtsmedizinischen Institut München in den



Jahren 2003- 2008 obduziert wurden. In diesem Rahmen wurden die im folgenden Kapitel aufgeführten Fragestellungen näher bearbeitet.

## **1.2. Fragestellungen**

Zum besseren Verständnis der einzelnen in den Fragestellungen aufgeführten Variablen, empfiehlt es sich die Kapitel "2. Theoretischer Hintergrund" und Kapitel "3. Material und Methoden" vorher zu lesen. Besonders die medizinischen Charakteristika aus Fragestellung 3 sind ohne die Kenntnis von Kapitel "3.4. Besonderheiten bei den medizinischen Daten" nur schwer verständlich.

1. Welche personenbezogenen (Alter, Geschlecht, Gewicht, Größe, Blutalkoholkonzentration, Fahrradtyp, Helm) Charakteristika weisen tödlich verunglückte Fahrradfahrer auf, und gibt es Unterschiede zwischen den Unfällen mit verschiedenen Unfallgegnern?
2. Welche unfallbezogenen (Unfallgegner, Kollisionsort, Geschwindigkeit des Unfallgegners, Unfall mit Überrollung) Charakteristika weisen tödlich verunglückte Fahrradfahrer auf, und gibt es Unterschiede zwischen den Unfällen mit verschiedenen Unfallgegnern?
3. Welche medizinischen (Todeszeitpunkt, Todesursache, Schwerstverletzte Körperbereiche, MAIS, ISS, MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen, Verletzte Körperregionen im Vergleich  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  und  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ ) Charakteristika weisen tödlich verunglückte Fahrradfahrer auf, und gibt es Unterschiede zwischen den Unfällen mit verschiedenen Unfallgegnern?

## **2. Theoretischer Hintergrund**

### **2.1. Abbreviated Injury Scale (AIS)**

Die "Abbreviated Injury Scale" [8] wurde ursprünglich Ende der 60er Jahre durch die amerikanische Automobilindustrie eingeführt und bis heute weiterentwickelt. Sie ist ein international anerkannter und standardisierter Trauma-Score, der eine objektive

Bewertung für die Schwere von Einzelverletzungen darstellt. Insgesamt sind 1973 verschiedene Verletzungen eindeutig kodierbar. Die AIS ist in englischer Sprache verfasst und wird wie folgt angewandt.

Jede einzelne Verletzung wird durch einen elfstelligen Code dargestellt. (AAAA-AA.B.CC.DD). Die ersten sechs Ziffern bilden hierbei den "Unique numerical identifier (UNI)", wovon die erste Ziffer die jeweilige "Körperregion (der AIS)" anzeigt:

- 1 Head (cranium and brain) - Kopf (Schädel und Gehirn)
- 2 Face (including eye and ear) - Gesicht (einschließlich Auge und Ohr)
- 3 Neck - Hals
- 4 Thorax - Brustkorb
- 5 Abdomen and pelvic contents – Bauchraum und Beckenorgane
- 6 Spine – Wirbelsäule/ Rückenmark
- 7 Upper extremity - Obere Extremität
- 8 Lower extremity, pelvis and buttocks - Untere Extremität, Becken und Gesäß
- 9 External (skin), thermal injuries and other trauma – Äußere (Haut), Hitze- und andere Verletzungen

Anmerkung: In der "Körperregion (des AIS)" 1 Head wird das Gehirn in Cerebrum (Großhirn), Cerebellum (Kleinhirn) und Brain stem (Hirnstamm) eingeteilt:

Zum Hirnstamm gehören Hypothalamus, Medulla oblongata, Mesenzephalon und Pons. Diese Anteile sind auch gemeint, wenn in der Dissertation Gehirnverletzungen beschrieben sind (z.B. intracerebrale Blutung, Teilabriss des Hirnstamms, etc.).

Die zweite Ziffer bezeichnet genauer das verletzte Gewebe:

- 1 Whole Area - Gesamte Region
- 2 Vessels - Gefäße
- 3 Nerves - Nerven
- 4 Organs (including muscles and ligaments) - Organe (einschließlich Muskeln und Bänder)
- 5 Skeletal (including joints) - Knochen (einschließlich Gelenke)
- 6 Head, Loss of consciousness- Kopf, Verlust des Bewusstseins

Die folgenden vier Ziffern stellen die Detailverletzung des Organs dar, wie z.B. contusion, laceration, rupture, dissection, different fractures, etc..

Die siebte Ziffer ist der AIS Schweregrad und auch Namensgeber der Skala. Er indiziert die Schwere der jeweiligen Einzelverletzung folgendermaßen:

- 1 Minor - Gering
- 2 Moderate- Mäßig
- 3 Serious- Ernsthaft
- 4 Severe - Schwer
- 5 Critical - Kritisch
- 6 Maximal (currently untreatable) - Maximal (nicht mehr behandelbar)
- 9 Not further specified - Nicht weiter angegeben

Die letzten vier Ziffern stellen den Localizer 1 (achte und neunte Ziffer) und Localizer 2 (zehnte und elfte Ziffer) dar und ermöglichen eine genauere Lokalisation der Verletzung.

Der Localizer 1 beschreibt Angaben wie z.B. "right" ("rechts"), "left" ("links"), "bilateral", "posterior", "inferior", in Bezug auf den Kopf Angaben wie z.B. "parietal", "occipital", "temporal".

Mit dem Localizer 2 können einzelne Finger, Zähne oder Wirbelkörper, sowie detaillierte Regionen der Haut kodiert werden.

## **2.2. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS)**

Der höchste AIS-Wert/ AIS-Schweregrad verschiedener Verletzungen einer mehrfachverletzten Person wird als maximaler AIS-Wert „MAIS“ bezeichnet und kann Werte von 1 bis 6 erreichen. Außer bei Vorliegen einer AIS 6-Verletzung ist die Voraussetzung für die Ermittlung des MAIS, dass keine Verletzung mit einem AIS 9 als "not further specified" codiert wurde. Der MAIS ermöglicht einen Überblick über die allgemeine Verletzungsschwere einer Person und hat sich vor allem in medizinisch und technisch orientierten Darstellungen als hilfreich erwiesen.

### 2.3. Injury Severity Score (ISS)

Der "Injury Severity Score (ISS)" ist auch eine etablierte Möglichkeit zur Bewertung der Verletzungsschwere einer mehrfach verletzten und nach AIS codierten Person. Voraussetzung ist hier ebenfalls, dass keine Verletzung mit einem AIS 9 als "not further specified" codiert wurde.

Der ISS errechnet sich aus der Summe der Quadrate der höchsten AIS-Werte aus den drei am schwersten verletzten "Körperregionen (des ISS)".

Zu beachten ist, dass die "Körperregionen (des ISS)" zur Berechnung des ISS nicht mit denen der ersten Stelle der AIS übereinstimmen, sondern aus den folgenden sechs bestehen.

- 1 Head or neck - Kopf oder Hals
- 2 Face - Gesicht
- 3 Chest - Brustkorb
- 4 Abdominal or pelvic contents – Bauch- oder Beckenorgane
- 5 Extremities or pelvic girdle- Extremitäten oder Beckengürtel
- 6 External - Äußerlich

Wird in einer dieser "Körperregionen (des ISS)" ein AIS 6 erreicht, so wird der ISS automatisch auf 75 gesetzt, unabhängig ob auch eine AIS 9 Verletzung codiert wurde. Eine Person, die in drei verschiedenen "Körperregionen (des ISS)" jeweils einen AIS 5 hat, erreicht ebenfalls einen ISS von 75. Der Wertebereich liegt somit zwischen 1 und 75.

Da der ISS keine fortlaufende Variable ist, können keine Mittelwerte mit Standardabweichung berechnet werden.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1. Untersuchungsmaterial**

Aus allen Fällen, die im Institut für Rechtsmedizin München (IRM) obduziert wurden und damit im Datenbanksystem gespeichert sind, wurden als Grundlage für diese Arbeit diejenigen herausgefiltert, deren Tod in Zusammenhang mit einem nicht motorisierten Zweirad stand. Die zeitliche Eingrenzung bezog sich auf die Jahre 2003 - 2008.

Alle Fälle ereigneten sich im Einzugsgebiet der Staatsanwaltschaften Augsburg, Deggendorf, Ingolstadt, Kempten, Landshut, München I, München II, Memmingen, Passau und Traunstein.

Die bei den Staatsanwaltschaften angeforderten Ermittlungsakten, aus welchen sämtliche Daten dieser Arbeit stammen, enthalten neben den Obduktionsberichten Polizeiberichte, Unfallskizzen, Fotos, technische Gutachten, Unfallgutachten, toxikologische Gutachten, gerichtliche Urteile sowie Zeugenaussagen.

Eingeschlossen wurden in das Kollektiv nur Fälle, bei denen die Person zum Zeitpunkt des Unfalls auch mit einem Fahrrad fuhr (siehe Tab. 1). Verunglückte, die ihr Fahrrad schieben, werden laut Straßenverkehrsordnung als Fußgänger betrachtet [9] und somit ausgeschlossen. Ebenfalls wurden nur Personen aufgenommen, die innerhalb von 30 Tagen an den Unfallfolgen verstorben sind. Zu einem späteren Zeitpunkt Verstorbene wurden nicht berücksichtigt, da diese beim Statistischen Bundesamt auch nicht als Verkehrstote gelten [6].

Nicht mit einbezogen wurden auch Fälle, bei welchen eine innere Erkrankung (z.B. Herzinfarkt, HerzKreislaufversagen) die Todesursache darstellte und nicht der darauf folgende Sturz vom Fahrrad. Ein weiteres Ausschlusskriterium war eine nicht geklärte Todesursache laut Obduktionsbericht. Einschlusskriterium war auch, dass genügend Informationen zum Unfallgeschehen vorlagen.

**Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien des Fallguts**

<b>Einschlusskriterien:</b>
Fahrradfahrer (nicht motorisiertes Zweirad)
Unfallzeitraum 2003- 2008
Obduktion am Institut für Rechtsmedizin München
Versterben an den Unfallfolgen innerhalb von 30 Tagen
<b>Ausschlusskriterien:</b>
Schieben des Fahrrads zum Unfallzeitpunkt
Medizinische Kausalität (z.B. Herzinfarkt, HerzKreislaufversagen) als Todesursache und nicht darauf folgender Sturz
nicht geklärte Todesursache laut Obduktionsbericht
Versterben an den Unfallfolgen nach mehr als 30 Tagen

Insgesamt wurden somit 96 Unfälle mit 96 Verunglückten herausgefiltert, die die Grundlage dieser Arbeit darstellen.

Eine nicht beeinflussbare Vorselektion ergibt sich aus der Tatsache, dass im IRM nur Personen obduziert werden, wenn die zuständige Staatsanwaltschaft dies veranlasst. Insgesamt verstarben im Einzugsgebiet des Instituts im genannten Zeitraum 347 Fahrer oder Mitfahrer von Fahrrädern [10]. Somit wurden in dieser Dissertation 27,7 % der insgesamt im besagten Einzugsgebiet Verstorbenen näher betrachtet.

### 3.2. Auswertungsmethode

Die einzelnen Ermittlungsakten wurden von der Abteilung Unfallforschung des IRM bei den jeweiligen Staatsanwaltschaften angefordert und nach Eingang mit einer laufenden Nummer versehen. Anschließend wurden die Akten gesichtet und anhand ihrer Brauchbarkeit für die vorliegende Arbeit selektiert (siehe Ein- und Ausschlusskriterien Kapitel 3.1. ). In Zusammenarbeit mit einer Diplomarbeit aus dem Bereich Fahrzeugtechnik [11] wurde mit "Microsoft® Office Access 2003" eine anonymisierte Datenbank erstellt, in welche die relevanten Informationen der einzelnen Unfälle wie Unfallgegner, Unfallort, Fahrradtyp, Kollisionsgeschwindigkeit, Geschlecht, Alter, Blutalkohol, etc. (siehe vollständig aufgeführt in Tab. 2) aufgenommen wurden.

Tab. 2: Untersuchte Variablen und deren Merkmalsausprägungen

<b>Personenbezogene Daten:</b>
Alter in Jahren (<15/ 15-24/ 25-34/ 35-44/ 45-54/ 55-64/ 65-74/ ≥75)
Geschlecht (männlich/ weiblich)
Gewicht in kg (≤ 45/ 46-60/ 61-75/ 76-90/ >90)
Größe in cm (≤150/ 151-160/ 161-170/ 171-180/ >180)
Blutalkoholkonzentration in ‰ (0-<0,1/ 0,1-<0,3/ 0,3-<0,5/ 0,5-<1,1/ 1,1-<1,6/ ≥1,6)
Fahrradtyp (Älteres Rad/ Trekkingrad/ City-Bike/ MTB/ Rennrad/ Kinderrad/ Unbekannt)
Helm (ja/ nein)
<b>Unfallbezogene Daten:</b>
Unfallgegner (Fußgänger/ Motorrad/ Fahrrad/ LKW/ PKW/ Alleinunfall)
Kollisionsort (innerorts/ außerorts)
Geschwindigkeit des Unfallgegners in km/h (1-30/ 31-50/ 51-70/ 71-110)
Unfall mit Überrollung (ja/ nein)
<b>Medizinische Daten:</b>
Todeszeitpunkt (sofort/ ≤1h/ >1h-≤24h/ >24h-30d)
Todesursache (Schädelhirntrauma/ Polytrauma/ HWS-Trauma/ Thoraxtrauma/ Aspiration/ Beckentrauma/ Sonstiges)
Schwerstverletzte Körperregionen (Kopf/ Hals/ Thorax/ Abdomen/ Obere Extremität/ Untere Extremität)
MAIS (1=gering/ 2=mäßig/ 3=ernsthaft/ 4=schwer/ 5=kritisch)
ISS (0-15/ 16-26/ 27-38/ 39-74/ 75)
MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen (Kopf/ Gesicht/ Hals/ Thorax/ Abdomen/ Becken intern/ Becken knöchern/ Oberarm/ Unterarm/ Hand/ Oberschenkel/ Unterschenkel/ Fuß)
Verletzte Körperregionen im Vergleich MAIS(KR)≥2 und MAIS(KR)≥4

Die Kodierung der Verletzungen erfolgte aus den Obduktionsprotokollen anhand der standardisierten "Abbreviated Injury Scale 2005® -Update 2008" [8]. Sämtliche Verletzungen, die durch den unmittelbaren Unfall entstanden sind (ausgenommen Verletzungen durch Rettungsmaßnahmen und Notoperationen wie z.B. Rippenbrüche durch cardiopulmonale Reanimation, Einstichverletzungen durch Braunülen oder Operationszugänge) wurden codiert und anonymisiert in eine "Microsoft® Office Ex-

cel 2003" Tabelle übertragen. Die jeweiligen Dateiinhalte wurden in einer Excel-Datenbank zusammengefügt und anschließend mit den Daten der Access-Datenbank verknüpft.

Die statistische Auswertung nach Häufigkeiten, Mittelwerten, Medianen, Standardabweichungen etc. wurde mit der Software "IBM® SPSS® Statistics v20" durchgeführt.

Zur Beantwortung der Fragestellungen wurden personenbezogene, unfallbezogene und medizinische Daten zunächst für das Gesamtkollektiv deskriptiv ausgewertet, danach separat für die jeweiligen Unfallgegner (siehe 3.3. "Unfallgegner:"). Diese separate Auswertung der verschiedenen Variablen bei verschiedenen Unfallgegnern bildet den eigentlichen Kern der Dissertation (siehe Inhaltsverzeichnis).

Die ausgewerteten Variablen werden im folgenden Kapitel 3.3. erläutert. Die Ergebnisse werden entweder tabellarisch, graphisch oder rein textlich dargestellt.

Die Diagramme wurden mit dem Diagramm-Assistent von "Microsoft® Office Excel 2003" erstellt.

Das in der Dissertation zur Darstellung der Verteilung der Verletzungshäufigkeiten verwendete "Unfallmännchen" wurde mit dem Programm "Microsoft® Paint" erstellt (siehe Abb. 1).

### **3.3. Besonderheiten bei den personen- und unfallbezogenen Daten**

Bei einigen Parametern der vorliegenden Arbeit sind zum genaueren Verständnis der Daten folgende Erläuterungen notwendig.

Alter:

Um Vergleiche der Verletzungen in verschiedenen Altersgruppen ziehen zu können, wurden zehn Jahresabstände gewählt. Kinder wurden bis zu einem Alter einschließlich 14 Jahre als eine Gruppe gezählt. Ebenso wurden alle Verunglückten über 74 Jahre auch als eine Gruppe zusammengefasst (siehe Tab. 2).

Alkohol:

Der Blutalkoholwert in Promille (‰) stammt in den meisten Fällen aus den Gutachten der Blutalkoholbestimmung nach Leichenblutentnahme oder nach Entnahme im Krankenhaus. Hierbei werden die Mittelwerte aus jeweils zwei Blutalkoholwerten



durch das ADH-Verfahren (Alkoholdehydrogenase) und das GC-Verfahren (Gaschromatographie) automatisch durch das toxikologische Labor berechnet.

Bei längerer Liegezeit von Leichen können diese Werte so stark streuen, dass eine automatische Mittelwertberechnung entfällt. In diesen Fällen wurde auf Anraten der Toxikologie der Mittelwert des GC-Verfahrens eigenhändig berechnet und nach der zweiten Kommastelle geschnitten (Bsp.: 0,06‰ und 0,07‰ → 0,065‰ → 0,06‰).

Wenn kein Gutachten vorhanden, aber die Information im Polizeibericht protokolliert war, wurde dieser Blutalkoholwert übernommen.

Wenn keine Information über eine Blutalkoholbestimmung oder einen Blutalkoholwert vorhanden war, ist davon auszugehen, dass bei diesen Fällen auch keine Bestimmung durchgeführt worden ist.

Die Werte wurden in verkehrspolitisch relevante Gruppen (0- $<$ 0,1/ 0,1- $<$ 0,3/ 0,3- $<$ 0,5/ 0,5- $<$ 1,1/ 1,1- $<$ 1,6/  $\geq$ 1,6 Promille) eingeteilt. Ein Wert aus der Gruppe 0- $<$ 0,1 Promille wird als negativer, Werte aus den übrigen Gruppen als positiver Blutalkoholtest gewertet.

#### Fahrradtyp:

Anhand der Polizeiberichte und Unfallfotos wurden die Fahrradtypen verschiedenen Kategorien zugeordnet. Dies wurde im Rahmen der Diplomarbeit [11], die ebenfalls im IRM und teilweise mit dem gleichen Fallgut erstellt wurde, durchgeführt. Als "älteres Rad" wurden Fahrräder eingeordnet, die maximal 3 Gangstufen hatten oder mindestens 20 Jahre alt waren (Gangkriterium stand im Vordergrund). Als "City-Bike" wurden Fahrräder mit vier bis neun Gangstufen bezeichnet, Fahrräder mit mehr Gangstufen als "Trekkingrad". Eine Unterscheidung zwischen "Trekkingrad" und "Mountainbike (MTB)" wurde durch eine für den Straßenverkehr vorschriftsmäßige Ausstattung (Lichtanlage, Schutzbleche, Reflektoren), die das erstere hat, getroffen.

#### Unfallgegner:

Der jeweilige Unfallgegner bzw. der jeweilige Fahrzeugtyp (Motorrad/ LKW/ PKW) wurde in allen Fällen durch die Polizei anhand der Fahrzeugzulassungsdaten ermittelt und in die Polizeiberichte eingetragen. Diese Daten aus den Polizeiberichten wurden in unsere Datenbank übernommen. Die verschiedenen LKW Arten (z.B. Abschleppwagen, Betonmischer, Kastenaufbau, Kippaufbau, Müllsammelfahrzeug,

Omnibus, Pritschenaufbau, Sattelzugmaschine usw.) wurden in dieser Arbeit alle der Kategorie "LKW" zugeordnet.

Der Kategorie "Alleinunfall" wurden alle Verstorbenen zugeordnet, bei denen kein Kontakt mit einem anderen Verkehrsteilnehmer bzw. Fußgänger stattfand, auch wenn es sich um ein Ausweichmanöver mit darauffolgendem Sturz handelte. Kollidierte der Fahrradfahrer mit einem Objekt (z.B.: Schranke, Baum, Bordsteinkante), befindet er sich ebenfalls in der Gruppe "Alleinunfall". Eine Kollision mit einer sich öffnenden Tür eines stehenden PKWs wurde der Gruppe "PKW" zugeordnet.

Geschwindigkeiten:

Die Geschwindigkeit des Unfallgegners zum Kollisionszeitpunkt wurde in den meisten Fällen den unfallanalytischen Gutachten entnommen, teilweise mussten diese unter Zuhilfenahme von Wurfweitendiagrammen rekonstruiert werden. Dies wurde ebenfalls im Rahmen der Diplomarbeit im Bereich Fahrzeugtechnik [11] durchgeführt. Um die gewonnenen Informationen übersichtlich darzustellen, wurden die Werte verkehrspolitisch relevanten Geschwindigkeitsbereichen (1-30/ 31-50/ 51-70/ >70 km/h) zugeteilt.

Überrollung:

Gewertet wurden alle Fälle, bei denen eine Überrollung durch einen Reifen (nicht durch den Unterboden) eines PKWs oder LKWs stattfand. Dies ließ sich anhand der unfallanalytischen Gutachten und den typischen Quetschungsverletzungen (Ablederung, Taschenbildung) mit den dazugehörigen Reifenspuren auf der Leiche eindeutig feststellen.

### **3.4. Besonderheiten bei den medizinischen Daten**

Zum genauen Verständnis des medizinischen Teils sind folgende Erläuterungen zur Codierung und den Vorgehensweisen notwendig.

Todeszeitpunkt:

Voraussetzung zur Aufnahme in das Fallgut dieser Dissertation war ein Versterben innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall mit direktem Zusammenhang zum voraus-

gegangenen Unfall. Personen, die später als 30 Tage nach dem Unfall verstorben sind, wurden ausgeschlossen (siehe Ein- und Ausschlusskriterien).

Vier unterschiedliche Todeszeitpunktgruppen wurden betrachtet ("sofort", " $\leq 1$  h", " $> 1$  h -  $\leq 24$  h" und " $> 24$  h -  $\leq 30$  d").

Zur Gruppe "sofort" wurden nur die Fälle gezählt, bei welchen der Tod unmittelbar nach Kollision eintrat. War eine Person bei Eintreffen des Sanitäters/ Notarztes noch am Leben, verstarb aber im Rahmen der Erstmaßnahmen noch am Unfallort, wurde er der Gruppe " $\leq 1$  h" zugeordnet.

Die genauen Zeitangaben stammen aus den Polizeiunterlagen, den Notarzteinsatzprotokollen und den Totenscheinen der Verstorbenen.

In mehreren Fällen wurden die Leichen erst einige Stunden später oder am folgenden Tag gefunden, allerdings gab es keinen Fall, bei dem ein mehrstündiges Überleben am Unfallort nachgewiesen werden konnte. Alle diese Personen wurden der Gruppe "sofort" zugeordnet.

#### Todesursache:

Die Todesursachen wurden als Freitext aus den Obduktionsgutachten entnommen und sinnvollen Kategorien zugeordnet: Schädelhirntrauma, Polytrauma (gleichzeitig entstandene Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wobei entweder eine der Verletzungen oder ihre gemeinsame Kombination lebensbedrohlich ist) HWS-Trauma, Thoraxtrauma, Aspiration, Beckentrauma und Sonstiges. Unter Sonstiges wurden beispielsweise Pneumonie, Lungenembolie, Sepsis oder andere seltene Todesursachen zusammengefasst. Bei der so dokumentierten Todesursache kann die Übereinstimmung zur schwerstverletzten Körperregion nach AIS fehlen.

#### Schwerstverletzte Körperbereiche:

Bei allen Fällen wurde anhand des MAIS der schwerstverletzte "Körperbereich" (siehe Tab. 2) zugeordnet. Hierbei wurden der Körper des Verstorbenen in folgende sieben "Körperbereiche" (nicht "Körperregionen") grob eingeteilt: Kopf, Gesicht, Hals, Thorax, Abdomen, Obere Extremität, Untere Extremität.

Kam in mehreren Körperbereichen ein gleich hoher MAIS vor, wurden diese als Kombination aufgeführt. Hierbei wird nur dargestellt, welche Körperbereiche die schwersten Verletzungen hatten, nicht der Schweregrad der Verletzungen.

MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen:

Durch die AIS sind alle Verletzungen den neun verschiedenen "Körperregionen (der AIS)" zugeordnet. Für die vorliegende Dissertation wurde der Körper in 13 Körperregionen (siehe Tab. 2) unterteilt. In der gesamten Arbeit sind immer diese 13 Körperregionen gemeint, wenn der Begriff "Körperregionen" fällt.

Zur Unterscheidung wird, wenn ausnahmsweise die neun Körperregionen des AIS gemeint sind, die Zusatzbezeichnung "(der AIS)" angehängt. Nachfolgend sind die Unterschiede beschrieben:

Wirbelsäule:

In der AIS ist die Wirbelsäule eine eigene "Körperregion (der AIS)" und wird unterteilt in "cervical", "thoracic" und "lumbar". In der vorliegenden Arbeit befinden sich die Verletzungen der Wirbelsäulenabschnitte in den jeweiligen Regionen "Hals", "Thorax" und "Abdomen".

Obere Extremität:

Die "Körperregion (der AIS)" "Upper extremity" wurde hier aufgeteilt in die Region "Oberarm" (inklusive Schultergürtel), "Unterarm" (inklusive Ellenbogen) und "Hand".

Untere Extremität:

Die "Körperregion (der AIS)" "Lower extremity, pelvis and buttocks" wurden hier aufgeteilt in "Becken knöchern", "Oberschenkel" (inklusive Hüftgelenk), "Unterschenkel" (inklusive Knie und oberes Sprunggelenk) und "Fuß"(inklusive unteres Sprunggelenk).

Abdomen/ Beckenorgane:

In der AIS werden die Beckenorgane in der Region "Abdomen and pelvic contents" codiert, in der vorliegenden Dissertation gibt es eine eigene Region "Becken intern". Zu dieser zählt das Urogenitalsystem ab der Blase, folglich zählen die Ureteren noch zu "Abdomen". Das Gastrointestinalsystem wird ab dem Rektum zu "Becken intern" gezählt, das Colon sigmoideum folglich noch zu "Abdomen". Die Hautverletzungen im Becken- und Hüftbereich befinden sich in der Region "Becken knöchern."

Im Kapitel 2.2. wird der MAIS beschrieben. Ebenfalls kann der MAIS in bestimmten Körperregionen ermittelt werden (z.B. MAIS des Thorax, MAIS des Kopfes) und stellt dadurch nur die höchste Verletzungsschwere innerhalb dieser Körperregion dar. Zur Unterscheidung wird der MAIS der Körperregionen in der gesamten vorliegenden Arbeit als MAIS(KR) bezeichnet.

Bei den Auswertungen sind MAIS(KR) 1-Verletzungen zur Vollständigkeit in den Tabellen aufgeführt, im Text aber nicht näher beschrieben. Bei MAIS(KR) 1-Verletzungen handelt es sich vorwiegend um Hämatome, Schürfwunden, Prellungen und kleinere Riss- /Quetschwunden der Haut, die normalerweise nicht tödlich sind. In den jeweiligen Körperregionen werden nur die MAIS(KR)-Verletzungen, also die jeweils schwersten Verletzungen beschrieben. Sämtliche Verletzungen mit geringerer Verletzungsschwere in einer bestimmten Körperregion sind hier nicht aufgeführt.

Verletzte Körperregionen im Vergleich  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  und  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ :

In der Literatur wird oft der Begriff  $\text{MAIS}1+$ ,  $\text{MAIS}2+$ ,  $\text{MAIS}3+$ , usw. verwendet. Dieses "+" ist gleichzusetzen mit dem Symbol " $\geq$ " und bedeutet "größer-gleich". In der vorliegenden Arbeit wurde zur Korrektheit und zum einfacheren Verständnis ausschließlich das Symbol " $\geq$ " verwendet (z.B.:  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ ).

Zum Verständnis ist in Abb. 1 das verwendete Unfallmännchen mit zwei Beispielswerten zu sehen. Auf der linken Bildhälfte werden alle  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzungen dargestellt, auf der rechten Bildhälfte alle  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ -Verletzungen. Die dargestellten Werte zeigen an, wie viel Prozent der Personen wie schwer in einer bestimmten Körperregion verletzt sind (z.B.: 80,3% haben am Kopf mindestens eine  $\text{MAIS(KR)} 2$ -Verletzung oder schwerer = braun; 65,7% haben am Thorax mindestens eine  $\text{MAIS(KR)} 4$ -Verletzung oder schwerer = rot).

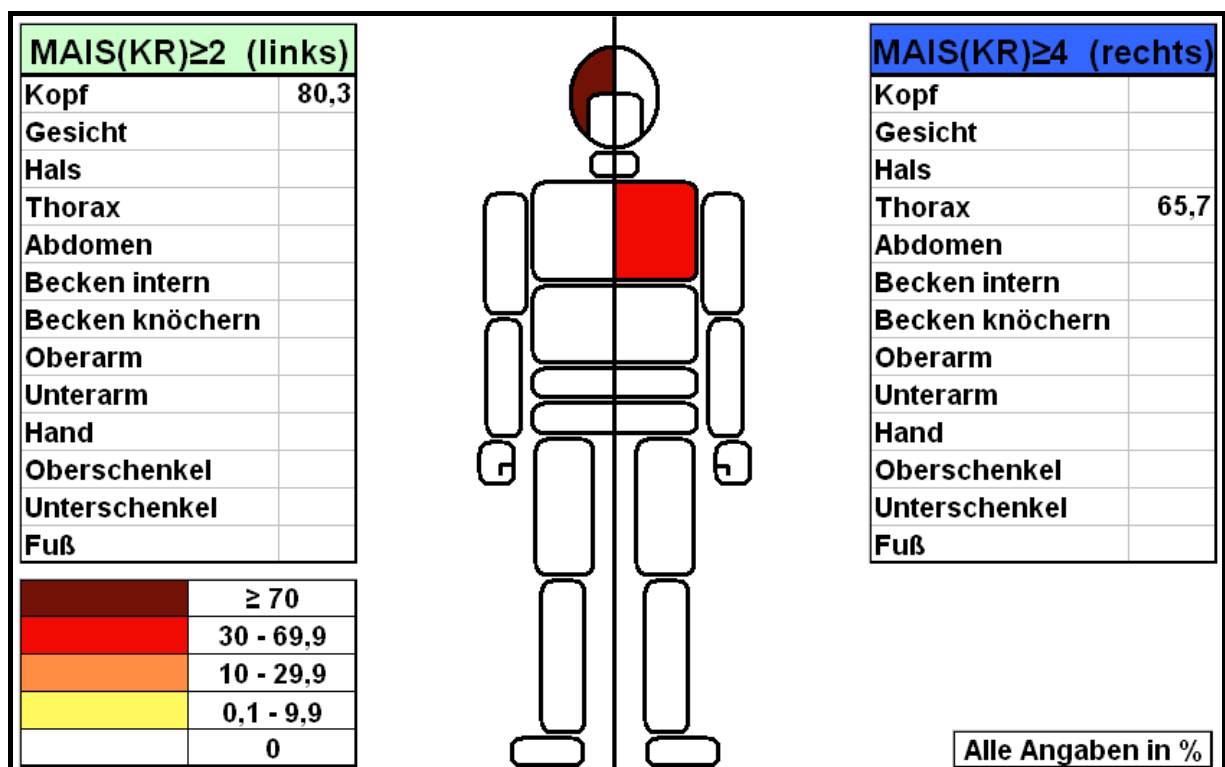


Abb. 1: Unfallmännchen- Beispiel (linke Bildhälfte: 80,3% der getöteten Fahrradfahrer haben eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzung am Kopf = braun, rechte Bildhälfte: 65,7% eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ -Verletzung am Thorax = rot)

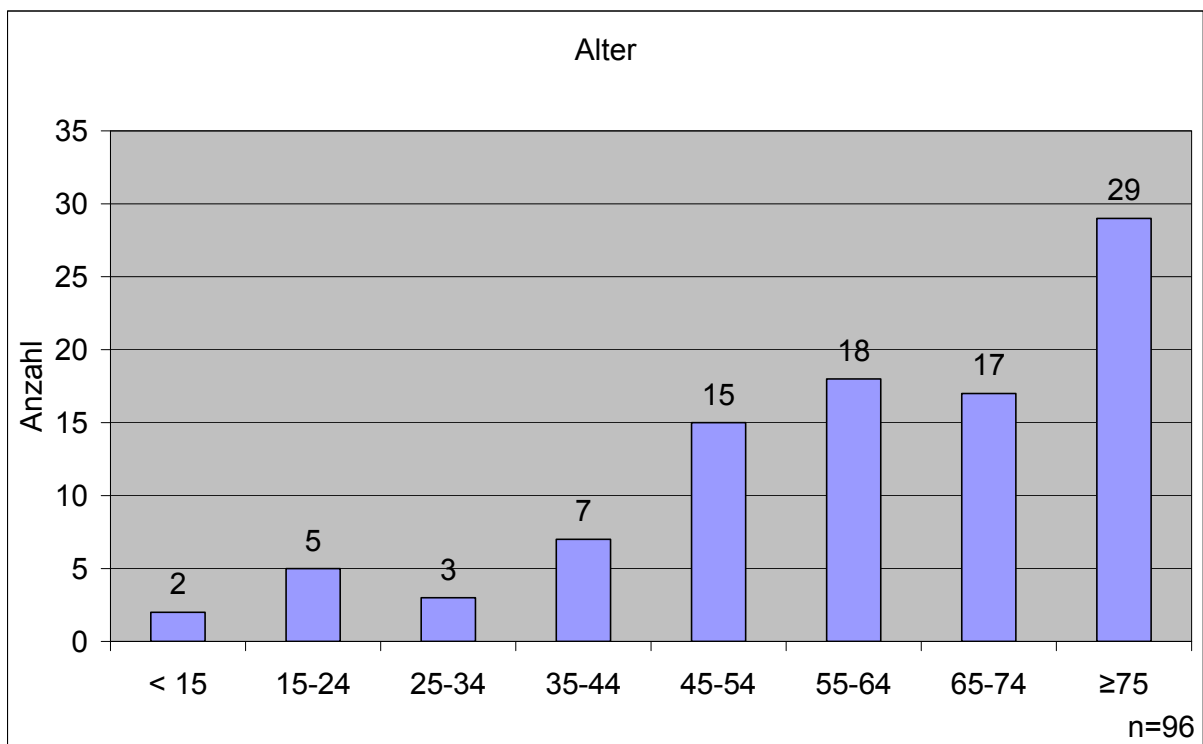
## 4. Ergebnisse

### 4.1. Das Gesamtkollektiv

#### 4.1.1. Personenbezogene Daten

##### 4.1.1.1. Alter

Die Altersverteilung der tödlich verunglückten 96 Personen ist in Abb. 2 graphisch dargestellt. Mit einer Anzahl von 29 (30,2%) waren Personen mit 75 oder mehr Jahren unter den Verunfallten am häufigsten. Die drei Gruppen "45-54", "55-64" und "65-74" waren mit einer Anzahl von 15 (15,6%), 18 (18,6%) und 17 (17,7%) etwa gleichhäufig im Gesamtkollektiv vertreten.



**Abb. 2: Altersgruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

Die Gruppen "35-44" mit sieben Personen (7,3%), "15-24" mit fünf Personen (5,2%) und "25-34" mit drei Personen (3,1%) waren deutlich kleiner. Die kleinste Gruppe stellten die Verunfallten unter 15 Jahren dar. Der arithmetische Mittelwert lag mit ei-

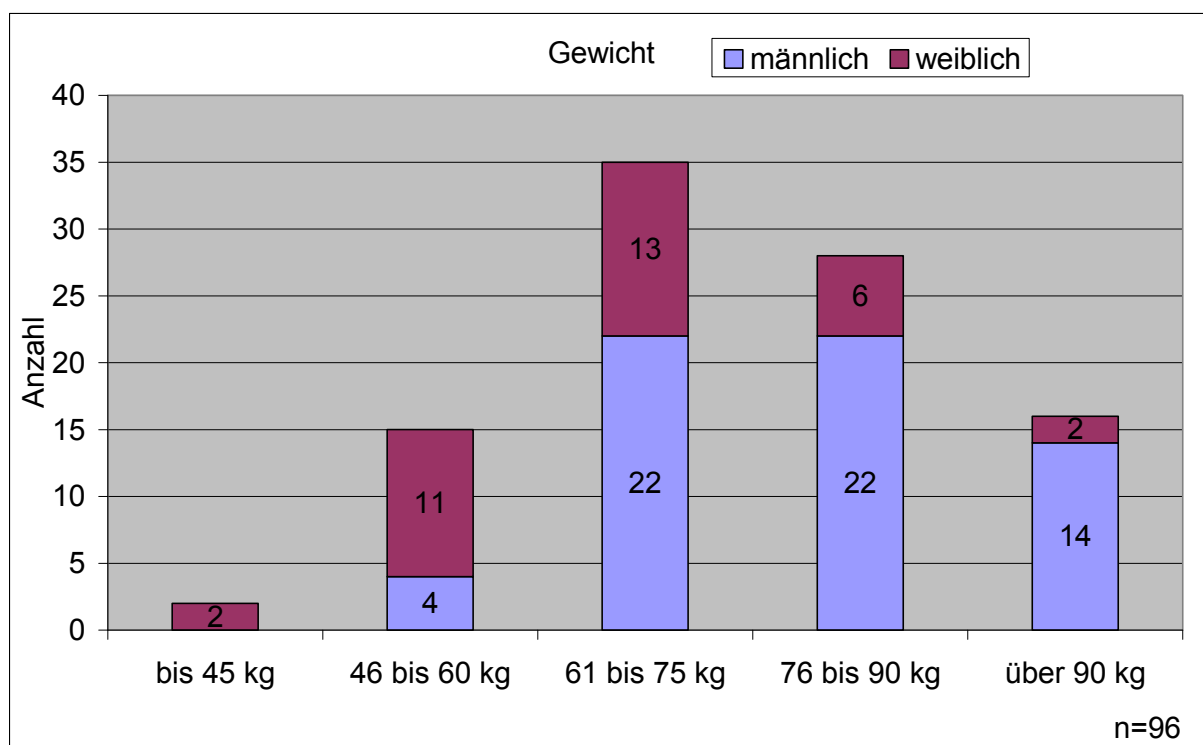
ner Standardabweichung von 19,7 bei 60,5 Jahren, der Median bei 63,0 Jahren. Die jüngste Person war acht, die älteste 95 Jahre alt.

#### 4.1.1.2. Geschlecht

Bei der Geschlechtsverteilung war der Anteil der Männer größer. Mit 62 von 96 Fällen lag dieser bei 64,6%, der Anteil der Frauen mit 34 bei 35,4%

#### 4.1.1.3. Gewicht

Abb. 3 zeigt eine Darstellung des Gewichts nach Gruppen, zusätzlich unterteilt in weiblich und männlich. Die größte Gruppe bildeten mit einer Anzahl von 35 (36,5 %) die 61 bis 75 kg schweren Verunglückten, die zweitgrößte mit einer Anzahl von 28 (29,2%) die zwischen 76 und 90 kg. Etwa gleich groß mit 15 (15,6%) und 16 Personen (16,7%) lagen die Gruppen von 46 bis 60 kg und über 90 kg. Das geringste Gewicht wurde mit 21,4 kg, das höchste mit 107,5 kg erreicht. Der Mittelwert lag bei 74,8 kg und die Standardabweichung bei 15,2 kg. Der Median betrug 72,8 kg.



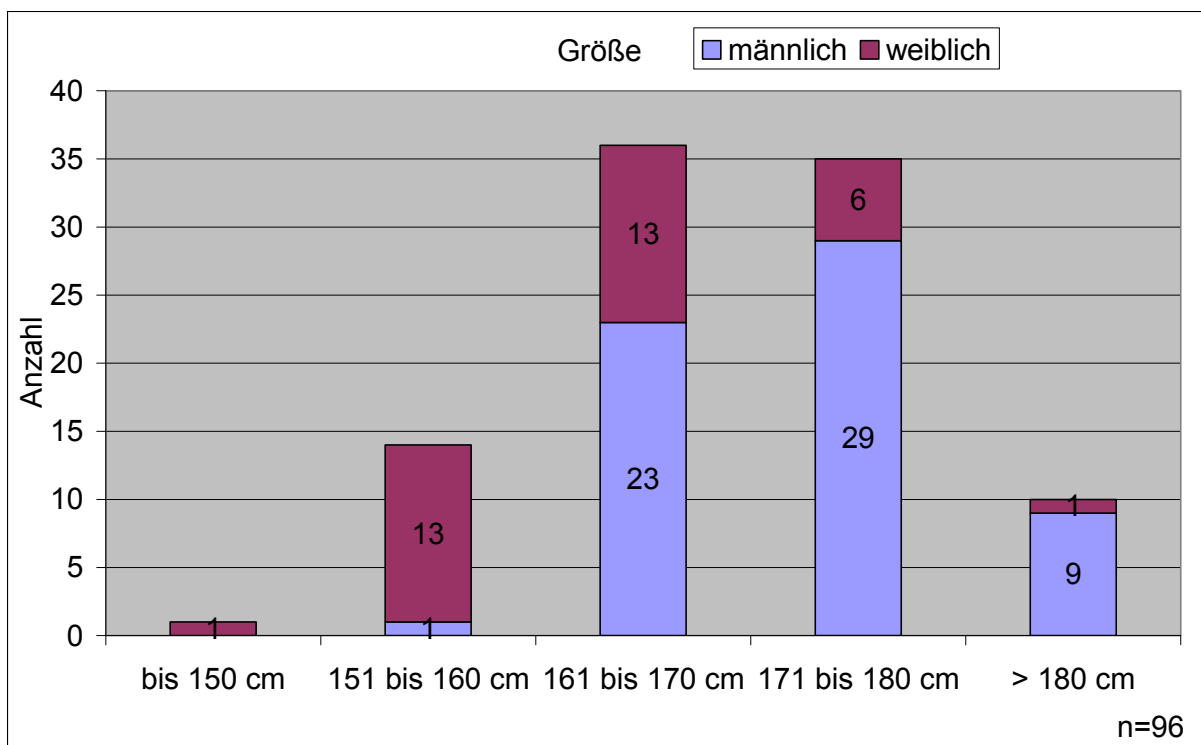
**Abb. 3: Gewichtgruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**



## 4.1.1.4. Größe

Bei der Größenverteilung zeigten sich mit 36 Personen (37,5%) von 161 bis 170 cm und 35 Personen (36,5%) von 171 bis 180 cm zwei annähernd gleiche Gruppen. Die Gruppe von 151 bis 160 cm war mit 14 Verunglückten (14,6%) etwas größer als die Gruppe über 180 cm mit zehn Personen (10,4%).

Das Minimum wurde mit 124 cm, das Maximum mit 191 cm gemessen. Der Mittelwert betrug 169,1 cm und die Standardabweichung 9,6 cm. Der Median lag bei 170,0 cm. Abb. 4 zeigt die jeweilige Anzahl der Gruppen, zusätzlich unterteilt in weiblich und männlich.



**Abb. 4: Größengruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

#### 4.1.1.5. Blutalkoholkonzentration

In 54 der 96 Fälle wurde ein Blutalkoholtest durchgeführt. Bei 38 Personen (70,4%) war das Ergebnis negativ ( $0 < 0,1\text{‰}$ ), bei den restlichen 16 Personen (29,6%) zeigte sich ein positives Ergebnis. Eine Übersicht gibt Abb. 5.

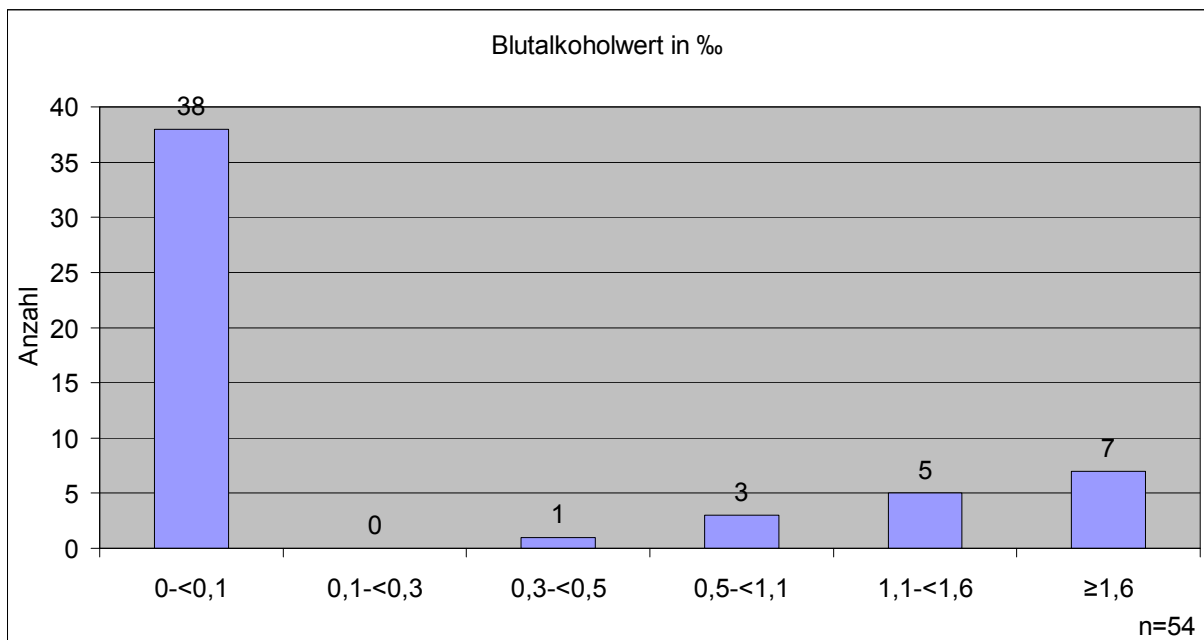
Keine Personen waren in der Gruppe zwischen 0,1 und 0,3 ‰.

Am häufigsten mit sieben Personen (13,0%) war die Gruppe mit mehr als 1,6‰. Die Einzelwerte waren hier 1,89‰, 2,06‰, 2,16‰, 2,33‰, 2,50‰, 2,72‰, und 3,37‰.

Fünf Personen hatten Werte zwischen 1,1 und 1,6‰ und drei Personen Werte zwischen 0,5 und 1,1‰.

Eine Person befand sich mit 0,44‰ zwischen 0,3 und 0,5‰.

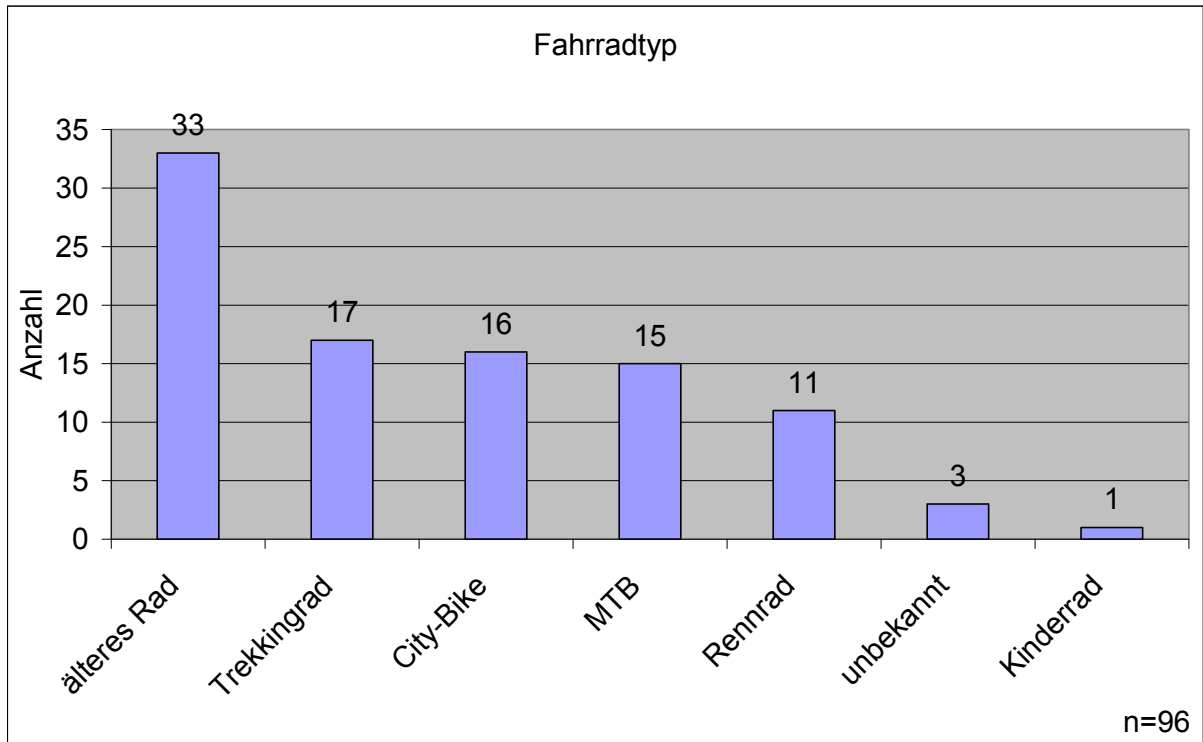
Der höchste Wert wurde mit 3,37‰ gemessen, der niedrigste positive mit 0,44‰. Der Median aller 54 Personen lag bei 0,01‰, der Mittelwert bei 0,50‰.



**Abb. 5: Blutalkoholwertgruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

#### 4.1.1.6. Fahrradtyp

Wie in Abb. 6 zu sehen ist, war mit einer Anzahl von 33 (34,4%) das "ältere Rad" am häufigsten. Die Fahrradtypen "MTB" (Mountainbike), "City-Bike" und "Trekkingrad" kamen mit einer Anzahl von 15 (15,6%), 16 (16,7%) und 17 (17,7%) etwa gleich häufig vor. Des Weiteren befanden sich elf (11,4%) Rennräder und ein Kinderrad im Untersuchungsgut. Bei drei Fällen konnte aufgrund der Datenlage keine Aussage gemacht werden und wurden der Kategorie "unbekannt" zugeordnet.



**Abb. 6: Fahrradtyp- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

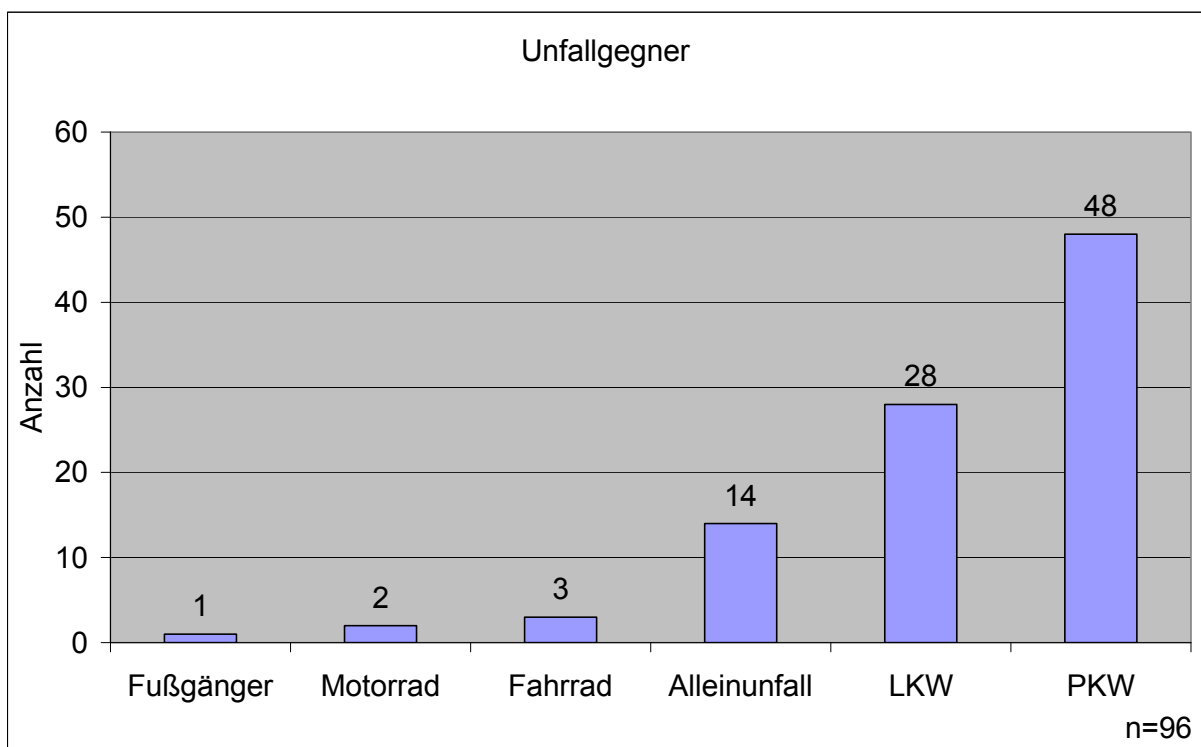
#### 4.1.1.7. Helm

Von den 96 Verunglückten trugen sechs einen Helm. Dies entspricht einem Wert von 6,3%.

### 4.1.2. Unfallbezogene Daten

#### 4.1.2.1. Unfallgegner

82 der 96 Unfälle kamen durch eine Kollision mit einem anderen Fahrzeug oder einem Fußgänger zustande. In Abb. 7 sind die Häufigkeiten sämtlicher Unfallgegner graphisch dargestellt. Mit einer Anzahl von 48 (50%) verstarb genau die Hälfte aller Fälle an den Folgen einer Kollision mit einem "PKW". Eine Kollision mit einem "LKW" ereignete sich in 28 Fällen (29,2%). Die Unfallgegner "Fußgänger", "Fahrrad" und "Motorrad" kamen vergleichsweise selten vor. In einigen Fällen der Gruppe "Alleinunfall" konnte keine klare Sturzursache ermittelt werden, die Aufprallpunkte waren eine Bordsteinkante, eine Leitplanke, ein Baum oder der Straßenbelag. In einem Fall kollidierte ein Radfahrer mit einer sich schließenden Schranke, in einem weiteren Fall mit einem im Bach liegenden Steinbrocken.



**Abb. 7: Unfallgegner- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

#### 4.1.2.2. Kollisionsort

Mit einer Anzahl von 59 ereigneten sich 61,5% der Fälle innerorts. Außerorts waren es 38,5% mit einer Anzahl von 37.

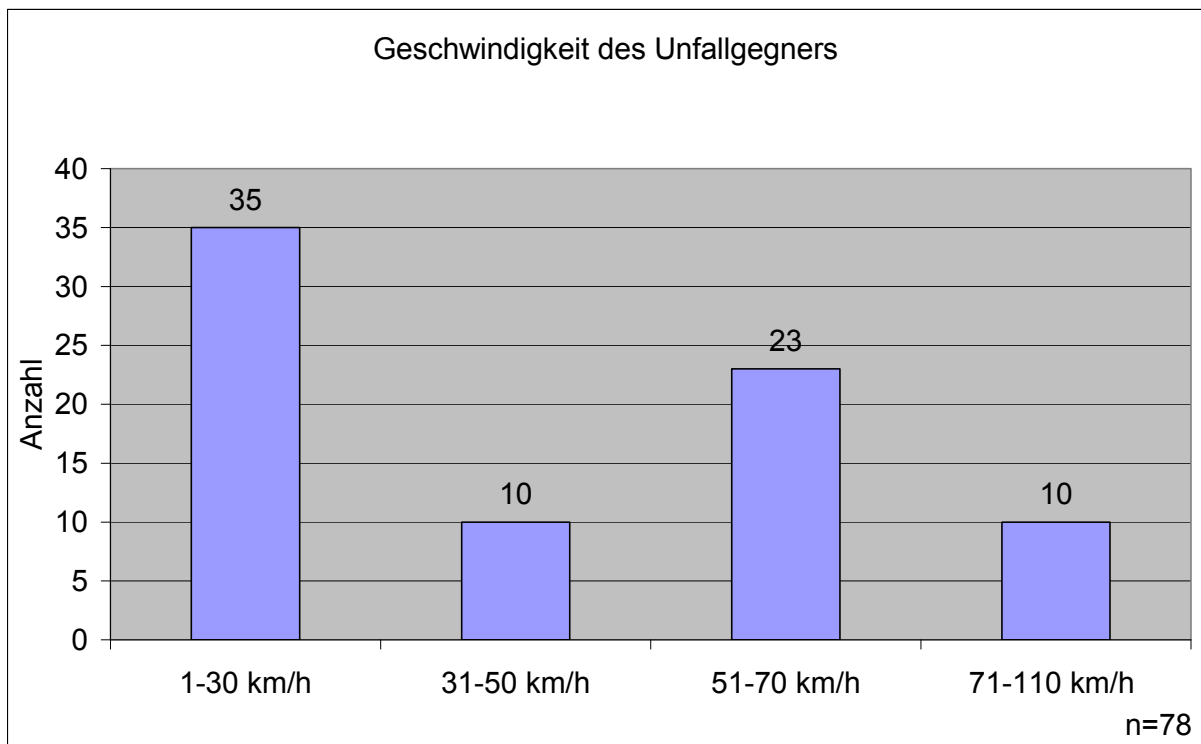
#### 4.1.2.3. Geschwindigkeit des Unfallgegners

Wie in Abb. 8 zu sehen ist, konnte in 78 Fällen die Geschwindigkeit des Unfallgegners ermittelt werden.

Die fehlenden 18 Geschwindigkeiten ergaben sich aus 14 Alleinunfällen, drei Kollisionen mit einer geöffneten Tür bei stehendem Fahrzeug und einem Fahrrad-Fahrradunfall mit nicht ermittelter Geschwindigkeit des Unfallgegners.

Mit einer Anzahl von 35 (44,9% von 78 Fällen) ereigneten sich die meisten Unfälle im niedrigen Geschwindigkeitsbereich zwischen 1 und 30 km/h. In dieser Gruppe befand sich mit 4 km/h das Minimum.

Die zweitgrößte Gruppe lag mit 23 Personen (29,5%) zwischen 51 und 70 km/h. Mit einer Anzahl von jeweils zehn (12,8%) folgten die Bereiche von 31 bis 50 km/h und von 70 bis 110 km/h. Nur ein Gegner überstieg mit 110 km/h zum Kollisionszeitpunkt die 100 km/h- Marke.



**Abb. 8: Geschwindigkeitsgruppen der Unfallgegner zum Kollisionszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

#### 4.1.2.4. Unfall mit Überrollung

15 der 96 Personen wurden entweder im Rahmen des Unfalls zusätzlich überrollt oder durch einen alleinigen Überrollungsvorgang getötet. Bei den restlichen 81 Personen wurde kein Überrollungsvorgang nachgewiesen.

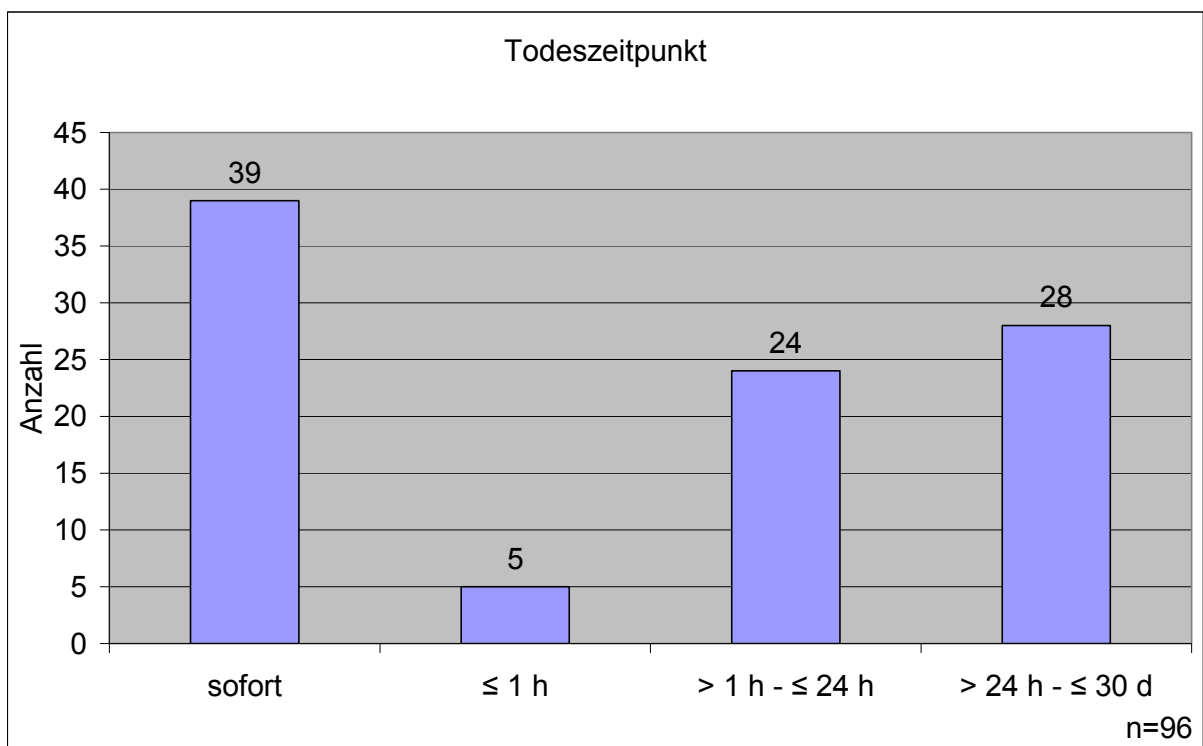
### 4.1.3. Medizinische Daten

#### 4.1.3.1. Todeszeitpunkt

Die meisten Radfahrer befanden sich mit einer Anzahl von 39 (40,6%) in der Gruppe "sofort", verstarben folglich direkt am Unfallort.

Mit 28 (29,2%) und 24 Personen (25,0%) folgten die Gruppen "> 24 h - ≤ 30 d" und "> 1 h - ≤ 24 h". Die Gruppe "≤ 1 h" war mit fünf Personen (5,2%) die kleinste.

Abb. 9 zeigt graphisch die Todeszeitpunkte der 96 Fälle.



**Abb. 9: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

## 4.1.3.2. Todesursache

In Abb. 10 sind die verschiedenen Todesursachen der 96 Fahrradfahrer graphisch dargestellt.

Am häufigsten mit 49 Personen (51,0%) verstarben die Verunfallten infolge eines Schädelhirntraumas.

Die zweithäufigste Todesursache war in 24 Fällen (25,0%) ein Polytrauma. Jeweils sieben Personen (7,3%) kamen durch ein HWS-Trauma oder ein Thoraxtrauma zu Tode.

Drei Fahrradfahrer verstarben infolge Aspiration, zwei durch Aspiration von eigenem Blut und einer ertrank nach einem Sturz mit darauffolgender Bewusstlosigkeit in einem Bach. In einem Fall war ein Beckentrauma die Todesursache.

Fünf Personen wurden der Gruppe "Sonstiges" zugeordnet. Hiervon verstarben drei Personen im Verlauf an einer Bronchopneumonie und eine an einer Sepsis. In einem speziellen Fall kam ein Kind durch zentrale Lähmung bei Hirndruck infolge Thoraxkompression durch den Unterboden eines PKWs zu Tode.

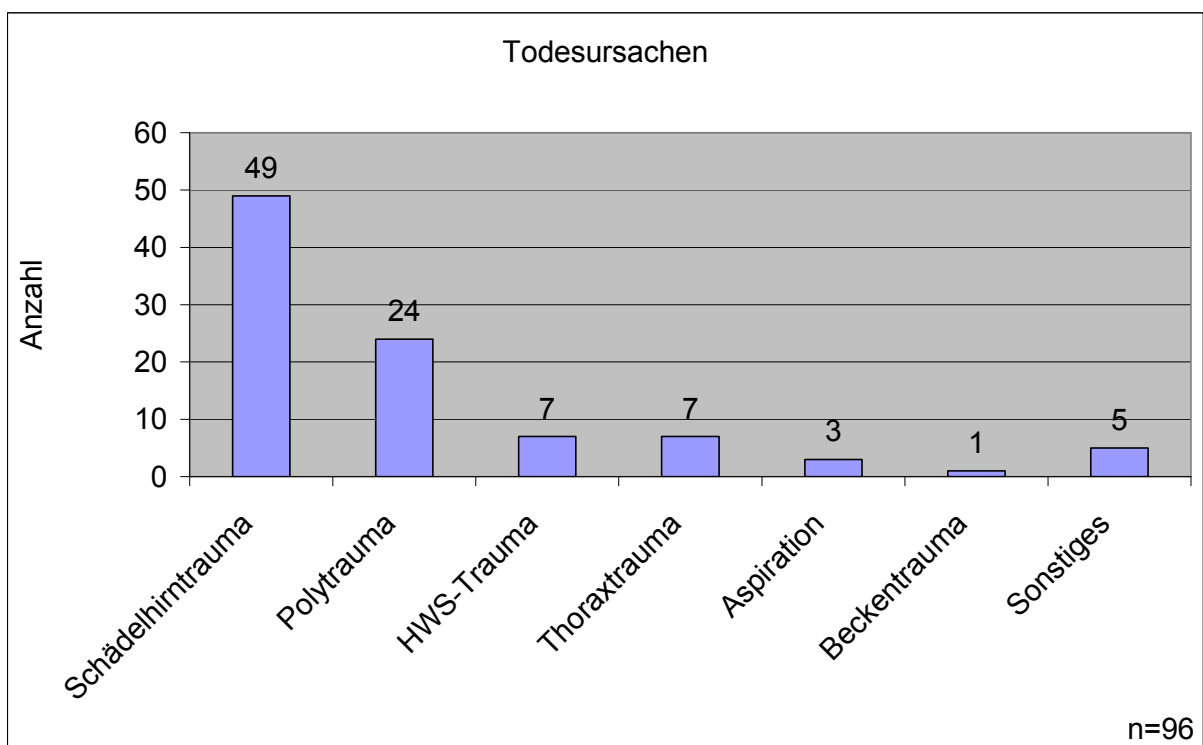
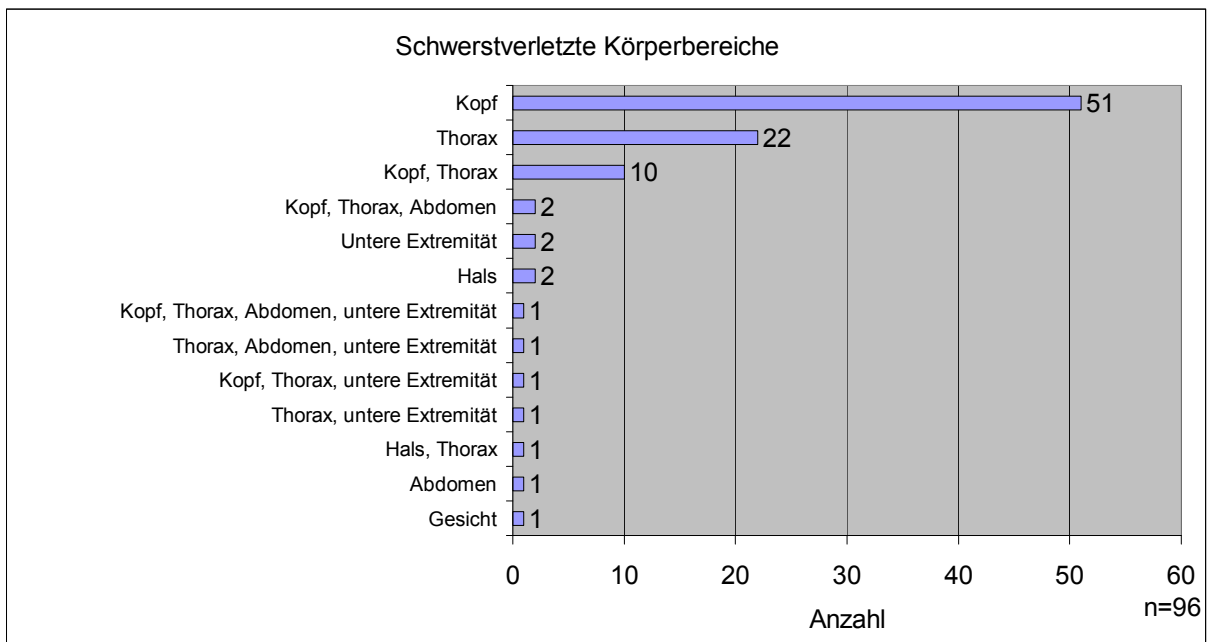


Abb. 10: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"

#### 4.1.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche

Am häufigsten war mit einer Anzahl von 51 (53,1%) der schwerstverletzte Körperbereich der "Kopf", siehe Abb. 11. Der "Thorax" kam mit einer Anzahl von 22 (22,9%) an zweiter Stelle. Am dritthäufigsten lag in diesen beiden Körperbereichen der MAIS vor.

Jeweils zweimal waren die schwerstverletzten Körperbereiche "Kopf, Thorax, Abdomen", "Untere Extremität" und "Hals". Die restlichen gebildeten Gruppen lagen jeweils einmal vor.

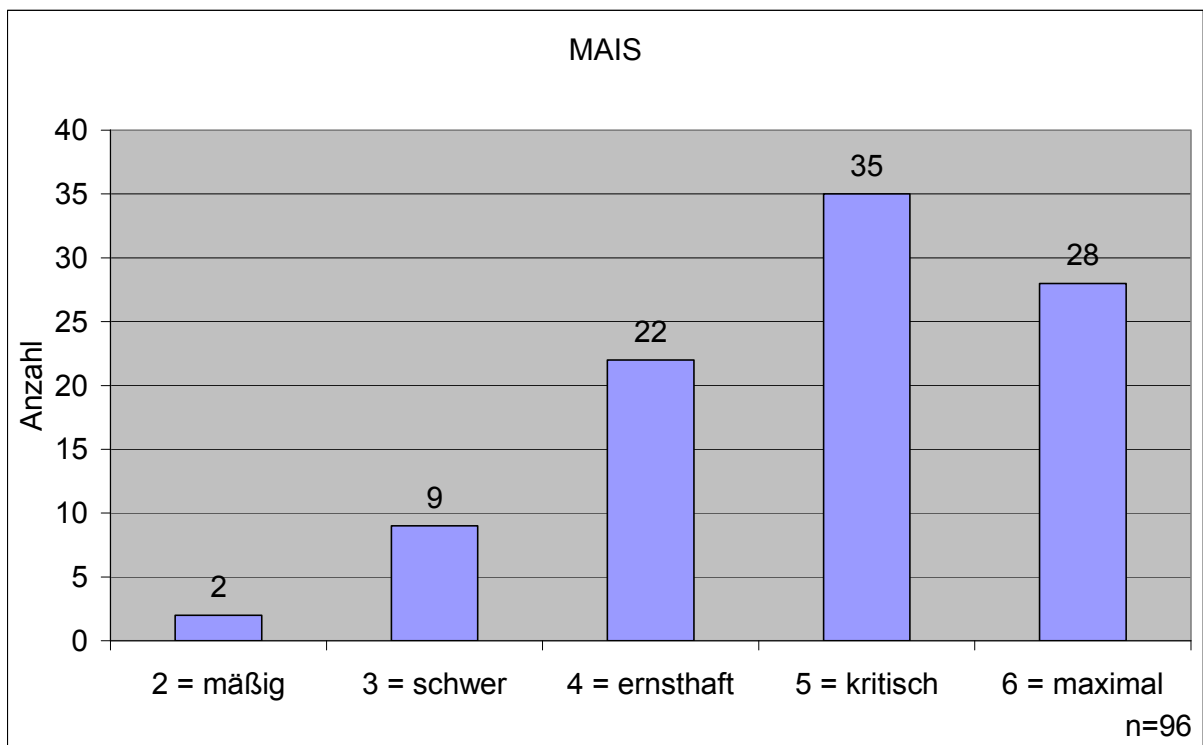


**Abb. 11: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**



#### 4.1.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS)

Abb. 12 zeigt die Häufigkeitsverteilung des MAIS innerhalb des gesamten Fallguts. 35 Radfahrer (36,5%) verstarben mit einem MAIS "5= kritisch", 28 (29,2%) mit "6= maximal" und 22 (22,9%) mit "4= ernsthaft". Einen MAIS von "3= schwer" hatten neun (9,4%) der Verstorbenen. Die kleinste Gruppe mit einem MAIS von "2= mäßig" bestand aus zwei Personen (2,1%). Diese beiden Personen verstarben an Aspirati-on, der eine nach Gesichtsverletzung, der andere nach Sturz in einen Bach und Be-wusstlosigkeit. Ein  $\text{MAIS} \leq 1$  lag bei den 96 Fällen nicht vor.

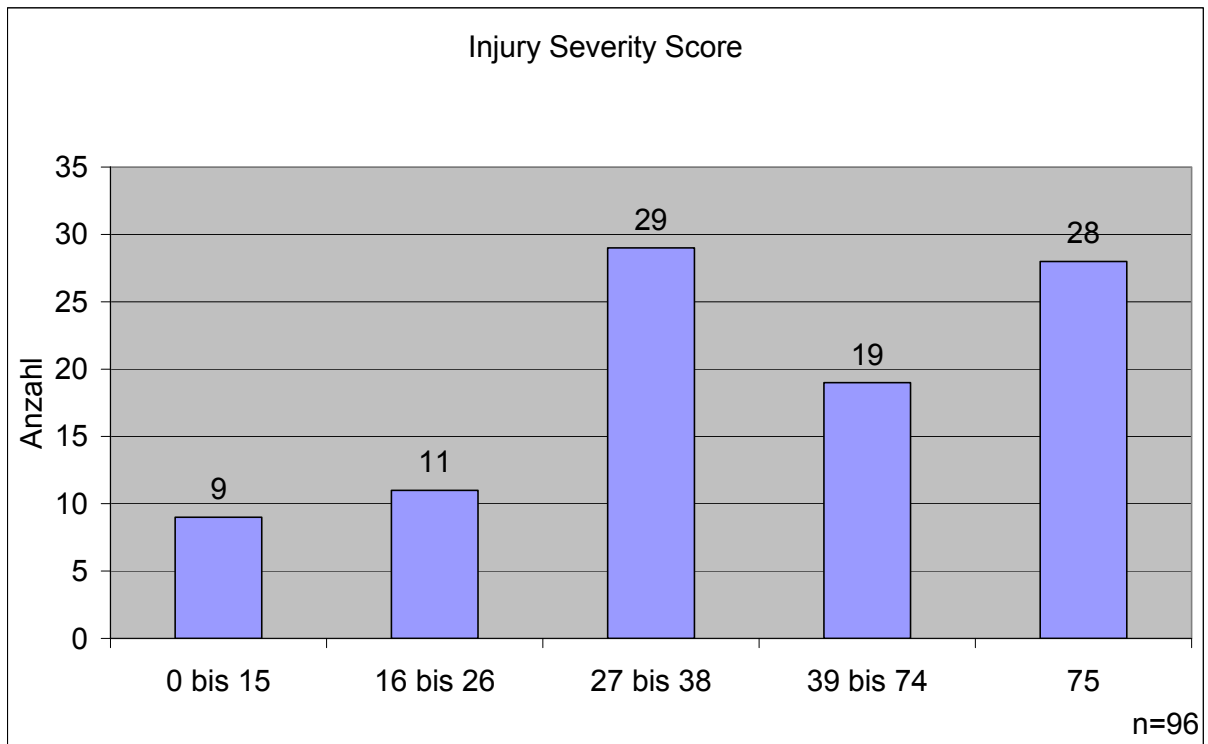


**Abb. 12: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamt-kollektiv"**

#### 4.1.3.5. Injury Severity Score (ISS)

Die Häufigkeitsverteilung des ISS ist in Abb. 13 dargestellt. Etwa gleich groß mit einer Anzahl von 29 und 28 waren die beiden Gruppen "27-38" und "75".

In der Gruppe "39-74" befanden sich 19 Personen. Ebenfalls annähernd gleich groß waren mit einer Anzahl von elf und neun die Gruppen "16-26" und "0-15".



**Abb. 13: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv"**

## 4.1.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen

Tab. 3: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Gesamtkollektiv"

	0 =	1 =	2 =	3 =	4 =	5 =	6 =	
	unverletzt	leicht	mäßig	schwer	ernsthaft	kritisch	maximal	gesamt
<b>Kopf</b>	4	9	4	11	24	27	17	96
<b>Gesicht</b>	22	55	13	4	2	0	0	96
<b>Hals</b>	50	7	14	19	2	3	1	96
<b>Thorax</b>	15	5	2	30	14	13	17	96
<b>Abdomen</b>	44	11	19	8	11	3	0	96
<b>Becken intern</b>	85	4	2	5	0	0	0	96
<b>Becken knöchern</b>	40	29	10	1	14	2	0	96
<b>Oberarm</b>	25	31	38	1	1	0	0	96
<b>Unterarm</b>	35	50	10	1	0	0	0	96
<b>Hand</b>	44	47	5	0	0	0	0	96
<b>Oberschenkel</b>	34	43	2	14	3	0	0	96
<b>Unterschenkel</b>	14	61	14	7	0	0	0	96
<b>Fuß</b>	79	16	1	0	0	0	0	96

Bei allen Verletzungen der einzelnen Körperregionen, die nachfolgend genauer beschrieben sind, wurden MAIS(KR) 1-Verletzungen nicht in Textform beschrieben, sondern nur die Anzahl genannt. Es handelt sich fast ausschließlich um Abschürfungen, Hämatome, Prellungen und kleinere Riss- /Quetschwunden der Haut. Eine Aufzählung dieser leichten Verletzungen in Textform wurde aus Platzgründen unterlassen.

Kopf:

Unter allen Fahrradfahrern aus dem gesamten Fallgut (siehe Tab. 3) war die Körperregion "Kopf" 17-mal mit einem MAIS(KR) 6 verletzt. Hierbei handelte es sich zwölfmal um eine komplexe Schädelzertrümmerung ("Crush Injury"), dreimal um eine vollständige Abscherung des Hirnstamms und zweimal um einen Teilabriss des Hirnstamms.

27-mal lag ein MAIS(KR) 5 vor. Die häufigste Verletzung war hierbei eine Hirnstammblutung, welche 14-mal vorlag. Sechsmal handelte es sich um eine intracerebrale Blutung und dreimal um eine subdurale Blutung. Jeweils einmal lag eine Zer-

reiung der Arteria cerebri anterior, eine Zerreißung der Arteria basilaris und eine epidurale Blutung vor. In einem Fall war die Verletzung eine schwere Hirnschwellung infolge Thoraxkompression.

24-mal handelte es sich um einen MAIS(KR) 4. Hierbei waren die Verletzungen zehnmal eine komplexe Schädelbasisfraktur und viermal eine mittelgroße intracerebrale Blutung. Jeweils dreimal lagen eine komplexe Schädeldachfraktur und eine Hirngewebszerreiung von mehr als zwei cm Tiefe oder Länge vor. Dreimal fand sich eine subdurale Blutung und einmal eine ausgeprägte cerebrale Kontusion.

Elfmal lag eine MAIS(KR) 3 vor, wovon es sich jeweils viermal um einfache Schädelbasisfrakturen und eine einfache subdurale Blutung handelte.

Zweimal lagen eine einfache Schädeldachfraktur und einmal eine kleinere Hirngewebszerreiung vor.

Ein MAIS(KR) 2 lag viermal vor. Es handelte sich jeweils einmal um eine intraventriculre Blutung, eine lineare Schädeldachfraktur, ein geringes subdurales Hämatom und eine mehr als zehn cm lange Riss- /Quetschwunde im Stirnbereich. Ein

MAIS(KR) 1 lag neunmal vor. Unverletzt am Kopf waren insgesamt vier der 96 Fahrradfahrer, von welchen keiner einen Helm

trug. Sie verstarben an einem HWS-Trauma, Aspiration in Folge Gesichtstrauma, Polytrauma in Folge berrollung durch einen LKW und an einer Bronchopneumonie nach Crush Injury des Oberschenkels.

Gesicht:

Die Körperregion "Gesicht" war durch eine vollständige Gesichtsschdelzertrmmung mit Beteiligung beider Augen zweimal mit einem MAIS(KR) 4 betroffen. Ein MAIS(KR) 3 lag viermal vor. Es handelte sich dreimal um komplexere Gesichtsschdelfrakturen und einmal um eine Maxillafraktur mit kranio-facialer Dysfunktion.

Insgesamt 13-mal lag ein MAIS(KR) 2 vor. Es handelte sich jeweils viermal um eine Nasenbeinzertrmmung und eine großflächige Ablederung der Gesichtshaut. Jeweils zweimal waren die Verletzungen eine Maxillafraktur und eine Alveolarbogenfraktur. Einmal lag eine Mandibulafraktur vor. Ein MAIS(KR) 1 lag 55-mal vor. Insgesamt 22 Radfahrer waren im Gesichtsbereich unverletzt.

### Hals:

Die Körperregion "Hals" war durch einen vollständigen Abriss des Halsmarks einmal mit einem MAIS(KR) 6 verletzt. Ein MAIS(KR) 5 wurde durch einen inkompletten Abriss des Halsmarks zwischen HWK I und II, einer Kehlkopfzertrümmerung und einem Speiseröhrenabriss insgesamt dreimal erreicht.

Ein MAIS(KR) 4 lag zweimal vor. Es handelte sich um einen vollständigen Luftröhrenabriss und eine Zerreißung der Arteria carotis. 19-mal wurde ein MAIS(KR) 3 erreicht. Die Verletzungen waren hierbei fünfmal eine Fraktur des oberen Kehlkopfhorns und viermal eine bilaterale Facettengelenksluxation der Halswirbelsäule. Jeweils zweimal lagen eine Bandscheibenruptur zwischen HWK VI und VII, Intimaeinrisse der Arteria carotis communis und eine Halsmarkeinblutung vor. Jeweils einmal waren die Verletzungen eine atlanto-axiale Dislokation, eine Fraktur des Dens axis, Dehnungsrisse der Arteria carotis communis und groflachige Hautablederung im Halsbereich.

Ein MAIS(KR) 2 wurde 14-mal erreicht. Hierbei handelte es sich jeweils dreimal um eine Einblutung in der Trachealschleimhaut und um eine Wirbelkörperfraktur. Zweimal lag eine Bandscheibenruptur vor. Jeweils einmal waren die Verletzungen eine atlanto-occipitale Dislokation, eine Fraktur eines Processus transversus, eine Kehlkopfkontusion mit Einblutung und eine große Riss-/ Quetschwunde mit freiliegendem Unterhautfettgewebe, eine sophaguseinblutung und eine Dislokation der Halswirbelsäule ohne Halsmarkbeteiligung vor. Ein MAIS(KR) 1 lag siebenmal vor. Bei 50 Verstorbenen war der Hals unverletzt.

### Thorax:

Insgesamt 17-mal war die Körperregion "Thorax" mit einem MAIS(KR) 6 maximal verletzt. Die hierbei codierte Verletzung "Crush Injury" beinhaltet eine bilaterale massive Zerstörung von Skelettsystem, Gefen, Organen und Bindegewebe.

Ein MAIS(KR) 5 wurde 13-mal erreicht. Neunmal waren bilaterale Rippenserienfrakturen in mehreren Ebenen mit dadurch instabilen Thoraxwänden und zweimal eine Myokardzerreiung mit Herzbeuteltamponade vorhanden. Jeweils einmal lagen eine Dissektion der Arteria coronaria dexter mit vollständigem Lumenverschluss und eine komplette Zerreißung der Aorta im Aortenbogen vor.

Ein MAIS(KR) 4 fand sich 14-mal. Fünfmal waren die Verletzungen unilaterale Rippenserienfrakturen in mehrfachen Ebenen mit instabiler Thoraxwand. Jeweils dreimal

handelte es sich um bilaterale Lungenquetschungen mit Einblutungen in mindestens einem Lungenlappen pro Seite und um einen Hämatothorax mit über einem Liter Blut. Jeweils einmal lagen eine bilaterale Lungenzerreiung, eine unilaterale Lungenzerreiung mit mehr als einem betroffenen Lungenlappen und ein Einriss der Brusttaorta vor.

Ein MAIS(KR) 3 wurde 30-mal festgestellt. Mit 12-mal waren die häufigsten Verletzungen Rippenserienfrakturen mit mehr als drei Rippen, aber stabiler Thoraxwand. Am zweithäufigsten war in elf Fällen ein Hämatothorax mit weniger als einem Liter Blut. Viermal waren unilaterale Rippenserienfrakturen zwischen drei und fünf Rippen aber instabiler Thoraxwand vorhanden.

Jeweils einmal fand sich eine bilaterale Lungenquetschung, eine unilaterale Lungenquetschung und eine Lungenaufri innerhalb eines Lappens.

Ein MAIS(KR) 2 lag zweimal vor. Hierbei handelte es sich jeweils einmal um zwei gebrochenen Rippen und eine unilaterale Lungenkontusion eines Lappens. Ein MAIS(KR) 1 lag fünfmal vor. 15-mal war der Thorax unverletzt.

#### Abdomen:

In der Körperregion "Abdomen" wurde durch eine massive Leberzertrümmerung von mehr als 75% eines Leberlappens dreimal ein MAIS(KR) 5 erreicht.

Ein MAIS(KR) 4 war elfmal vorhanden. Die Verletzungen waren viermal eine Leberzertrümmerung von weniger als 75% eines Leberlappens. Jeweils zweimal zeigte sich ein inkompletter Abriss der Aorta abdominalis, ein Niereneinriss bis ins Kelchsystem und ein kompletter Abriss einer Nierenarterie. Einmal lag ein Abriss des Dnndarmmesenteriums vor.

Achtmal lag ein MAIS(KR) 3 vor. Jeweils zweimal handelte es sich um eine Leberruptur und um einen Einriss der unteren Hohlvene. Jeweils einmal lagen eine Milzruptur ohne Hilusbeteiligung, ein Einriss des Dnndarmmesenteriums, ein Einriss einer Nierenarterie und Intimadehnungsrisse einer Nierenarterie vor.

19-mal wurde ein MAIS(KR) 2 festgestellt, wovon es sich in fünf Fällen um eine Leberkapselruptur handelte. Jeweils dreimal lagen Frakturen der Lendenwirbelquerfortstze und Einrisse der Milzkapsel vor. Zweimal zeigte sich eine retroperitoneale Einblutung. Jeweils einmal waren die Verletzungen ein Einriss am Nierenstil, ein Einriss am Colon sigmoideum, eine Einblutung des Colon sigmoideums, eine Einblutung des

Magens, eine subkapsuläre Einblutung der Leber und ein Dünndarmquetschung. Ein MAIS(KR) 1 lag elfmal vor. Bei 44 Personen war das Abdomen unverletzt.

#### Becken intern:

In der Körperregion "Becken intern" lag fünfmal ein MAIS(KR) 3 vor. Es handelte sich zweimal um eine Aufreißung der Dammregion und jeweils einmal um eine Blasenruptur, einen kompletten Abriss der Harnröhre und Intimaeinrisse der Arteria iliaca.

Bei den zwei MAIS(KR) 2-Verletzungen lag in beiden Fällen eine eingeblutete Blasenquetschung vor. Ein MAIS(KR) 1 lag viermal vor. 85-mal war diese Region unverletzt.

#### Becken knöchern:

Die beiden schwersten Verletzungen mit einem MAIS(KR) 5 waren einmal eine Beckenringfraktur mit kompletter Aufreißung des hinteren Bogens und einmal mit inkompletter Aufreißung des hinteren Bogens aber starkem Blutverlust.

14-mal wurde ein MAIS(KR) 4 erreicht. Hierbei lagen 13-mal eine Beckenringfraktur mit kompletter Instabilität bei gesprengtem Iliosakralgelenk und einmal eine offene Beckenringfraktur mit inkompletter Aufreißung des hinteren Bogens vor. Einmal wurde durch eine geschlossene Beckenringfraktur mit inkompletter Sprengung des hinteren Bogens ein MAIS(KR) 3 erreicht. Bei den zehn MAIS(KR) 2-Verletzungen handelte es sich neunmal um eine isolierte Fraktur des Beckenrings ohne Stabilitätsbeeinflussung. Hierbei war siebenmal das Os pubis und jeweils einmal das Os ischii, das Os illium und das Os sakrum betroffen. Einmal lag eine großflächige Hautablederung im Hüftbereich vor. Ein MAIS(KR) 1 lag 29-mal vor. 40-mal fand sich in dieser Körperregion keine Verletzung.

#### Oberarm:

Die schwerste Verletzung der Körperregion "Oberarm" war ein MAIS(KR) 4 durch eine offene Humerusertrümmerung mit massiver Zerstörung des umliegenden Weichteilmantels ("Crush Injury"). Die zweitschwerste Verletzung war ein MAIS(KR) 3 durch eine großflächige Hautaushülsung im Bereich der Achselfalte und des Oberarms.

38-mal lag ein MAIS(KR) 2 vor, wobei es sich 20-mal um eine Fraktur der Scapula, zehnmal um eine Fraktur der Clavicula, siebenmal um eine Fraktur des Humerus

handelte. Einmal lag eine mittelgroße Hautablederung vor. Ein MAIS(KR) 1 lag 31-mal vor. 25 Personen waren hier unverletzt.

#### Unterarm:

Die schwerste Verletzung war mit einem MAIS(KR) 3 eine Hautaushülsung im gesamten Verlauf des Unterarms. Ein MAIS(KR) 2 fand sich zehnmal. Sechsmal lagen eine Fraktur der Ulna und zweimal eine Fraktur des Radius vor. Jeweils einmal handelte es sich um eine Ruptur der Arteria brachialis und eine mittelgroße Hautablederung. Ein MAIS(KR) 1 lag 50-mal vor. Unverletzt waren in dieser Körperregion 35 Personen.

#### Hand:

Fünfmal war die Körperregion "Hand" mit einem MAIS(KR) 2 verletzt. Dreimal lagen eine Fraktur der Mittelhandknochen und zweimal eine Sprengung des Handgelenks vor. Ein MAIS(KR) 1 lag 47-mal vor. 44-mal fand sich hier keine Verletzung.

#### Oberschenkel:

Die schwersten Verletzungen waren durch Femurzertrümmerungen mit massiver Zerstörung des umliegenden Weichteilmantels ("Crush Injury") dreimal ein MAIS(KR) 4.

14-mal hatten die Verletzungen einen MAIS(KR) 3. Es waren 13-mal Frakturen des Femurs und einmal eine vollständige Aushülsung des Oberschenkels gegeben. Die beiden MAIS(KR) 2-Verletzungen bestanden jeweils aus einer mittelgroßen Hautablederung. Ein MAIS(KR) 1 lag 43-mal vor. 34-mal war diese Körperregion unverletzt.

#### Unterschenkel:

Ein MAIS(KR) 3 lag hier mit fünf offenen Tibiafrakturen und zwei kompletten Unterschenkelzertrümmerungen insgesamt siebenmal vor.

14-mal wurde ein MAIS(KR) 2 erreicht. Diese bestanden fünfmal aus einer großflächigen Hautablederungen, viermal aus einer Tibiafraktur, dreimal aus einer Fibulafraktur und zweimal aus einer Sprunggelenkssprengung. Ein MAIS(KR) 1 lag 61-mal vor. 14-mal fanden sich hier keine Verletzungen.



Fuß:

Die Körperregion "Fuß" war einmal durch eine vollständige Zertrümmerung des Mittel- und Vorfußes mit einem MAIS(KR) 2 verletzt. Ein MAIS(KR) 1 lag 16-mal vor. 79-mal fand sich hier keine Verletzung.

#### 4.1.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich MAIS(KR)≥2 und MAIS(KR)≥4

Die verletzten Körperregionen des gesamten Fallguts sind in Abb. 14 prozentual dargestellt. Auf der linken Bildhälfte zeigt sich, dass 86,5% am "Kopf" eine MAIS(KR)≥2-Verletzung aufwiesen und 79,2% am "Thorax". Ungefähr 40% der Getöteten wiesen je eine MAIS(KR)≥2-Verletzungsschwere in den Körperregionen "Abdomen", "Hals" und "Oberarm" auf. Die Körperregion "Becken knöchern" war in 27,1% der Fälle MAIS(KR)≥2 verletzt. Bei "Gesicht", "Oberschenkel" und "Unterschenkel" wurden Werte um die 20% erreicht. Unter 10% der Verunfallten hatten "Hand", "Fuß" und "Becken intern" mit MAIS(KR)≥2 verletzt.

Auf der rechten Bildhälfte wird dargestellt, dass 70,8% am "Kopf" und 45,8% am "Thorax" eine MAIS(KR)≥4-Verletzung aufwiesen. Bei "Becken knöchern" und "Abdomen" wurden Werte um die 15%, bei "Gesicht", "Hals", "Oberarm" und "Oberschenkel" Werte unter 10% erreicht. Keiner der Verunglückten hatte in den Körperregionen "Unterarm", "Hand", "Becken intern", "Unterschenkel" und "Fuß" eine MAIS(KR)≥4-Verletzung.

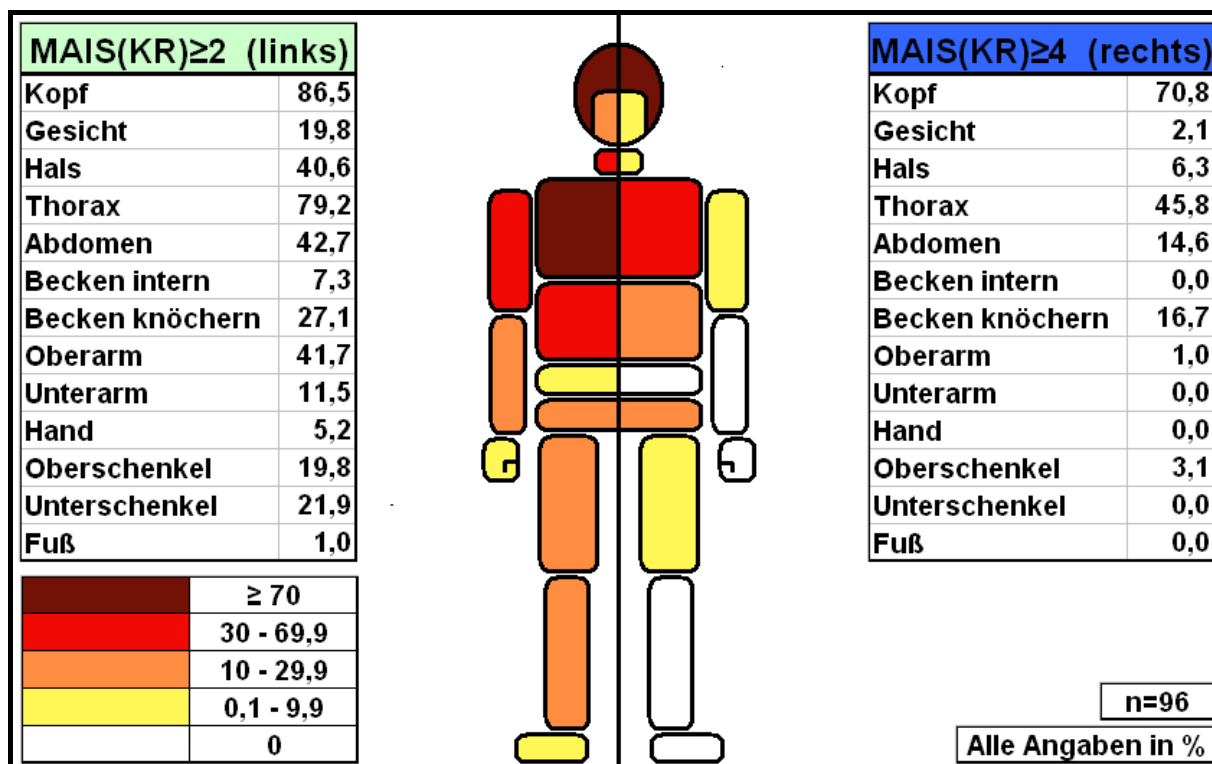


Abb. 14: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildseite MAIS(KR)≥2, rechte Bildseite MAIS(KR)≥4) beim "Gesamtkollektiv"

## 4.2. Unfallgegner PKW

### 4.2.1. Personenbezogene Daten

#### 4.2.1.1. Alter

Mit einer Anzahl von 15 waren Personen mit 75 oder mehr Jahren unter den 48 Verunglückten mit Unfallgegner PKW am häufigsten. Am zweithäufigsten mit zehn Personen war die Gruppe "64-74". Die zwei Gruppen "45-54" und "55-64" waren mit einer Anzahl von sechs und sieben etwa gleichhäufig vertreten. In der Gruppe "15-24" befanden sich vier Personen.

Am kleinsten mit jeweils zwei Personen waren die Gruppen "< 15", "25-34" und "35-44". Der statistische Mittelwert lag mit einer Standardabweichung von 22,4 bei 59,6 Jahren, der Median betrug 65,5 Jahre. Die jüngste Person war acht, die älteste 90 Jahre alt.

#### 4.2.1.2. Geschlecht

Bei der Geschlechtsverteilung war der Anteil der Männer größer. Mit 31 von 48 Fällen lagen diese bei 64,6%, Frauen mit 17 bei 35,4%.

#### 4.2.1.3. Gewicht

Die größte Gruppe bildeten mit einer Anzahl von 16 (33,3%) die 61 bis 75 kg schweren Verunglückten. Etwa gleich groß mit elf (22,9%) und zwölf Personen (25,0%) lagen die Gruppen von 76 bis 90 kg und über 90 kg.

In der Gruppe von 46 bis 60 kg befanden sich sieben Personen (14,6%). Die kleinste Gruppe mit einer Anzahl von zwei (4,0%) stellten die Personen mit 45 kg oder weniger dar

Das geringste Gewicht wurde mit 21,4 kg, das höchste mit 107,5 kg erreicht. Der Mittelwert lag bei 75,9 kg und die Standardabweichung bei 17,8 kg. Der Median betrug 75,1 kg.

#### 4.2.1.4. Größe

Bei der Größenverteilung zeigten sich mit 18 Personen (37,5%) von 161 bis 170 cm und 16 Personen (33,3%) von 171 bis 180 cm zwei annähernd gleiche Gruppen. Die Gruppe von 151 bis 160 cm war mit acht Verunglückten (16,7%) etwas größer als die Gruppe über 180 cm mit fünf Personen (10,4%).

Das Minimum wurde mit 124 cm, das Maximum mit 183 cm gemessen. Der Mittelwert betrug 168,2 cm und die Standardabweichung 10,5 cm. Der Median lag bei 170,0 cm.

#### 4.2.1.5. Blutalkoholkonzentration

In 26 der 48 Fälle wurde ein Blutalkoholtest durchgeführt. Bei 19 Personen (73,1%) konnte kein Blutalkoholgehalt ( $0 < 0,01\text{‰}$ ) festgestellt werden, die restlichen 7 Personen (26,9%) hatten ein positives Ergebnis.

In den Gruppen zwischen 0,5 und 1,1‰ und über 1,6‰ befanden sich jeweils drei Personen (11,5%). Die Einzelwerte der Gruppe über 1,6‰ waren 1,89‰, 2,16‰ und 2,72‰.

Eine Person befand sich mit 1,43‰ zwischen 1,1 und 1,6‰.

Der höchste Wert wurde mit 2,72‰ gemessen, der niedrigste positive Wert mit 0,54‰. Der Median lag bei 0,02‰, der Mittelwert bei 0,42‰.

#### 4.2.1.6. Fahrradtyp

Mit einer Anzahl von 18 (37,5%) war das "ältere Rad" am häufigsten. Die Fahrradtypen "MTB" (Mountainbike) und "Trekkingrad" kamen jeweils mit einer Anzahl von acht (16,7%) gleich häufig vor.

Annähernd gleich waren mit einer Anzahl von sechs (12,5%) und fünf (10,4%) die Fahrradtypen "City-Bike" und "Rennrad". Einmal war ein Kinderrad vorhanden.

Bei zwei Fällen konnte aufgrund der Datenlage keine Aussage gemacht werden, diese wurden der Kategorie "unbekannt" zugeordnet.

#### 4.2.1.7. Helm

Von den 48 Verunglückten trugen zwei einen Helm. Dies entsprach einem Wert von 4,2%. Beide kamen aus ungeklärter Ursache zu Sturz und wurden von einem entgegenkommenden PKW überrollt. Der eine verstarb an einem Polytrauma mit Schwerpunkt Thorax/ Abdomen und hatte am Kopf lediglich leichte Einblutungen im Ventrikelsystem; der andere verstarb an einem Thorax-Trauma (Crush Injury) hatte aber auch eine Schädelbasisfraktur.

### **4.2.2. Unfallbezogene Daten**

#### 4.2.2.1. Kollisionsort

Mit einer Anzahl von 22 ereigneten sich 45,8% der Fälle innerorts. Außerorts waren es 54,2% mit einer Anzahl von 26.

#### 4.2.2.2. Geschwindigkeit des Unfallgegners

In 45 Fällen konnte die Geschwindigkeit des Unfallgegners ermittelt werden.

Die fehlenden drei Geschwindigkeiten ergaben sich aus Kollisionen mit einer geöffneten Tür bei stehendem Fahrzeug.

Mit einer Anzahl von 19 (42,2%) ereigneten sich die meisten Unfälle im Geschwindigkeitsbereich zwischen 51 und 70 km/h.

Mit einer Anzahl von jeweils neun (20,0%) lagen die Unfallgegner in den Geschwindigkeitsbereichen von 1 bis 30 km/h und von 70 bis 110 km/h. Achtmal (17,8%) wurde eine Geschwindigkeit zwischen 31 und 50 km/h ermittelt.

Die geringste Geschwindigkeit lag bei sieben km/h, die höchste bei 110 km/h.

#### 4.2.2.3. Unfall mit Überrollung

Zwei der 48 Personen wurden im Rahmen des Unfalls überrollt. Bei den restlichen 46 Personen wurde kein Überrollungsvorgang nachgewiesen.

### 4.2.3. Medizinische Daten

#### 4.2.3.1. Todeszeitpunkt

Die meisten Radfahrer befanden sich mit einer Anzahl von 17 (35,4%) in der Gruppe "sofort" (siehe Abb. 15).

Mit 15 (31,3%) und 13 Personen (27,1%) folgten die Gruppen "> 24 h - ≤ 30 d" und "> 1 h - ≤ 24 h". Die Gruppe "≤ 1 h" war mit drei Personen (6,3%) die kleinste. Somit verstarben ungefähr je ein Drittel der Personen sofort, am ersten Tag und nach mehr als einem Tag.

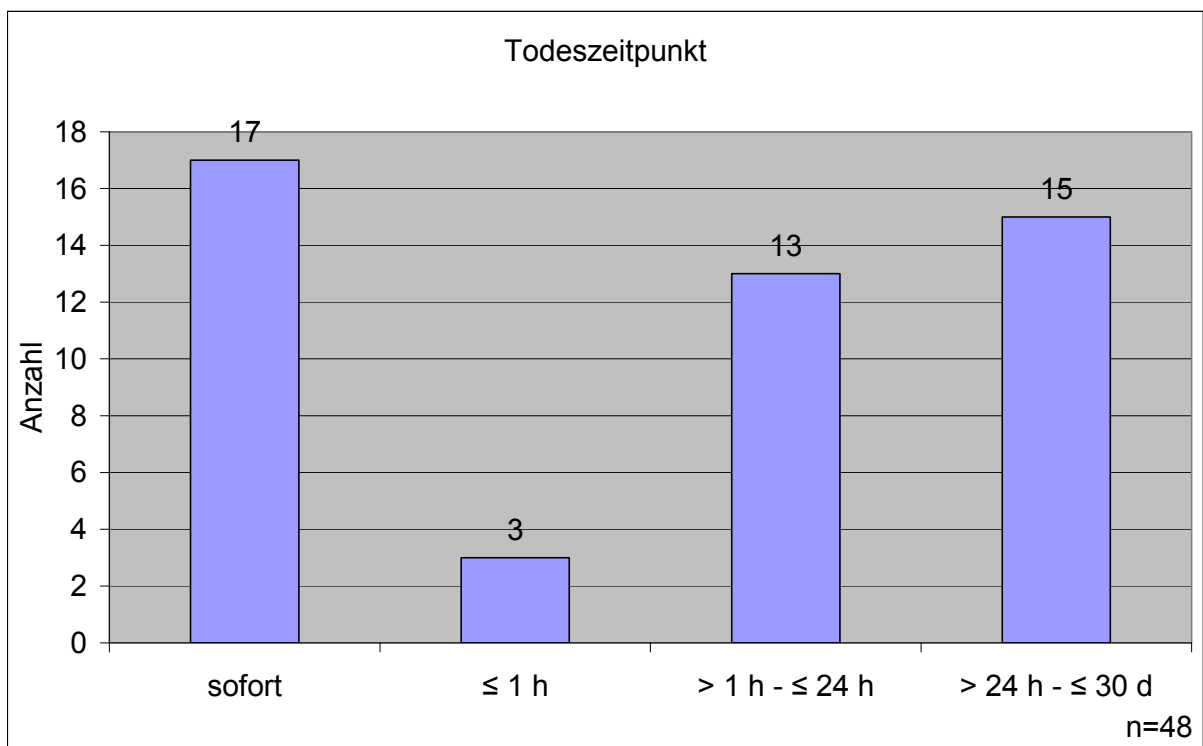


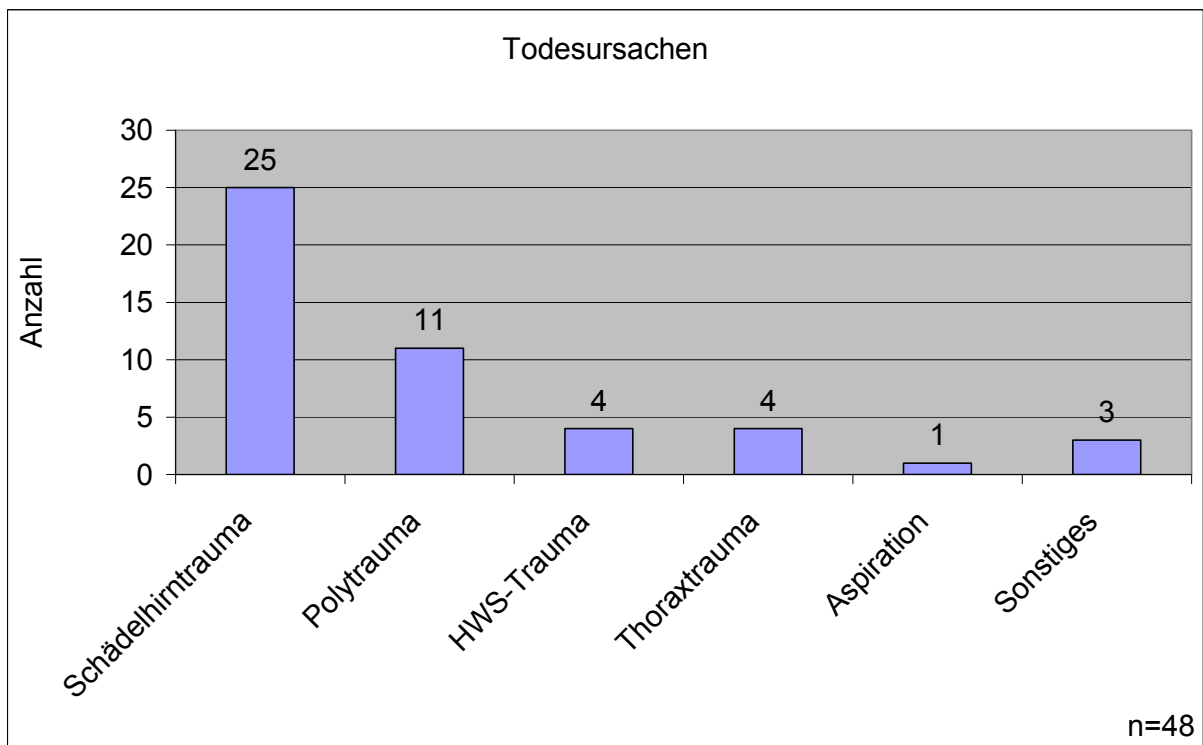
Abb. 15: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW"

## 4.2.3.2. Todesursache

Am häufigsten mit 25 Personen (52,1%) verstarben die Verunfallten infolge eines Schädelhirntraumas (siehe Abb. 16).

Die zweithäufigste Todesursache war in elf Fällen (22,9%) ein Polytrauma. Jeweils vier Personen (8,3%) kamen durch ein HWS-Trauma und ein Thoraxtrauma zu Tode. Ein Fahrradfahrer verstarb infolge Aspiration von eigenem Blut.

Drei Personen wurden der Gruppe "Sonstiges" zugeordnet. Hiervon verstarben zwei Personen im Verlauf an einer Bronchopneumonie. In einem speziellen Fall kam ein Kind durch zentrale Lähmung bei Hirndruck infolge Thoraxkompression durch den Unterboden eines PKWs zu Tode.

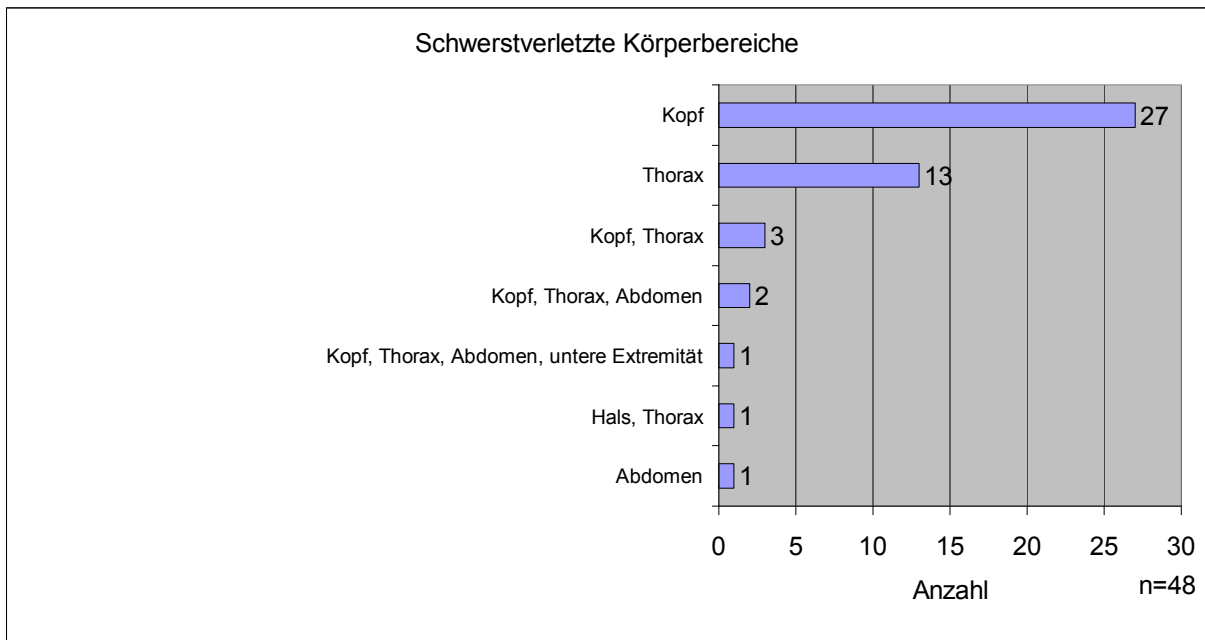


**Abb. 16: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW"**

#### 4.2.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche

Am häufigsten war mit einer Anzahl von 27 (56,3%) der schwerstverletzte Körperbereich der "Kopf" (siehe Abb. 17). Der "Thorax" kam mit einer Anzahl von 13 (27,1%) an zweiter Stelle. Am dritthäufigsten waren diese beiden Körperbereiche zusammen bei drei Personen (6,3%).

Zweimal waren die Körperbereiche "Kopf, Thorax, Abdomen" betroffen, "Kopf, Thorax, Abdomen, untere Extremität", "Hals, Thorax" und "Abdomen" jeweils einmal.

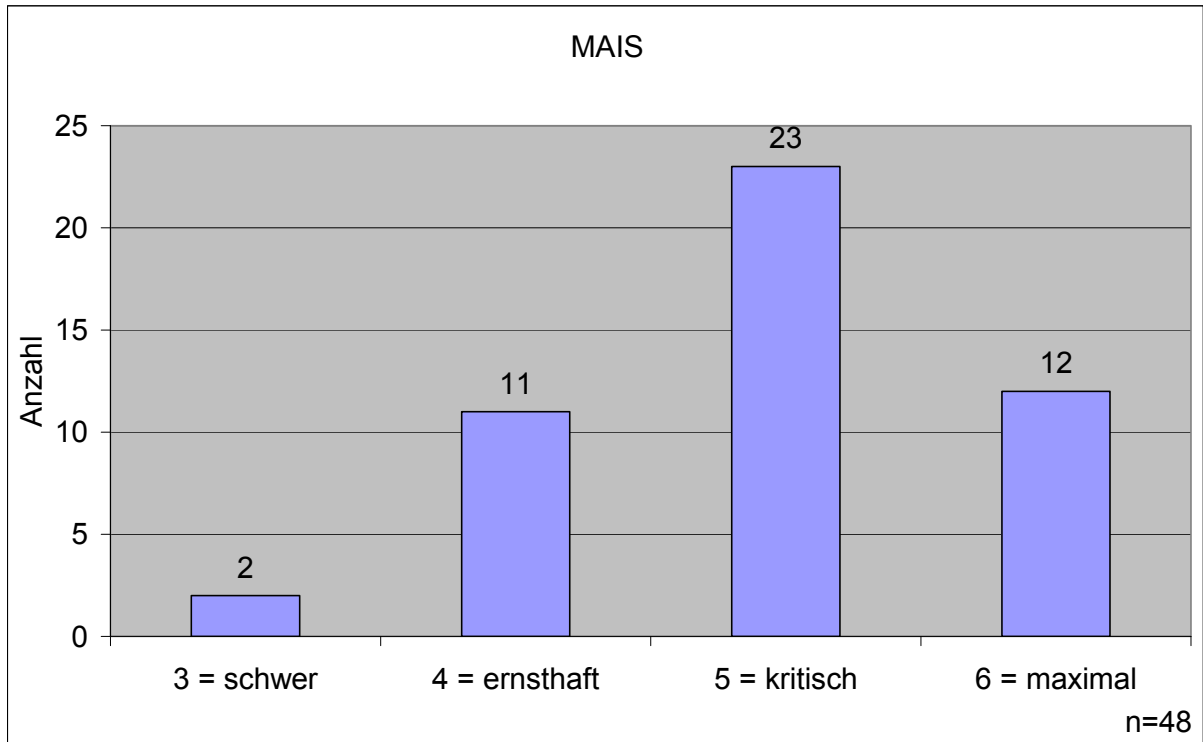


**Abb. 17: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW"**



#### 4.2.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS)

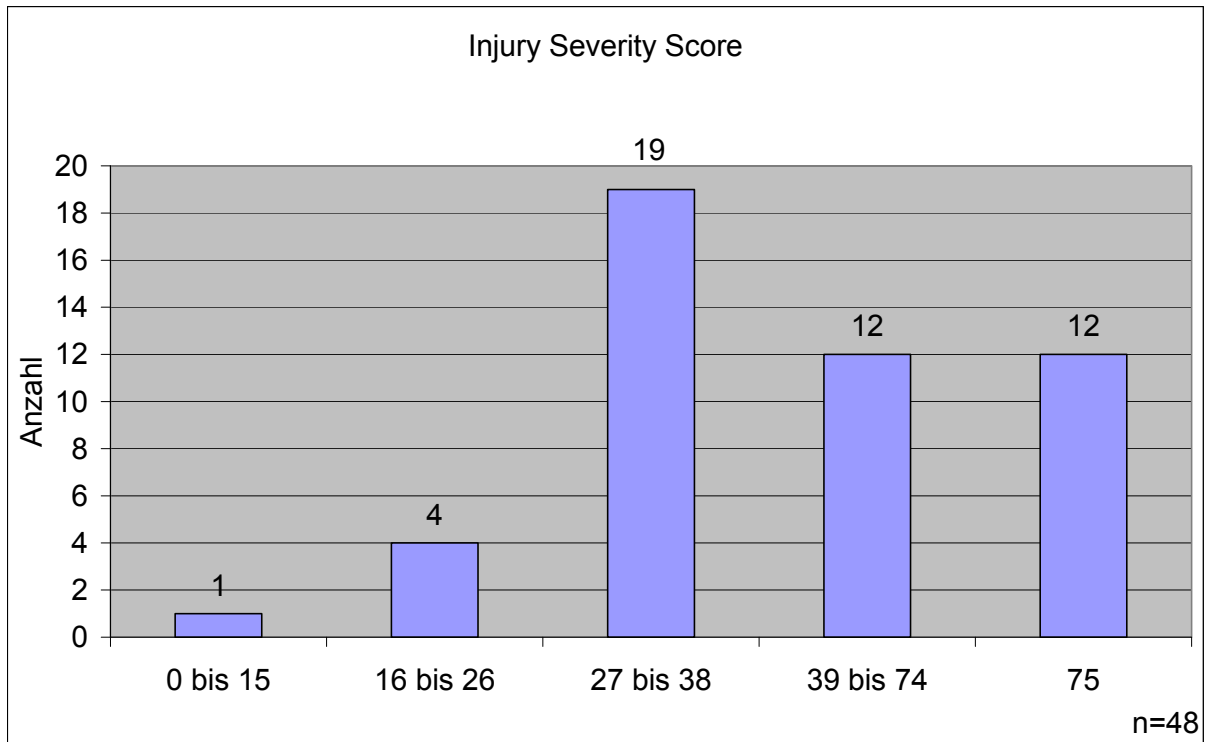
23 Radfahrer (47,9%) verstarben mit einem MAIS "5= kritisch", zwölf (25,0%) mit "6= maximal" und elf (22,9%) mit "4= ernsthaft" (siehe Abb. 18). Einen MAIS von "3= schwer" hatten zwei (4,2%) der Verstorbenen. Ein  $\text{MAIS} \leq 2$  lag bei diesen 48 Fällen nicht vor.



**Abb. 18: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW"**

## 4.2.3.5. Injury Severity Score (ISS)

Am häufigsten mit einer Anzahl von 19 war die Gruppe "27-38". Jeweils zwölf Personen befanden sich in der Gruppe "39-74" bzw. "75". Vier Personen hatten einen ISS von "16-26" und eine von "0-15" (siehe Abb. 19).



**Abb. 19: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW"**

## 4.2.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen

Tab. 4: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Unfallgegner PKW"

	0 =	1 =	2 =	3 =	4 =	5 =	6 =	
	unverletzt	leicht	mäßig	schwer	ernsthaft	kritisch	maximal	gesamt
<b>Kopf</b>	0	1	1	7	15	19	5	48
<b>Gesicht</b>	9	34	5	0	0	0	0	48
<b>Hals</b>	23	5	9	9	0	1	1	48
<b>Thorax</b>	5	2	1	18	9	5	8	48
<b>Abdomen</b>	20	5	12	4	7	0	0	48
<b>Becken intern</b>	43	3	1	1	0	0	0	48
<b>Becken knöchern</b>	20	18	4	0	5	1	0	48
<b>Oberarm</b>	11	18	19	0	0	0	0	48
<b>Unterarm</b>	17	27	4	0	0	0	0	48
<b>Hand</b>	23	23	2	0	0	0	0	48
<b>Oberschenkel</b>	15	26	0	7	0	0	0	48
<b>Unterschenkel</b>	7	29	8	4	0	0	0	48
<b>Fuß</b>	35	13	0	0	0	0	0	48

Bei allen Verletzungen der einzelnen Körperregionen, die nachfolgend genauer beschrieben sind, wurden MAIS(KR) 1-Verletzungen nicht in Textform beschrieben, sondern nur die Anzahl genannt. Es handelt sich fast ausschließlich um Abschürfungen, Hämatome, Prellungen und kleinere Riss- /Quetschwunden der Haut. Eine Aufzählung dieser leichten Verletzungen in Textform wurde aus Platzgründen unterlassen.

## Kopf:

Unter allen Fahrradfahrern, die infolge einer Kollision mit einem PKW verstarben, war die Körperregion "Kopf" fünfmal mit einem MAIS(KR) 6 verletzt. Keine dieser fünf Personen trug einen Helm. Hierbei handelte es sich dreimal um eine komplexe Schädelzertrümmerung ("Crush Injury") und zweimal um eine vollständige Abscherung des Hirnstamms (vollständige Auflistung siehe Tab. 4).

19-mal lag ein MAIS(KR) 5 vor. Die häufigste Verletzung war hierbei eine Hirnstammblutung, welche achtmal vorlag. Viermal handelte es sich um intracerebrale Blutung und dreimal um eine subdurale Blutung. Jeweils einmal lagen eine Zerrei- ßung der Arteria cerebri anterior, eine Zerrei- ßung der Arteria basilaris und eine epi-

durale Blutung vor. In einem Fall war die Schädigung eine schwere Hirnschwellung infolge Thoraxkompression.

15-mal handelte es sich um einen MAIS(KR) 4. Hierbei waren die Verletzungen sechsmal eine komplexe Schädelbasisfraktur und dreimal eine Schädeldachfraktur. Jeweils zweimal lag eine Hirngewebszerreiung von mehr als zwei cm Tiefe oder Länge und eine intracerebrale Blutung vor. Jeweils einmal fand sich eine subdurale Blutung und eine cerebrale Kontusion.

Siebenmal lag eine MAIS(KR) 3 vor, wovon es sich viermal um eine subdurale Blutung handelte. Jeweils einmal lagen eine einfache Schädeldachfraktur, eine einfache Schädelbasisfraktur und eine Hirngewebszerreiung vor. Der einzige MAIS(KR) 2 war eine intraventrikuläre Blutung. Ein MAIS(KR) 1 lag nur einmal vor. Unverletzt am Kopf war in dieser Untergruppe keiner der Fahrradfahrer.

Gesicht:

Die Körperregion "Gesicht" war fünfmal mit einem MAIS(KR) 2 betroffen. Zweimal handelte es sich um eine Maxillafraktur. Jeweils einmal lagen eine Nasenbeinfraktur, eine Oberkieferfraktur und eine großflächige Ablderung der Gesichtshaut vor. Ein MAIS(KR) 1 lag 34-mal vor. Neun Radfahrer waren hier unverletzt.

Hals:

Die Körperregion "Hals" war durch einen vollständigen Abriss des Halsmarks einmal mit einem MAIS(KR) 6 verletzt. Ein MAIS(KR) 5 wurde ebenfalls durch einen inkompletten Abriss des Halsmarks zwischen HWK I und II einmal erreicht. Ein MAIS(KR) 4 lag in dieser Untergruppe nicht vor. Neunmal wurde ein MAIS(KR) 3 erreicht. Die Verletzungen waren hierbei dreimal eine Fraktur des oberen Kehlkopfhorns und zweimal Intimaeinrisse der Arteria carotis communis. Jeweils einmal lagen eine Bandscheibenruptur zwischen HWK VI und VII, eine atlanto-axiale Dislokation, eine subdurale Halsmarkeleinblutung und Dehnungsrisse der Arteria carotis communis vor.

Ein MAIS(KR) 2 wurde neunmal erreicht. Hierbei handelte es sich dreimal um eine Einblutung in der Trachealschleimhaut. Jeweils einmal lagen eine atlanto-occipitale Dislokation, eine Fraktur des Processus transversus des HWKs VII, eine Fraktur des HWKs V, ein Bandscheibenprolaps zwischen HWK V und VI, eine Kehlkopfkontusion

mit Einblutung und eine große Riss-/ Quetschwunde mit freiliegendem Unterhautfettgewebe vor. Ein MAIS(KR) 1 lag fünfmal vor. 23-mal war der Hals unverletzt.

#### Thorax:

Insgesamt achtmal war die Körperregion "Thorax" mit einem MAIS(KR) 6 maximal verletzt. Die hierbei codierte Verletzung "Crush Injury" beinhaltet eine bilaterale massive Zerstörung von Skelettsystem, Gefäßen, Organen und Bindegewebe.

Ein MAIS(KR) 5 wurde fünfmal erreicht. Viermal waren bilaterale Rippenserienfrakturen in mehreren Ebenen mit dadurch instabilen Thoraxwänden und einmal eine Myokardzerreißen mit Herzbeutelamponade vorhanden.

Ein MAIS(KR) 4 fand sich neunmal. Viermal waren die Verletzungen unilaterale Rippenserienfrakturen in mehrfachen Ebenen mit instabiler Thoraxwand und dreimal bilaterale Lungenquetschungen mit Einblutungen in mindestens einem Lungenlappen pro Seite. Jeweils einmal lag ein Einriss der Brustorta und ein Hämatothorax mit über einem Liter Blut vor.

Ein MAIS(KR) 3 wurde 18-mal festgestellt. Mit achtmal waren die häufigsten Verletzungen Rippenserienfrakturen mit mehr als drei Rippen aber stabiler Thoraxwand. Am zweithäufigsten war in fünf Fällen ein Hämatothorax mit weniger als einem Liter Blut. Zweimal waren unilaterale Rippenserienfrakturen zwischen drei und fünf Rippen aber instabiler Thoraxwand vorhanden. Jeweils einmal fanden sich eine bilaterale Lungenquetschung, eine unilaterale Lungenquetschung und eine Lungenzerreißen innerhalb eines Lappens.

Ein MAIS(KR) 2 mit zwei gebrochenen Rippen lag einmal vor. Ein MAIS(KR) 1 lag zweimal vor. Fünfmal war der Thorax unverletzt.

#### Abdomen:

In der Körperregion "Abdomen" wurde siebenmal eine Verletzung mit MAIS(KR) 4 gefunden. Dreimal davon lagen eine Leberzerreißen und zweimal ein inkompletter Abriss der Aorta abdominalis vor. Jeweils einmal zeigten sich ein kompletter Abriss einer Nierenarterie und ein Niereneinriss bis ins Kelchsystem.

Viermal lag ein MAIS(KR) 3 vor. Zweimal davon handelte es sich um eine Leberruptur und jeweils einmal um einen Einriss der unteren Hohlvene und der Nierenarterie. Zwölfmal wurde ein MAIS(KR) 2 festgestellt. Jeweils dreimal lagen Frakturen der Lendenwirbelquerfortsätze und Einrisse der Milzkapsel vor. Zweimal konnte eine Le-

berkapselruptur festgestellt werden. Jeweils einmal waren die Verletzungen ein Einriss am Nierenhilf, ein Einriss am Colon sigmoideum, eine Einblutung des Colon sigmoideums und eine retroperitoneale Einblutung. Ein MAIS(KR) 1 lag fünfmal vor. 20-mal war das Abdomen unverletzt.

#### Becken intern:

In der Körperregion "Becken intern" war ein kompletter Abriss der Harnröhre mit MAIS(KR) 3 die schwerste Verletzung, eine eingeblutete Blasenquetschung mit MAIS(KR) 2 die zweitschwerste Verletzung. Ein MAIS(KR) 1 lag dreimal vor. 43-mal war diese Region unverletzt.

#### Becken knöchern:

Die schwerste Verletzung war mit MAIS(KR) 5 eine Beckenringfraktur mit inkompletter Aufreißung des hinteren Bogens und starkem Blutverlust. Fünfmal wurde ein MAIS(KR) 4 erreicht. Davon lagen viermal eine Beckenringfraktur mit kompletter Instabilität bei gesprengtem Iliosakralgelenk und einmal eine offene Beckenringfraktur mit inkompletter Aufreißung des hinteren Bogens vor. Ein MAIS(KR) 3 war nicht vorhanden. Viermal wurde ein MAIS(KR) 2 durch eine isolierte Fraktur ohne Stabilitätsbeeinflussung des Beckenrings gefunden. Hierbei war dreimal das Os pubis und einmal das Os ischii betroffen. Ein MAIS(KR) 1 lag 18-mal vor. 20-mal fand sich in dieser Körperregion keine Verletzung.

#### Oberarm:

19-mal lag ein MAIS(KR) 2 vor. Mit neunmal war eine Scapulafraktur am häufigsten vorhanden. Jeweils fünfmal wurden eine Clavicula- und eine Humerusfraktur festgestellt. Ein MAIS(KR) 1 lag 18-mal vor. 19-mal konnte keine Verletzung gefunden werden.

#### Unterarm:

Die Körperregion "Unterarm" war viermal mit einem MAIS(KR) 2 verletzt. Dreimal lag eine Ulnafraktur und einmal eine Ruptur der Arteria brachialis vor. Ein MAIS(KR) 1 lag 27-mal vor. 17-mal fand sich hier keine Verletzung.

Hand:

Zweimal war die Körperregion "Hand" MAIS(KR) 2 verletzt. Es lag eine Fraktur des Os metacarpale IV und eine Sprengung des Handgelenks vor. Ein MAIS(KR) 1 und keine Verletzung lagen jeweils 23-mal vor.

Oberschenkel:

Die sieben MAIS(KR) 3-Verletzungen waren alle Femurfrakturen. MAIS(KR) 2-Verletzungen gab es hier nicht. Ein MAIS(KR) 1 lag 26-mal vor. 15-mal war die Körperregion "Oberschenkel" unverletzt.

Unterschenkel:

Ein MAIS(KR) 3 lag hier mit drei offenen Tibiafrakturen und einer kompletten Unterschenkelzertrümmerung insgesamt viermal vor. Achtmal wurde ein MAIS(KR) 2 erreicht. Diese bestanden jeweils dreimal aus einer Fibulafraktur und großflächigen Hautabderungen. Zweimal wurde eine geschlossene Tibiafraktur gefunden. Ein MAIS(KR) 1 lag 29-mal vor. Siebenmal fanden sich hier keine Verletzungen.

Fuß:

Die Körperregion "Fuß" war 35-mal unverletzt. Es wurden außer 13 MAIS(KR)1-Verletzungen keine schwereren Verletzungen gefunden.

#### 4.2.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ und $\text{MAIS(KR)} \geq 4$

Auf der linken Bildhälfte (siehe Abb. 20) zeigt sich, dass 97,9% der 48 Fahrradfahrer am "Kopf" eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzung aufwiesen und 85,4% am "Thorax". Die Körperregion "Abdomen" war zu 47,9% betroffen. Ungefähr 40% wiesen eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzung in den Körperregionen "Hals" und "Oberarm" auf. Die Körperregion "Unterschenkel" war in 25,0% der Fälle  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  verletzt, die Körperregion "Becken knöchern" in 20,8% der Fälle.

Bei "Oberschenkel" und "Gesicht" wurden Werte von 14,6% und 10,4% erreicht.

Unter 10% der Verunfallten hatten "Becken intern", "Unterarm" und "Hand" mit  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  verletzt. Keiner der 48 Verunglückten hatte in der Körperregion "Fuß" eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzung.

Auf der rechten Bildhälfte wird dargestellt, dass 81,3% am "Kopf" und 45,8% am "Thorax" eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ -Verletzung aufwiesen. Bei den Körperregionen "Becken

knöchern" und "Abdomen" wurden Werte unter 15% erreicht. Beim "Hals" lag der Wert unter 5%. Keiner der Verunglückten hatte in den Körperregionen "Gesicht", "Becken intern", "Oberarm", "Unterarm", "Hand", "Oberschenkel", "Unterschenkel" und "Fuß" eine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung.

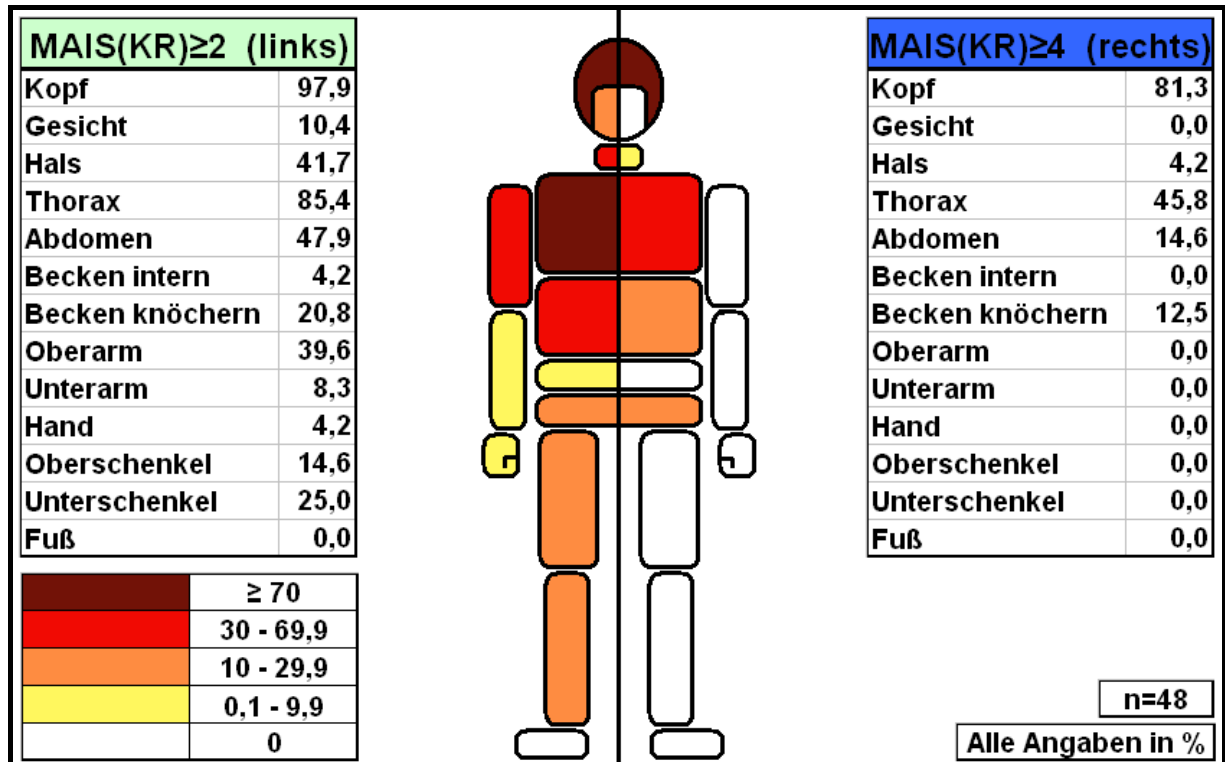


Abb. 20: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 2, rechte Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 4) beim "Unfallgegner PKW"

### 4.3. Unfallgegner LKW

#### 4.3.1. Personenbezogene Daten

##### 4.3.1.1. Alter

Mit einer Anzahl von neun waren Personen mit 75 oder mehr Jahren unter den Verunglückten am häufigsten. Am zweithäufigsten mit sieben Personen war die Gruppe "55-64". Die zwei Gruppen "35-44" und "65-74" waren mit einer Anzahl von jeweils vier Personen gleichhäufig vertreten. In der Gruppe "45-54" befanden sich zwei Personen und in den Gruppen "15-24" und "25-34" jeweils eine.



Der statistische Mittelwert lag mit einer Standardabweichung von 18,3 bei 61,5 Jahren, der Median bei 63,0 Jahren. Die jüngste Person war 18, die älteste 95 Jahre alt.

#### 4.3.1.2. Geschlecht

Bei der Geschlechtsverteilung war der Anteil der Männer größer. Mit 15 von 28 Fällen lagen diese bei 53,6%, Frauen mit 13 bei 46,4%.

#### 4.3.1.3. Gewicht

Die größte Gruppe bildeten mit einer Anzahl von 13 (46,4%) die 61 bis 75 kg schweren Verunglückten, die zweitgrößte mit einer Anzahl von acht (28,6%) die 76 bis 90 kg schweren. Etwa gleich groß mit vier (14,3%) und drei Personen (10,7%) lagen die Gruppen von 46 bis 60 kg und über 90 kg.

Das geringste Gewicht wurde mit 55,2 kg, das höchste mit 106,5 kg erreicht. Der Mittelwert lag bei 73,7 kg und die Standardabweichung bei 12,2 kg. Der Median betrug 71,2 kg.

#### 4.3.1.4. Größe

Die größte Gruppe lag mit 13 Personen (46,4%) zwischen 161 und 170 cm.

Die Gruppe von 171 bis 180 cm war mit sieben Verunglückten (25,0%) etwas größer als die Gruppe von 151 bis 160 cm mit fünf Personen (17,9%). Drei Personen befanden sich in der Gruppe über 180 cm.

Das Minimum wurde mit 152 cm, das Maximum mit 191 cm gemessen. Der Mittelwert betrug 168,1 cm und die Standardabweichung 9,4 cm. Der Median lag bei 167,0 cm.

#### 4.3.1.5. Blutalkoholkonzentration

In zwölf (42,9%) der 28 Fälle wurde ein Blutalkoholtest durchgeführt. Alle Werte waren negativ ( $0 < 0,1\text{‰}$ ).

#### 4.3.1.6. Fahrradtyp

Mit einer Anzahl von elf (39,3%) war das "ältere Rad" am häufigsten.

Annähernd gleich waren mit einer Anzahl von sechs (21,4%) und sieben (25,0%) die Fahrradtypen "City-Bike" und "Trekkingrad". Des Weiteren waren dreimal ein "Rennrad" und einmal ein "MTB" (Mountainbike) vorhanden.

#### 4.3.1.7. Helm

Von den 28 Verunglückten trugen zwei einen Helm. Dies entspricht einem Wert von 7,1%. Der eine verstarb nach Frontalkollision ohne Überrollungsvorgang an einem Polytrauma (neben schwerem Thorax- Becken- und HWS-Trauma auch mehrfache Schädelfrakturen), der andere durch einen Überrollungsvorgang des Kopfes mit Crush Injury.

### **4.3.2. Unfallbezogene Daten**

#### 4.3.2.1. Kollisionsort

Mit einer Anzahl von 25 ereigneten sich 89,3% der Fälle innerorts. Außerorts waren es 10,7% mit einer Anzahl von drei.

#### 4.3.2.2. Geschwindigkeit des Unfallgegners

Mit einer Anzahl von 22 (78,6%) ereigneten sich die meisten Unfälle im Geschwindigkeitsbereich zwischen 1 und 30 km/h.

In den Geschwindigkeitsbereichen von 31 bis 50 km/h und von 51 bis 70 km/h lagen nur zwei (7,1%) bzw. drei (10,7%) Unfälle.

Ein Unfallgegner hatte eine Geschwindigkeit von 85 km/h und war damit das Maximum. Das Minimum lag bei sieben km/h.

#### 4.3.2.3. Unfall mit Überrollung

13 der 28 Personen wurden im Rahmen des Unfalls überrollt. Bei den restlichen 15 Personen wurde kein Überrollungsvorgang nachgewiesen.

### 4.3.3. Medizinische Daten

Bei den medizinischen Daten des Abschnitts "Unfallgegner LKW" wurde zwischen Unfällen mit Überrollungsvorgang und Unfällen ohne Überrollung unterschieden.

#### 4.3.3.1. Todeszeitpunkt

Die meisten Radfahrer befanden sich mit einer Anzahl von 16 (57,1%) in der Gruppe "sofort". Elf Personen dieser Gruppe wurden beim Unfallvorgang überrollt (siehe Abb. 21).

Mit sechs Personen (21,4%) folgte die Gruppe "> 1 h - ≤ 24 h", in der sich zwei Unfälle mit Überrollung befanden.

Bei fünf Unfällen (17,9%) wurden die Todeszeitpunkte der Gruppe "> 24 h - ≤ 30 d" zugeordnet. Die Gruppe "≤ 1 h" war mit nur mit einer Personen besetzt.

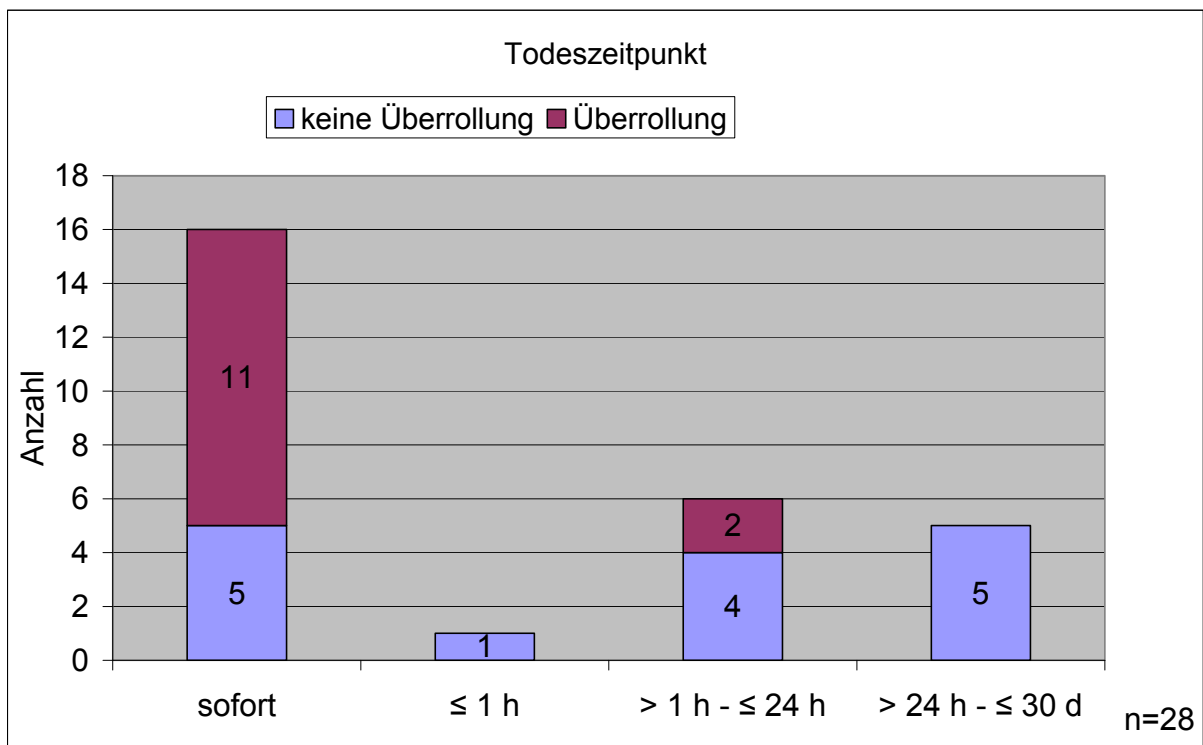


Abb. 21: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW"

## 4.3.3.2. Todesursache

Am häufigsten mit zwölf Personen (42,9%) verstarben die Verunfallten infolge eines Polytraumas (siehe Abb. 22). Die Verteilung von stattgefundenem und nicht stattgefundenem Überrollungsvorgang war hier gleich.

Die zweithäufigste Todesursache war in neun Fällen (32,1%) ein Schädelhirntrauma, wovon in drei Fällen der Fahrradfahrer überrollt wurde.

Drei Fahrradfahrer (10,7%) verstarben infolge eines Thoraxtraumas, zwei davon wurden beim Unfallvorgang überrollt.

Bei den beiden Personen, die durch ein HWS- und ein Beckentrauma zu Tode kamen, handelte es sich auch um Unfälle mit Überrollungsvorgang.

Zwei Personen wurden der Gruppe "Sonstiges" zugeordnet. Hiervon verstarb eine Person im Verlauf an einer Bronchopneumonie und eine an einer Sepsis.

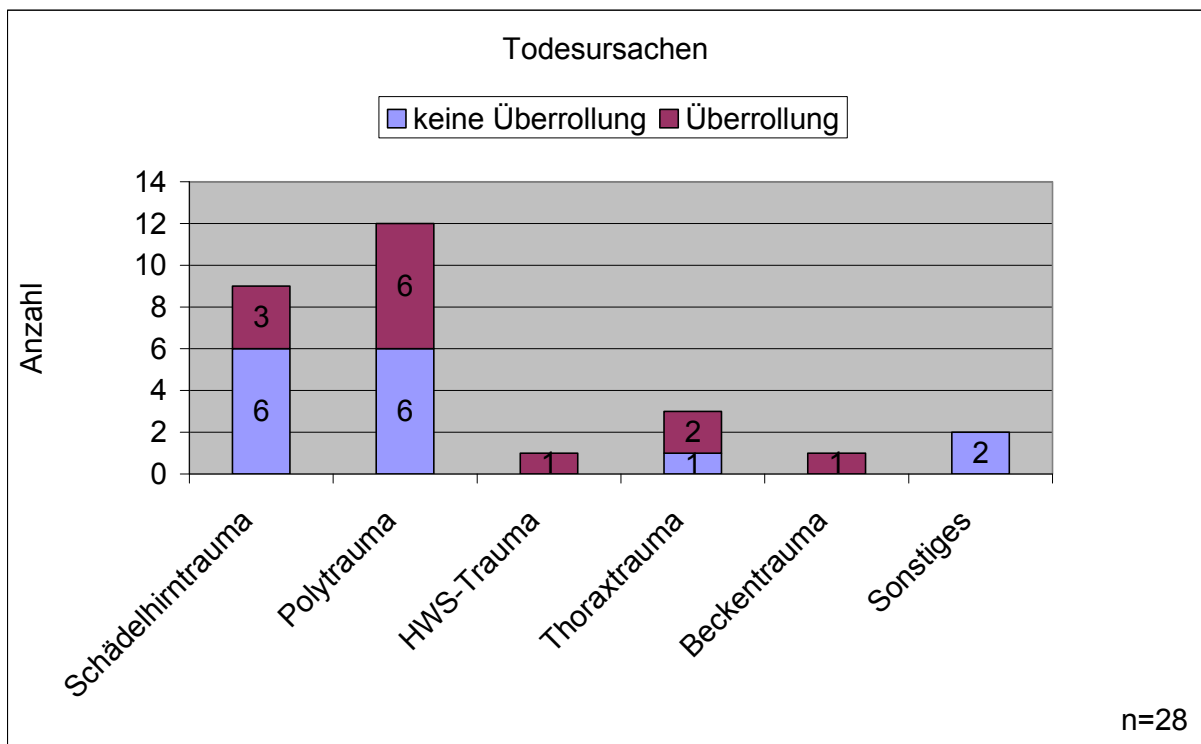


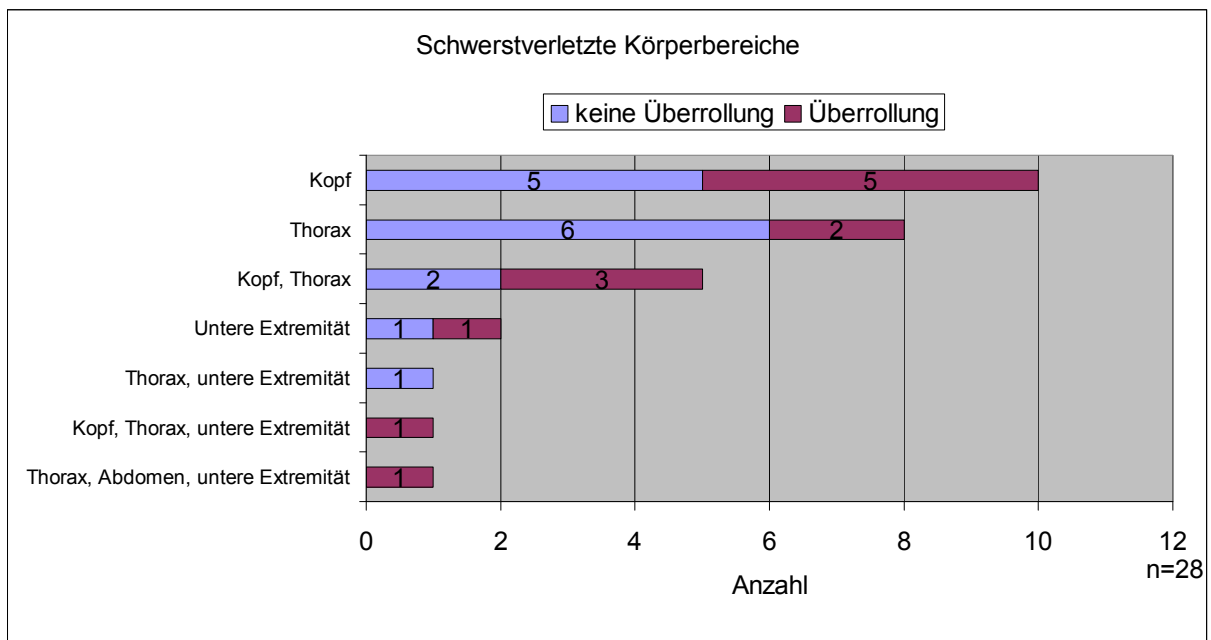
Abb. 22: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW"

#### 4.3.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche

Am häufigsten war mit einer Anzahl von zehn (35,7%) der schwerstverletzte Körperbereich der "Kopf". Die Verteilung von stattgefundenem und nicht stattgefundenem Überrollungsvorgang war hier gleich (siehe Abb. 23).

Der "Thorax" kam mit einer Anzahl von acht (28,6%) an zweiter Stelle, wobei es sich in zwei Fällen um einen Überrollungsvorgang handelte. Am dritthäufigsten waren diese beiden Körperbereiche zusammen bei fünf Personen (17,9%). In dieser Gruppe befanden sich drei Personen, die beim Unfall überrollt wurden.

Zweimal waren die Körperbereiche "Untere Extremität" betroffen, jeweils einmal die Körperbereiche "Thorax, untere Extremität", "Kopf, Thorax, untere Extremität" und "Thorax, untere Extremität".



**Abb. 23: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW"**

## 4.3.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS)

13 Radfahrer (46,4%) verstarben mit einem MAIS "6= maximal", wovon neun beim Unfallvorgang überrollt wurden (siehe Abb. 24). Acht (28,6%) Personen kamen mit einem MAIS "4= ernsthaft" und sechs (21,4%) mit "5= kritisch" zu Tode. Einen MAIS von "3= schwer" hatte nur eine Person. Ein  $\text{MAIS} \leq 2$  lag bei diesen 28 Fällen nicht vor.

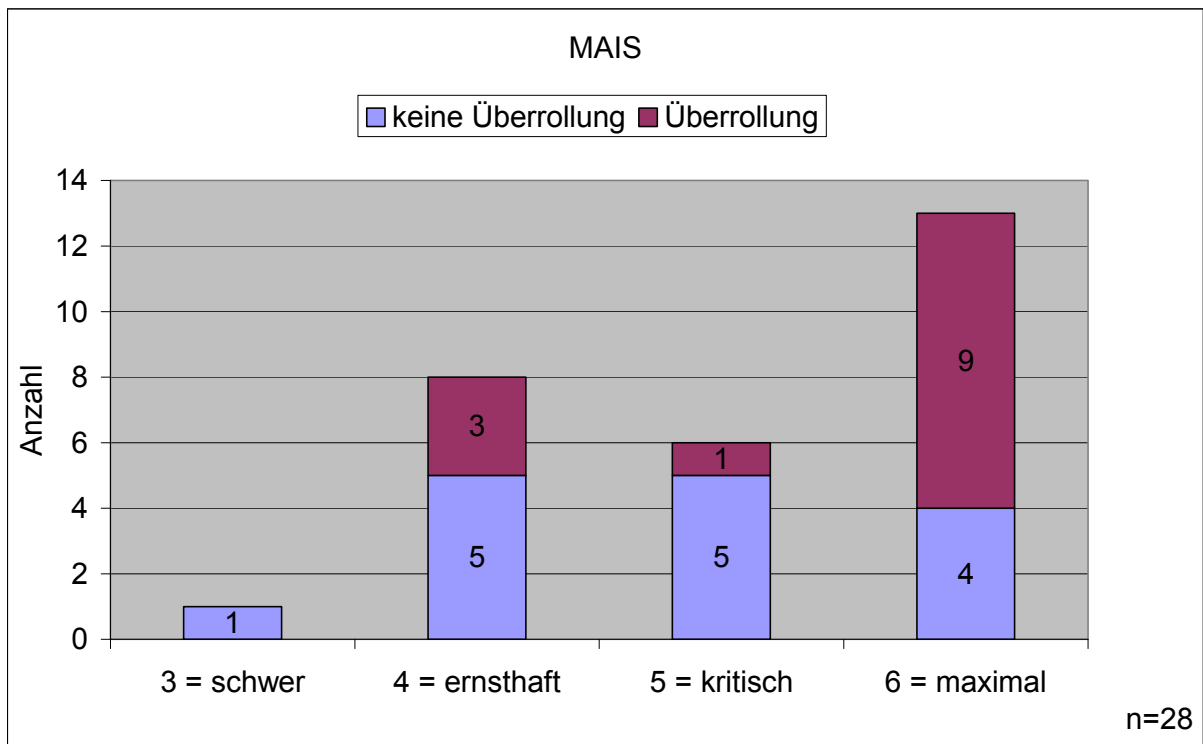
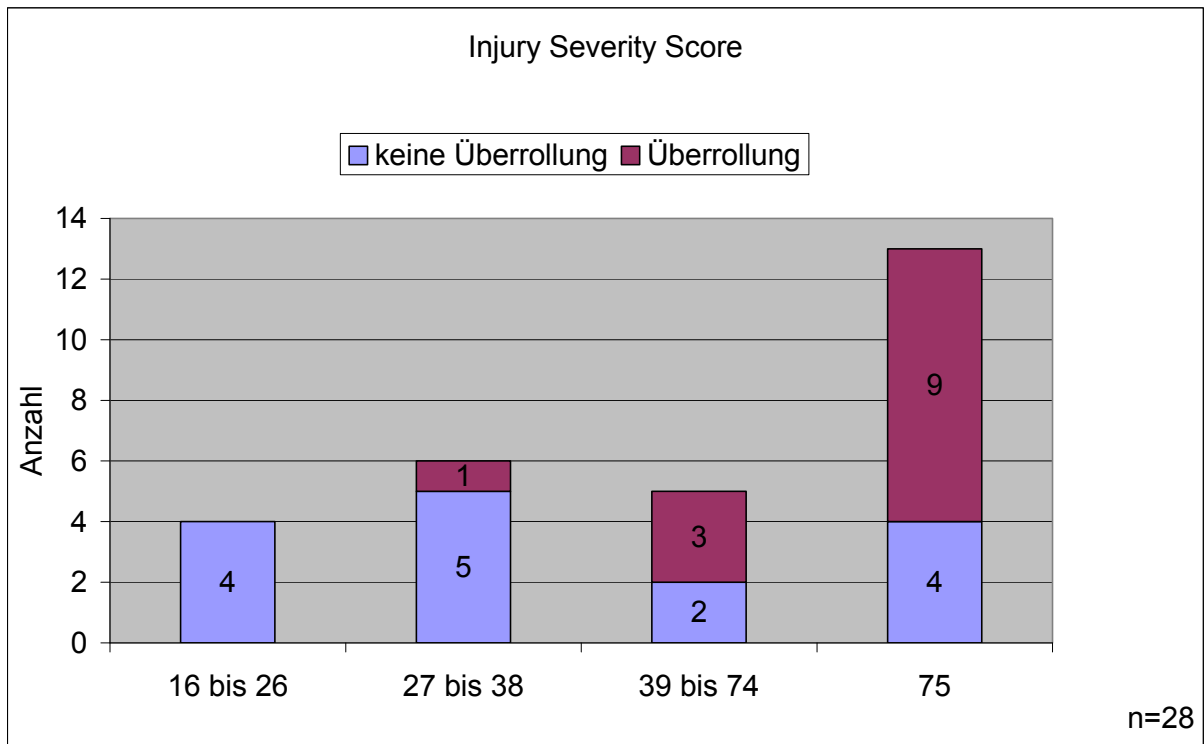


Abb. 24: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW"

## 4.3.3.5. Injury Severity Score (ISS)

Am häufigsten mit einer Anzahl von 13 war die Gruppe "75", wovon neun Personen überrollt wurden (siehe Abb. 25). Sechs, fünf und vier Personen befanden sich in den Gruppen "27-38", "39-74" und "16-26". Ein ISS unter 16 kam bei diesen 28 Fahrradfahrern nicht vor.



**Abb. 25: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW"**

## 4.3.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen

a) Unfall ohne Überrollungsvorgang:

Tab. 5: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Unfallgegner LKW ohne Überrollungsvorgang"

	0 =	1 =	2 =	3 =	4 =	5 =	6 =	
	unverletzt	leicht	mäßig	schwer	ernsthaft	kritisch	maximal	gesamt
<b>Kopf</b>	1	4	1	1	5	2	1	15
<b>Gesicht</b>	7	6	2	0	0	0	0	15
<b>Hals</b>	9	0	1	4	0	1	0	15
<b>Thorax</b>	2	0	1	4	1	3	4	15
<b>Abdomen</b>	6	2	3	2	2	0	0	15
<b>Becken intern</b>	13	0	0	2	0	0	0	15
<b>Becken knöchern</b>	5	4	3	0	2	1	0	15
<b>Oberarm</b>	2	7	6	0	0	0	0	15
<b>Unterarm</b>	5	8	2	0	0	0	0	15
<b>Hand</b>	7	7	1	0	0	0	0	15
<b>Oberschenkel</b>	5	5	1	3	1	0	0	15
<b>Unterschenkel</b>	0	11	3	1	0	0	0	15
<b>Fuß</b>	13	1	1	0	0	0	0	15

Bei allen Verletzungen der einzelnen Körperregionen, die nachfolgend genauer beschrieben sind, wurden MAIS(KR) 1-Verletzungen nicht in Textform beschrieben, sondern nur die Anzahl genannt. Es handelt sich fast ausschließlich um Abschürfungen, Hämatome, Prellungen und kleinere Riss- /Quetschwunden der Haut. Eine Aufzählung dieser leichten Verletzungen in Textform wurde aus Platzgründen unterlassen.

Kopf:

Von allen 15 Fahrradfahrern, die infolge einer Kollision mit einem LKW ohne Überrollungsvorgang verstarben, war eine Personen in der Körperregion "Kopf" unverletzt. Einmal war ein MAIS(KR) 6 vorhanden, der aus einer kompletten Schädelzertrümmerung ("Crush Injury") bestand. Zweimal lag ein MAIS(KR) 5 mit Einblutungen im Hirnstamm vor (vollständige Auflistung siehe Tab. 5).

In fünf Fällen wurde ein MAIS(KR) 4 gefunden, wovon drei Fälle aus einer komplexen Schädelbasisfraktur bestanden. Jeweils einmal war die Verletzung ein mittel-



schweres Subduralhämatom des Cerebrums und eine Hirngewebszerreiung von mehr als zwei cm Tiefe bzw. Länge.

Ein MAIS(KR) 3 wurde einmal durch einen Trmmerbruch des Schädeldachs erreicht.

Ebenfalls einmal lag ein MAIS(KR) 2 durch ein Subduralhämatom des Cerebrums von weniger als 0,6 cm Dicke vor. Ein MAIS(KR) 1 lag viermal vor. Unverletzt war am Kopf nur eine Person.

Gesicht:

In der Körperregion "Gesicht" waren die schwersten Verletzungen zweimal ein MAIS(KR) 2. Hierbei handelte es sich um eine Nasenbeinertrmmerung und um eine offene Mandibulafraktur. Ein MAIS(KR) 1 lag sechsmal vor. In sieben Fällen fand sich keine Verletzung.

Hals:

Die schwerste Verletzung der Körperregion "Hals" hatte mit einem Abriss des Ösophagus einen MAIS(KR) 5. Ein MAIS(KR) 4 war nicht vorhanden.

In vier Fällen konnte ein MAIS(KR) 3 gefunden werden. Zweimal war die Verletzung eine Fraktur der Halswirbelsäule mit unphysiologischer Aufklappbarkeit bei bilateraler Facettengelenksluxation. Jeweils einmal lagen eine Fraktur des Kehlkopfskeletts und eine großflächige Hautabliederung vor.

Ein MAIS(KR) 2 konnte einmal gefunden werden. Es handelte sich um eine Fraktur des HWK 7 ohne Verletzung des Halsmarks. Ein MAIS(KR) 1 lag bei keiner Person vor. In neun Fällen gab es in dieser Körperregion keine Verletzung.

Thorax:

Die Körperregion "Thorax" war bei vier Personen mit einer Thoraxzertrmmerung ("Crush Injury"), die eine massive bilaterale Zerstörung von Skelettsystem, Gefäßen, Organen und Bindegewebe beinhaltet, mit einem MAIS(KR) 6 maximal verletzt.

Ein MAIS(KR) 5 wurde in drei Fällen erreicht. Jeweils einmal lagen bilaterale Rippenreihenfrakturen in mehreren Ebenen mit dadurch instabilen Thoraxwänden, eine komplette Zerreißung der Aorta im Aortenbogen und ein Aufriss des linken Herzvorhofs vor.

Ein Fahrradfahrer hatte durch unilaterale Rippenserienfrakturen in mehreren Ebenen und dadurch instabiler Thoraxwand einen MAIS(KR) 4.

Die vier MAIS(KR) 3-Verletzungen bestanden jeweils aus einem Hämatothorax mit weniger als einem Liter Blut.

Einmal wurde durch eine einseitige Lungenkontusion eines Lobus ein MAIS(KR) 2 erreicht. Ein MAIS(KR) 1 lag hier nicht vor. Zwei Personen hatten keine Thoraxverletzungen.

#### Abdomen:

In der Körperregion "Abdomen" wurde durch einen beidseitigen Nierenarterienabriss und eine Nierenzerreißung bis ins Kelchsystem zweimal ein MAIS(KR) 4 erreicht.

In zwei Fällen wurde ein MAIS(KR) 3 gefunden. Es handelte sich um einen Mesenterialeinriss des Dünndarms und Intimaeinrisse einer Nierenarterie.

Ein MAIS(KR) 2 lag dreimal vor. Zweimal bestanden die Verletzungen aus einem Leberkapselriss und einmal aus einer eingebluteten Dünndarmquetschung. Ein MAIS(KR) 1 lag zweimal vor. In sechs Fällen lag keine Verletzung vor.

#### Becken intern:

In der Körperregion "Becken intern" waren die einzigen Verletzungen zweimal ein MAIS(KR) 3. Sie bestanden aus einer Aufreißung der Dammregion und einer Dissektion der Arteria iliaca communis. MAIS(KR) 1- und MAIS(KR) 2-Verletzungen gab es hier nicht. 13-mal fand sich keine Verletzung.

#### Becken knöchern:

Die schwerste Verletzung war ein MAIS(KR) 5 durch eine offene Beckenringfraktur mit Sprengung des hinteren und vorderen Bogens und dadurch kompletter Instabilität des Beckenrings.

Ein MAIS(KR) 4 lag zweimal vor. Die Verletzungen waren hier geschlossene Beckenringfrakturen mit Sprengung der hinteren und vorderen Bögen und dadurch kompletter Instabilität des Beckenrings.

Ein MAIS(KR) 2 fand sich dreimal. Die Verletzungen waren zweimal eine isolierte Fraktur ohne Stabilitätsbeeinflussung des Beckenrings. Hierbei waren einmal die Darmbeinkante und einmal der Schambeinast betroffen. In einem Fall lag eine groß-

flächige Hautabliederung im Hüftbereich vor. Ein MAIS(KR) 1 lag viermal vor. Fünf Personen hatten hier keine Verletzungen.

#### Oberarm:

Sechsmal lag in der Körperregion "Oberarm" ein MAIS(KR) 2 vor. Hierbei handelte es sich fünfmal um Frakturen der Scapula und einmal um eine Fraktur der Clavicula. Ein MAIS(KR) 1 lag siebenmal vor. Zwei Personen waren hier unverletzt.

#### Unterarm:

Die schwersten Verletzungen hatten in zwei Fällen einen MAIS(KR) 2. Jeweils einmal lag eine Fraktur der Ulna und des Radius vor. Ein MAIS(KR) 1 lag achtmal vor. Unverletzt waren in dieser Körperregion fünf Personen.

#### Hand:

Die Körperregion "Hand" war nur einmal durch eine Fraktur eines Handwurzelknochens mit einem MAIS(KR) 2 verletzt. Ein MAIS(KR) 1 lag siebenmal vor. Sieben Personen wiesen hier keine Verletzung auf.

#### Oberschenkel:

Die schwerste Verletzung war eine Femurertrümmerung mit massiver Zerstörung des umliegenden Weichteilmantels ("Crush Injury") und einem MAIS(KR) 4. Dreimal lag durch eine Fraktur des Femurs ein MAIS(KR) 3 vor. Die eine MAIS(KR) 2-Verletzung war einer Hautaufreißung von über 20 cm Länge. Ein MAIS(KR) 1 lag fünfmal vor. Fünfmal war diese Körperregion unverletzt.

#### Unterschenkel:

Ein MAIS(KR) 3 lag in der Körperregion "Unterschenkel" nur einmal durch eine offene Tibiafraktur vor.

Drei Personen hatten einen MAIS(KR) 2. Zweimal handelte es sich um eine mittelgroße Hautabliederung und einmal um eine Sprunggelenksfraktur. Ein MAIS(KR) 1 lag elfmal vor. Unverletzt war hier keine Person.

Fuß:

Die Körperregion "Fuß" war einmal durch eine vollständige Zertrümmerung des Mittel- und Vorfußes mit einem MAIS(KR) 2 verletzt. Ein MAIS(KR) 1 lag nur einmal vor. 13-mal fand sich hier keine Verletzung.

b) Unfall mit Überrollungsvorgang:

Tab. 6: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Unfallgegner LKW" mit Überrollungsvorgang

	0 =	1 =	2 =	3 =	4 =	5 =	6 =	
	unverletzt	leicht	mäßig	schwer	ernsthaft	kritisch	maximal	gesamt
<b>Kopf</b>	1	3	0	0	1	0	8	13
<b>Gesicht</b>	1	3	3	4	2	0	0	13
<b>Hals</b>	5	2	1	2	2	1	0	13
<b>Thorax</b>	0	0	0	1	3	4	5	13
<b>Abdomen</b>	4	0	2	2	2	3	0	13
<b>Becken intern</b>	11	0	0	2	0	0	0	13
<b>Becken knöchern</b>	3	2	0	1	7	0	0	13
<b>Oberarm</b>	3	0	8	1	1	0	0	13
<b>Unterarm</b>	5	4	3	1	0	0	0	13
<b>Hand</b>	4	8	1	0	0	0	0	13
<b>Oberschenkel</b>	2	5	1	3	2	0	0	13
<b>Unterschenkel</b>	2	6	3	2	0	0	0	13
<b>Fuß</b>	11	2	0	0	0	0	0	13

Bei allen Verletzungen der einzelnen Körperregionen, die nachfolgend genauer beschrieben sind, wurden MAIS(KR) 1-Verletzungen nicht in Textform beschrieben, sondern nur die Anzahl genannt. Es handelt sich fast ausschließlich um Abschürfungen, Hämatome, Prellungen und kleinere Riss- /Quetschwunden der Haut. Eine Aufzählung dieser leichten Verletzungen in Textform wurde aus Platzgründen unterlassen.

Kopf:

Von allen 13 Fahrradfahrern, die infolge einer Kollision mit einem LKW mit Überrollungsvorgang verstarben, war eine Personen in der Körperregion "Kopf" unverletzt (vollständige Auflistung siehe Tab. 6). Achtmal war ein MAIS(KR) 6 vorhanden, der in

sieben Fällen aus einer kompletten Schädelzertrümmerung ("Crush Injury") und in einem Fall aus einem vollständigen Abriss des Hirnstamms bestand. Ein MAIS(KR) 5 lag hier nicht vor.

Einmal wurde ein MAIS(KR) 4 gefunden, der aus einem mittelschweren Subduralhämatom des Cerebrums bestand. Ein MAIS(KR) 3 und ein MAIS(KR) 2 waren hier auch nicht vorhanden. Ein MAIS(KR) 1 lag dreimal vor und eine Person war am Kopf unverletzt.

#### Gesicht:

In der Körperregion "Gesicht" waren die schwersten Verletzungen mit einem MAIS(KR) 4 zweimal eine vollständige Zertrümmerung des Gesichtsschädels mit Beteiligung beider Augen.

Ein MAIS(KR) 3 war dreimal durch eine Zertrümmerung des Gesichtsschädels ohne Augenbeteiligung und einmal durch eine Maxillafraktur vorhanden.

Dreimal lag ein MAIS(KR) 2 vor. Zweimal waren die Verletzungen eine großflächige Gesichtshautablederung und einmal eine Nasenbeinzertrümmerung. Ein MAIS(KR) 1 lag dreimal vor. In einem Fall fand sich keine Verletzung.

#### Hals:

Die schwerste Verletzung der Körperregion "Hals" war ein Abriss des Ösophagus mit einem MAIS(KR) 5.

Ein MAIS(KR) 4 war hier zweimal vorhanden. Es handelte sich um einen vollständigen Abriss der Trachea und einen Querriss der Arteria carotis.

In zwei Fällen konnte ein MAIS(KR) 3 gefunden werden. Einmal war die Verletzung eine Fraktur der Halswirbelsäule mit unphysiologischer Aufklappbarkeit bei bilateraler Facettengelenksluxation und einmal eine Fraktur des Kehlkopfskeletts.

Bei dem einen MAIS(KR) 2 handelte sich um eine aufgerissene Bandscheibe. Ein MAIS(KR) 1 lag zweimal vor. In fünf Fällen gab es in dieser Körperregion keine Verletzung.

#### Thorax:

Die Körperregion "Thorax" war bei fünf Personen mit einer Thoraxzertrümmerung, die eine massive bilaterale Verletzung von Skelettsystem, Gefäßen, Organen und Bindegewebe beinhaltet, maximal mit einem MAIS(KR) 6 verletzt.

Ein MAIS(KR) 5 wurde in vier Fällen erreicht. Dreimal lagen bilaterale Rippenserienfrakturen in mehreren Ebenen mit instabilen Thoraxwänden vor. Einmal fand sich eine Dissektion der Arteria coronaria dexter mit vollständigem Lumenverschluss.

Drei Fahrradfahrer hatten einen MAIS(KR) 4. Die Verletzungen bestanden jeweils einmal aus einer bilateralen Lungenerreißung, einer unilateralen Lungenerreißung von mehr als einem Lobus und einem Hämatothorax mit mehr als einem Liter Blut.

Die MAIS(KR) 3-Verletzung wurde durch unilaterale Rippenserienfrakturen zwischen drei und fünf Rippen mit instabiler Thoraxwand erreicht.

Am Thorax gab es weder MAIS(KR) 1- , MAIS(KR) 2- Verletzungen noch unverletzte Personen.

#### Abdomen:

In der Körperregion "Abdomen" wurde durch eine massive Leberzertrümmerung von mehr als 75% eines Leberlappens dreimal ein MAIS(KR) 5 erreicht.

Ein MAIS(KR) 4 war zweimal vorhanden. Die Verletzungen waren ein Abriss des Dünndarmmesenteriums und eine Leberzertrümmerung von weniger als 75% eines Leberlappens.

In zwei Fällen wurde ein MAIS(KR) 3 gefunden. Es handelte sich um eine Milzruptur ohne Hilusbeteiligung und einen Einriss der Vena cava inferior.

Ein MAIS(KR) 2 lag ebenfalls zweimal vor. Die Verletzungen bestanden jeweils aus einer Kontusion mit Einblutung einmal in den Magen und einmal in die Leber. Ein MAIS(KR) 1 lag hier nichtl vor. Bei vier Personen fand sich keine Verletzung.

#### Becken intern:

In der Körperregion "Becken intern" hatten die einzigen Verletzungen zweimal einen MAIS(KR) 3. Es handelte sich um eine Aufreißung der Dammregion und eine Blasenruptur. Andere Verletzungen gab es nicht. Elf Personen waren hier unverletzt.

#### Becken knöchern:

Ein MAIS(KR) 4 lag siebenmal vor. Die Verletzungen waren hier geschlossene Beckenringfrakturen mit Sprengung der hinteren und vorderen Bögen und dadurch kompletter Instabilität des Beckenrings.

Einmal wurde durch eine geschlossene Beckenringfraktur mit inkompletter Sprengung des hinteren Bogens ein MAIS(KR) 3 erreicht.

Ein MAIS(KR) 2 fand sich in dieser Körperregion nicht. Ein MAIS(KR) 1 lag zweimal vor. Drei Personen waren hier komplett unverletzt.

#### Oberarm:

Die schwerste Verletzung der Körperregion "Oberarm" war ein MAIS(KR) 4 durch eine offene Humerusertrümmerung mit massiver Zerstörung des umliegenden Weichteilmantels ("Crush Injury").

Die zweitschwerste Verletzung war ein MAIS(KR) 3 durch eine großflächige Hautaushülsung im Bereich der Achselfalte und des Oberarms.

Achtmal lag ein MAIS(KR) 2 vor, wobei es sich fünfmal um eine Fraktur der Scapula handelte. Jeweils einmal waren eine Fraktur der Clavicula, eine Fraktur des Humerus und eine mittelgroße Hautablederung vorhanden. Ein MAIS(KR) 1 lag nicht vor. Drei Personen waren hier unverletzt.

#### Unterarm:

Die schwerste Verletzung war mit einem MAIS(KR) 3 eine Hautaushülsung im gesamten Verlauf des Unterarms. Ein MAIS(KR) 2 fand sich dreimal. Jeweils einmal lagen eine Fraktur der Ulna, eine Fraktur des Radius und eine mittelgroße Hautablederung vor. Ein MAIS(KR) 1 lag viermal vor. Unverletzt waren in dieser Körperregion fünf Personen.

#### Hand:

Die Körperregion "Hand" war durch eine Fraktur eines Mittelhandknochens einmal mit einem MAIS(KR) 2 verletzt. Ein MAIS(KR) 1 lag achtmal vor. Vier Personen wiesen hier keine Verletzung auf.

#### Oberschenkel:

Die schwersten Verletzungen waren durch Femurertrümmerungen mit massiver Zerstörung des umliegenden Weichteilmantels ("Crush Injury") zweimal ein MAIS(KR) 4.

Dreimal hatten die Verletzungen einen MAIS(KR) 3. Es waren zweimal Frakturen des Femurs und einmal eine vollständige Aushülsung des Oberschenkels.

Die MAIS(KR) 2-Verletzung bestand aus einer mittelgroßen Hautablederung. Ein MAIS(KR) 1 lag fünfmal vor. Zweimal war diese Körperregion unverletzt.

Unterschenkel:

Ein MAIS(KR) 3 lag in der Körperregion "Unterschenkel" zweimal vor. Die Verletzungen bestanden aus einer Unterschenkelzertrümmerung mit massiver Zerstörung des umliegenden Weichteilmantels ("Crush Injury") und aus einer offenen Tibiafraktur. Drei Personen hatten einen MAIS(KR) 2. Zweimal handelte es sich um eine Tibiafraktur und einmal um eine Sprunggelenksfraktur. Ein MAIS(KR) 1 lag sechsmal vor. Zwei Personen waren hier unverletzt.

Fuß:

Die Körperregion "Fuß" war bis auf zwei MAIS(KR) 1-Verletzungen in elf der 13 Fälle unverletzt.

#### 4.3.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ und $\text{MAIS(KR)} \geq 4$

a) Unfall ohne Überrollungsvorgang:

Auf der linken Bildhälfte (siehe Abb. 26) wird dargestellt, dass 87% der 15 Fahrradfahrer am "Thorax" eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzung aufwiesen und 67% am "Kopf". Am "Abdomen" hatten 47% eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ -Verletzung.

Die Körperregionen "Hals" und "Oberarm" waren jeweils zu 40%, "Becken knöchern" und "Oberschenkel" jeweils zu 33% betroffen. Der "Unterschenkel" lag bei 27%.und "Becken intern" bei 20%.

Die Körperregionen "Gesicht" und "Unterarm" waren in 13% der Fälle  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  verletzt, "Hand" und "Fuß" in 7% der Fälle.

Auf der rechten Bildhälfte zeigt sich, dass jeweils 53% am "Thorax" und am "Kopf" eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ -Verletzung aufwiesen. Die Körperregionen "Becken knöchern" und "Abdomen" waren zu 20% und 13% betroffen.

Die Körperregion "Hals" und "Oberschenkel" erreichten Werte unter 10%.

Keiner der 15 Verunglückten hatte in den Körperregionen "Gesicht", "Becken intern", "Oberarm", "Unterarm", "Hand", "Unterschenkel" und "Fuß" eine  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ -Verletzung.



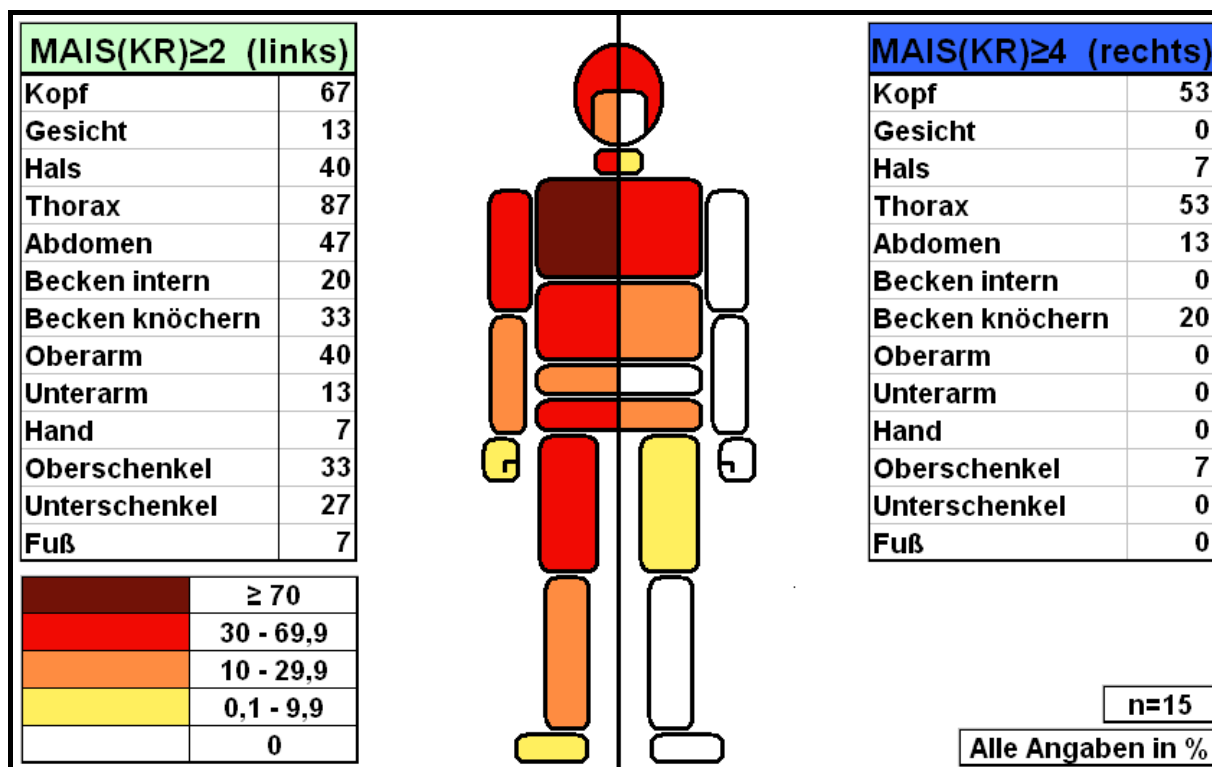


Abb. 26: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte MAIS(KR)≥2, rechte Bildhälfte MAIS(KR)≥4) beim "Unfallgegner LKW" ohne Überrollungsvorgang

b) Unfall mit Überrollungsvorgang:

Auf der linken Bildhälfte (siehe Abb. 27) hatte der "Thorax" bei allen 13 Fahrradfahrern eine MAIS(KR)≥2-Verletzung. Die zweithäufigste Körperregion war mit 77% der "Oberarm".

Die Körperregionen "Kopf", "Gesicht" und "Abdomen" waren jeweils zu 69% betroffen.

62% der Fälle hatten in der Körperregion "Becken knöchern" und jeweils 46% in den Körperregionen "Hals" und "Oberschenkel" eine MAIS(KR)≥2-Verletzung.

Die Körperregionen "Unterschenkel", "Unterarm" und "Becken intern" erreichten Werte von 38%, 33% und 23%.

Die "Hand" lag als alleinige Körperregion unter 10%. Keiner der 13 Verunglückten hatte in der Körperregion "Fuß" eine MAIS(KR)≥2-Verletzung.

Auf der rechten Bildhälfte war mit 92% der "Thorax" am häufigsten, der "Kopf" mit 69% am zweithäufigsten betroffen.

In der Körperregion "Becken knöchern" hatten 54%, am "Hals" 23% eine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung.

Jeweils 15% der Verunglückten wiesen in den Körperregionen "Gesicht" und "Oberschenkel" eine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung auf. Nur der "Oberarm" lag unter 10%. Keiner der 13 Verunglückten hatte in den Körperregionen "Becken intern", "Unterarm", "Hand", "Unterschenkel" und "Fuß" eine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung.

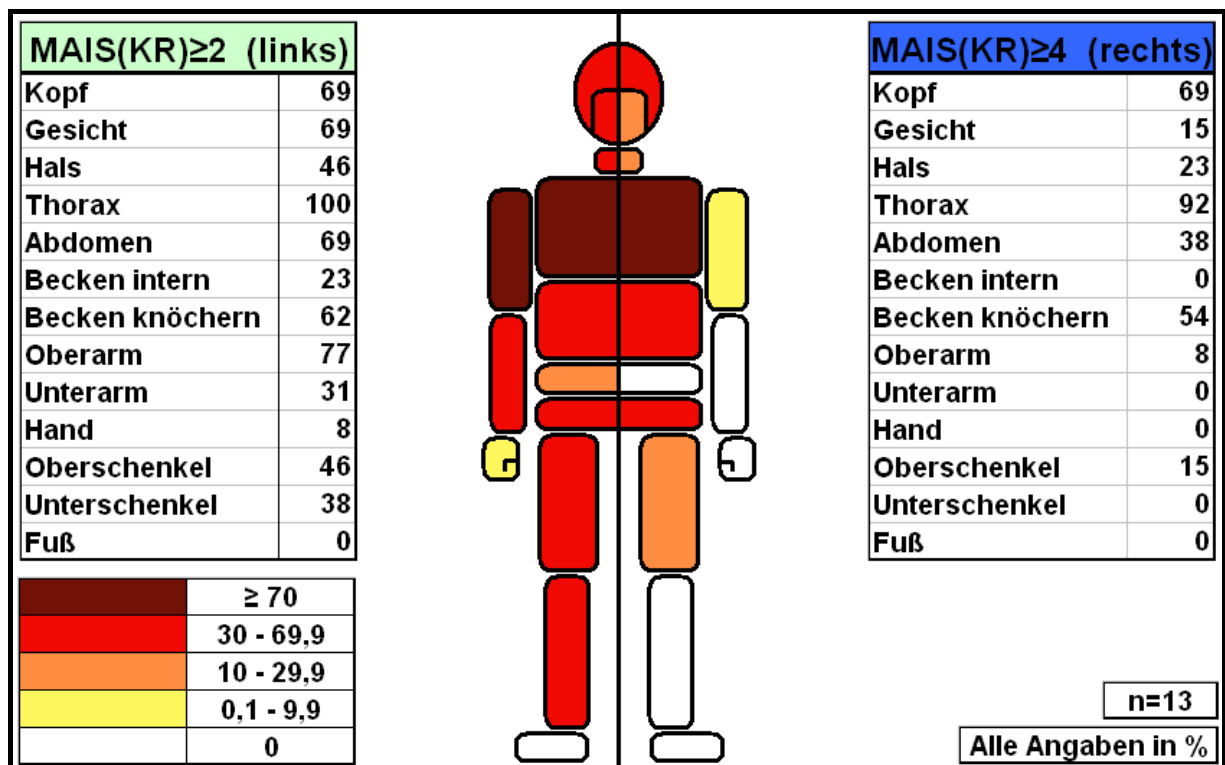


Abb. 27: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 2, rechte Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 4) beim "Unfallgegner LKW" mit Überrollungsvorgang

## 4.4. Alleinunfall

### 4.4.1. Personenbezogene Daten

#### 4.4.1.1. Alter

Mit einer Anzahl von fünf Personen war die Gruppe "45-54" unter den Alleinunfällen am häufigsten. Die zwei Gruppen "55-64" und " $\geq$ 75" waren mit einer Anzahl von drei gleichhäufig vertreten. In der Gruppe "65-74" befanden sich zwei Personen und in der Gruppe "35-44" eine Person.

Der arithmetische Mittelwert lag mit einer Standardabweichung von 14,7 bei 59,9 Jahren, der Median bei 57 Jahren. Die jüngste Person war 38, die älteste 89 Jahre alt.

#### 4.4.1.2. Geschlecht

Bei der Geschlechtsverteilung war der Anteil der Männer größer. Mit 12 von 14 Fällen lagen diese bei 85,7%, Frauen mit 2 bei 14,2%.

#### 4.4.1.3. Gewicht

Die größte Gruppe bildeten mit einer Anzahl von sieben (50%) die 76 bis 90 kg schweren Verunglückten. Fünf Personen (36%) lagen in der Gruppe von 61 bis 75 kg. und zwei (14%) in der Gruppe von 46 bis 60 kg.

Das geringste Gewicht wurde mit 49,1 kg, das höchste mit 87,0 kg erreicht. Der Mittelwert lag bei 72,8 kg und die Standardabweichung bei 10,4 kg. Der Median betrug 74,2 kg.

#### 4.4.1.4. Größe

Die größte Gruppe lag mit neun Personen (64%) zwischen 171 und 180 cm.

Die Gruppe von 161 bis 170 cm war mit drei Verunglückten (21%) etwas größer als die Gruppe über 180 cm mit zwei Personen (14%).

Das Minimum wurde mit 162 cm, das Maximum mit 183 cm gemessen. Der Mittelwert betrug 173,9 cm und die Standardabweichung 6,0 cm. Der Median lag bei 174,0 cm.

#### 4.4.1.5. Blutalkoholkonzentration

In zwölf (75%) der 14 Fälle wurde ein Blutalkoholtest durchgeführt. Bei vier Personen (33,3%) konnte kein Blutalkoholgehalt festgestellt werden, die restlichen acht Personen (66,6%) hatten ein positives Ergebnis.

Die Einzelwerte der vier Personen über 1,6‰ waren 2,06‰, 2,33‰, 2,50‰ und 3,37‰. Drei Personen befanden sich mit 1,18‰, 1,47‰ und 1,50‰ zwischen 1,1 und 1,6‰.

Einmal lag ein Blutalkoholgehalt von 0,44‰ vor.

#### 4.4.1.6. Fahrradtyp

Mit einer Anzahl von fünf war das "MTB" (Mountainbike) am häufigsten.

Jeweils zweimal waren die Fahrradtypen "älteres Rad", "City-Bike", "Rennrad" und "Trekkingrad" vorhanden.

In einem Fall konnte aufgrund der Datenlage keine Aussage gemacht werden, dieses wurde der Kategorie "unbekannt" zugeordnet.

#### 4.4.1.7. Helm

Von den 14 Verunglückten trug nur einer einen Helm. (Diese Person starb trotz Helm an einem Schädelhirntrauma: mehrfache Schädelfrakturen, ausgedehnte Bruchblutungen im Bereich der Brücke, im Zentrum mit einer breiten Hirngewebsdefektzone)

### **4.4.2. Unfallbezogene Daten**

#### 4.4.2.1. Kollisionsort

Mit einer Anzahl von acht ereigneten sich 57% der Fälle innerorts. Außerorts waren es 43% mit einer Anzahl von sechs.

### 4.4.3. Medizinische Daten

#### 4.4.3.1. Todeszeitpunkt

Die meisten Radfahrer befanden sich mit einer Anzahl von sechs in der Gruppe "sofort" (siehe Abb. 28).

Mit fünf und zwei Personen folgten die Gruppen "> 24 h - ≤ 30 d" und "> 1 h - ≤ 24 h". Die Gruppe "≤ 1 h" war mit nur mit einer Personen besetzt.

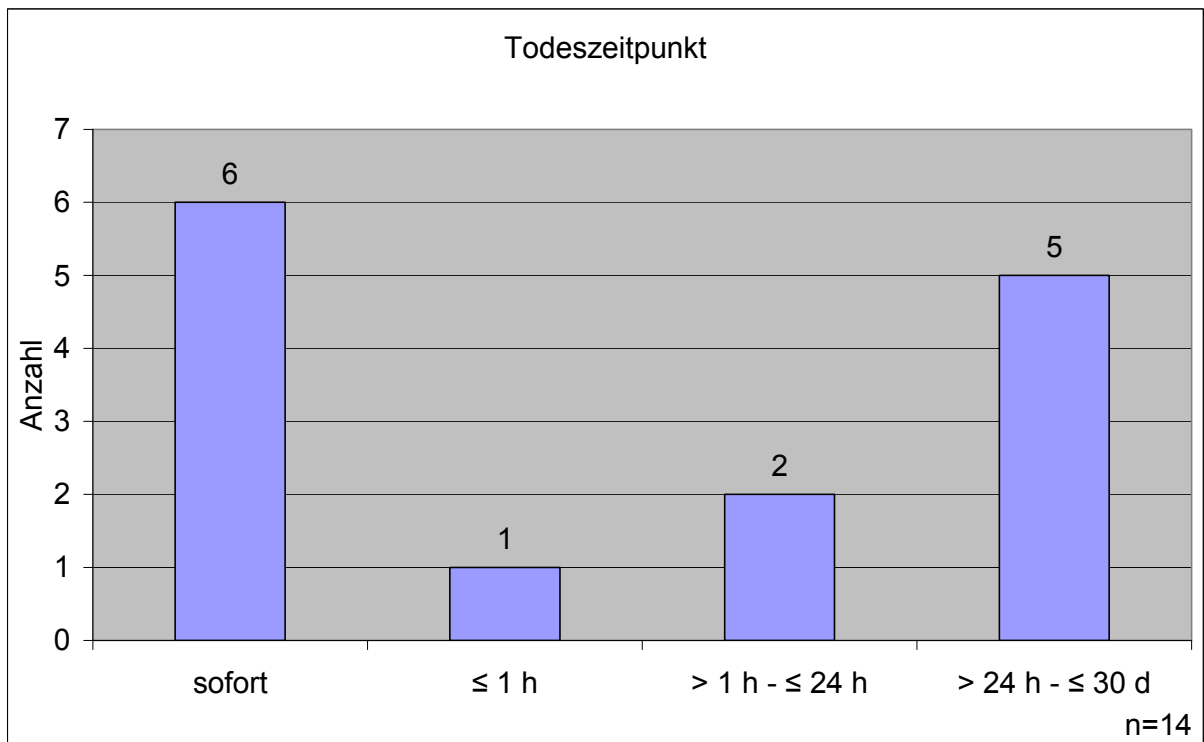


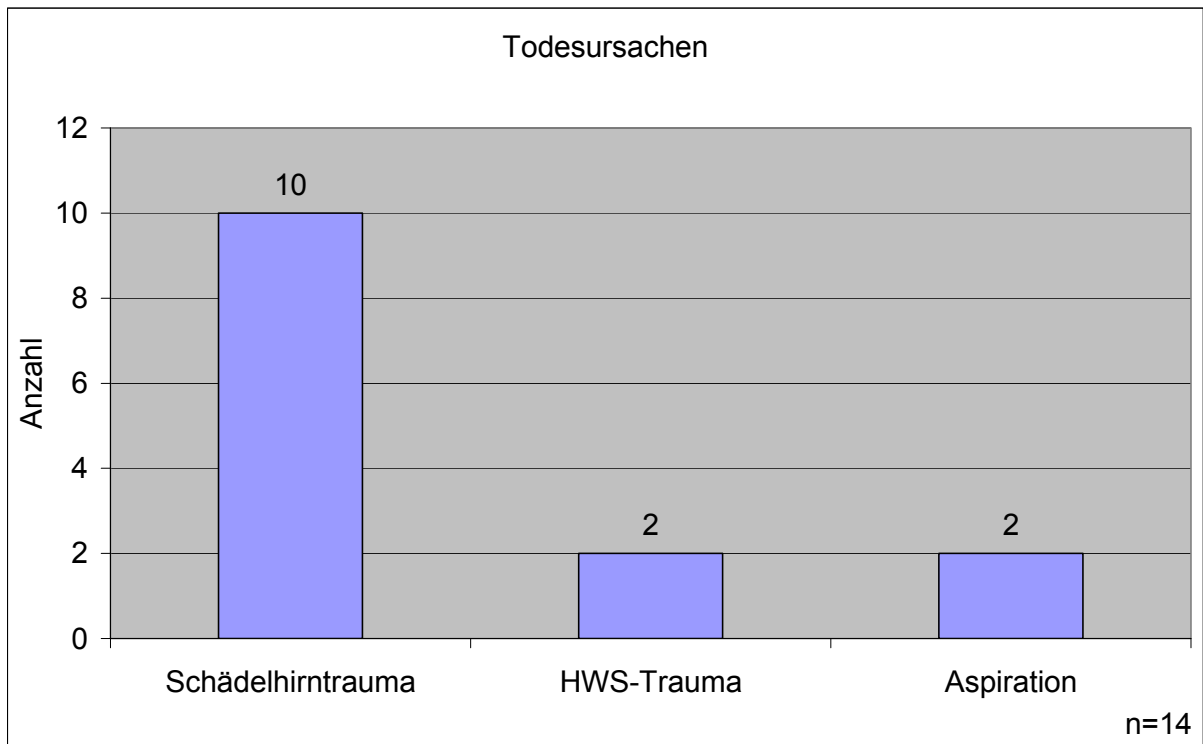
Abb. 28: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall"

## 4.4.3.2. Todesursache

Am häufigsten mit zehn Personen verstarben die Verunfallten infolge eines Schädelhirntraumas (siehe Abb. 29).

Jeweils zwei Personen kamen durch ein HWS-Trauma bzw. Aspiration zu Tode.

Bei der letztgenannten Todesursache handelte es sich einmal um Aspiration von eigenem Blut. In dem anderen Fall ertrank die Person nach einem Sturz mit darauffolgender Bewusstlosigkeit in einem Bach.

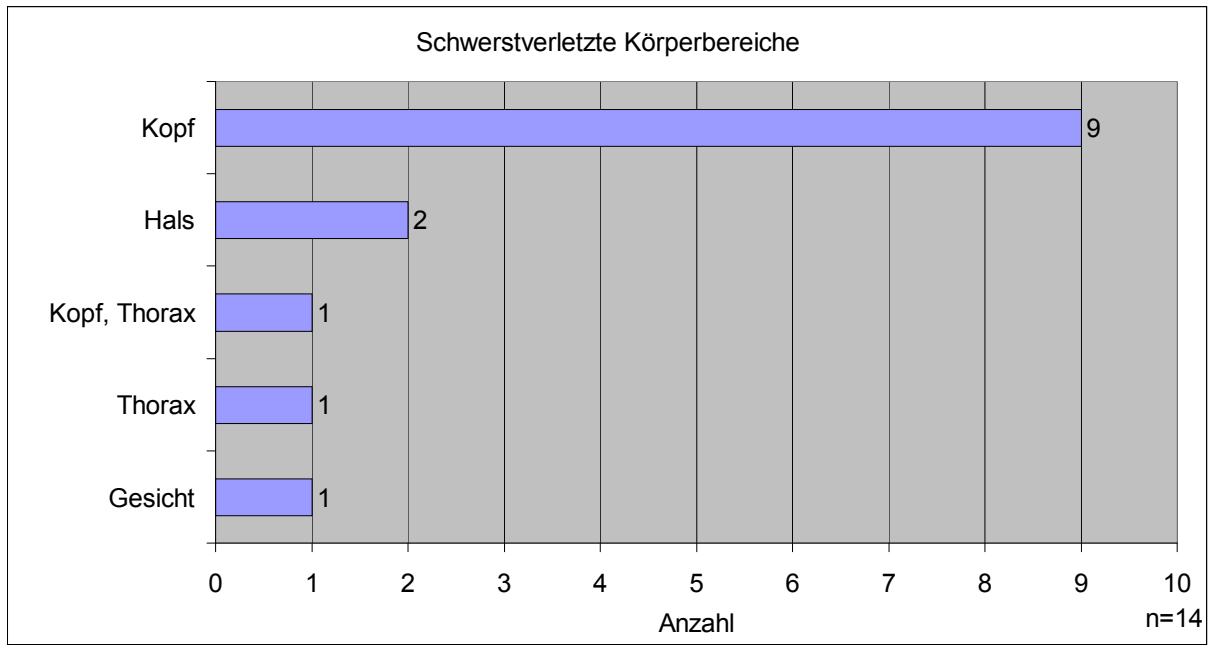


**Abb. 29: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall"**

#### 4.4.3.3. Schwerstverletzte Körperbereiche

Am häufigsten war mit einer Anzahl von neun der schwerstverletzte Körperbereich der "Kopf" (siehe Abb. 30).

Zweimal waren die Körperbereiche "Hals" betroffen, "Kopf, Thorax ", "Thorax" und "Gesicht" jeweils einmal.

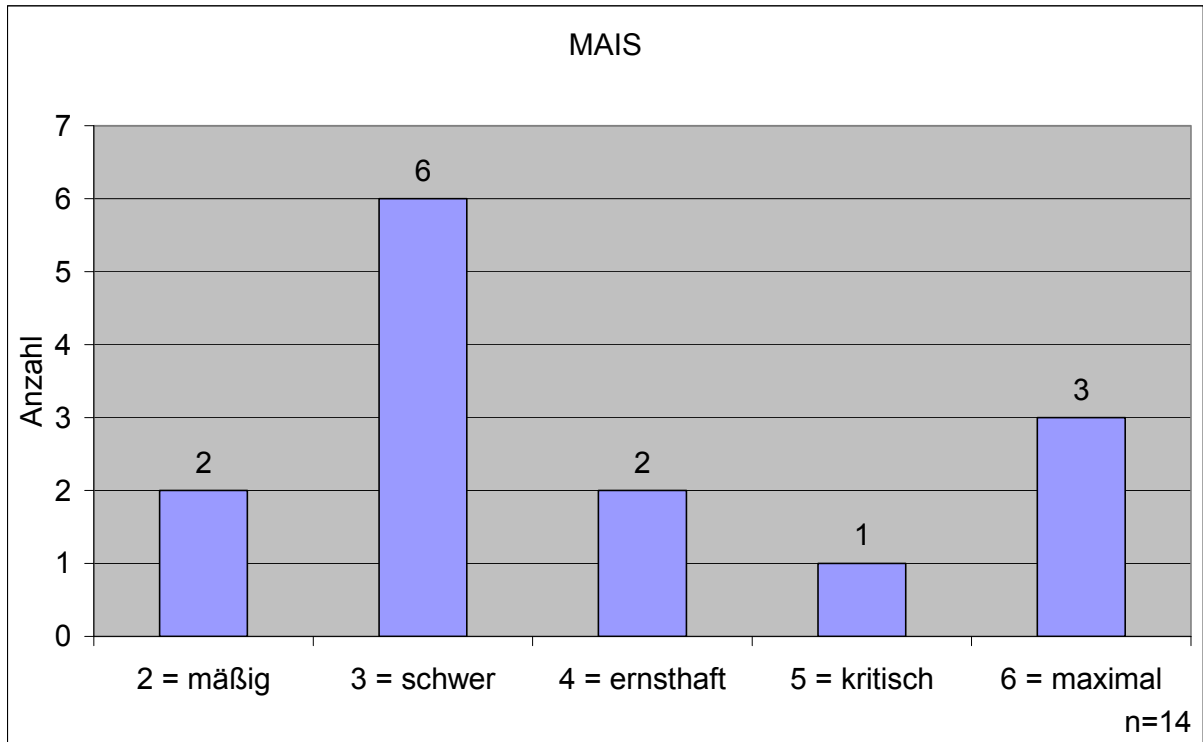


**Abb. 30: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall"**

#### 4.4.3.4. Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS)

Sechs Radfahrer verstarben mit einem MAIS "3= schwer", drei mit "6= maximal" und jeweils zwei mit "4= ernsthaft" und "2= mäßig" (siehe Abb. 31).

Einen MAIS von "5= kritisch" hatte nur eine Person. Ein  $\text{MAIS} \leq 1$  lag bei diesen 14 Fällen nicht vor.



**Abb. 31: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall"**



#### 4.4.3.5. Injury Severity Score (ISS)

Am häufigsten mit einer Anzahl von acht war die Gruppe "0-15". Drei und zwei Personen befanden sich in den Gruppen "75" und "16-26" (siehe Abb. 32).

Eine Person hatten einen ISS von "27-38". Ein ISS von "39-74" kam bei diesen 14 Fahrradfahrern nicht vor.

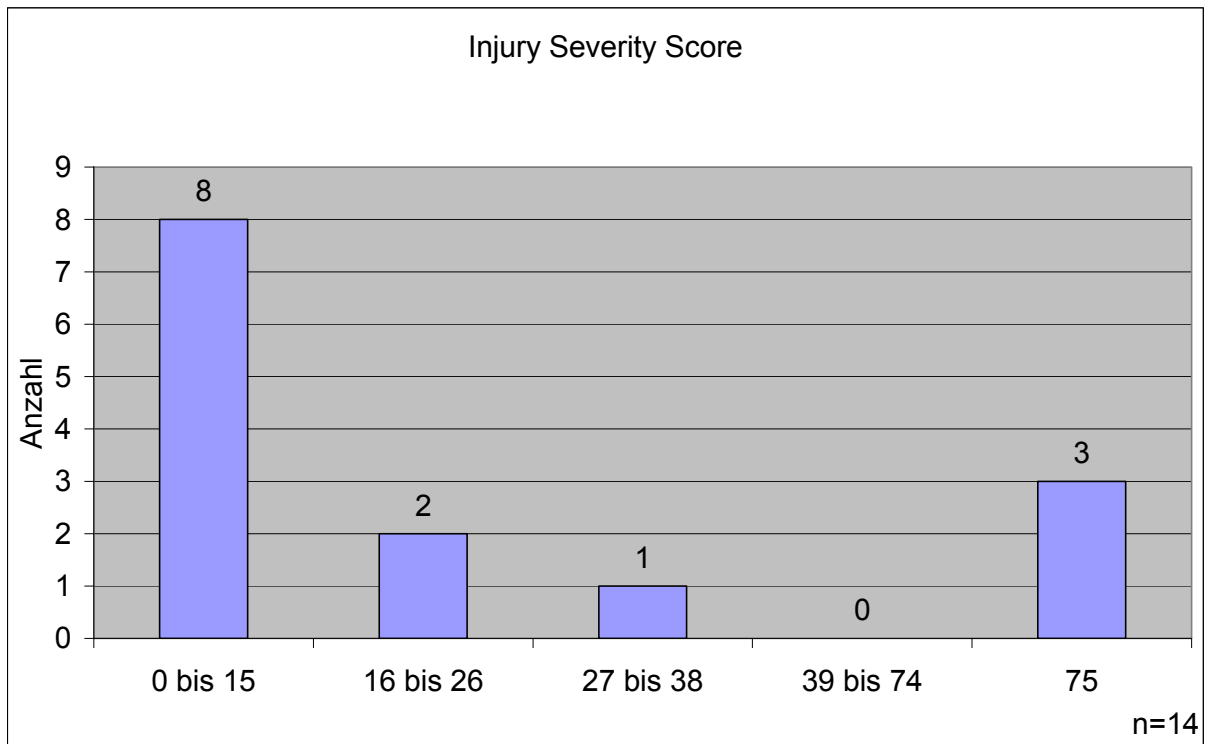


Abb. 32: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall"

## 4.4.3.6. MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen

Tab. 7: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Alleinunfall"

	0 = unverletzt	1 = leicht	2 = mäßig	3 = schwer	4 = ernsthaft	5 = kritisch	6 = maximal	gesamt
<b>Kopf</b>	2	1	2	3	2	1	3	14
<b>Gesicht</b>	2	9	3	0	0	0	0	14
<b>Hals</b>	10	0	2	2	0	0	0	14
<b>Thorax</b>	7	2	0	4	1	0	0	14
<b>Abdomen</b>	13	1	0	0	0	0	0	14
<b>Becken intern</b>	14	0	0	0	0	0	0	14
<b>Becken knöchern</b>	9	4	1	0	0	0	0	14
<b>Oberarm</b>	8	3	3	0	0	0	0	14
<b>Unterarm</b>	6	8	0	0	0	0	0	14
<b>Hand</b>	5	9	0	0	0	0	0	14
<b>Oberschenkel</b>	8	6	0	0	0	0	0	14
<b>Unterschenkel</b>	4	10	0	0	0	0	0	14
<b>Fuß</b>	14	0	0	0	0	0	0	14

Bei allen Verletzungen der einzelnen Körperregionen, die nachfolgend genauer beschrieben sind, wurden MAIS(KR) 1-Verletzungen nicht in Textform beschrieben, sondern nur die Anzahl genannt. Es handelt sich fast ausschließlich um Abschürfungen, Hämatome, Prellungen und kleinere Riss- /Quetschwunden der Haut. Eine Aufzählung dieser leichten Verletzungen in Textform wurde aus Platzgründen unterlassen.

**Kopf:**

Von allen Fahrradfahrern, die infolge eines Alleinunfalls ohne Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer verstarben (vollständige Auflistung siehe Tab. 7), waren zwei Personen in der Körperregion "Kopf" unverletzt (beide Radfahrer trugen keinen Helm; der eine verstarb in Folge Gesichtsverletzungen an Blutaspilation, der andere durch ein HWS-Trauma).

Dreimal war ein MAIS(KR) 6 vorhanden, der in zwei Fällen aus einem Teilabriss des Hirnstamms und in einem Fall aus einer kompletten Schädelzertrümmerung ("Crush Injury") bestand. Einmal lag ein MAIS(KR) 5 mit Einblutungen im Hirnstamm vor.

In zwei Fällen wurde ein MAIS(KR) 4 gefunden. Es handelte sich um einen komplexen Trümmerbruch der Schädelbasis und eine intracerebrale Einblutung.

Ein MAIS(KR) 3 wurde dreimal durch eine einfache Fraktur der Schädelbasis erreicht.

Bei den beiden MAIS(KR) 2-Verletzungen handelte es sich um eine geschlossene lineare Schädeldachfraktur und eine mehr als zehn cm lange Riss- /Quetschwunde im Stirnbereich. Ein MAIS(KR) 1 lag nur einmal vor. Keiner der Fahrradfahrer war hier unverletzt.

#### Gesicht:

In der Körperregion "Gesicht" lag dreimal ein MAIS(KR) 2 vor. Die Verletzungen waren eine Nasenbeinertrümmerung, eine Fraktur des Alveolarbogens und eine mehr als zehn cm lange Riss- /Quetschwunde im Gesichtsbereich. Ein MAIS(KR) 1 lag neunmal vor. Zwei Personen waren hier unverletzt.

#### Hals:

Die schwersten Verletzungen der Körperregion "Hals" hatten einen MAIS(KR) 3. Jeweils einmal lag eine Fraktur des Dens axis und eine Halsmarkquetschung mit Umblutung vor. Ein MAIS(KR) 2 konnte zweimal gefunden werden. Es handelte sich um eine Halswirbelkörperluxation ohne Wirbelkörperfraktur oder Halsmarkabriss und ein Prellungshämatom des Ösophagus. Ein MAIS(KR) 1 lag nicht vor. In zehn Fällen gab es in dieser Körperregion keine Verletzung.

#### Thorax:

Die schwerste Verletzung war ein Hämatothorax mit mehr als einem Liter Blut und einem MAIS(KR) 4. Ein MAIS(KR) 3 lag viermal vor. Dreimal bestanden die Verletzungen aus Rippenserienfrakturen von mehr als drei Rippen aber stabiler Thoraxwand und einmal aus Rippenserienfrakturen zwischen drei und fünf Rippen in mehreren Ebenen mit instabiler Thoraxwand. MAIS(KR) 2-Verletzungen gab es keine. Ein MAIS(KR) 1 lag zweimal vor. Sieben Verstorbene waren hier unverletzt.

#### Abdomen:

Dreizehn der durch einen "Alleinunfall" verunglückten Personen waren hier unverletzt. Ein MAIS(KR) 1 war einmal vorhanden.

Becken intern:

In dieser Körperregion wies keine der 14 Personen eine Verletzung auf.

Becken knöchern:

Einmal lag durch eine Fraktur des vorderen Schambeinastes eine MAIS(KR) 2 vor.  
Ein MAIS(KR) 1 lag viermal vor. In neun Fällen war diese Körperregion unverletzt.

Oberarm

Drei Personen erreichten durch eine Claviculafraktur einen MAIS(KR) 2. Ein  
MAIS(KR) 1 lag dreimal vor. Acht Personen waren hier unverletzt.

Unterarm/ Hand/ Oberschenkel/ Unterschenkel/ Fuß:

Der oben erwähnten Reihenfolge nach waren sechs, fünf, acht und vier Personen in  
der jeweiligen Körperregion unverletzt. Alle übrigen Verletzungen waren ausschließ-  
lich MAIS(KR) 1-Verletzungen.

In der Körperregion "Fuß" waren alle 14 Personen unverletzt.

4.4.3.7. Verletzte Körperregionen im Vergleich MAIS(KR) $\geq$ 2 und MAIS(KR) $\geq$ 4

Auf der linken Bildhälfte wird dargestellt, dass 79% der 14 Fahrradfahrer am "Kopf" eine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzung hatten und 36% am "Thorax".

Die Körperregion "Hals" war in 29% der Fälle MAIS(KR) $\geq$ 2 verletzt. "Gesicht" und "Oberarm" waren jeweils zu 21% betroffen. Die Körperregion "Becken knöchern" erreichte einen Wert von 7%.

Keiner der Verunglückten hatte in den Körperregionen "Abdomen", "Becken intern", "Unterarm", "Hand", "Oberschenkel", "Unterschenkel" und "Fuß" eine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzung.

Auf der rechten Bildhälfte (siehe Abb. 33) zeigt sich, dass 43% am "Kopf" eine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung aufwiesen. Die Körperregion "Thorax" war zu 7% betroffen. Die restlichen Körperregionen hatten bei den 14 Fahrradfahrern, die durch einen "Alleinunfall" zu Tode kamen, keine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung.

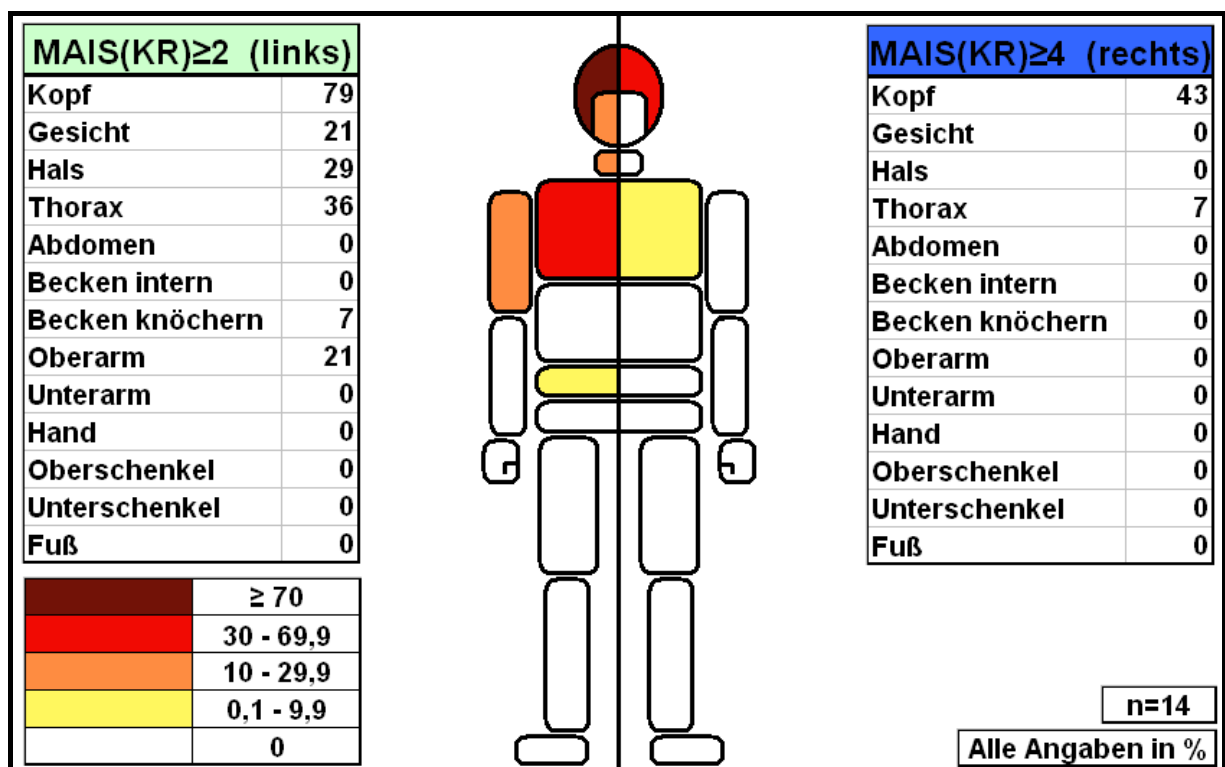


Abb. 33: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 2, rechte Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 4) beim "Alleinunfall"

## **5. Diskussion**

Die Untersuchung von Verletzungen und Todesursachen bei Fahrradunfällen hat eine hohe gesellschaftliche und verkehrspolitische Relevanz. Ziel der Arbeit war personen- unfall- und medizinische Daten (siehe Tab. 2) bei tödlich verunglückten Fahrradfahrern darzustellen und deren Unterschiede bei verschiedenen Unfallgegnern (PKW/ LKW mit und ohne Überrollvorgang/ Alleinunfall) zu analysieren.

Allerdings ist das betrachtete Fallgut selektiert. Es wurden nur Fälle bearbeitet, bei welchen die zuständige Staatsanwaltschaft eine Obduktion im Rechtsmedizinischen Institut München veranlasst hat.

Sämtliche betrachteten Parameter werden nun nachfolgend diskutiert:

Personenbezogene Daten:

Alter:

Betrachtet man die Altersstruktur des gesamten Fallmaterials, fällt auf, dass fast ein Drittel (30,2%) 75 Jahre oder älter war. Dieser hohe Anteil an Senioren bei tödlich verunglückten Fahrradfahrern wurde bereits mehrfach in der Literatur beschrieben. In einer Studie aus dem Sektionsgut des Hamburger Instituts für Rechtsmedizin [12] waren 33% der Verstorbenen 71 Jahre oder älter.

Laut einer Studie des Auto Club Europa [13] war im Jahr 2009 jeder zweite getötete Radfahrer über 65 Jahre alt. Dabei wurde sogar eine etwa dreieinhalbmal höhere Getötetenrate der Generation 65 plus im Vergleich zur Gruppe der 55- 65 Jährigen beschrieben.

Ein hohes Alter stellt folglich ein hohes Risiko dar, im Straßenverkehr tödlich zu verunglücken. Mögliche Erklärungen wären die gestiegene Lebenserwartung und der damit zunehmende Anteil an älteren Personen, die auch als Fahrradfahrer im Straßenverkehr teilnehmen. Gestützt würde diese These durch eine ältere Studie über tödlich verunglückte Zweiradfahrer aus den Jahren 1980- 1984 [14], in welcher der Anteil der getöteten Fahrradfahrern über 60 Jahre nur 25,6% ausmachte. In Schweden waren laut einer Studie [15], die Fahrradunfälle aus den Jahren 1967 bis 1996 analysierte, 47% der tödlich Verunglückten 65 Jahre oder älter. Im Jahr 1967 lag der Anteil der über 65jährigen bei 34% der Getöteten, im Jahr 1996 allerdings bei 51%.

Laut einer Studie des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungsgesellschaft e.V. [16] sind die kritischen Faktoren selbstverschuldeter Unfälle bei Senioren Ablenkbarkeit und mangelndes vorausschauendes Denken. Gleichzeitig beschreiben sie, dass ältere Radfahrer größere Schwierigkeiten bei der Koordination von mehreren Tätigkeiten haben, wie z.B. das Gleichgewicht halten in Kombination mit der Analyse der aktuellen Verkehrssituation.

Bei der Frage nach den Ursachen dieser hohen Zahlen ist auch zu bedenken, dass ältere Menschen bei einem Sturz oder einer Kollision eine erhöhte Gefahr von inneren Blutungen (z.B. durch blutverdünnende Medikamente wie Acetylsalicylsäure/Marcumar oder vorbestehenden Erkrankungen wie Arteriosklerose mit erhöhter Wahrscheinlichkeit für Gefäßrupturen) haben. Dass ältere Menschen bei operativer Frakturversorgung aufgrund kardiovaskulären, pulmonalen und renalen Vorerkrankungen eine erhöhte Letalität haben, ist in der wissenschaftlichen Traumatologie bereits mehrfach nachgewiesen und allgemein anerkannt.

Der Anteil an jungen Verunglückten ( $\leq 15$  Jahre 2,1%;  $\leq 24$  Jahre 7,3%) war in unserem Fallgut deutlich geringer als in anderen Studien. In der Studie aus Hamburg [12] waren 9,6% der Verstorbenen zwischen 0 und 14 Jahre alt.

In einer Studie der Medizinischen Hochschule Hannover [17] lag der Anteil an Kindern ( $\leq 12$  Jahre) bei 9,5% und der Anteil an Jugendlichen (13 bis 17 Jahre) bei 12%. In dieser Studie wurden allerdings nur Fahrrad-Fahrrad Kollisionen und nicht nur verstorbene, sondern auch verletzte Personen betrachtet. Dies legt die Vermutung nahe, dass Kinder weniger oft bei Fahrradunfällen versterben.

Betrachtet man die Daten des Statistischen Bundesamtes [6], wird dieser Sachverhalt auch klar. Von Januar bis Dezember 2012 lag in Deutschland der Anteil der unter 15 jährigen an allen verunglückten Radfahrern bei 13,3%, der über 65 jährigen bei 17%. Bei den tödlich verunglückten Radfahrern allerdings lag der Anteil der unter 15 jährigen bei 3,9%, der über 65 jährigen bei 54,4%.

Beim Vergleich der Altersstrukturen innerhalb der in dieser Dissertation näher betrachteten Unfallgegnern fällt auf, dass in der Gruppe "Alleinunfall" der Anteil der über 75 Jährigen mit etwa 21% geringer war als bei den Unfällen mit Unfallgegnern. Der Anteil der 45 bis 54 Jährigen war mit etwa 36% höher. In der Gruppe "Alleinunfall" fand sich keine Person unter 35 Jahren.

Die Vermutung, dass ältere Radfahrer häufiger durch mangelndes Gleichgewichtsvermögen oder Unaufmerksamkeit ohne Fremdbeteiligung zu Fall und infolge dessen

zu Tode kommen, zeigte sich bei unseren Daten nicht. Allerdings sollte auch die geringe Anzahl von 14 Personen in der Gruppe "Alleinunfall" bedacht werden. Beim Vergleich von Gesamtkollektiv und den anderen Unfallgegnern fanden sich keine wesentlichen Altersunterschiede.

#### Geschlecht:

Bei der Geschlechtsverteilung in unserem Fallgut zeigte sich eine Übereinstimmung mit anderen Daten aus der Literatur. 64,6% der 96 Getöteten waren bei uns männlich. In der Studie aus Hamburg [12] betrug der Anteil an Männern 67,8%.

Laut Statistischem Bundesamt [6] waren in Deutschland von Januar bis Dezember 2012 von allen 406 tödlich verunglückten Fahrradfahrern 69,0% männlich, von allen 74.549 Verunglückten allerdings nur 60,9% (Angabe fehlend bei 223 Personen).

In einer weitere Studie aus Deutschland [18], bei der 4.264 verletzte Fahrradfahrer (1,5% davon tödlich verunglückt) von 1985- 2003 betrachtet wurden, lag der Männeranteil bei 55%. Männer auf einem Fahrrad sind im Vergleich zu Frauen häufiger an einem Verkehrsunfall beteiligt und ein tödlicher Ausgang ist hierbei noch häufiger. Gründe hierfür könnten eine gesteigerte Risikobereitschaft im Straßenverkehr oder höhere Geschwindigkeiten sein.

Beim Unfallgegner PKW fanden sich exakt die gleichen prozentualen Anteile der Geschlechtsverteilung wie im gesamten Fallgut (64,6% männlich, 35,4% weiblich). Der Frauenanteil beim Unfallgegner LKW war mit 46,4% etwas erhöht. Die Überrollungshäufigkeit beim Unfallgegner LKW war bei der Geschlechtsverteilung nahezu identisch. 47,7% der männlichen und 46,2% der weiblichen Personen wurden während des Unfallvorgangs vom LKW überrollt.

Auffallend gering war der Frauenanteil unter den "Alleinunfällen". Nur zwei der 14 Personen gehörten dem weiblichen Geschlecht an.

#### Gewicht:

Die Gewichtsverteilung war in unserem Fallgut relativ gleichmäßig um den Durchschnittswert von 74,8 kg gestreut, was ziemlich genau dem Durchschnittswert der deutschen Bevölkerung entspricht. Laut Statistischem Bundesamt [19] lag dieser Wert im Jahr 2009 bei Personen über 18 Jahre bei 75,6 kg.

In der Literatur ist wenig über die Gewichtsverteilung bei Fahrradunfällen zu finden. Geeignete Daten zum Vergleich mit den Ergebnissen dieser Arbeit fanden sich nicht.



Innerhalb der verschiedenen Unfallgegner waren nur geringe Unterschiede zu finden, lediglich in der Gruppe "Alleinunfall" fand sich keine Person über 90 kg. Dass schwergewichtige Menschen eher dazu neigen ohne Fremdbeteiligung zu stürzen und sich dabei auch noch häufiger tödlich zu verletzen (z.B. infolge höherer kinetischer Energie oder schlechterem Abfangvermögen) zeigt sich in unseren Daten nicht. Wie in Abb. 3 zu sehen ist, sind Männer in den höheren Gewichtsklassen häufiger vertreten. Besonderheiten hierbei konnten nicht gefunden werden, weshalb bei den später folgenden Auswertungen der anderen Unfallgegner (PKW, LKW und Alleinunfall) auf eine Unterscheidung von männlich und weiblich verzichtet wurde.

#### Größe:

Bei der Größenverteilung in unserem Fallgut lag der Mittelwert mit 169 cm relativ nah am Durchschnittswert der deutschen Bevölkerung über 18 Jahre im Jahr 2009 mit 172 cm laut Statistischem Bundesamt [19]. Auch hier ist wie beim Gewicht kaum etwas in der Literatur beschrieben. Da unter den 96 Getöteten keine Person größer als 191 cm war, lässt sich über großgewachsene Menschen in Bezug auf Verletzungen und Sterblichkeit bei Fahrradunfällen keine Aussage treffen. Dass diese aufgrund von größerer Fallhöhe sich beim Aufschlag auf der Straße stärker verletzen, kann hier nicht bestätigt werden. Eventuell werden größere Fahrradfahrer im Straßenverkehr besser wahrgenommen und deswegen seltener in Unfälle verwickelt. Wie in Abb. 4 zu sehen ist, waren die Männer auch durchschnittlich größer als die Frauen. Besonderheiten hierbei konnten ebenfalls nicht gefunden werden, weshalb bei den später folgenden Auswertungen der anderen Unfallgegner (PKW, LKW und Alleinunfall) auf eine Unterscheidung von männlich und weiblich auch verzichtet wurde.

#### Blutalkoholkonzentration:

Das mit steigendem Alkoholkonsum abnehmende Vermögen, ein Fahrzeug sicher im Straßenverkehr zu führen, ist allgemein bekannt.

In einer Studie aus den USA [20] wurde beim Fahrradfahren unter Alkoholeinfluss ein wesentlich erhöhtes Risiko für tödliche oder schwere Verletzungen gefunden. Sie beschrieben auch eine deutlich reduzierte Helmtragequote von alkoholisierten Radfahrern im Vergleich zu nüchternen. In einer anderen Studie aus den USA [21] wurde eine starke Korrelation von Alkoholkonsum und Kopf- und Gehirnverletzungen beim Fahrradfahren gefunden. In Schweden [22] fand man heraus, dass alkoholisierte

Fahrradfahrer im Vergleich zu nüchternen öfter nachts verunglücken, öfter ohne Fremdbeteiligung ("Alleinunfall") zu Schaden kommen, seltener einen Helm tragen und ein erhöhtes Risiko für Kopf- und Gesichtsverletzungen haben.

Interessant sind auch die Zahlen der Fahrrad-Studie des Auto Club Europa [13], wonach jeder achte Radfahrer (12,6%), der einen Unfall verursachte, unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln stand. Absolut verschulden Radfahrer mehr als jeden vierten durch Alkohol verursachten Unfall (26,8%). Über die Höhe des Alkoholgehalts der Radfahrer sind leider keine Daten dokumentiert. Da in unserem Fallgut nur bei 54 Personen (56,3%) ein Alkoholtest dokumentiert war, lässt sich hierbei nur bedingt eine Aussage treffen. Immerhin hatten 29,6% der getesteten einen positiven Blutalkoholwert ( $\geq 0,1\text{‰}$ ). Betrachtet man aber nur die Personen mit mehr als 0,5‰, liegt der Anteil bei 27,8%. Über der absoluten Fahruntauglichkeitsgrenze für Fahrradfahrer von 1,6‰ lag mit 13,0% der Getesteten ein doch ziemlich hoher Anteil.

In einer anderen Studie aus den USA [23] mit 2.694 tödlich verunglückten Fahrradfahrern aus den Jahren 1987 bis 1991, wurden 64% auf Alkohol getestet und von den Getesteten standen 32% unter Alkoholeinfluss. In der Auswertung aus dem Rechtsmedizinischen Institut der Universität Hamburg [12] standen 13% der getesteten Verstorbenen unter Alkoholeinfluss. Zum Vergleich sind auch die Werte aller polizeilich registrierten Unfälle in Deutschland interessant. Laut Statistischem Bundesamt [24] waren im Jahr 2011 von 83.219 an Unfällen beteiligten Fahrradfahrern 3.729 (4,5%) alkoholisiert.

Im Vergleich der verschiedenen Unfallgegner fällt auf, dass mehr als die Hälfte (58,3%) der getesteten "Alleinunfälle" einen höheren Blutalkoholgehalt als 1,1‰ hatte. Mehr als ein Drittel (33,3%) hatte sogar einen höheren Blutalkoholgehalt als 1,6‰. Diese hohen Werte bestätigen die Ergebnisse der Studie aus Schweden [22], wonach alkoholisierte Radfahrer ein erhöhtes Risiko für "Alleinunfälle" haben.

Auch in einer anderen schwedischen Studie [25] mit 146 getöteten Radfahrern aus den Jahren 1975 bis 1985 standen sich von den 79 auf Alkohol getesteten 10% unter Alkoholeinfluss, wovon es sich bei der Hälfte um "Alleinunfälle" handelte. Alkohol im Straßenverkehr ist folglich nicht nur bei komplexen Situationen, in denen der Radfahrer mehrere Tätigkeiten gleichzeitig (Gleichgewicht halten, andere Verkehrsteilnehmer beobachten, Verkehrsschilder beachten) ausführen muss, gefährlich. Alkoholisierte Radfahrer haben folglich ein hohes Risiko auch ohne von einem anderen Ver-

kehrsteilnehmer erfasst zu werden, sich bei einem Sturz folgenschwere Verletzungen zuzufügen. Dies mag an der gesteigerten Risikobereitschaft, dem eingeschränkten Blickfeld (Übersehen von Bordsteinen), dem verminderten Gleichgewicht oder auch den verlangsamten Schutzreaktionen (z.B. Abfangen mit den Händen bei Stürzen aufs Gesicht) liegen.

Beim Unfallgegner "LKW" hatte keiner der Verunglückten einen Alkoholwert über 0,3‰. Es fanden sich hier auch deutlich mehr nüchterne Personen als bei den anderen Unfallgegnern. Es liegt die Vermutung nahe, dass sich Unfälle mit LKWs häufig im Berufsverkehr ereignen, in denen auch viele Fahrradfahrer nüchtern beispielsweise zur Arbeit fahren. Man sollte auch bedenken, dass alkoholisierte Fahrradfahrer vorwiegend nachts unterwegs sind und für die meisten LKWs ein Nachtfahrverbot gilt.

Dass das Fahrradfahren unter Alkoholeinfluss ähnliche rechtliche Konsequenzen nach sich zieht wie das Führen eines KFZ, scheint einem beträchtlichen Anteil der Bevölkerung nicht bewusst zu sein oder wird von ihm sogar ignoriert. Aktuell wird in der Politik über eine Herabsetzung der Promillegrenzen für Fahrradfahrer diskutiert.

Fahrradtyp:

Über verschiedene Fahrradtypen bei Fahrradunfällen ist in der Literatur kaum etwas zu finden. In einer Dissertation über Verletzungsmuster und Verletzungsschwere bei Fahrradunfällen im Großraum Göttingen [2] gaben von 717 verletzten Fahrradfahrern 301 Patienten (42%) per Fragebogen Auskunft über Details des Unfalls. Die Auswertung ergab, dass 58% mit einem "Trekkingrad" oder "City-bike", 27% mit einem "Mountainbike", 7% mit einem "Rennrad", 5% mit einem Kinderrad und 3% mit einem "Sonstigen Fahrrad" verunglückten.

Da dieses Kollektiv beim Unfall nicht tödlich verunglückte, sind die Daten nur bedingt vergleichbar. Ebenfalls war der Fahrradtyp "Älteres Rad", der bei uns den größten Anteil (34%) ausmachte, nicht als eigene Gruppe aufgeführt. "Trekking- und City-bike" zusammen waren bei uns mit 33% seltener, ebenfalls das "Mountainbike" mit 16%. Ein Kinderrad war nur einmal vorhanden. Das "Rennrad" (11,4%) fand sich in unserem Fallgut häufiger.

Bei der Analyse der verschiedenen Unfallgegner fanden sich nur bei der Gruppe "Alleinunfall" erwähnenswerte Unterschiede. Hierbei war das "ältere Rad" seltener und das "Mountainbike" öfter vertreten. Diese Zahlen sind erklärbar, da in der Gruppe "Al-

leinunfall" auch mehrere Mountainbiker bergab mit hoher Geschwindigkeit vom Weg abkamen und dabei tödlich verunglückten.

#### Helm:

In mehreren Ländern (z.B. Australien, Neuseeland, Finnland) wurde bereits eine allgemeine Helmpflicht für Fahrradfahrer eingeführt, in einigen anderen Ländern (z.B. Slowakei, Tschechien, Österreich) gilt Helmpflicht für Kinder bis zu einer bestimmten Altersstufe. In Deutschland wird schon seit langem über die Einführung einer Helmpflicht diskutiert. Häufigstes Gegenargument ist, dass sich durch eine Helmpflicht der Anteil der radelnden Bevölkerung reduziert, wie es sich in Australien seit Einführung der Helmpflicht im Jahr 1991 gezeigt hat.

Der Nutzen und der protektive Effekt von Fahrradhelmen wurden weltweit schon in etlichen Studien und Versuchsaufbauten analysiert. Von verschiedenen Autoren wurde bereits über eine Verminderung des Risikos von Kopf- und Gehirnverletzungen und auch über ein vermindertes Sterberisiko berichtet. In einer Fall-Kontroll-Studie aus Frankreich [26] wurde mit Helm eine statistisch signifikante Reduzierung des Risikos für Kopf- und Gehirnverletzungen aller Schweregrade um 31% gefunden. In einem Review über fünf Fall-Kontroll-Studien [27] berichten die Autoren, dass mit einem Fahrradhelm das Risiko für Kopf- und Gehirnverletzungen um 63 bis 88% sinkt. Eine Metaanalyse von 16 Studien [28] zeigte eine Risikoreduktion von mindestens 45% für Kopfverletzungen, 33% für Gehirnverletzungen, 27% für Gesichtsverletzungen und 29% für tödliche Verletzungen. In unserem Fallgut befanden sich nur sechs behelmte Fahrradfahrer (6,3%).

Da diese Anzahl so gering war und parallel in einer weiteren Dissertation am IRM speziell die Kopfverletzungen der Fahrradfahrer und die Bewertung des Schutzpentials von Fahrradhelmen untersucht wurde [40], wird hierauf nicht weiter eingegangen.

#### Unfallbezogene Daten:

#### Unfallgegner:

In einigen wenigen Studien über Fahrradunfälle findet man Daten über verschiedene Unfallgegner. Laut einer Studie aus Israel [29] haben Fahrradfahrer, die in Kollisio-

nen mit anderen Fahrzeugen verwickelt wurden, schwerere Verletzungen als alleinverunfallte Fahrradfahrer. Anhand einer Logit-Analyse aus den USA [30] wurde an Kreuzungen ein um 143% erhöhtes Risiko für schwere Verletzungen ermittelt, wenn ein Van am Unfall beteiligt war. Fand die Kollision nicht an einer Kreuzung statt, erhöhte sich das Risiko um 100%, wenn ein LKW am Unfall beteiligt war. In einer anderen Studie aus den USA [31] wurde ein erhöhtes Risiko für tödliche Verletzungen festgestellt, wenn der Kollisionsgegner ein LKW war.

Vergleicht man die Zahlen aus unserem Fallgut mit anderen Studien ergeben sich Unterschiede. Bei den 146 tödlichen verunglückten Fahrradfahrern aus Schweden [25] hatten nur 4,8% (bei uns 14,6%) einen "Alleinunfall", der Unfallgegner "PKW" war dort in 67,1% der Fälle (bei uns 50%) vertreten. Bei der Anzahl der "LKW"-Beteiligungen verhielt es sich mit 32,2% (bei uns 29,2%) etwa gleich. Bei der Auswertung der Obduktionsprotokolle aus Hamburg [12] waren 20% "Alleinunfälle", 54,8% der Unfallgegner "PKWs" und 17,4% " der Unfallgegner "LKWs".

Extreme Abweichungen wurden in einer Fallstudie aus Schweden [32] gefunden, in welcher allerdings nur Personen betrachtet wurden, die sich infolge eines Fahrradunfalls bei einem Arzt oder Zahnarzt vorstellten. Hier betrug der Anteil der "Alleinunfälle" fast 80% und 19% hatten eine Kollision mit einem anderen Verkehrsteilnehmer. Bei 1,2% fehlte eine genauere Information. Diese Zahlen bestätigen ebenfalls wieder die Annahme, dass schwerwiegende bzw. tödliche Verletzungen öfter bei Unfällen mit anderen Verkehrsteilnehmern vorkommen. Die Unfallgegner "Fahrrad", "Motorrad" und "Fußgänger" waren sowohl in unserem Fallgut als auch in anderen Studien eher selten.

#### Kollisionsort:

Laut Statistischem Bundesamt [6] ereigneten sich im Jahr 2012 in Deutschland 90% aller Fahrradunfälle mit Personenschaden innerorts und 10% außerorts. Betrachtet man hierbei die Unfälle mit Todesfolge zeigt sich, dass die Gefahr bei einem Unfall tödlich zu verunglücken, außerorts deutlich erhöht ist. Innerorts lag die Getötetenrate bei allen Fahrradunfällen mit Personenschaden bei 0,38%, außerorts aber bei 2,4%. Folglich ist die Gefahr des tödlichen Unfalls außerorts ca. sechsfach höher. Dies liegt vermutlich an den höheren Kollisionsgeschwindigkeiten der gegnerischen Verkehrsteilnehmer, was an anderer Stelle eigens betrachtet wird. Absolut gerechnet ereigneten sich dennoch 62,9% der Fahrradunfälle mit Todesfolge innerorts, was

sich auch in unseren Ergebnissen (61,5%) zeigte. Bei der Auswertung der tödlichen Zweiradunfälle aus dem Zentrum der Rechtsmedizin der Universitätsklinik Frankfurt am Main [14] lag der Anteil innerorts bei 56,4%. Bei 5,1% war keine Information vorhanden.

Die Prozentwerte des Statistischen Bundesamtes finden sich in etwa auch in anderen Studien über Fahrradunfälle, in welchen nicht nur Getötete betrachtet wurden. Bei diesen ereigneten sich 95,2% [18], 92% [17] bzw. 81% [2] aller Unfälle innerorts. Bei der Auswertung der verschiedenen Unfallgegner in unserem Fallgut zeigte sich, dass LKW-Unfälle mit fast 90% gehäuft innerorts vorkamen. Das kann daran liegen, dass gerade innerorts z.B. beim Abbiegen die Unübersichtlichkeit durch die erhöhte Fahrerposition und durch den toten Winkel des LKWs zu tragen kommt. Häufig wurden die Getöteten von den LKW-Fahrern schlichtweg übersehen, was sich beim Geradeausfahren außerorts vermutlich seltener ereignet. Der Unfallgegner "PKW" war mit 45,8% etwas seltener innerorts.

#### Geschwindigkeit des Unfallgegners:

Die Höhe der Geschwindigkeit des gegnerischen Fahrzeugs zum Kollisionszeitpunkt hat großen Einfluss auf die Verletzungsschwere. In einer Studie aus Deutschland [18] über 4.264 verunglückte Fahrradfahrer fand man heraus, dass die Kollisionsgeschwindigkeit bei Verunglückten mit multiplen oder tödlichen Verletzungen höher war als bei den Verunglückten ohne diese Verletzungen (multiple Verletzungen ja/ nein 50,3/ 20,5 km/h, t test  $p < 0,001$ ; tödliche Verletzungen ja/ nein 52,3/ 20,8 km/h, t test  $p < 0,001$ ). Die Verletzungsschwere fast jeder Körperregion war durch die Geschwindigkeit beeinflusst, speziell der Kopf und die Extremitäten hatten bei gegnerischen Geschwindigkeiten über 50 km/h ein hohes Risiko für schwere Verletzungen. Auch ein höherer MAIS, ISS und eine höhere Sterblichkeit wurden bei Geschwindigkeiten über 50 km/h gefunden. Die Durchschnittsgeschwindigkeit dieser Studie lag mit 21,3 km/h deutlich niedriger als in unserem Fallgut (41,5 km/h), was den Einfluss der Geschwindigkeit auf die Überlebenschancen bestätigt. In deren Fallgut fuhren 77,9% unter 31 km/h, in unserem nur 44,9%.

In einer anderen Studie aus den USA [31] kamen die Autoren zu dem Ergebnis, dass sich die Wahrscheinlichkeit für tödliche Verletzungen bei Geschwindigkeiten über 48,3 km/h (30 mph) gegenüber geringeren Geschwindigkeiten mehr als verdoppelt und bei Geschwindigkeiten über 80,5 km/h (50 mph) sogar um das 16-fache erhöht.

Vergleicht man die prozentuale Verteilung der Geschwindigkeiten aus dieser Studie, fällt auf, dass in unserem Fallgut deutlich niedrigere Geschwindigkeiten vorhanden waren. In der Studie aus den USA kollidierten nur 13,5% mit weniger als 48,3 km/h (30 mph), bei uns waren es 57,6% mit weniger als 50 km/h. Am häufigsten (40,4%) ereigneten sich tödlichen Unfälle bei ihnen im Geschwindigkeitsbereich zwischen 64,4 und 80,5 km/h (40 bis 50 mph) und am zweithäufigsten (26,0%) zwischen 80,5 und 96,6 km/h (50 bis 60 mph).

In unserem Fallgut lagen die Geschwindigkeitsbereiche "51- 70 km/h" bei 29,5% und "71- 110 km/h" bei 12,8%. Dies liegt möglicherweise daran, dass sich in der Studie aus den USA mehr Fälle außerorts bei höheren Geschwindigkeiten und nicht vorhandenen Radwegen an Überlandstraßen ereignet haben. Genauere Informationen sind darüber aber nicht hinterlegt.

In einer Studie von der Bundesanstalt für Straßenwesen [33] wurden die Mediane der Kollisionsgeschwindigkeiten für vier Verletzungsschweregruppen errechnet. Diese Werte (Leichtverletzte 15 km/h, Schwerverletzte 22 km/h, Schwerstverletzte 30 km/h und Getötete 50 km/h) zeigen auch die Relevanz der Kollisionsgeschwindigkeit bezüglich des Verletzungsgrades des Fahrradfahrers.

In unserem Fallgut fanden sich beim Unfallgegner "PKW" deutlich höhere Geschwindigkeiten als beim "LKW". Bei den "LKW" lagen 78,6% zwischen "1- 30km/h" und 14,3% über 50 km/h. Bei den "PKW" waren es 20,0% zwischen "1- 30km/h" und 62,2% über 50 km/h. Dies liegt vermutlich auch daran, dass sich die LKW-Unfälle meist innerhalb geschlossener Ortschaften und häufig beim Rechtsabbiegen mit sehr langsamen Geschwindigkeiten ereigneten.

#### Unfall mit Überrollung:

Innerhalb unseres Fallguts war sehr deutlich zu sehen, dass ein Überrollungsvorgang bei LKW-Unfällen sehr häufig stattfindet (46,4%), beim PKW-Unfall jedoch ein eher seltenes Ereignis darstellt (4,2%). Eine größere Bodenfreiheit (Abstand vom Straßenbelag zum tiefsten Punkt der Karosserie) und ein größerer Reifendurchmesser machen einen Überrollungsvorgang beim LKW nach Sturz des Radfahrers auf die Straße wahrscheinlicher.

PKWs und ganz besonders Sportwagen oder Autos mit tiefer gelegtem Fahrwerk schieben eine auf die Straße gestürzte Person mit der Stoßstange eher vor sich her und schützen dadurch die Person vor einem Überrollungsvorgang durch die Reifen.

Bei LKWs ist dieser Effekt bei einer flach auf dem Boden liegenden Person eher unwahrscheinlich.

Auch die unterschiedlichen Reifendurchmesser haben einen Einfluss. Je größer der Durchmesser eines Reifen ist, umso wahrscheinlicher ist es vermutlich, dass der Reifen die Person nicht vor sich her schiebt, sondern auf diese auffährt und überrollt. In Bezug auf Verletzungsschwere und Sterblichkeitswahrscheinlichkeit liegt auf der Hand, dass das hohe Gewicht eines LKWs beim Überrollungsvorgang schwerwiegende Folgen für den Überrollten hat. Hierauf wird an späterer Stelle genauer eingegangen.

Medizinische Daten:

Todeszeitpunkt:

Vergleicht man die Todeszeitpunkte der Verstorbenen mit den Daten des Rechtsmedizinischen Instituts aus Hamburg [12] zeigen sich Unterschiede. Während bei uns 40,6% der Verunfallten "sofort" verstarben, waren es bei ihnen nur 25,2%. Innerhalb von 24 Stunden verstarben bei uns (" $\leq 1$  h" und " $> 1$  h -  $\leq 24$  h" zusammengerechnet) 30,2% und bei ihnen nur 12,2%. Dafür war die Gruppe " $> 24$  h -  $\leq 30$  d" bei uns mit 29,2% kleiner als bei ihnen mit 51,3%. Es konnten keine näheren Gründe für diese Abweichungen gefunden werden. Ebenfalls sollte noch erwähnt werden, dass in Kanduth-Grahls Untersuchung auch 13 von 115 Personen einbezogen wurden, die erst nach mehr als 30 Tagen verstarben. In unserem Fallgut wurden diese Personen ausgeschlossen, da auch in offiziellen Daten des Statistischen Bundesamtes diese nicht als Verkehrstote zählen [6].

Starke Abweichungen bezüglich der Todeszeitpunkte zeigten sich bei der Studie über 118 tödlich verunglückte Fahrradfahrer aus Schweden [25] im Vergleich mit unseren Daten. Dort verstarben 73% unmittelbar oder bei Ankunft im Krankenhaus, die übrigen 27% hatten eine mittlere Überlebenszeit von neun Tagen. Da der Anteil an Unfällen mit einem motorisierten Fahrzeug als Unfallgegner bei ihnen bei 88% und bei uns bei 81% lag, ist dies keine Erklärung für die großen Unterschiede. Auch hier konnten die Gründe nicht geklärt werden.

Erwähnenswert sind auch die Ergebnisse einer älteren Studie aus Florida [34]. Hier beschreiben die Autoren, dass jüngere Personen deutlich schneller verstarben als äl-



tere und der mittlere ISS mit späterem Todeszeitpunkt abnahm. In ihrer Studie verstarben 45,9% innerhalb der ersten zwei Stunden, 21,2% zwischen zwei und 24 Stunden und 28,2% zwischen 24 Stunden und 30 Tagen. Auch sie schlossen acht von 170 Personen, die erst nach mehr als 30 Tagen verstarben, in ihre Untersuchung mit ein.

Innerhalb der verschiedenen Unfallgegner waren die Todeszeitpunkte relativ gleich verteilt. Die einzige Ausnahme stellten Personen dar, die von einem "LKW" überrollt wurden. Fast 85% dieser Personen verstarben "sofort".

Todesursache:

Bei der Betrachtung der Todesursachen unserer Personen mit den Daten anderer Studien erschweren verschieden gewählte Begrifflichkeiten und anders gewählte Kategorien den Vergleich. In der Auswertung aus Hamburg [12] verstarben 44,4% an einem isolierten SHT (51,0% bei uns), 7,0% an einem Polytrauma (25,0% bei uns) und 1,7% an einem Thoraxtrauma (7,3% bei uns). Man beachte hierbei, dass das Polytrauma meist auch schwere Kopfverletzungen beinhaltet und dadurch der Stellenwert des SHT noch weiter in den Vordergrund rückt. Bei uns war das HWS-Trauma mit 7,3% vertreten und entspricht wohl am ehesten der "Rückenmarkszerreiung" aus der oben genannten Studie mit 1,7%.

Bei uns wurden 5,2% der Gruppe "Sonstiges" zugeordnet, in der alle Komplikationen wie Sepsis oder Bronchopneumonie enthalten sind. Bei ihnen starben allein 13,0% an einer Pneumonie, 10,4% an einer Lungenembolie und 4,3% an septischem Schock, SIRS oder Atemversagen. Dies mag daran liegen, dass bei ihnen auch 11,3% der Fahrradfahrer erst nach mehr als 30 Tagen verstarben.

In der älteren Studie aus Florida [34] beschreiben die Autoren, dass bei den Personen mit weniger als drei Tagen Überlebenszeit schwere Blutungen, Hirnödeme und Aspiration die häufigsten tödlichen Komplikationen waren. Bei Personen, die später verstarben, waren Pneumonie und Lungenembolie die häufigsten tödlichen Komplikationen.

Beim Vergleich der verschiedenen Unfallgegner zeigten sich ebenfalls Unterschiede. Beim "Alleinunfall" war das isolierte SHT mit 71,4% häufiger als bei allen anderen Unfallgegnern, das Polytrauma und das Thoraxtrauma waren überhaupt nicht vorhanden. Diese Zahlen erscheinen logisch, da ein Polytrauma oder ein tödliches Thoraxtrauma meist die Folge einer Hochrasanzkollision oder eines Überrollungsvor-

gangs sind. Bei allen "Alleinunfällen" war die Todesursache in den Körperregionen "Kopf", "Gesicht" oder "Hals" lokalisiert. Diese Bereiche sind bei einem alleinigen Sturz vom Fahrrad also besonders gefährdet. Beim Unfallgegner "PKW" fanden sich keine Auffälligkeiten.

Beim Unfallgegner "LKW" war das SHT unterrepräsentiert (ohne Überrollung 40,0%; mit Überrollung 23,1%). Das Polytrauma (ohne Überrollung 40,0%; mit Überrollung 46,2%) und das Thoraxtrauma (ohne Überrollung 6,7%; mit Überrollung 15,4%) fanden sich hier öfter unter den Todesursachen.

Schwerstverletzte Körperbereiche:

Bei den "Schwerstverletzten Körperbereichen" anhand des MAIS stand der Kopf allein mit 53,1% an oberster Stelle. Betrachtet man aber auch die Fälle, in welchen der MAIS in mehreren Körperbereichen gleichzeitig auftrat, war der Kopf sogar in 67,7% der Fälle beteiligt. Der Thorax allein war mit 22,9% der zweithäufigste schwerstverletzte Körperbereich, zusammen mit den Kombinationen aus schwerstverletzten Körperbereichen war er zu 40,6% mitbeteiligt.

Zusammengefasst waren in 93,8% der Fälle entweder der Kopf oder der Thorax oder beide zusammen unter den schwerstverletzten Körperbereichen. Hierbei gilt allerdings zu beachten, dass die AIS-Werte eine objektive Bewertung für die Schwere von Einzelverletzungen darstellen und dadurch nicht in jeder "Körperregion (des AIS)" den maximalen Wert erreichen können. Im Bereich der unteren Extremitäten wird ein AIS 5 beispielsweise nur bei einem bilateralen Komplettabriss vergeben, eine massive Zerstörung von Skelettsystem, Gefäßen, Organen und Bindegewebe ("Crush Injury") wird hier mit einem AIS 4 codiert. Dies liegt daran, dass ein AIS 6 als unbehandel- und unüberlebbar gilt und dies im Bereich der Extremitäten selbst bei einer "Crush Injury" nicht zutrifft.

Trotz dessen lag die untere Extremität mit 6,3% (Mehrfachwertungen eingerechnet) an dritthäufigster Stelle. Dies bestätigt die Ergebnisse einer schwedischen Studie [35] wonach bei PKW-Fahrrad-Unfällen die schwersten Verletzungen am Kopf (Aufprall auf Windschutzscheibe) und die zweitschwersten an den unteren Extremitäten (Kollision mit Fahrzeugfront) gefunden wurden.

Dass der Hals als schwerstverletzter Körperbereich nur dreimal (Mehrfachwertungen eingerechnet) zu finden war, liegt wohl auch daran, dass ein Hirnstammabriss (in unserem Fallgut dreimal) in den "Körperregion (der AIS)" bei "Kopf" codiert wird.

Bei der Auswertung der 173 getöteten Fahrradfahrer aus Florida [34] lagen Kopf und Hals zusammen bei 86%. Der Thorax hatte bei ihnen mit 6% im Vergleich zu unseren Daten einen sehr kleinen Anteil, obwohl alle Personen dieser Studie infolge einer Kollision mit einem motorisierten Fahrzeug zu Tode kamen.

Beim "Alleinunfall" war der Kopf (64,3%) bei unseren Daten öfter als bei den anderen Unfallgegnern und im gesamten Fallgut der alleinige schwerstverletzte Körperbereich, beim "LKW"-Unfall seltener (LKW ohne Überrollvorgang 33,3%, LKW mit Überrollvorgang 38,5%).

Betrachtet man auch die Fälle, in welchen der MAIS in mehreren Körperbereichen gleichzeitig auftrat, waren beim "LKW"-Unfall der Thorax (PKW 41,7%, LKW ohne Überrollvorgang 60,0%, LKW mit Überrollvorgang 53,4%) und die unterer Extremität (PKW 2,1%, LKW ohne Überrollvorgang 13,3%, LKW mit Überrollvorgang 23,1%) häufiger betroffen als beim "PKW"-Unfall.

Maximum Abbreviated Injury Score (MAIS):

In der Literatur ist wenig über den MAIS von verstorbenen Fahrradfahrern zu finden, in einigen Studien über verletzte Fahrradfahrer gibt es diese Daten aber.

Beim Vergleich mit den Studien über lediglich verletzte Fahrradfahrer finden sich logischerweise wesentlich geringere MAIS-Werte. Während bei uns fast zwei Drittel einen MAIS 5 oder 6 hatten, waren es in einer Studie aus Schweden über 456 verletzte Fahrradfahrer [36] nicht einmal ein Prozent. Auch in anderen Studien über verletzte Fahrradfahrer [37], [18] wurde die 1-Prozentmarke nicht überschritten. Aufgrund dieser starken Unterschiede wird ein weiterer Vergleich als nicht sinnvoll erachtet.

In der Studie der Medizinischen Hochschule Hannover [38] wurde für mit dem Fahrrad verunglückte Kinder bis 14 Jahre bei höherer Kollisionsgeschwindigkeit ein höherer MAIS ermittelt.

Beim Vergleich der verschiedenen Unfallgegner waren die Alleinverunfallten wie erwartet weniger stark verletzt. Mehr als 55% von ihnen hatten nur einen MAIS 2 oder 3. Bei den Fahrradfahrern mit anderen Unfallgegnern hatten alle Gruppen weniger als 10% MAIS 2- oder 3-Verletzungen. Überraschenderweise hatten beim Unfallgegner "PKW" mehr Personen einen MAIS 5 oder 6 (72,9%) als beim "LKW" ohne Überrollvorgang (60,0%). Dies lag vermutlich auch an den deutlich geringeren Kollisionsgeschwindigkeiten beim "LKW"-Unfall.

Sehr auffällig waren die Unterschiede beim Unfallgegner "LKW" mit Überrollungsvorgang. Hier hatten 70% der Personen eine nicht überlebende MAIS 6-Verletzung. Dieser Wert war fast dreimal so hoch wie bei allen anderen Unfallgegnern. Ein sich ereignender Überrollungsvorgang bei einer Kollision mit einem LKW stellt folglich ein extrem hohes Risiko für eine schwere Verletzung dar.

Injury Severity Score (ISS):

In einer Studie aus Boston [39] war der mittlere ISS bei den verstorbenen Fahrradfahrern dreimal so hoch wie bei allen Untersuchten dieser Studie. Die Autoren der älteren Studie über 173 tödlich verunglückte Fahrradfahrer aus Florida [34] fanden heraus, dass der mittlere ISS mit dem Alter der Verstorbenen abnahm, ältere Personen folglich weniger stark verletzt versterben. Die Ergebnisse zeigten auch, dass eine kürzere Überlebenszeit mit einem geringeren mittleren ISS einherging. In der Alkoholstudie aus Schweden [22] fand man einen erhöhten ISS bei den alkoholisierten Fahrradfahrern im Vergleich zu den nüchternen.

Leider fanden sich in keiner Studie über getötete Fahrradfahrer Angaben über die prozentuale Verteilung von ISS-Werten bzw. ISS-Gruppen, die mit unseren Daten zu vergleichen waren. Bei der Auswertung der verstorbenen Fahrradfahrer aus Hamburg [12] stellte der Autor verschiedene Faktoren dar, die Einfluss auf die Verletzungsschwere haben. In seinem Fallgut waren gemessen am mittleren ISS ältere Personen (0-14 Jahre: 57; 15-60 Jahre: 37; >60 Jahre: 25), Frauen (m: 36; w: 26) übergewichtige Personen (Untergewicht: 38; Normgewicht: 35; Präadipositas: 30; Adipositas: 29) und nüchterne Personen (BAK positiv: 53; BAK negativ: 37) weniger stark verletzt. Er fand auch deutliche Unterschiede bei verschiedenen Unfallgegnern (Sturz: 24,3; PKW 29,9; LKW 44,6).

In unserem Fallgut befanden sich beim "Alleinunfall" mit 57% deutlich mehr Personen in der am wenigsten stark verletzten Gruppe "0- 15" als bei allen anderen Unfallgegnern mit maximal 2,1%. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass bei einem Alleinunfall seltener mehrere Körperregionen (des ISS) gleichzeitig schwer verletzt sind ("Polytrauma"), sondern meist nur eine, z.B. der Kopf. Bei den "LKW"-Unfällen mit Überrollungsvorgang verhielt es sich gegenteilig. Hier hatten 69,2% den höchsten ISS von 75, bei den anderen Unfallgegnern nur maximal 26,7% der Personen.

MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen:

Beim MAIS(KR) und den Verletzungen der einzelnen Körperregionen hatten der Kopf und der Thorax jeweils in 17,7% der Fälle gleich oft eine maximale MAIS(KR) 6-Verletzung. Betrachtet man aber auch die MAIS(KR) 5-Verletzungen, bei welchen der Kopf (28,1%) mehr als doppelt so häufig betroffen war wie der Thorax (13,5%), und die MAIS(KR) 4-Verletzungen, bei welchen der Kopf (25,0%) fast doppelt so häufig betroffen war wie der Thorax (14,6%), wird deutlich, dass der Kopf häufiger schwere Verletzungen hatte als der Thorax.

Die größten Stellenwerte hatten hier die komplette Schädelzertrümmerung ("Crush Injury"), die Hirngewebszerreiung, die intracerebrale/ subdurale/ epidurale Blutung und die Einblutung bzw. der Abriss des Hirnstamms. Beim Thorax standen die vollständige bilaterale Zertrümmerung ("Crush Injury"), Myokardeinriss mit Herzbeutel-tamponade, der Aortenabriss und die Lungenzerreiung im Vordergrund.

Beim Hals, der in vier Fällen einen MAIS(KR) 5 oder 6 vorwies, waren die entscheidenden Verletzungen der Halsmarkabriss/ -einriss und der Abriss des Ösophagus. Auch das Abdomen war mit insgesamt drei MAIS(KR) 5-Verletzungen und elf MAIS(KR) 4-Verletzungen eine oft schwer verletzte Körperregion. Hier waren die folgeschwersten Verletzungen die Leberzerreiung, der Abriss der Aorta abdominalis, der Niereneinriss bis ins Kelchsystem, der komplette Abriss einer Nierenarterie und die Gekrsezerreiung.

Ein hoher Stellenwert ist auch dem knöchernen Becken zuzurechnen, welches in 16 Fällen MAIS(KR) 4- oder 5-Verletzungen hatte. Die hier häufigen Beckenringfrakturen gehen oft mit großem Blutverlust einher, der für den Betroffenen fatale Folgen haben kann.

Im Vergleich zu den getöteten Fahrradfahrern aus Schweden [25] fanden sich geringe Unterschiede. Die Autoren beschrieben etwas mehr MAIS(KR) 5-oder 6-Verletzungen beim Hals und beim Abdomen. Der Kopf und der Thorax hatten etwas weniger MAIS(KR) 4-, 5- oder 6-Verletzungen als in unserem Fallgut. Starke Abweichungen konnten in keiner Körperregion gefunden werden.

Beim Vergleich der verschiedenen Unfallgegner fanden sich besonders bei den schweren Verletzungen Unterschiede. Beim "Alleinunfall" waren alle MAIS(KR) 5-oder 6-Verletzungen ausschließlich am Kopf lokalisiert. MAIS(KR) 4-Verletzungen waren auch nur zweimal am Kopf und einmal am Thorax vorhanden. In allen anderen Körperregionen fanden sich ausschließlich Verletzungen bis MAIS(KR) 3.

Die größten Unterschiede fanden sich beim "LKW"-Unfall mit Überrollungsvorgang. Hier hatten in der Körperregion Kopf fast zwei Drittel eine MAIS(KR) 6-Verletzung, welche bis auf eine alle eine komplette Schädelzertrümmerung ("Crush Injury") waren. Auch der Thorax war hier im Vergleich zu den anderen Unfallgegnern überproportional oft MAIS(KR) 6 (38%) und MAIS(KR) 5 (31%) verletzt. Auffällig oft waren auch die Körperregionen knöchernes Becken (54%) und Oberschenkel (15%) mit MAIS(KR) 4-Verletzungen betroffen.

Beim Vergleich von "PKW"-Unfall und "LKW"-Unfall ohne Überrollungsvorgang waren in der Körperregion Kopf wesentlich mehr MAIS(KR) 5- oder 6-Verletzungen beim PKW (50%) zu finden als beim LKW (20%). Dies liegt möglicherweise daran, dass beim klassischen PKW-Unfall die untere Körperhälfte bzw. das Fahrrad zuerst von der Fahrzeugfont getroffen wird und die obere Körperhälfte insbesondere der Kopf mit einer Art peitschenförmigen Bewegung auf die Motorhaube/ Windschutzscheibe/ Dachkante aufschlägt. Dieser Mechanismus wurde in einer Studie aus Japan [3] analysiert. Beim LKW-Unfall werden normalerweise aufgrund der geraden Front die untere Extremität und die obere Körperhälfte gleichzeitig erfasst. Der Thorax war bei den "LKW"-Unfällen (47%) öfter mit einem MAIS(KR) 5 oder 6 verletzt als bei den "PKW"-Unfällen (27%). In den anderen Körperregionen fanden sich keine großen Unterschiede.

Verletzte Körperregionen im Vergleich  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  und  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ :

In der älteren Studie aus Florida [34] wurden beispielsweise alle  $\text{AIS} \geq 3$ -Verletzungen genommen und deren prozentualer Anteil an den verschiedenen Körperregionen berechnet. Die Ergebnisse zeigten, dass 50% der  $\text{AIS} \geq 3$ -Verletzungen am Kopf oder Nacken, 23% am Thorax, 14% am Abdomen und 12% an den Extremitäten lokalisiert waren. Bei unserer Daten wurde eine andere Auswertungsmethode und Darstellungsart gewählt, wodurch ein direkter Vergleich entfällt.

In der Studie aus Hamburg [12] stellte der Autor auch die prozentuale Verteilung der Verletzungen in den verschiedenen Körperregionen graphisch dar. Er differenzierte hierbei allerdings nicht den Schweregrad der Verletzungen, sondern behandelte alle AIS-Werte als gleichrangig. Seine graphischen Darstellungen zeigen folglich nur, zu wie viel Prozent eine bestimmte Körperregion verletzt war oder nicht.

In unserer Darstellung wurde durch die Darstellung von  $\text{MAIS(KR)} \geq 2$  und  $\text{MAIS(KR)} \geq 4$  der Schwerpunkt auf die Differenzierung des Schweregrades gelegt.

Bei der Betrachtung unseres gesamten Fallguts zeigten sich bei den MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzungen etwa gleiche Werte am Kopf (86,5%) und Thorax (79,2%). Bei den MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzungen wichen diese Werte doch deutlicher voneinander ab (Kopf: 70,8%; Thorax: 45,8%). Die schweren Verletzungen waren folglich am Kopf häufiger.

In der Literatur wird auch über Verletzungen der Extremitäten bei Fahrradunfällen berichtet (z.B. [3] oder [12]). An der unteren Extremität werden diese Verletzungen meist durch die Kollision mit der Fahrzeugfront und an der oberen Extremität durch Abfangen des Körpers bei Sturz auf den Boden verursacht. Diese Körperregionen fanden sich bei den MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzungen auch häufig, bei den MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzungen sehr selten.

Vergleicht man nun die verschiedenen Unfallgegner, sieht man die größten Unterschiede vor allem beim "Alleinunfall". In der Körperregion Kopf hatten hier 79% der Verunfallten eine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzung. In den restlichen Körperregionen hatten weniger als 40% der Alleinverunfallten eine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzung.

Beim Abdomen, den inneren Organen des Beckens und den Extremitäten fanden sich überhaupt keine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzungen.

MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzungen lagen nur noch am Kopf (43%) und in geringer Anzahl am Thorax (7%) vor. Diese Zahlen zeigen uns, dass gerade beim "Alleinunfall" Kopfverletzungen einen besonders hohen Stellenwert haben.

Sehr häufig und schwer waren die Personen beim "LKW"-Unfall mit Überrollungsvorgang verletzt. Hier hatten alle Personen eine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzung am Thorax und über 60% in den Körperregionen Kopf, Gesicht, Abdomen und knöchernem Becken. Außer am Kopf und am Fuß waren alle Prozentwerte jeder Körperregion höher als bei den anderen Unfallgegnern.

Bei den MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzungen erreichte der Thorax mit 92% den höchsten Wert. Diese hohen Prozentwerte waren bei keinem anderen Unfallgegner zu finden. Auch der Kopf (69%) und das knöchernerne Becken (54%) waren durch den Überrollungsvorgang oft schwer verletzt. Das knöchernerne Becken war bei den anderen Unfallgegnern jeweils in weniger als 20% der Fälle MAIS(KR) $\geq$ 4 verletzt.

Vergleicht man den "PKW"-Unfall mit dem "LKW"-Unfall ohne Überrollungsvorgang, fällt wieder auf, dass beim "LKW"-Unfall (53%) deutlich weniger Personen am Kopf MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzungen hatten als beim "PKW"-Unfall (81,3%). Der Thorax und das knöchernerne Becken waren beim "LKW"-Unfall etwas häufiger von MAIS(KR) $\geq$ 4-

Verletzungen betroffen. Dies könnte mit der Form des Fahrzeugtyps in Zusammenhang stehen (beim PKW-Unfall werden häufig die unteren Extremitäten von der Fahrzeugfront erfasst und der Kopf schlägt peitschenartig auf die Windschutzscheibe; beim LKW werden untere Extremität, Thorax und Kopf nahezu gleichzeitig durch die gerade Fahrzeugfront erfasst.



## **6. Zusammenfassung**

Zielsetzung und Fragestellung:

Ziel dieser Arbeit ist die Analyse von Verletzungsmustern und Todesursachen bei Fahrradunfällen mit Todesfolge und die Darstellung spezifischer Unterschiede bei verschiedenen Unfallgegnern. Zu diesem Zweck wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

Welche personenbezogenen (Alter, Geschlecht, Gewicht, Größe, Blutalkohol, Fahrradtyp, Helm), unfallbezogenen (Unfallgegner, Kollisionsort, Geschwindigkeit des Unfallgegners, Unfall mit Überrollungsvorgang) und medizinischen [Todeszeitpunkt, Todesursache, schwerstverletzte Körperbereiche, MAIS, ISS, MAIS(KR) und Verletzungen der einzelnen Körperregionen, verletzte Körperregionen im Vergleich MAIS(KR) $\geq$ 2 und MAIS(KR) $\geq$ 4] Charakteristika weisen tödlich verunglückte Fahrradfahrer auf, und gibt es Unterschiede zwischen den Unfällen mit verschiedenen Unfallgegnern (PKW, LKW mit und ohne Überrollungsvorgang, Alleinunfall)?

Material und Methoden:

Datengrundlage bilden 96 tödlich verunglückte Fahrradfahrer, die in den Jahren 2003 bis 2008 im Institut für Rechtsmedizin München obduziert wurden. Ausschlusskriterien waren unter anderem ein Versterben des Verunfallten nach mehr als 30 Tagen nach dem Unfall, eine medizinische Kausalität (z.B. Herzinfarkt, HerzKreislaufversagen) und nicht der darauffolgende Sturz/ Unfall als Todesursache, das Schieben des Fahrrads zum Zeitpunkt des Unfalls und eine nicht geklärte Todesursache laut Obduktionsbericht.

Für die personenbezogenen und unfallbezogenen Daten wurden Polizeiberichte, Unfallskizzen, Fotos, technische Gutachten, Unfallgutachten, toxikologische Gutachten, gerichtliche Urteile sowie Zeugenaussagen ausgewertet.

Die medizinischen Daten beruhen auf der Auswertung der Obduktionsberichte und deren Codierung anhand des international anerkannten Trauma-Scores "Abbreviated Injury Scale-2005 -Update 2008" [8].

Ergebnisse:

30,2% der verunglückten Personen waren 75 Jahre oder älter. 64,6% machte der Anteil der Männer aus. Ein Helm war im gesamten Fallgut nur bei sechs Personen

vorhanden. 50,0% der Personen kollidierten mit einem PKW, 29,2% mit einem LKW (46,4% davon mit Überrollungsvorgang) und 14,6% verunfallten ohne Fremdbeteiligung. 51,0% der Personen verstarben an einem Schädelhirntrauma, 25,0% an einem Polytrauma und bei jeweils 7,3% war die Todesursache ein Thorax- oder ein Halswirbelsäulentrauma.

Beim PKW-Unfall hatten deutlich mehr Fahrradfahrer (50%) am Kopf eine AIS 5- oder AIS 6-Verletzung als beim LKW-Unfall ohne Überrollungsvorgang (20,0%).

Beim LKW-Unfall mit Überrollungsvorgang war das Polytrauma mit 46% am häufigsten die Todesursache. Der Kopf war hierbei zu 38,5% die alleinige und zu 30,8% mit anderen Körperbereichen zusammen der schwerstverletzte Körperbereich. Der Thorax war zu 15,4% die alleinige und zu 53,8% mit anderen Körperbereichen zusammen der schwerstverletzte Körperbereich. Beim LKW-Unfall mit Überrollungsvorgang hatten mehr Fahrradfahrer (69%) am Thorax eine AIS 5- oder AIS 6- Verletzung als am Kopf (61,5%).

Beim Alleinunfall hatten 58,3% der auf Alkohol Getesteten (85,7%) einen Blutalkoholgehalt von mehr als 1,1‰ und 33,3% lagen sogar über 1,6‰. Hierbei war das Schädelhirntrauma in 71,4% der Fälle die Todesursache.

Sowohl der MAIS als auch der ISS waren beim Alleinunfall durchschnittlich deutlich geringer als bei Unfällen mit anderen Unfallgegnern. Bei den einzelnen Körperregionen beim Alleinunfall wies nur der Kopf bei 29% der Fahrradfahrer schwere AIS5- oder AIS6-Verletzungen auf.

#### Diskussion und Ausblick:

Sowohl in den Ergebnissen dieser Arbeit als auch in anderen Studien zeigt sich ein hoher Anteil an älteren Personen, die mit dem Fahrrad tödlich verunglücken. Die Gründe hierfür sollten weiter analysiert und geeignete Präventionsmaßnahmen erarbeitet werden. Fahrradfahren unter Alkoholeinfluss stellt ein hohes gesundheitliches Risiko dar. Aktuell wird in der Politik über ein Anheben der gesetzlichen Promillegrenzen für Fahrradfahrer diskutiert.

Kopfverletzungen stehen sowohl bei den schwerstverletzten Körperregionen als auch bei den Todesursachen der Fahrradfahrer im Vordergrund. Das Tragen eines Fahrradhelms kann nach den Ergebnissen mehrerer Studien das Verletzungsausmaß der Verunglückten deutlich reduzieren. Auch hier wird über eine zukünftige Helmtragepflicht öffentlich diskutiert.

**Literaturverzeichnis**

1. Radlhauptstadt Muenchen, 2014, Available: <http://www.radlhauptstadt.muenchen.de/initiative/>, (Accessed 22.02.14).
2. Ellwein, A., Verletzungsmuster und Verletzungsschwere bei Fahrradunfällen im Großraum Göttingen, Doktorarbeit. 2011.
3. Maki, T., et al., Comparative analysis of vehicle-bicyclist and vehicle-pedestrian accidents in Japan. *Accident Analysis and Prevention*, 2003. 35(6): p. 927-940.
4. Radfahren – im Trend und sicher! Regelungen zum Radverkehr, 2014, Available: [http://www.radlhauptstadt.muenchen.de/fileadmin/Redaktion/PDF/100505\\_sicherheitshfolder\\_web.pdf](http://www.radlhauptstadt.muenchen.de/fileadmin/Redaktion/PDF/100505_sicherheitshfolder_web.pdf), (Accessed 23.01.14).
5. Radlhauptstadt Muenchen, 2014, Available: <http://www.radlhauptstadt.muenchen.de/sicherheit/>, (Accessed 23.02.14).
6. Verkehrsunfälle Dezember 2012, Statistisches Bundesamt, Fachserie 8 Reihe 7, 2012, Available [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleMonat/VerkehrsunfaelleM2080700131014.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/VerkehrsunfaelleMonat/VerkehrsunfaelleM2080700131014.pdf?__blob=publicationFile), (Accessed 17.05.2013). 1-43.
7. Verkehrs- und Unfalldaten- Kurzzusammenstellung der Entwicklung in Deutschland, Bundesanstalt für Straßenwesen, 2012, Available: [http://www.bast.de/nn\\_42248/DE/Publikationen/Broschueren/Dokumente/infokarten-national-deutsch,templatelId=raw,property=publicationFile.pdf/infokarten-national-deutsch.pdf](http://www.bast.de/nn_42248/DE/Publikationen/Broschueren/Dokumente/infokarten-national-deutsch,templatelId=raw,property=publicationFile.pdf/infokarten-national-deutsch.pdf), (Accessed 10.06.2013).
8. Gennarelli, T.A. and E. Wodzin, *Abbreviated Injury Scale 2005: Update 2008*. 2008: Association for the Advancement of Automotive Medicine.
9. Regeln und Verkehrszeichen für den Radverkehr - ADFC Bayern, 2009, Available: [http://www.adfc-bayern.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/Verkehr/Regeln\\_Zeichen\\_fuer\\_Radler.pdf](http://www.adfc-bayern.de/fileadmin/user_upload/pdf/Verkehr/Regeln_Zeichen_fuer_Radler.pdf), (Accessed 13.03.15).
10. Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, 2013, Available: [https://www.statistik.bayern.de/veroeffentlichungen/advanced\\_search\\_result.php?XTCsid=37da5a382cd3e24998dd0fc1d3eefe43&keywords=Bericht+H1100&x=9&y=11](https://www.statistik.bayern.de/veroeffentlichungen/advanced_search_result.php?XTCsid=37da5a382cd3e24998dd0fc1d3eefe43&keywords=Bericht+H1100&x=9&y=11), (Accessed 12.01.2013).
11. Bachmann, K., Retrospektive Analyse tödlicher Fahrradunfälle und deren Präventionsmöglichkeiten, Hochschule für angewandte Wissenschaften München, Diplomarbeit 2011.
12. Kanduth-Grahl, S.F., Einflüsse auf Verletzungsmuster und Verletzungsschwere beim tödlich verlaufenen Fahrradunfall: Auswertung im Sektionsgut des Hamburger Instituts für Rechtsmedizin, Doktorarbeit. 2004.
13. Fahrrad-Unfälle - Eine Studie des ACE Auto Club Europa, 2010, Available: [http://www.ace-online.de/fileadmin/user\\_uploads/Der\\_Club/Dokumente/ACE\\_Aktionen/2011\\_Bike\\_heroes/Fahrrad\\_Unfaelle\\_Studie.pdf](http://www.ace-online.de/fileadmin/user_uploads/Der_Club/Dokumente/ACE_Aktionen/2011_Bike_heroes/Fahrrad_Unfaelle_Studie.pdf), (Accessed 17.05.2013). 1-14.
14. Lutz, F. and H.S. Kreidel, Tödliche Zweiradunfälle—Ursachen, Verschulden. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*, 1988. 101(1): p. 1-8.
15. Ekman, R., et al., Bicycle-related injuries among the elderly - a new epidemic? *Public Health*, 2001. 115(1): p. 38-43.

16. Gehlert, G., Falkenstein Kognitives Training im Alter. Unfallforschung kompakt, 2011. 20, 1-15.
17. Brand, S., et al., Bicyclist-Bicyclist Crashes-A Medical and Technical Crash Analysis. Traffic Injury Prevention, 2013. 14(1): p. 56-60.
18. Richter, M., et al., The current injury situation of bicyclists - A medical and technical crash analysis. Journal of Trauma-Injury Infection and Critical Care, 2007. 62(5): p. 1118-1122.
19. Mikrozensus - Fragen zur Gesundheit, Körpermaße der Bevölkerung 2009, Statistisches Bundesamt, 2011, Available: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Gesundheit\\_szustand/Koerpermasse5239003099004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Gesundheit_szustand/Koerpermasse5239003099004.pdf?__blob=publicationFile), (Accessed 21.05.2013). 1-15.
20. Li, G., et al., Use of alcohol as a risk factor for bicycling injury. JAMA: the journal of the American Medical Association, 2001. 285(7): p. 893-896.
21. Crocker, P., et al., Alcohol, bicycling, and head and brain injury: a study of impaired cyclists' riding patterns R1. The American journal of emergency medicine, 2010. 28(1): p. 68-72.
22. Andersson, A.-L. and O. Bunketorp, Cycling and alcohol. Injury, 2002. 33(6): p. 467-471.
23. Li, G. and S.P. Baker, Alcohol in fatally injured bicyclists. Accident Analysis & Prevention, 1994. 26(4): p. 543-548.
24. Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr 2011, Statistisches Bundesamt, 2011, Available: [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleAlkohol5462404117004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/TransportVerkehr/Verkehrsunfaelle/UnfaelleAlkohol5462404117004.pdf?__blob=publicationFile), (Accessed 23.05.13). 1-32.
25. ÖSTRÖM, M., et al., Pedal cycling fatalities in northern Sweden. International journal of epidemiology, 1993. 22(3): p. 483-488.
26. Amoros, E., et al., Bicycle helmet wearing and the risk of head, face, and neck injury: a French case--control study based on a road trauma registry. Inj Prev, 2012. 18(1): p. 27-32.
27. Thompson, D., F. Rivara, and R. Thompson, Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists. Cochrane Database of Systematic Reviews, 1999. 4.
28. Attewell, R.G., K. Glase, and M. McFadden, Bicycle helmet efficacy: a meta-analysis. Accid Anal Prev, 2001. 33(3): p. 345-52.
29. Siman-Tov, M., et al., Bicycle injuries: A matter of mechanism and age. Accident Analysis and Prevention, 2012. 44(1): p. 135-139.
30. Moore, D.N., et al., Mixed logit analysis of bicyclist injury severity resulting from motor vehicle crashes at intersection and non-intersection locations. Accid Anal Prev, 2011. 43(3): p. 621-30.
31. Kim, J.K., et al., Bicyclist injury severities in bicycle-motor vehicle accidents. Accident Analysis and Prevention, 2007. 39(2): p. 238-251.
32. Eilert-Petersson, E. and L. Schelp, An epidemiological study of bicycle-related injuries. Accid Anal Prev, 1997. 29(3): p. 363-72.
33. Auerbach, K., et al., Medizinische Folgen von Straßenverkehrsunfällen: Drei Datenquellen, drei Methoden, drei unterschiedliche Ergebnisse? 2009.
34. Fife, D., et al., Fatal injuries to bicyclists: the experience of Dade County, Florida. Journal of Trauma-Injury Infection and Critical Care, 1983. 23(8): p. 745-55.

35. Fredriksson, R., E. Rosén, and A. Kullgren, Priorities of pedestrian protection—A real-life study of severe injuries and car sources. *Accident Analysis & Prevention*, 2010. 42(6): p. 1672-1681.
36. Scheiman, S., et al., Bicycle injury events among older adults in Northern Sweden: A 10-year population based study. *Accident Analysis and Prevention*, 2010. 42(2): p. 758-763.
37. Chen, Y., J. Yang, and D. Otte, Load and impact conditions for head injuries in car-to-pedestrian and car-to-cyclist accidents. A comparison of real accidents and simulations. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Fahrzeugtechnik*, 2010(77).
38. Richter, M., et al., Problematik der Verletzungen von Kindern und Jugendlichen im Straßenverkehr Eine medizinische und technische Unfallanalyse. *Der Unfallchirurg*, 2001. 104(8): p. 733-741.
39. Rosenkranz, K.M. and R.L. Sheridan, Trauma to adult bicyclists: a growing problem in the urban environment. *Injury*, 2003. 34(11): p. 825-9.40.
40. Bauer, K. , Bewertung und Optimierung des Schutzpotentials von Fahrradhelmen durch Realunfallanalyse und Simulation typischer Unfallszenarien, Ludwig-Maximilians-Universität München, Dissertation 2016.

**Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	= Abbildung
AIS	= Abbreviated Injury Scale
BAK	= Blutalkoholkonzentration
BMI	= Body Mass Index
BWS	= Brustwirbelsäule
bzw.	= beziehungsweise
ca.	= circa
etc.	= et cetera
HWS	= Halswirbelsäule
IRM	= Institut für Rechtsmedizin München
ISS	= Injury Severity Score
LKW	= Lastkraftwagen
LWS	= Lendenwirbelsäule
MAIS	= Maximaler AIS-Wert
MAIS(KR)	= Maximaler AIS-Wert einer Körperregion
MTB	= Mountainbike
PKW	= Personenkraftwagen
SHT	= Schädelhirntrauma
Tab.	= Tabelle
usw.	= und so weiter
z.B.	= zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Unfallmännchen- Beispiel (linke Bildhälfte: 80,3% der getöteten Fahrradfahrer haben eine MAIS(KR) $\geq$ 2-Verletzung am Kopf = braun, rechte Bildhälfte: 65,7% eine MAIS(KR) $\geq$ 4-Verletzung am Thorax = rot).....	16
Abb. 2: Altersgruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	17
Abb. 3: Gewichtgruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	18
Abb. 4: Größengruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	19
Abb. 5: Blutalkoholwertgruppen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	20
Abb. 6: Fahrradtyp- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	21
Abb. 7: Unfallgegner- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	22
Abb. 8: Geschwindigkeitsgruppen der Unfallgegner zum Kollisionszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	23
Abb. 9: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	24
Abb. 10: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	25
Abb. 11: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	26
Abb. 12: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	27
Abb. 13: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Gesamtkollektiv" .....	28
Abb. 14: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildseite MAIS(KR) $\geq$ 2, rechte Bildseite MAIS(KR) $\geq$ 4) beim "Gesamtkollektiv" .....	36
Abb. 15: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW" .....	40
Abb. 16: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW" .....	41
Abb. 17: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW" .....	42
Abb. 18: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW" .....	43
Abb. 19: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner PKW" .....	44
Abb. 20: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 2, rechte Bildhälfte MAIS(KR) $\geq$ 4) beim "Unfallgegner PKW" .....	50
Abb. 21: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW" .....	53

Abb. 22: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW" .....	54
Abb. 23: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW" .....	55
Abb. 24: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW" .....	56
Abb. 25: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Unfallgegner LKW" .....	57
Abb. 26: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ , rechte Bildhälfte $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ ) beim "Unfallgegner LKW" ohne Überrollungsvorgang .....	67
Abb. 27: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ , rechte Bildhälfte $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ ) beim "Unfallgegner LKW" mit Überrollungsvorgang .....	68
Abb. 28: Todeszeitpunkt- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall" .....	71
Abb. 29: Todesursachen- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall" .....	72
Abb. 30: Schwerstverletzte Körperbereiche- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall" .....	73
Abb. 31: MAIS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall" .....	74
Abb. 32: ISS- Häufigkeitsverteilung der tödlich verunglückten Fahrradfahrer beim "Alleinunfall" .....	75
Abb. 33: Unfallmännchen- Häufigkeitsverteilung der verletzten Körperregionen in Prozent der tödlich verunglückten Fahrradfahrer (linke Bildhälfte $\text{MAIS(KR)} \geq 2$ , rechte Bildhälfte $\text{MAIS(KR)} \geq 4$ ) beim "Alleinunfall" .....	79



**Tabellenverzeichnis**

Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien des Fallguts .....	8
Tab. 2: Untersuchte Variablen und deren Merkmalsausprägungen .....	9
Tab. 3: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Gesamtkollektiv" .....	29
Tab. 4: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Unfallgegner PKW" .....	45
Tab. 5: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Unfallgegner LKW ohne Überrollungsvorgang" .....	58
Tab. 6: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Unfallgegner LKW" mit Überrollungsvorgang .....	62
Tab. 7: Häufigkeitsverteilung der MAIS(KR) beim "Alleinunfall" .....	76

## **Danksagung**

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Rechtsmedizin der Ludwig- Maximilians-Universität München angefertigt.

Ich danke dem Vorstand des Instituts Prof. Dr. med. Matthias Graw für die Aufnahme am Institut und die Überlassung dieser Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Frau Dr. med. Sylvia Schick, M.P.H. postgrad. für die immer freundliche und geduldige Betreuung sowie für die ausgezeichnete Unterstützung bei dieser Arbeit.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Eltern ganz herzlich bedanken, die ihr ganzes Leben immer alles für mich getan haben.



## Eidesstattliche Versicherung

Eder, Lorenz

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,  
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

"Verletzungen und Todesursachen von tödlich verunglückten Fahrradfahrern unter Berücksichtigung der Unfallgegner- Auswertung der Obduktionsbefunde des Instituts für Rechtsmedizin München sowie der zugehörigen Unfallakten 2003- 2008"

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 05.10.2016

Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Doktorandin/ Doktorand