

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Medizinischen Fakultät Charite-  
Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Über den Einfluss geänderter Fahrzeugfronten von PKWs auf die erlittenen  
Verletzungsmuster bei tödlich verlaufenden Fussgänger-PKW-Frontalkollisionen in  
Berlin (1978-1985 im Vergleich zu 1991-2004)

Zur Erlangung des akademischen Grades Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charite-Universitätsmedizin Berlin

von

Anja Tischer

aus Hoyerswerda

Gutachter: 1. Prof. Dr. med. H. Maxeiner  
2. Prof. Dr. med. R. Mattern  
3. Priv. - Doz. Dr. med. habil. B. Bockholdt

Datum der Promotion: 01.06.2008

---

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
1.1	Passive Sicherheit von Fahrzeugen.....	6
1.1.1	Generell .....	7
1.1.2	Stoßfänger .....	7
1.1.3	Haubenvorderkante und Haube .....	8
1.1.4	Windschutzscheibe und A-Säule.....	9
1.2	Begriffsbestimmungen und Erläuterungen .....	9
1.3	Biomechanik.....	10
<b>2</b>	<b>Fragestellung</b> .....	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Methoden</b> .....	<b>14</b>
3.1	Obduktionsgut und Methodik.....	14
3.2	Unfallsituation und Unfallfahrzeug.....	14
3.3	Rekonstruktion Bewegungsabläufe .....	15
3.4	Verletzungsbilder.....	15
<b>4</b>	<b>Material</b> .....	<b>17</b>
4.1	Untersuchte Fälle .....	17
4.2	Fahrzeugkategorisierung.....	18
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>22</b>
5.1	Basisdaten zum Untersuchungsgut.....	22
5.1.1	Anzahl der tödlichen Fußgänger- Pkw- Kollisionen pro Jahr.....	22
5.1.2	Altersverteilung .....	22
5.1.3	Geschlechterverteilung .....	24
5.1.4	Körpergröße .....	24
5.1.5	Jahreszeitenverteilung des Unfallzeitpunktes .....	24
5.1.6	Blutalkohol.....	25
5.1.7	Verteilung Fahrzeugfronttypen .....	25
5.1.8	Kollisionsgeschwindigkeiten.....	27
5.1.9	Überlebenszeiten .....	28
5.1.10	Todesursachen .....	33
<b>6</b>	<b>Analyse einzelner Verletzungsformen</b> .....	<b>38</b>
6.1	Verletzungsbilder.....	38
6.1.1	Kopfverletzungen .....	41

---

6.1.2	Verletzungen der Halswirbelsäule.....	46
6.1.3	Thoraxverletzungen .....	47
6.1.4	Abdomenverletzungen .....	49
6.1.5	Verletzungen der unteren Extremität.....	50
6.1.6	Äußere Verletzungen .....	52
6.2	Traumascorcs .....	54
6.2.1	Abbreviated Injury Score .....	54
6.2.2	Injury Severity Score .....	55
6.2.3	Verletzungsmuster .....	58
6.3	Statistische Auswertung .....	63
<b>7</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>65</b>
7.1	Obduktionsgut .....	65
7.2	Allgemeine Gesichtspunkte .....	66
7.2.1	Jahreszeitlicher Verlauf.....	66
7.2.2	Unfallfahrzeuge .....	67
7.2.3	Überlebenszeiten .....	67
7.2.4	Todesursachen .....	69
7.3	Verletzungsmuster .....	70
7.3.1	Kopf.....	70
7.3.2	Hals.....	72
7.3.3	Brust.....	73
7.3.4	Bauch.....	74
7.3.5	Untere Extremität .....	74
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>77</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>81</b>
9.1	Fragebogen.....	81
9.2	Tabellenverzeichnis.....	82
<b>10</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>85</b>

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:.....	20
Fahrzeugfronttypkategorisierungen nach BOSCH (1995),links und HEINE/SCHÖNEKAS (1995), rechts .....	20
Abbildung 2 : Fahrzeugfronttypkategorisierung nach MIZUNO und ISHIKAWA, 2001 .....	20
Abbildung 3: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach BEZ et al., 1979.....	20
Abbildung 4: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach DEKRA (Berg et al., 1997).....	20
Abbildung 5: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach SCHINDLER et al., 2004 .....	21
Abbildung 6: Verteilung der Fußgängerunfälle auf einzelne Jahre „alter“ Zeitraum..	22
Abbildung 7: Verteilung der Fußgängerunfälle auf einzelne Jahre „neuer“ Zeitraum	22
Abbildung 8: Altersverteilung Dekaden- Vergleich beide Zeiträume.....	23
Abbildung 9: Altersgruppen- Vergleich beide Zeiträume .....	24
Abbildung 10: Jahreszeitliche Verteilung des Unfallzeitpunktes- Vergleich beide Zeiträume .....	25
Abbildung 11: Vorkommen aller Fahrzeugfronttypen (nach SCHINDLER et al. [2004])- Vergleich beide Zeiträume .....	26
Abbildung 12: Vorkommen Fahrzeugfronttypen kleine- mittlere- große Klasse (nach SCHINDLER et al. [2004])- Vergleich beide Zeiträume .....	27
Abbildung 13: Überlebenszeiten- Vergleich beide Zeiträume .....	28
Abbildung 14: Überlebenszeiten in der Altergruppe der bis zu 35-jährigen .....	29
Abbildung 15: Überlebenszeiten in der Altersgruppe der 36- bis 65-jährigen.....	29
Abbildung 16: Überlebenszeiten in der Altersgruppe der über 65-jährigen .....	30
Abbildung 17: Überlebenszeiten bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse	31
Abbildung 18: Überlebenszeiten bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse ...	32
Abbildung 19: Überlebenszeiten bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse	32
Abbildung 20: Todesursachen- Vergleich beide Zeiträume .....	33
Abbildung 21: Todesursachen in der Altersgruppe der bis 35-jährigen .....	34
Abbildung 22: Todesursachen in der Altersgruppe der 36- bis 65-jährigen .....	34
Abbildung 23: Todesursachen in der Altersgruppe der über 65-jährigen.....	35
Abbildung 24: Unmittelbare Todesursachen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse .....	36

Abbildung 25: Unmittelbare Todesursachen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse.....	37
Abbildung 26: Unmittelbare Todesursachen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse .....	37
Abbildung 27: ISS-Verteilung- Vergleich beide Zeiträume.....	55
Abbildung 28: ISS-Verteilung bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse .....	56
Abbildung 29: ISS-Verteilung bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse....	57
Abbildung 30: Verletzungskombinationen- Vergleich beide Zeiträume.....	58
Abbildung 31: Verletzungskombinationen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse.....	59
Abbildung 32: Verletzungskombinationen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse.....	60
Abbildung 33: Verletzungskombinationen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse.....	61

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Durchschnittsalter der verunglückten Fußgänger- Vergleich beide Zeiträume .....	23
Tabelle 2: Kollisionsgeschwindigkeiten- Vergleich beide Zeiträume.....	27
Tabelle 3: Verletzungen der einzelnen Körperregionen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume.....	39
Tabelle 4: Verletzungen der einzelnen Körperregionen mit jeweils am häufigsten verursachendem Fronttyp-Vergleich beide Zeiträume.....	40
Tabelle 5: Oberflächliche Kopfverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	42
Tabelle 6: Schädelfrakturen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	44
Tabelle 7: Intrakranielle Blutungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	45
Tabelle 8: Halsverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	46
Tabelle 9: Thoraxverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	48
Tabelle 11: Verletzungen untere Extremität- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	51
Tabelle 12: Äußere Verletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume .....	53
Tabelle 13: Beispiele AIS90-Werte für jede Körperregion .....	54
Tabelle 14: ISS-Spanne für jede Fronttypklasse- Vergleich beide Zeiträume .....	57
Tabelle 15: Verletzungskombinationen in verschiedenen ISS-Gruppen- Vergleich beide Zeiträume.....	61
Tabelle 16: Verletzungskombinationen in verschiedenen ISS-Gruppen nach Fronttypklassen- Vergleich beide Zeiträume .....	62
Tabelle 17: Statistische Auswertung.....	64

# 1 Einleitung

Im Jahr 2004 wurden bundesweit 2.261.689 Straßenverkehrsunfälle registriert, bei denen insgesamt 445.968 Menschen verunglückten. Davon wurden 5.842 Personen (1,3%) tödlich verletzt. In 7,8% der Gesamtheit der verzeichneten Unfälle (n=34.915) waren Fußgänger involviert, wovon 2,4% (n=838) durch den Unfall getötet wurden. (Als Getötete wurden alle diejenigen Personen bezeichnet, die innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall an den Unfallfolgen verstarben.) Betrachtet man den Anteil der Fußgänger an allen durch Straßenverkehrsunfälle Getöteten, ergibt sich ein Wert von 14,3% [STATISTISCHES BUNDESAMT Wiesbaden (2005)].

In Berlin war es im gleichen Jahr zu insgesamt 124.514 Verkehrsunfällen gekommen. Hier wurden 16.599 Verunglückte registriert, wovon 70 (0,4%) tödlich verletzt wurden. Bei 13,5% der Unfälle (n=2273) waren Fußgänger beteiligt, 1,5% (n=34) davon wurden getötet. 48,6% aller durch Verkehrsunfälle tödlich Verletzten waren Fußgänger [STATISTISCHES LANDESAMT Berlin (2005)].

In den letzten Jahrzehnten war trotz steigender Verkehrsdichte eine Abnahme der Gesamtzahl der durch Straßenverkehrsunfälle Verletzten und Getöteten zu verzeichnen [APPEL (1977), BERG (1997), ETTEMEYER (1991), OTTE (1998)]. Dies mag einerseits auf gesetzgeberischen Bestimmungen zur aktiven Sicherheit (Unfälle verhüten) wie Tempolimits und die Einführung verkehrsberuhigter Zonen zurückzuführen sein. Andererseits wurde die Bedeutung passiver Sicherheitsmaßnahmen (Unfallfolgen mildern) wie die 1976 eingeführte Gurtpflicht für PKW- Insassen, ein verbessertes Rettungswesen und eine verbesserte stationäre Behandlung erkannt und ausgebaut [APPEL (1977), BERG (1997), KÜHNEL (1980)]. Dementsprechend konnte für verunfallte Fußgänger ein abnehmender Trend bezüglich der Anzahl der Kollisionen und auch tödlich ausgehender Kollisionen registriert werden. Trotzdem wird analog zum Insassenschutz weiterhin am Ausbau des Fußgängerschutzes gearbeitet, wobei Aspekte der Eigen- als auch der Fremdsicherheit eine Rolle spielen.

## 1.1 Passive Sicherheit von Fahrzeugen

Mit dem gewonnenen Wissen über die Biomechanik der Fußgänger-Pkw-Kollision aus Versuchen mit postmortalen Testobjekten (PMTO), Dummies oder mathematischen Simulationen wurden schon einige Vorschläge zur passiven

Fahrzeugsicherheit unterbreitet. Diese sollen den Schutz von Verkehrsteilnehmern vor fahrzeuginduzierten Verletzungen bei einer nicht mehr zu vermeidenden Kollision verbessern [MESQUI (1983)].

### **1.1.1 Generell**

Als allgemeine Maßnahme gilt es, vorstellbare „Kontaktzonen am PKW möglichst glattflächig zu gestalten“ [GRÖSCH (1990)]. Dazu gehört die „Abrundung scharfer Karosserieelemente“ unter „Eliminierung spitzer und kantiger Frontstrukturen“ wie zum Beispiel das Vermeiden „hervorstehender Schweinwerferabdeckungen und ungünstiger Scheibenwischeranordnungen“ [MESQUI (1998), WALZ (1998)]. Außerdem sollte der „Fußgänger bei einer Kollision denkbar „weich“ abgefangen“ werden, d.h. die Anprallflächen sollten eine geeignete Nachgiebigkeit aufweisen [GRÖSCH (1990), WALZ (1998)]. Auch „Kunststoffschaumpolsterungen harter Bauteile“ [INTERDISZIPLINÄRE ARBEITSGRUPPE f. UNFALLMECHANIK UNIVERSITÄT ZÜRICH u. ETH Zürich (1985)] sowie ein „äußerer Airbag am Fahrzeug“ [OTTE (2002)] wurden als mögliche Lösung angeboten. Doch stehen all diese Maßnahmen in dem „Konflikt, heutigen stilistischen und aerodynamischen Anforderungen wie tiefliegenden Hauben und der Ausnutzung jedes möglichen Raumes mit Zusatzaggregaten“ nicht zu entsprechen [WALZ (1998)]. Desgleichen würde die Bereitstellung „zusätzlichen Deformationsweges für einen „weichen“ Anprall unweigerlich zu Veränderungen der Frontgeometrie führen und somit einen höheren Kraftstoffverbrauch verursachen“ [HOFFMANN (2001)]. Einen Lösungsansatz hierzu sieht man in aktiven Schutzmaßnahmen, d.h. der „nötige Energieabsorptionsweg wird während des Anpralls bereitgestellt“ [HOFFMANN (2001)]. Grundsätzlich ist der „Nutzen einer fußgängerfreundlichen Front ab Kollisionsgeschwindigkeiten von über 45 km/h“ auch fraglich [SCHLUMPF (1984)].

### **1.1.2 Stoßfänger**

Als förderliche Maßnahmen für einen gedämpften Beinanprall werden die „Integration des Stoßfängers in die Formgebung der Front“ [OTTE (2002)] und „runde Stoßstangenformen mit geringerer Aggressivität“ [SCOLA (1984)] diskutiert. Bei der Höhe der Erstkontaktstelle ist zu beachten, dass ein „tiefliegenderer Stoßfänger das Kniegelenk des Fußgängers verschont und dem Überfahren des Unterschenkels entgegenwirkt“ [GRÖSCH (1990), KÜHNEL (1980)]. Zwar kann dadurch die Anzahl

von „Frakturen nicht reduziert werden, aber es kommt zu unkomplizierteren Bruchformen“ [OTTE (2002)]. Ein weiterer Lösungsansatz ist „eine weiter nach vorn als die Oberkantenabdeckung ausgezogene Unterkantenabdeckung des Stoßfängers, womit sich der Beinanprall nach unten verlagern würde“ [FRIESEN (2001)]. Zusätzlich zur Änderung der Stoßstangenhöhe könnten „energieabsorbierende Schäume zwischen Stoßfängerabdeckung und Querträger zum Geschwindigkeitsabbau“ des anprallenden Fußgängers beitragen [FRIESEN (2001), GRÖSCH (1990), KÜHNEL (1980)]. Da hierdurch jedoch die geforderte Stabilität der Karosserie zum Insassenschutz beim Anprall an härtere Strukturen beeinflusst werden könnte, wird eine „Schaumkonstruktion mit zur Fahrzeugseite hin ansteigender Dichte“ diskutiert, welche „einen zur beaufschlagten Fläche proportionalen Formänderungswiderstand“ aufweist. D.h. der Anprall an kleine Flächen (Unterschenkel) verliefte weich und ein Barriereanprall verliefte, wie gefordert, hart [GRÖSCH (1990)].

### **1.1.3 Haubenvorderkante und Haube**

Soft nose- bzw. Soft face- Konstruktionen können einen unausweichlichen Hüft- bzw. Kopfanprall abmildern. Darunter wird eine „einbrechbare Fronthaube mit großflächiger Verformbarkeit zum Auffangen des Fußgängers“ verstanden [GLAESER (1996), GRÖSCH (1990), SCHLUMPF (1984)]. Dies wird am besten durch eine bauchige, abgerundete „über die gesamte Fahrzeugbreite reichende Motorhaubenform“ gewährleistet [KÜHNEL (1980), PFRIEM (1975)]. Verständlicherweise sind Verstärkungsrippen für Fronthauben im Hinblick auf die passive Sicherheit kontraproduktiv [WALZ (1998)]. Als ideale Höhe für die möglichst aus nachgiebigem Material gefertigte und mit großem Krümmungsradius (Soft nose) versehene Haubenvorderkante werden Werte von 70-80 cm (im ungebremsten Zustand) angegeben. Im Zusammenwirken dieser Höhe mit einem Frontwinkel nicht größer als 90 Grad, der durch das Vermeiden weit vorspringender Stoßfänger erreicht wird, können die Rotationstendenz und damit die Kopfbeschleunigung des Fußgängers sowie die Neigung zum Überschlag mit folgendem ungünstigen Sekundäraufprall auf die Straße gemildert werden. Außerdem wird durch den Verzicht auf einen Haubenrückversatz (Frontwinkel größer 90 Grad) das obere Beinsegment vor dem Auftreten einer „erheblichen Biegung von der Haubenvorderkante abgestützt“ [FRIESEN (2001)]. Weiterhin wichtig ist eine

ausreichende Länge der Motorhaube, um einen „weichen“ Kopfanprall mit großem Deformationsweg zu gewährleisten [SCHLUMPF (1984), INTERDISZIPLINÄRE ARBEITSGRUPPE f. UNFALLMECHANIK UNIVERSITÄT ZÜRICH u. ETH Zürich (1985)]. Neben Haubenvorderkantenhöhe, Frontwinkel und Haubenlänge spielt der Haubenwinkel eine bedeutende Rolle. Durch eine „leicht nach hinten geneigte Fahrzeugfront und ein abgerundetes Motorhaubenvorderende“ wird ein Aufrutschen des Fußgängers begünstigt. Durch das Rutschen auf dem Fahrzeug wird die „Relativgeschwindigkeit zwischen Körper und PKW reduziert, wodurch der Kopfanprall abgemildert wird“ [GRÖSCH (1990)]. Hier wirkt sich ein Hochziehen der Motorhaubenhinterkante über den Querträger, den Scheibenrahmen, den Scheibenwischerantrieb und den Windlauf ebenfalls günstig aus [GLAESER (1996), GRÖSCH (1990), KÜHNEL (1980)]. Als aktive Sicherheitsmaßnahme wird ein Haubenaufstellmechanismus beschrieben, der durch das Anheben der Motorhaube bei einer Kollision den erforderlichen Deformationsweg zur Verfügung stellt [FRIESEN (2001)].

#### **1.1.4 Windschutzscheibe und A-Säule**

Durch eine „energieabsorbierende Scheibeneinfassung im Blechrahmen“, eventuell durch „eine mehrschalige Bauweise von A-Säule und Dachrahmen mit einer dünnen Außenhaut“ kann eine starke Verformbarkeit dieser sonst unnachgiebigen und für den Kopf des Fußgängers gefährlichen Karosserieelemente erreicht werden. Eine zusätzliche „Anpassung der Scheibenneigung an den Aufschöpfungsvorgang des Fußgängers“ sowie eine nicht zu schwere Verbundglasscheibe, welche sich „beim Anprall großflächig verformt und das Eindringen in den Fahrgastraum verhindert“, wurden beschrieben [GRÖSCH (1990), OTTE (1998)].

## **1.2 Begriffsbestimmungen und Erläuterungen**

Die zur genauen Bestimmung und Beschreibung des jeweiligen Unfallhergangs gebräuchliche Terminologie nach METTER (1981) soll nachfolgend kurz erläutert werden.

Anstoß: Körperanprall am Fahrzeug

Primäranstoß: erste Berührung zwischen Fahrzeug und Fußgänger, meist an der vorderen Stoßstange

Sekundärstoß: Aufladung des Fußgängers auf die Vorderhaube (entspricht Aufladung/Aufschöpfung)

Tertiärstoß: entspricht Abwurf und Aufprall

Abwurf: Lösung des Körpers vom Fahrzeug mit anschließendem Aufprall

Aufprall: Kontakt des Körpers mit der Straße

Lateral-, Dorsal-, Ventralunfall: die Anstoßstelle am Körper des Fußgängers

Überfahung: der auf dem Boden liegende Fußgänger wird von anderen Fahrzeugstrukturen berührt

Überrollung: der auf dem Boden liegende Fußgänger wird von den Fahrzeugrädern überrollt

Kastenform: hohe, senkrechte Frontpartie (alle LKW, Busse, VW- Kombi)

Keilform: abgeflachte, nach hinten ansteigende Frontstruktur (VW- Käfer, Porsche)

Pontonförmiger Autobug: rechteckige Fahrzeugfront (VW- Golf, Mercedes)

### **1.3 Biomechanik**

Im komplexen Ablauf der einzelnen Bewegungen beim Anstoß des Fußgängers durch einen PKW spielt der Anstoßpunkt im Verhältnis zur Körpergröße und somit zum Körperschwerpunkt eine wichtige Rolle [APPEL (1977), BEIER (1973), GOTZEN (1980), HRGOVIC (1990), KAMIYAMA (1970), KANTHAK (1987), KÜHNEL (1980), MAROSEK (1976), MAX (1988), METTER (1981), MESQUI (1983), PFRIEM (1975), SCHMIDT (1978), WALZ (1998), WEINREICH (1979)]. Der Körperschwerpunkt eines Menschen liegt bei „50% seiner Körpergröße von der Fußsohle aus gemessen“ [MAROSEK (1976)].

Im allgemeinen folgt, unter der Einwirkung eines durch den primären Anstoß aufgebracht Drehimpulses [GLAESER (1996), HRGOVIC (1990), OTTE (2002)], eine Translations- und Rotationsbewegung des Fußgängers, welche zum Anprall an die vordere Haubenkante führt [KANTHAK (1987)]. Daraufhin folgen je nach Höhe des Anstoßpunktes verschiedene Bewegungsabläufe.

Bei einer Kollision mit einem weit unter dem Schwerpunkt liegenden Anstoß findet der erste Kontakt zwischen Fußgänger und Fahrzeug an der vorderen Stoßstange statt, d.h. „die Beine des Fußgängers liegen an der Front des PKW an und werden in Fahrtrichtung weggedrückt, wobei sie den Bodenkontakt verlieren“ [OTTE (2002)]. Es folgt durch einen „langen Hebelarm auf den Körperschwerpunkt“ eine starke Winkelbeschleunigung. Diese führt zu einer sehr starken Rotation des Fußgängers

und einer Aufladung auf das Fahrzeug mit großen Kopfanprallgeschwindigkeiten [BEIER (1973), GOTZEN (1980), KAMIYAMA (1970), KANTHAK (1987), WEINREICH (1979)]. Je nach Kollisionsgeschwindigkeit erfolgt der Kontakt des Kopfes mit dem hinteren Fronthaubenbereich, der Windschutzscheibenvorderkante, der Windschutzscheibe selbst, der oberen Scheibenbegrenzung oder dem seitlichen Dachrand des PKW [BEIER (1973), GOTZEN (1980), KANTHAK (1987), KÜHNEL (1980), WEINREICH (1979)]. Bei der anschließenden Lösung des Fußgängers vom Fahrzeug ist der Abwurfwinkel umso steiler, „je tiefer die Anstoßstelle liegt und je stärker die frontalen Fahrzeugteile abgeschrägt sind (Stromlinienform)“ [KAMIYAMA (1970)]. Daraus können schwerwiegende Kopfverletzungen resultieren, da das Risiko des Fußgängers sich zu überschlagen und mit dem Kopf auf der Straße aufzuprallen erhöht ist [MUSER (2001)].

Beim primären Anstoß 20-30 cm unterhalb des Schwerpunktes (mittlerer Oberschenkel) kommt es zu einer „gestreckten Drehung des Fußgängers um die Motorhaubenvorderkante“ und anschließendem Kopfanprall im Bereich der Windschutzscheibe oder deren Rahmen, allerdings mit geringerer Geschwindigkeit als beim Anstoß auf Beckenebene [BEIER (1973), PFRIEM (1975)]. Durch den Anprall des Oberkörpers und des Kopfes auf die Vorderhaube wird die Rotationsenergie abgebaut. Die anschließende Lösung des Fußgängers vom Fahrzeug erfolgt durch einfaches Abrutschen oder in freier Flugbahn und endet mit dem Aufprall auf der Straße [HRGOVIC (1990), OTTE (2002)].

Wird der Fußgänger ungefähr auf der Höhe seines Körperschwerpunktes (Becken) getroffen, kommt es zu einer „Rotation des Oberkörpers um die Haubenvorderkante“. Es findet weiterhin eine Beugung des Oberkörpers über den vorderen Teil der Motorhaube statt [HRGOVIC (1990)], die mit einem Kopfaufschlag mit 1,5facher Kollisionsgeschwindigkeit, allerdings auf die „weiche“ Vorderhaube endet [BEIER (1973), PFRIEM (1975)].

Die Entfernung des Stoßangriffspunktes vom Körperschwerpunkt spielt insofern eine Rolle, als dass ein tiefer Primäranstoß zu einer stärkeren Anhebung und einem stärkeren Drehimpuls des Fußgängers führt [KÜHNEL (1980)]. Diese Kinematik birgt ein erhöhtes Risiko für den Fußgänger, während des Kopfanpralles an härtere Strukturen wie die Windschutzscheibe und A-Säule zu geraten. Natürlich ist die Aufwurfweite neben der Körpergröße des Fußgängers zusätzlich von der Fahrzeuggeschwindigkeit und der vorderen Karosserieform abhängig [KÜHNEL

(1980), WEINREICH (1979)]. Generell wird bei höheren Kollisionsgeschwindigkeiten eher ein Aufrutschen des Fußgängers beobachtet als bei geringeren [KÜHNEL (1980)]. Bei modernen Fahrzeugen mit kürzer gehaltenen Motorhauben und steileren Winkeln dagegen zeigen sich Bewegungsabläufe mit unmittelbaren Kopfanprallen an die Frontscheibe oder erleichterte Aufrutschvorgänge des Fußgängers mit nachfolgendem „Anprall des Schädeldaches und Kompression oder Abknickung im Halsbereich“ auch schon bei geringeren Kollisionsgeschwindigkeiten [BERG (1997), GLAESER (1996), OTTE (1998)].

## **2 Fragestellung**

Der Anspruch dieser Arbeit lag darin, einen Beitrag zu der Frage zu liefern, ob sich bisherige Maßnahmen zum Ausbau der passiven Sicherheit von Fahrzeugen günstig auf das Verletzungsmuster von Fußgängern bei frontalen Kollisionen auswirken. Dabei wurden zum Vergleich zwei Zeiträume herangezogen, in denen sich die Unfallfahrzeuge jeweils in ihren Baujahren um mindestens zehn Jahre unterschieden.

## **3 Methoden**

### **3.1 Obduktionsgut und Methodik**

Um die Frage nach veränderten Verletzungsbildern bei Fußgänger/PKW- Kollisionen der sich im Wandel der Zeit ändernden Frontstrukturen zu beantworten, wurden retrospektiv insgesamt 157 Sektionsunterlagen tödlich verunglückter Fußgänger aus den Jahren 1978 bis 1981 als „altem“ Zeitraum und 1991 bis 2004 als „neuem“ Zeitraum aus dem Institut für Rechtsmedizin Charite Berlin, CBF, herangezogen. Zur Erfassung der verschiedenen Verletzungsbilder wurde ein ausführlicher Fragebogen mit den typischen äußeren und inneren Fußgänger-Verletzungen für alle Körperregionen erstellt und anhand der Sektionsunterlagen für jeden Fall qualitativ (ja- nein) bewertet. So wurden neben Verletzungen des Kopfes, des Halses, des Thorax, des Abdomen, des Beckens und der unteren Extremitäten, sowie äußerliche Verletzungen betrachtet und mittels AIS90- Wert [ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF AUTOMOTIVE MEDICINE (1990)] für die drei am schwersten verletzten Körperregionen ein Injury Severity Score errechnet. Näheres zu den üblicherweise verwandten Traumascores siehe Seite 54.

### **3.2 Unfallsituation und Unfallfahrzeug**

Aus den Angaben der Polizei waren das Unfalldatum und die Unfallzeit ersichtlich. Anhand der Aktenangaben wurde eine Einteilung der Kollisionsgeschwindigkeiten in drei Gruppen vorgenommen: <30 km/h, 30-50 km/h und >50 km/h. Da sich die meisten der erfassten Unfälle auf den städtischen Straßen Berlins ereignet hatten, war das zugehörige Kollektiv zur Gruppe mit Kollisionsgeschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/h das zahlenmäßig größte.

Außerdem konnten Daten zur Unfallsituation, wie Fahrtrichtung und Fahrmanöver des Unfallfahrzeuges (Geradeausfahren, Abbiegevorgang), Anfahrposition des tödlich verletzten Fußgängers (aufrechte Körperhaltung, andere Positionen) und Anstoßpunkt des Fahrzeuges am Unfallopfer (lateral, ventral oder dorsal) abgelesen werden. Ein weiterer wichtiger Punkt waren die polizeilichen Angaben zum Fahrzeugtyp und Baujahr des in die Kollision verwickelten PKW. Diese Daten waren zur Kategorisierung der Unfallfahrzeuge nach SCHINDLER et al. (2004) in die verschiedenen Frontgeometrieklassen erforderlich.

### **3.3 Rekonstruktion Bewegungsabläufe**

Der Bewegungsablauf der Fußgänger/PKW- Kollision wurde anhand der den Sektionsunterlagen beiliegenden Polizeiberichte (zum Teil auch Zeugenaussagen) und den im Protokoll der Sektion aufgeführten Verletzungen rekonstruiert, wobei Bezug auf vorliegende Literatur genommen wurde. Alle im Sektionsprotokoll genannten Verletzungen wurden so unter Einbeziehung der polizeilichen Informationen zum Unfallgeschehen der jeweiligen Kollisionsphase zugeordnet.

### **3.4 Verletzungsbilder**

An Kopfverletzungen wurden oberflächliche Verletzungen, wie Rissquetschwunden, Kopfschwartenunterblutungen oder -zerreißen, und Schädelfrakturen unterschieden. Die Frakturen wurden eingeteilt in Kalotten-, Gesichtsschädel- und Schädelbasisfrakturen, wobei eine Differenzierung der Kalottenbrüche zur Schweregradeinteilung in linienförmige Brüche, Globusbrüche (Kombination aus Berstungs- und Biegebuch mit radiären und zirkulären Frakturlinien) und Zertrümmerungen erfolgte. Auch Verletzungen des Gehirns wurden erfasst und in solitäre Prellungsherde, Blutungen (Epidural-, Subdural-, Subarchnoidal-, Intrazerebral- und Hirnstammb Blutungen) und Lacerationen gegliedert. Ferner wurden Enthirnungen und Decapitationen dokumentiert.

Verletzungen des Halses wurden als Weichteileinblutungen (als Hinweis auf auf den Kopf des Fußgängers wirkende beschleunigende Kräfte) und Frakturen der Halswirbelsäule erfasst.

Typische thorakale Verletzungen des Fußgängers waren die Rippenserienfrakturen, als auch Mitverletzungen der Thoraxorgane. Dazu wurden Parenchymeinblutungen und Kontusionsherde der Lunge und bei Hochgeschwindigkeitstraumen auftretende Zerreißen der Herzhöhlen und Aortenrupturen gezählt.

Bei Betrachtung der abdominellen Verletzungen wurde besonderes Augenmerk auf Rupturen von Leber und Milz gelegt.

Bedeutend für die Fragestellung dieser Arbeit war auch die Erfassung von Frakturen des Beckens und der unteren Extremitäten als häufige Fußgängeranfahrverletzungen, bei welchen weiterhin zwischen Ober- und Unterschenkelfrakturen unterschieden wurde.

Um eine Aussage über die propagierte Fußgängerfreundlichkeit neuerer Fahrzeugfronten treffen zu können, mussten auch äußere Verletzungen der Unfallopfer dokumentiert und im Vergleich des „alten“ zum „neuen“ Zeitraum bewertet werden. Hier wurde auf Ablederungen, Glassplitterverletzungen, Abschürfungen und oberflächliche Unterblutungen eingegangen.

Abschließend wurden die jeweiligen Verletzungsmuster der verschiedenen Fahrzeugfronttypen des „alten“ und des „neuen“ Zeitraums miteinander verglichen.

Einen zusammenfassenden Überblick über die erfaßten Gesichtspunkte gibt der im Anhang vollständig wiedergegebene Erhebungsbogen.

## 4 Material

### 4.1 Untersuchte Fälle

Die dieser retrospektiven Arbeit zugrunde liegenden Daten entstammen einzig den Sektionsunterlagen eines der drei in Berlin existierenden Institute für Rechtsmedizin, dem rechtsmedizinischen Institut der Charite Universitätsmedizin Berlin, Campus Benjamin Franklin (CBF). Nach Rücksprache mit den dort tätigen Obduzenten kann von einer Zufallsverteilung der zu bearbeitenden Sektionsfälle, auch der tödlich endenden Fußgänger-Kollisionen, unter diesen drei Instituten ausgegangen werden. Somit ist die Gesamtzahl der tödlichen Kollisionen zwischen Fußgängern und PKW innerhalb Berlins als Produkt aus in dieser Darstellung vorliegenden Daten und dem Faktor 3 als zulässig anzunehmen.

Um der Fragestellung dieser Arbeit nach Einflüssen veränderter Frontgeometrien von PKW gerecht zu werden, mussten die untersuchten Fälle bestimmte Kriterien erfüllen.

Folgende Einschlusskriterien wurden festgelegt:

- Es wurden nur Frontalunfälle zwischen Fahrzeugen und Fußgängern betrachtet, da der Einfluss der sich im Laufe der Zeit angeblich zu Gunsten des Fußgängers ändernden Fahrzeugfrontgestaltung untersucht werden sollte. (Sieben der 157 Fußgänger wurden von rückwärts fahrenden Fahrzeugen, zum Beispiel beim Ausparken, erfasst und tödlich verletzt.)
- Es wurden nur Kollisionen mit Personen in aufrechter Position in die Statistik einbezogen, da die Rekonstruktion der einzelnen Kollisionsphasen durch andere Körperhaltungen des Fußgängers erschwert würde. (Vier Fußgänger befanden sich während der Kollision in kniender oder sitzender Position auf der Fahrbahn. Eine jugendliche Fußgängerin wurde durch ein starkes Bremsmanöver von einer Motorhaube geschleudert, auf der sie auf dem Bauch liegend mitgefahren war.)
- Es wurden nur Unfälle erwachsener Fußgänger ausgewertet, da Kinder aufgrund ihrer geringeren Körpergröße andere Bewegungsabläufe und Verletzungsbilder bei Kollisionen mit Pkw aufweisen.

- Es wurden nur Unfälle erfasst, bei welchen das Unfallfahrzeug durch die Polizeiakte charakterisiert war.

(Bei zwei im Ausland stattgefundenen Unfällen waren keinerlei Angaben zum Unfallfahrzeug zu entnehmen.)

- Es wurden nur Unfallfahrzeuge der Kategorien kleine Klasse, mittlere Klasse und große Klasse der unterschiedlichen Zeiträume miteinander verglichen.

[Zehn Fälle mit anderer Fahrzeugfrontkategorie (Sportwagen, Micro Compact, Micro Van, Mini Van, Van, Geländewagen) wurden in der statistischen Auswertung außen vor gelassen.]

Insgesamt gingen 134 Sektionsunterlagen in die genaueren statistischen Betrachtungen ein, und 23 Fälle hingegen wurden wegen genannter Bedingungen ausgeschlossen.

## **4.2 Fahrzeugkategorisierung**

Unterscheidungskriterium der Kollektive war das Baujahr des Unfallfahrzeuges. So wurden letztendlich 74 Kollisionen mit „alten“ und 60 Kollisionen mit „neuen“ Fahrzeugen verglichen. Als „alt“ wurden Fahrzeuge bezeichnet, die vor dem Jahr 1980 gebaut wurden. Fahrzeuge, deren Baujahr nach 1990 (einschließlich 1990) lag, wurden in die Kategorie „neu“ eingeteilt.

Ein besonderes Augenmerk wurde in dieser Arbeit auf die Frontstruktur der Fahrzeuge gelegt. Bisher existieren in der Fachliteratur verschiedene Kategorisierungsversuche für Fahrzeugfronten. Zwei klassische sind die von BOSCH (1995) und die von SCHÖNEKÄS (1995), welche beide auf die Gesamtform und weniger auf die Fahrzeugfrontform des Fahrzeuges eingehen und somit wenig Aussagekraft für den Fußgängerunfall haben ( s. Abbildung 1) .

Des Weiteren wurde von BEZ et al. (1979) eine bezüglich des Fußgängerunfalls verbesserte Einteilung getroffen, die sich vermehrt auf die Front der Fahrzeuge konzentriert und verschiedene Grundformen dieser charakterisiert. Aufgrund der Veränderungen der Fahrzeugpopulationen ist auch diese Einordnung unter dem Gesichtspunkt der vorliegenden Arbeit hinfällig (s. Abbildung 3).

Die DEKRA (BERG et al., 1997) führte folgende Erweiterungen ein: basierend auf den Grundformen Pontonform, Trapezform, Keilform und Kastenform wurde eine Differenzierung der trapezförmigen Fahrzeuge in drei Untergruppen getroffen, welche

sich jeweils in Steilheit der Haube oder aber in den Neigungswinkeln der Front oder Haube unterscheiden (s. Abbildung 4).

Eine der neueren Einordnungen ist die von MIZUNO & ISHIKAWA (2001), die durch Untersuchungen von Fußgängerunfällen eine Frontkategorisierung in Sedan-, SUV- und 1- Box- Fahrzeuge vornehmen. Hier geschieht unter anderem die Einbeziehung von Stoßstangenhöhe, Fronthaubenvorderkantenhöhe, Motorhaubenlänge sowie Winkel der Fronthaube (s. Abbildung 2).

Am aktuellsten jedoch ist die Klassifizierung der Fahrzeuge von SCHINDLER et al. (2004), in welcher neun Fronttypen unterschieden werden. Folgende Parameter führten zur Kategorienbildung: die Höhe der Haubenvorderkante, der Haubenwinkel, der Winkel zwischen Haube und Windschutzscheibe und die Abwickellänge. Als nicht sinnvoll wurde die Erfassung der Höhe des Stoßfängers, des Rückversatzes der Haubenvorderkante, der Höhe des hinteren Endes der Motorhaube, des Frontwinkels, des Scheibenwinkels und der Haubenlänge erachtet, da diese nicht charakteristisch genug waren (s. Abbildung 5).

Dementsprechend wurde in dieser Arbeit die Fahrzeugfrontgeometrie mittels Angaben zu Fahrzeugtyp und Baujahr nach Empfehlung der technischen Sachverständigen [Schindler, V., Kühn, M., Weber, S., Siegler, H. Heinrich, T. (2004)] in neun Gruppen eingeteilt: Sportwagen, Micro Compact, Micro Van, Mini Van, Van, kleine Klasse, mittlere Klasse, große Klasse und Geländewagen. Da die Anzahl der Unfälle mit Sport- und Geländewagen in unseren Beobachtungen zu gering war, wurden sie aus den weiteren Untersuchungen ausgeschlossen. Auch Unfälle der Micro- Compact- und Van- Klasse waren im untersuchten Kollektiv nicht vertreten. Dem gegenüber waren in den Erhebungen Unfälle mit Fahrzeugen der kleinen, mittleren und großen Klasse vergleichsweise häufig.

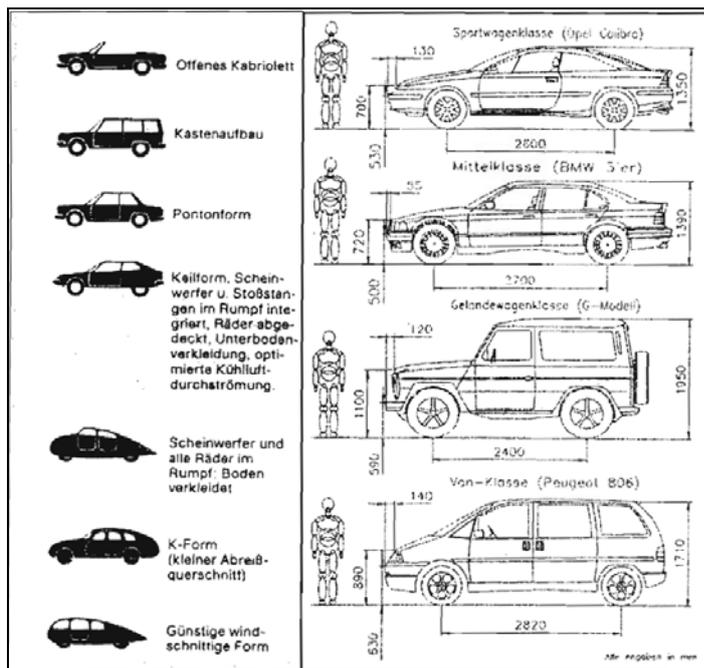


Abbildung 1: Fahrzeugfronttypkategorisierungen nach BOSCH (1995), links und HEINE/SCHÖNEKAS (1995), rechts

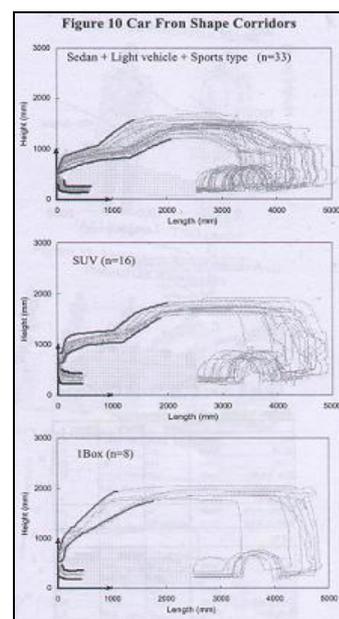


Abbildung 2: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach MIZUNO und ISHIKAWA, 2001

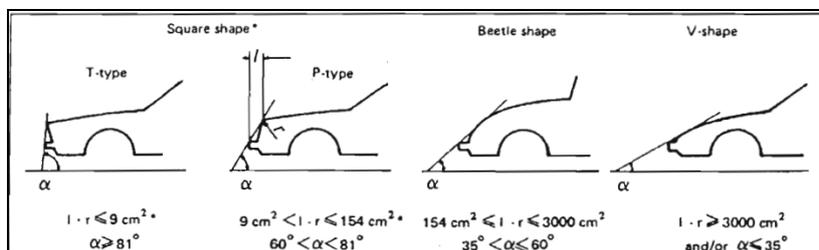


Abbildung 3: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach BEZ et al., 1979

<b>Keilform</b>		Höhe Haubenvorderkante $\leq 0,7m$ , Haubenneigung $\leq 20^\circ$
<b>Trapezform</b>	1	mit flacher Haube Neigungswinkel Front $\leq 70^\circ$ , Neigungswinkel Haube $\leq 20^\circ$
	2	mit steiler Haube Neigungswinkel Front $\leq 70^\circ$ , Neigungswinkel Haube $> 20^\circ$
	3	mit ellipsenförmigem Bug ( $R > 0,25m$ )
<b>Pontonform</b>		Neigungswinkel Front $> 70^\circ$
<b>Kastenform</b>		gerade Stoßfläche bei Bus oder LKW

Abbildung 4: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach DEKRA (Berg et al., 1997)

Abbildungen 1 bis 3 aus „Verletzungsmechanismen und Wirkabschätzung der Fahrzeugfrontgestaltung bei PKW-Fußgänger-Kollisionen“ (SCHINDLER et al., 2004)

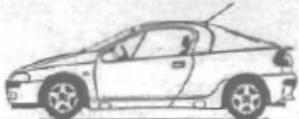
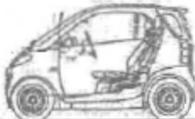
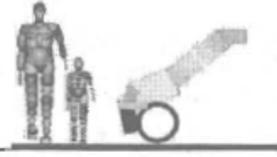
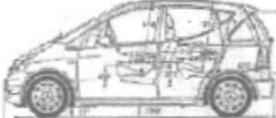
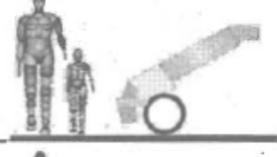
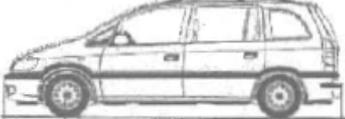
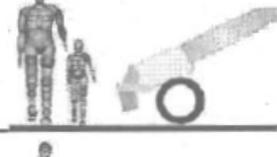
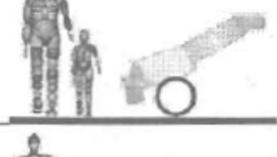
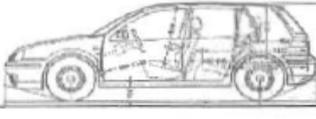
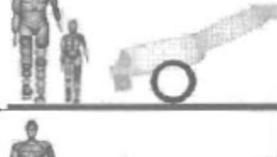
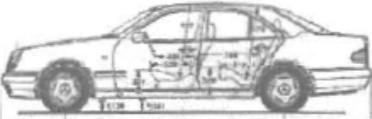
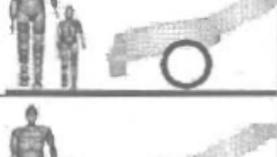
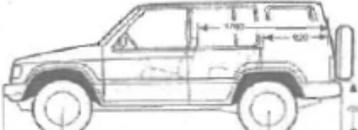
Fahrzeugklasse	typische Vertreter	Simulationsmodell
Sportwagen		
Micro Compact		
Micro Van		
Mini Van		
Van		
kleine Klasse		
mittlere Klasse		
große Klasse		
Geländewagen		

Abbildung 5: Fahrzeugfronttypkategorisierung nach SCHINDLER et al., 2004

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Basisdaten zum Untersuchungsgut

#### 5.1.1 Anzahl der tödlichen Fußgänger- Pkw- Kollisionen pro Jahr

Im Rechtsmedizinischen Institut der Charite Berlin, CBF, wurden in dem Zeitraum 1978 bis 1985 74 durch Kollision mit einem Pkw getötete Fußgänger obduziert. In den Jahren 1991 bis 2004 waren es 60 Verunglückte. So entfallen im „alten“ Zeitraum im Durchschnitt 9 tödlich verletzte Fußgänger auf jedes Jahr (s. nachstehende Abbildung 6). Im „neuen“ Zeitraum kamen jährlich durchschnittlich 4 im Straßenverkehr getötete Fußgänger zur Untersuchung (s. nachstehende Abbildung 7). Deshalb mussten, um einen Vergleich zwischen zwei etwa gleich starken Gruppen vornehmen zu können, im „neuen“ Zeitraum mehr Jahre betrachtet werden als im „alten“ Zeitraum.

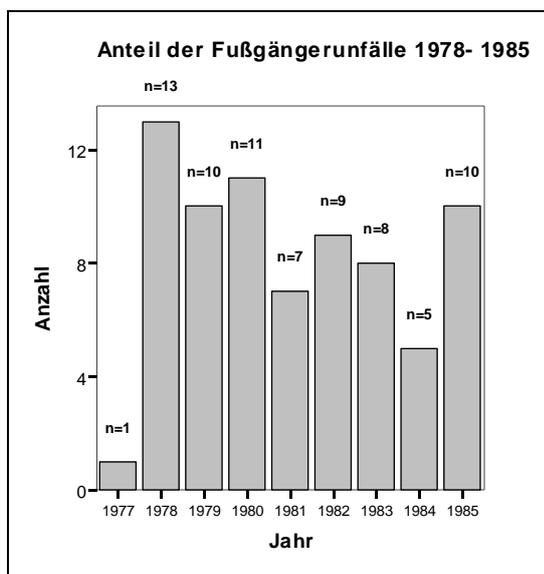


Abbildung 6: Verteilung der Fußgängerunfälle auf einzelne Jahre „alter“ Zeitraum

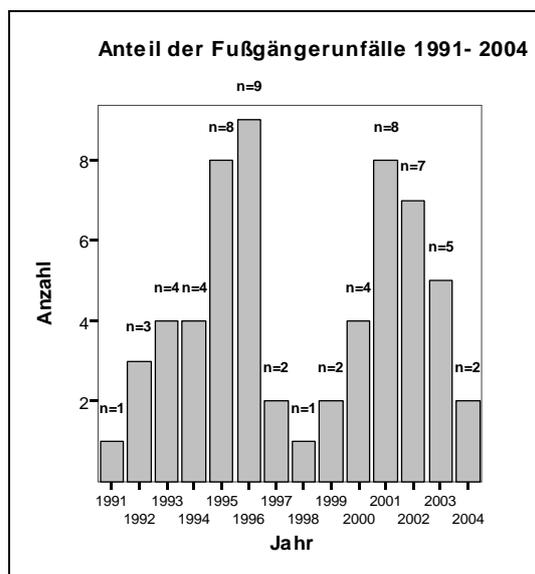


Abbildung 7: Verteilung der Fußgängerunfälle auf einzelne Jahre „neuer“ Zeitraum

#### 5.1.2 Altersverteilung

Die nachstehenden Abbildungen 8 und 9 zeigen die Altersverteilung.

Es wurden 9 verschiedene Gruppen nach Lebensalter unterschieden, wobei jede einzelne für eine Dekade steht- ausgenommen die erste Gruppe, welche nur Fußgänger vom 18. bis 20. Lebensjahr enthält. Der Grund hierfür ist der Ausschluss

von Kindern aus der Untersuchung, da diese eine gänzlich unterschiedliche Biomechanik im Kollisionsverlauf mit einem Fahrzeug aufweisen.

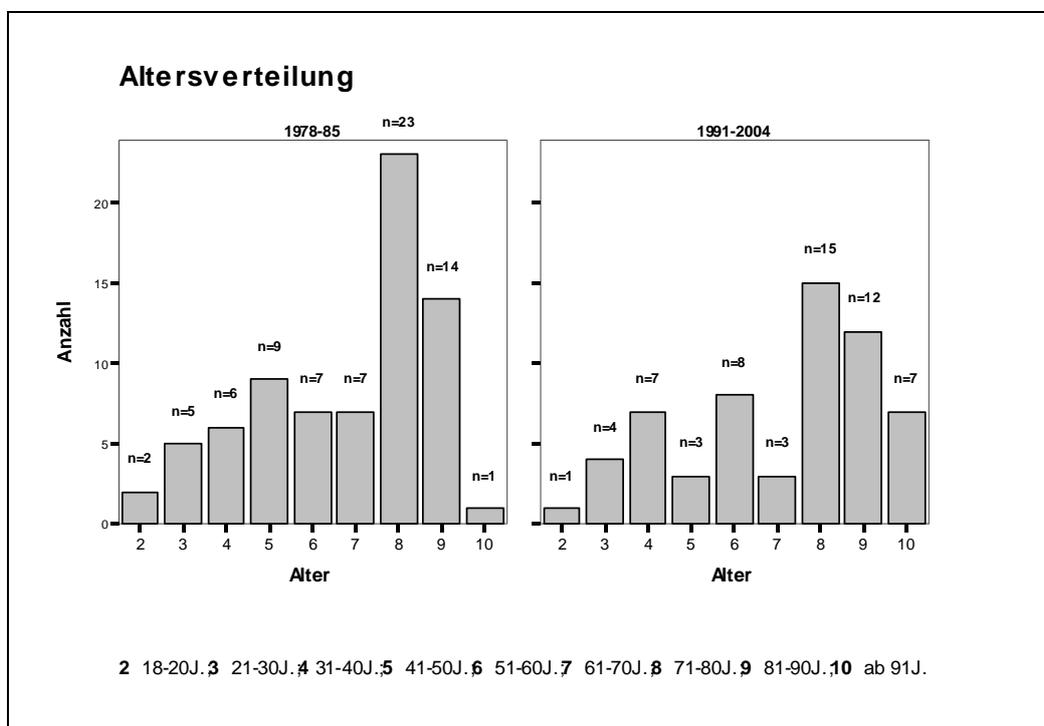


Abbildung 8: Altersverteilung Dekaden- Vergleich beide Zeiträume

Es zeigte sich eine Altersspanne von 18 bis 92 Jahren im „alten“ und 18 bis 95 Jahre im „neuen“ Zeitraum.

Das Durchschnittsalter der Frauen und auch der Männer war in beiden untersuchten Zeiträumen ähnlich (s. Tabelle 1).

			Unfallzeitraum	
			1978-85	1991-2004
			Mittelwert	Mittelwert
Geschlecht	weiblich	Alter	68	70
	männlich	Alter	59	61

Tabelle 1: Durchschnittsalter der verunglückten Fußgänger- Vergleich beide Zeiträume

Zur besseren Übersicht erfolgte eine weitere Unterteilung in 3 Altersgruppen: Fußgänger bis 35 Jahre alt, Fußgänger zwischen 36 und 65 Jahren und Fußgänger älter als 65 Jahre (s. Abbildung 4). Hier zeigte sich mit 59% im „alten“ Zeitraum und 60% im „neuen“ Zeitraum eine deutliche Mehrheit des älteren Fußgängers. Ansonsten wurden der jüngsten Gruppe (bis 35 Jahre alt) Zugehörige mit 11% im

„alten“ und 17% im „neuen“ Zeitraum beobachtet. Fußgänger mittleren (36- 65 Jahre alt) Alters waren zu 30% und zu 23% vertreten.

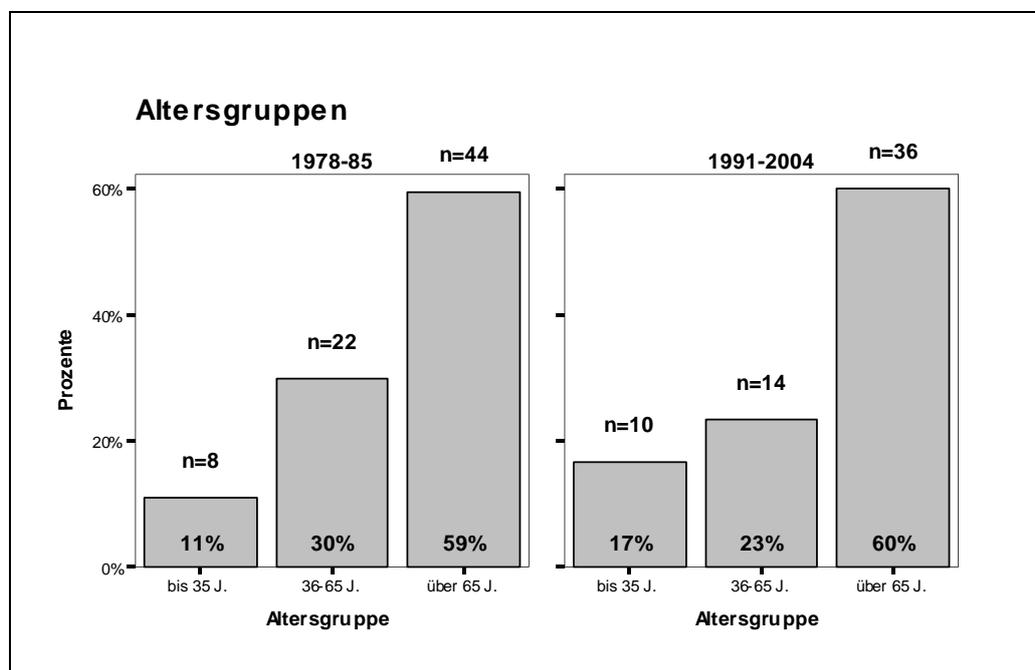


Abbildung 9: Altersgruppen- Vergleich beide Zeiträume

### 5.1.3 Geschlechterverteilung

Eine eindeutige Differenz zwischen der Anzahl von Unfällen mit männlichen und weiblichen Fußgängern war in beiden Zeiträumen nicht zu erkennen. So waren im Zeitraum 1978 bis 1985 51% der getöteten Fußgänger Frauen und 49% Männer, im Vergleich zu 57% Frauen und 43% Männern im Zeitraum 1991 bis 2004.

### 5.1.4 Körpergröße

Die mittlere Körpergröße der weiblichen Fußgänger lag im „alten“ Zeitraum bei 157 cm gegenüber 159 cm im „neuen“ Zeitraum. Bei den männlichen Fußgängern zeigte sich eine mittlere Körpergröße von 173 cm („alt“) gegenüber 171 cm („neu“).

### 5.1.5 Jahreszeitenverteilung des Unfallzeitpunktes

Vergleicht man die vorliegenden Unfälle hinsichtlich ihres Auftretens im Verlauf des Jahres, sieht man, dass die meisten Unfälle im „alten“ Zeitraum mit 18,9% im Monat Dezember, gefolgt vom November mit 13,5% und jeweils Januar und März mit 10,8% vorkamen. Ähnlich sieht es im „neueren“ Zeitraum aus. Hier passierten 20,0% der

tödlichen Kollisionen im Monat Januar. 18,3% der Fußgänger verunglückten im Oktober, 11,7% der untersuchten Unfälle geschahen im Februar. Die wenigsten Fälle ereigneten sich mit 1,4% im Monat April („alt“) und mit jeweils 1,7% in den Monaten Mai, Juni und Juli („neu“) (s. nachstehende Abbildung 10).

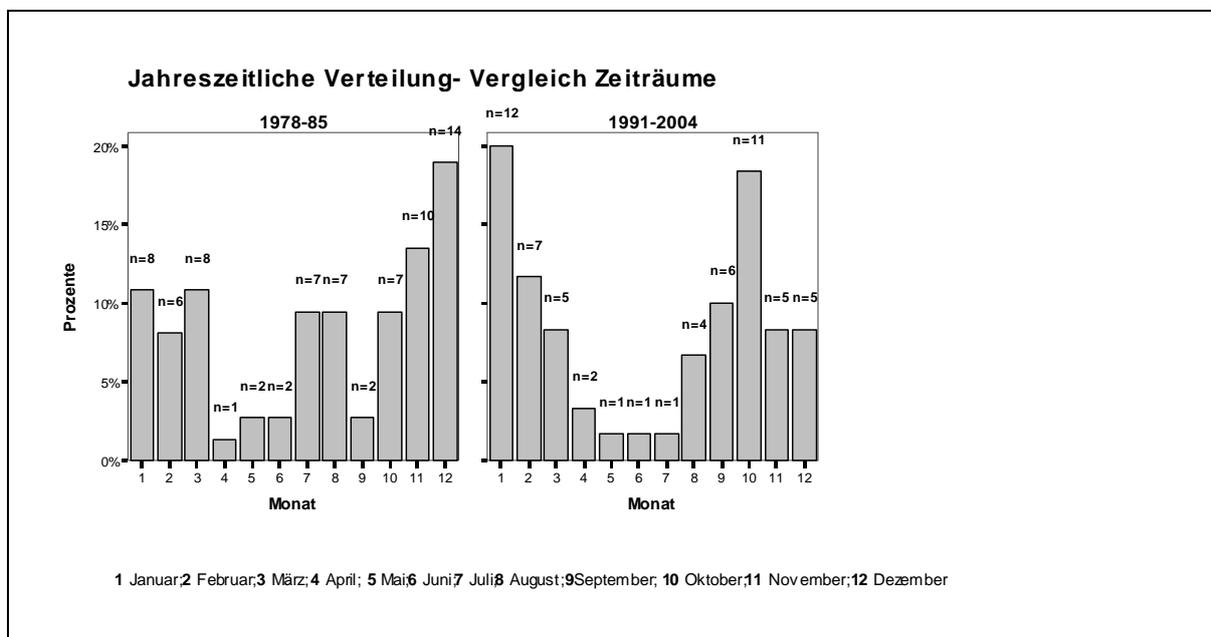


Abbildung 10: Jahreszeitliche Verteilung des Unfallzeitpunktes- Vergleich beide Zeiträume

### 5.1.6 Blutalkohol

Da auch die Höhe des Blutalkoholspiegels des tödlich verunglückten Fußgängers nicht unerheblich ist, wurde dieser bei der Untersuchung mit erfasst.

Ähnlich wie im „alten“ Zeitraum mit 74% waren im „neuen“ Zeitraum 70% der getöteten Fußgänger nicht alkoholisiert. Auch die Zahlen der stark Alkoholisierten (> 1 Promille) zeigte mit 18% „alt“ gegenüber 15% „neu“ keine größeren Variationen.

### 5.1.7 Verteilung Fahrzeugfronttypen

Alle erfassten Unfallfahrzeuge wurden anhand der Klassifizierung von SCHINDLER et al, 2004, in welcher neun Kategorien unterschieden werden, eingeteilt. Folgende geometrischen Parameter führten zur Kategorienbildung: die Höhe der Haubenvorderkante, der Haubenwinkel, der Winkel zwischen Haube und Windschutzscheibe und die Abwickellänge. Dementsprechend konnte eine Einteilung in neun große Gruppen vorgenommen werden: Gruppe 1 Sportwagen, Gruppe 2 Micro Compact Fahrzeuge, Gruppe 3 Micro Vans, Gruppe 4 Mini Vans, Gruppe 5

Vans, Gruppe 6 Fahrzeuge der kleinen Klasse, Gruppe 7 Fahrzeuge der mittleren Klasse, Gruppe 8 Fahrzeuge der großen Klasse und Gruppe 9 Geländewagen. Die Verteilung der registrierten Unfallfahrzeuge laut SCHINDLERs Kategorienbildung für beide Zeiträume sind in nachstehender Abbildung 11 zu sehen.

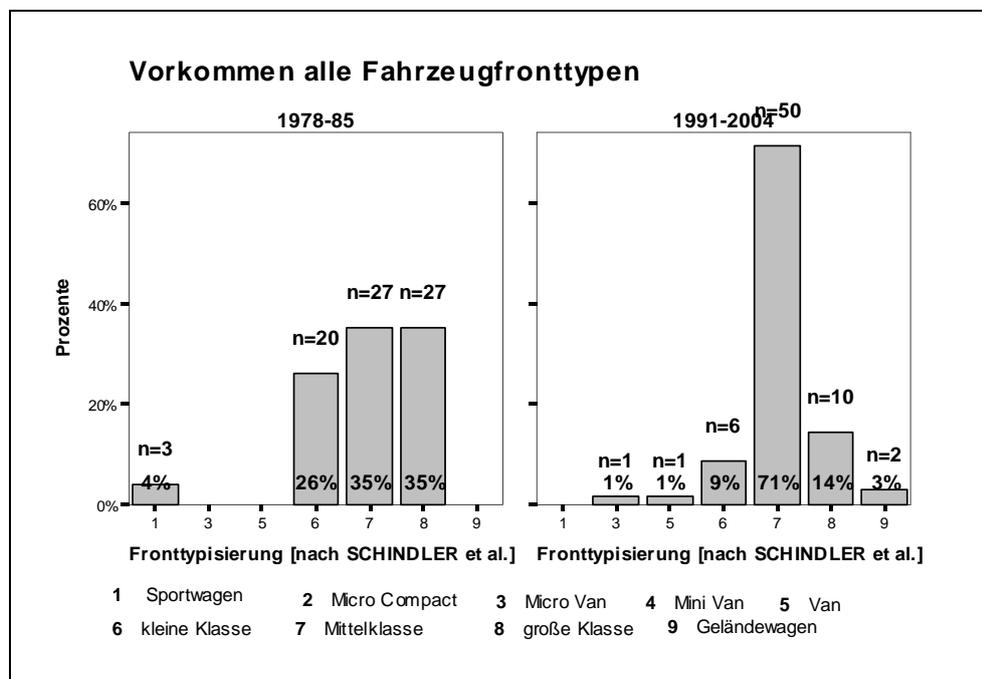


Abbildung 11: Vorkommen aller Fahrzeugfronttypen (nach SCHINDLER et al. [2004])-Vergleich beide Zeiträume

Da im „alten“ Zeitraum bis auf 3 Sportwagen nur Fahrzeuge der kleinen, mittleren und großen Klasse mit 96% vorkamen- und auch im „neuen“ Zeitraum 94% der Unfallfahrzeuge in diese 3 Gruppen einzugliedern waren, wurden nur Kollisionen mit PKW dieser 3 Klassen miteinander verglichen. In Abbildung 12 ist die Verteilung der Fahrzeuge dieser 3 Klassen für die gegenübergestellten Zeiträume zu erkennen.

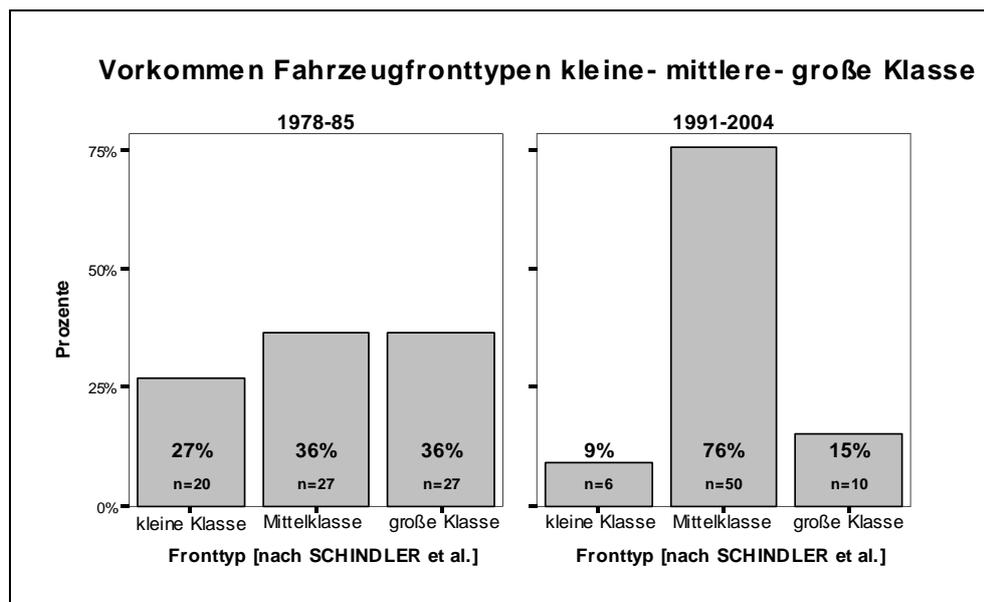


Abbildung 12: Vorkommen Fahrzeugfronttypen kleine- mittlere- große Klasse (nach SCHINDLER et al. [2004])- Vergleich beide Zeiträume

### 5.1.8 Kollisionsgeschwindigkeiten

Anhand der Aktenangaben wurde eine Einteilung der Kollisionsgeschwindigkeit in drei Gruppen vorgenommen: <30 km/h, 30-50 km/h und >50 km/h. Da sich die meisten der erfassten Unfälle auf den städtischen Straßen Berlins ereignet hatten, war das zugehörige Kollektiv zur Gruppe mit Kollisionsgeschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/h das zahlenmäßig größte (s. Tabelle 2). Die bei Geschwindigkeiten unter 30 km/h erfolgten tödlichen Kollisionen geschahen bei Abbiegevorgängen, im Stop- and- go- Verkehr oder durch ein Fehlverhalten des Fußgängers, welcher beim Anblick des nahenden Pkw am Straßenrand oder auf der Mitte der Fahrbahn stehen blieb, woraufhin das zuvor abgebremste Fahrzeug erneut beschleunigte und den nun doch loslaufenden Fußgänger mit einer geringeren Geschwindigkeit erfasste.

		Unfallzeitraum			
		1978-85		1991-2004	
		Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Kollisionsgeschwindigkeit	< 30 km/h	4	5,4%	3	5,0%
	30-50 km/h	65	87,8%	51	85,0%
	> 50 km/h	5	6,8%	6	10,0%
	Gesamt	74	100,0%	60	100,0%

Tabelle 2: Kollisionsgeschwindigkeiten- Vergleich beide Zeiträume

### 5.1.9 Überlebenszeiten

Die verschiedenen Intervalle vom Zeitpunkt der Kollision bis zum Tod des verunglückten Fußgängers wurden in vier Gruppen (< 1 Std., bis zu 24 Std., bis zu 21 Tagen und länger als 21 Tage) eingeteilt. Hier konnte im Gesamtüberblick der untersuchten Zeiträume eine Zunahme der bis zu 24stündigen Überlebenszeiten von 12% auf 32% neben einer Abnahme der längeren Überlebenszeiten von 47% auf 30% für Überlebenszeiten zwischen einem und 21 Tagen sowie von 23% auf 17% für Überlebenszeiten von mehr als 21 Tagen im „neuen“ Zeitraum registriert werden (s. Abbildung 13). Die Prozentsätze der innerhalb der ersten Stunde nach Kollision Getöteten zeigt mit 18% zu 22% keine größere Variation.

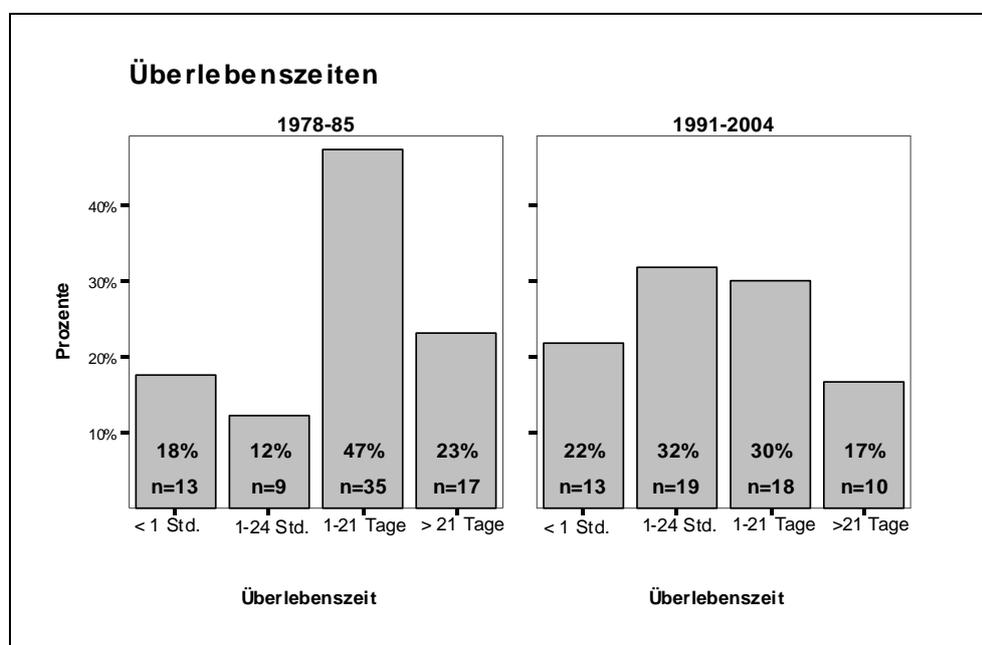


Abbildung 13: Überlebenszeiten- Vergleich beide Zeiträume

#### 5.1.9.1 Überlebenszeiten in verschiedenen Altersgruppen

Es erfolgte zusätzlich die gesonderte Betrachtung der jüngeren, mittleren und älteren Gruppe von Fußgängern. In dem bis zu 35jährigen, wie auch in dem über 65jährigen Kollektiv zeigte sich eine Zunahme der Überlebenszeiten unter 24 Stunden im „neuen“ Zeitraum neben spärlicher auftretenden längeren Überlebenszeiten. Ebenfalls erlagen Fußgänger im Alter von 36 bis 65 Jahren öfter in den ersten 24 Stunden nach Unfallgeschehen ihren Verletzungen. Nur war hier gegensätzlich ein selteneres Auftreten von sofortigen Todeseintritten, d.h. innerhalb der ersten Stunde

nach Unfallereignis zu erkennen, was in dem jungen (< 35 Jahre alt) und alten (über 65 Jahre alt) Kollektiv gleichsinnig häufiger auftrat (s. Abbildungen 14, 15, 16).

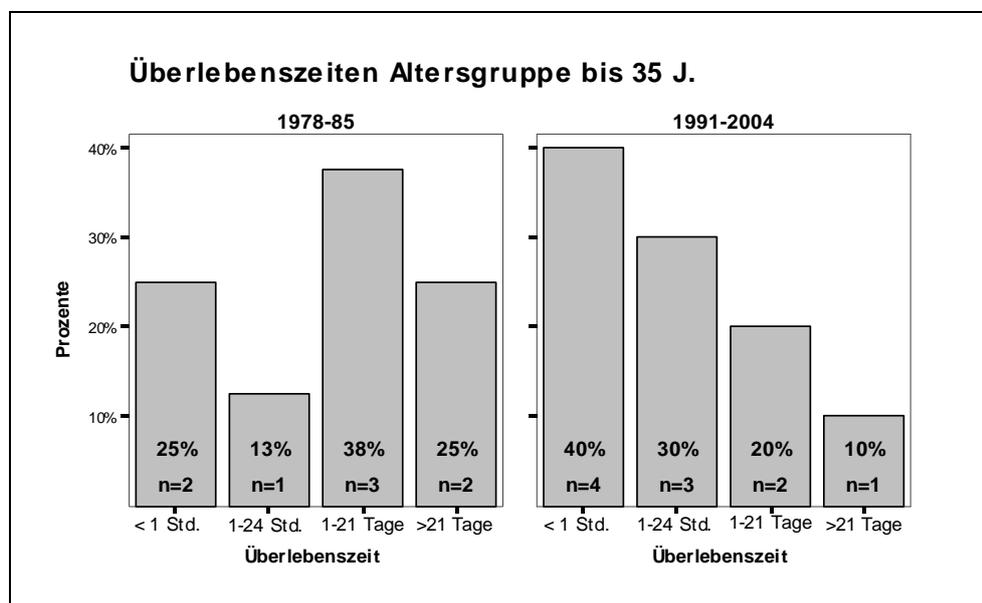


Abbildung 14: Überlebenszeiten in der Altersgruppe der bis zu 35-jährigen

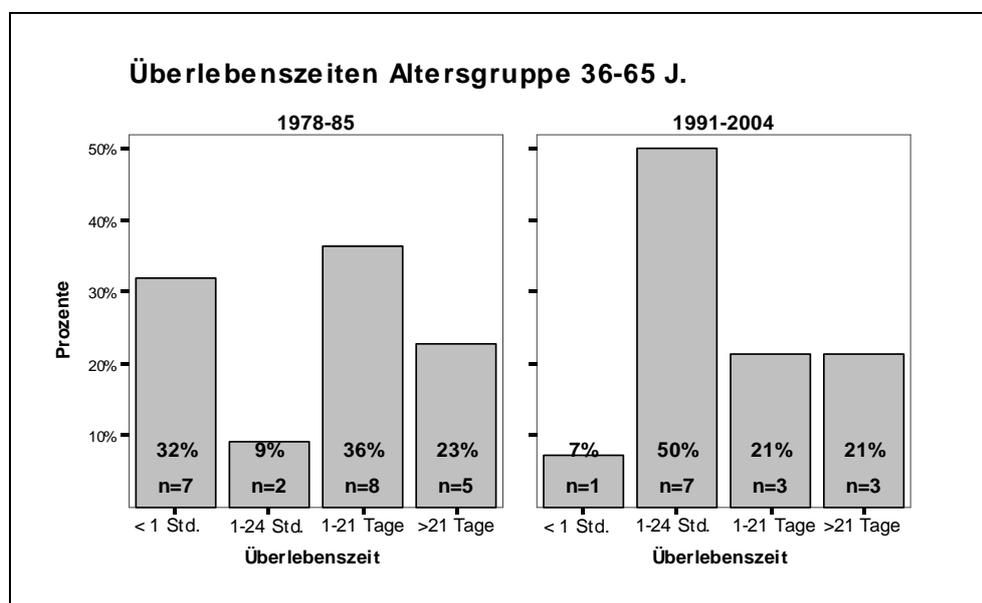


Abbildung 15: Überlebenszeiten in der Altersgruppe der 36- bis 65-jährigen

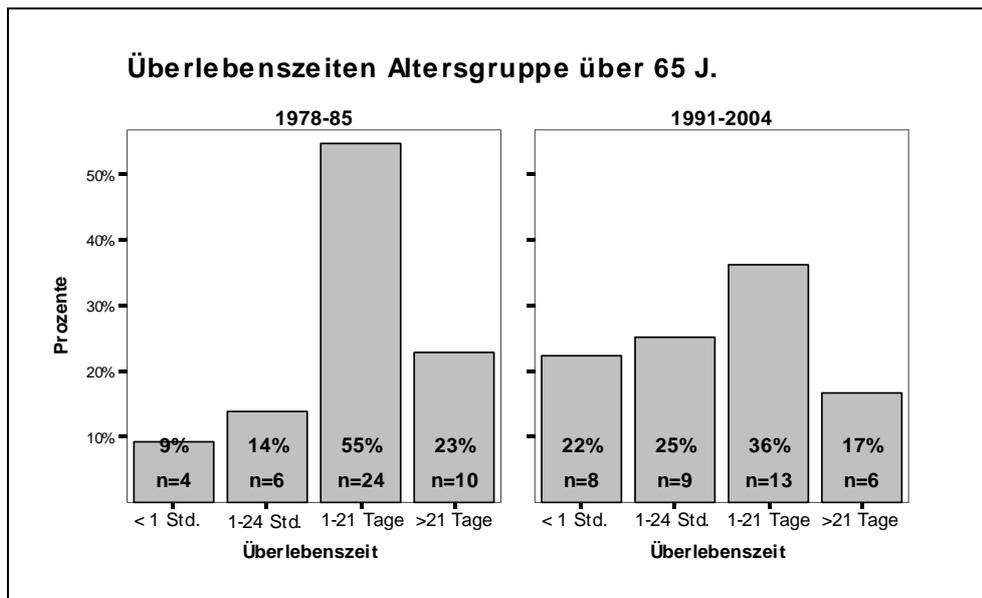


Abbildung 16: Überlebenszeiten in der Altersgruppe der über 65-jährigen

### 5.1.9.2 Überlebenszeiten bei Kollisionen mit verschiedenen Fahrzeugfronttypen

Ebenso wie bei Untersuchung der Todesursachen wurde eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Fronttypklassen mit der Frage nach unterschiedlich langen Überlebenszeiten vorgenommen. Hier zeigte sich in allen drei Klassen eine Zunahme der kürzeren Zeiten des Überlebens (1 bis 24 Stunden) im „neuen“ Zeitraum, wobei es bei Kollisionen mit Mittelklassefahrzeugen zusätzlich zum häufigeren Auftreten von sehr kurzen Überlebenszeiten (unter 1 Stunde) kam. Bei Fahrzeugen der kleinen Klasse wurden Fälle mit weniger als einer Stunde Zeit des Überlebens seltener, in der großen Klasse gleich oft wie im „alten“ Zeitraum beobachtet (s. Abbildungen 17, 18, 19).

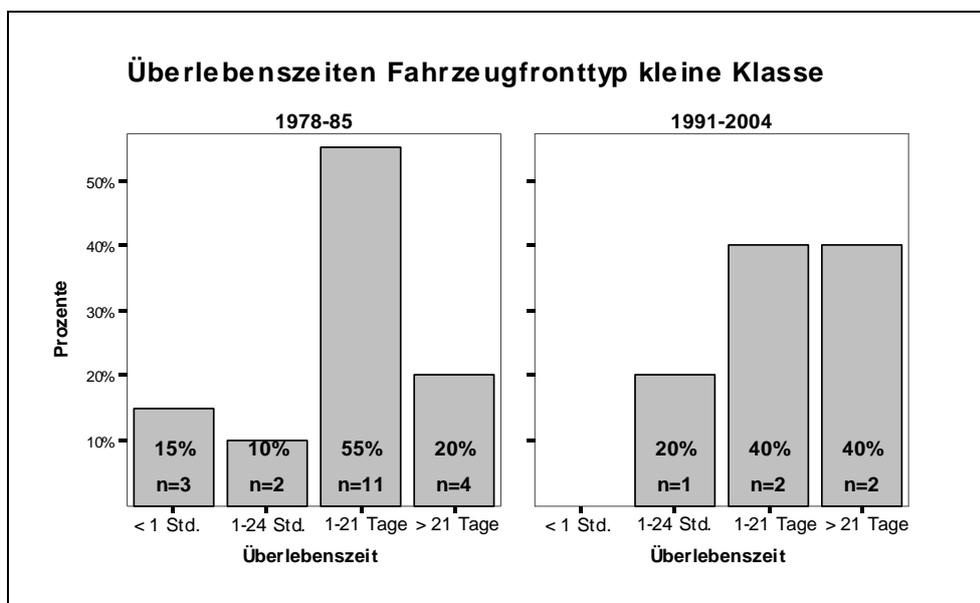


Abbildung 17: Überlebenszeiten bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse

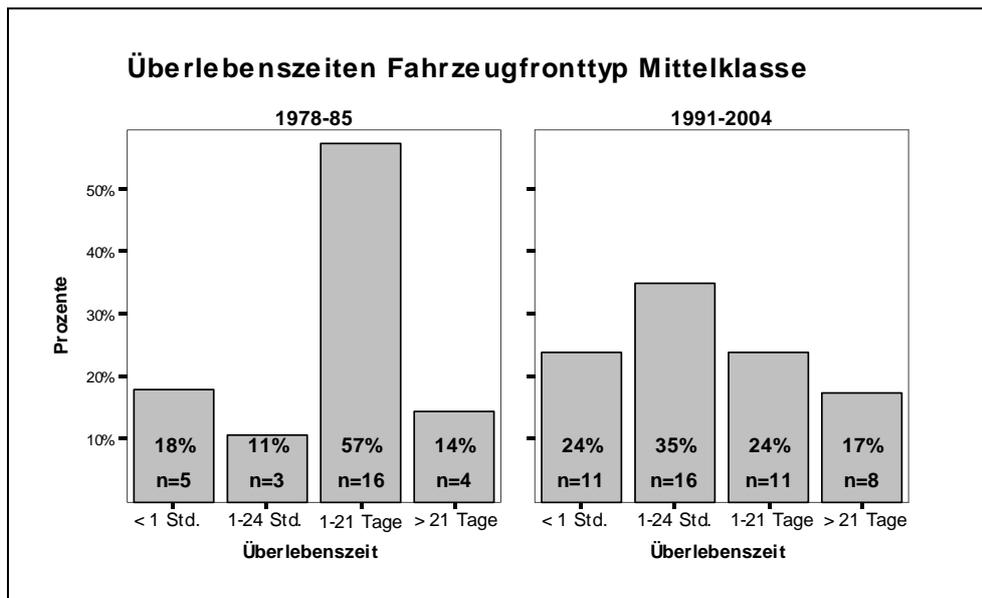


Abbildung 18: Überlebenszeiten bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse

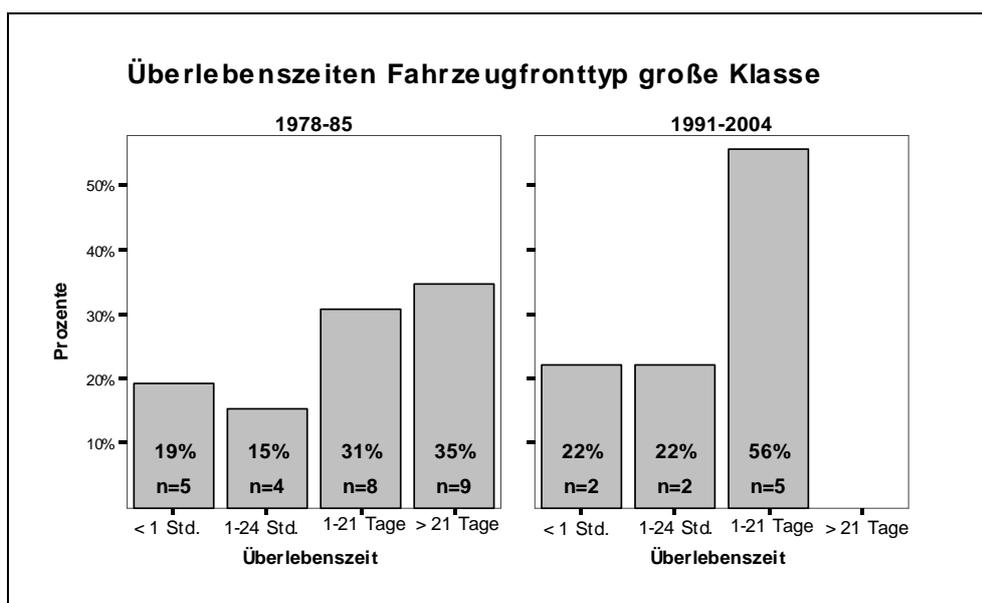


Abbildung 19: Überlebenszeiten bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse

### 5.1.10 Todesursachen

Die Todesursachen wurden aus den Sektionsprotokollen übernommen und in sieben Gruppen eingeteilt. Es wurde zwischen Schädelhirntrauma, Polytrauma, hämorrhagischem Schock und Decapitation bzw. Enthirnung als unmittelbare Todesursachen und Pneumonie, Lungenarterienembolie und andere (z.B. Herzinsuffizienz, Apoplex, Sepsis) als mittelbare Todesursachen unterschieden. In den folgenden graphischen Darstellungen wurden unterschiedliche Säulenfarben zur Unterscheidung zwischen mittelbaren und unmittelbaren Todesursachen verwendet.

Hier zeigte sich im „alten“ Zeitraum das Schädelhirntrauma mit 35% als häufigste Ursache. Im „neuen“ Zeitraum hingegen war es öfter zum Tod durch Polytrauma mit 37% gekommen (s. Abbildung 20).

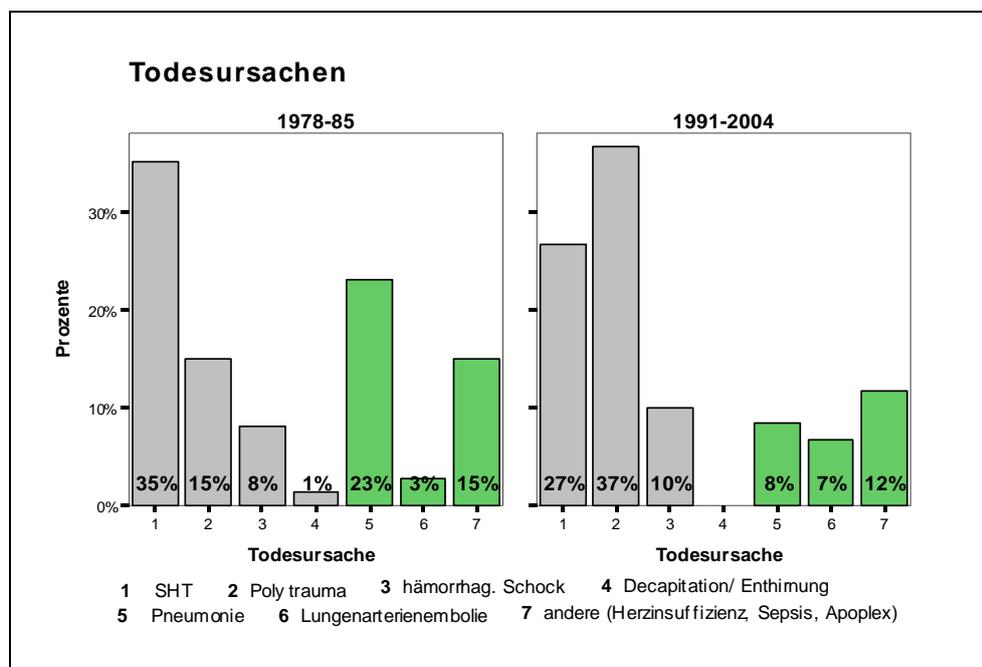


Abbildung 20: Todesursachen- Vergleich beide Zeiträume

#### 5.1.10.1 Todesursachen in verschiedenen Altersgruppen

Um einen eventuellen Einfluss des Alters der Fußgänger auf die Todesursachen nicht zu vernachlässigen, erfolgte eine Gliederung des Gesamtkollektivs in drei Altersgruppen (bis 35 Jahre, 36 bis 65 Jahre, über 65 Jahre alt) und die jeweilige Betrachtung beider Zeiträume im Vergleich. Hier zeigte sich für alle Altersstufen ein identischer Trend in Richtung Abnahme des Schädelhirntraumas und Zunahme des Polytraumas als Todesursache Nummer eins (s. Abbildungen 21, 22, 23). Zusätzlich

wurden Pneumonien als mittelbare Todesursachen im „neuen“ Zeitraum seltener beobachtet. In der Gruppe der unter 35jährigen und über 65jährigen Fußgänger ist des Weiteren eine Abnahme der mittelbaren Todesursachen wie Pneumonie, Lungenarterienembolie und anderen Komplikationen um 28% bzw. 18% im „neuen“ Zeitraum zu verzeichnen.

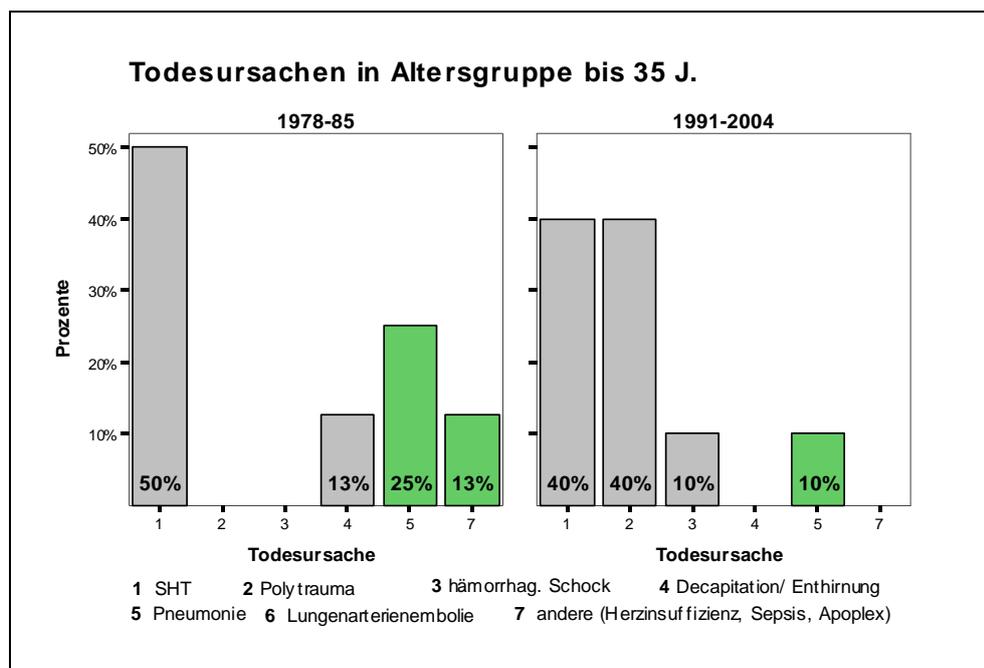


Abbildung 21: Todesursachen in der Altersgruppe der bis 35-jährigen

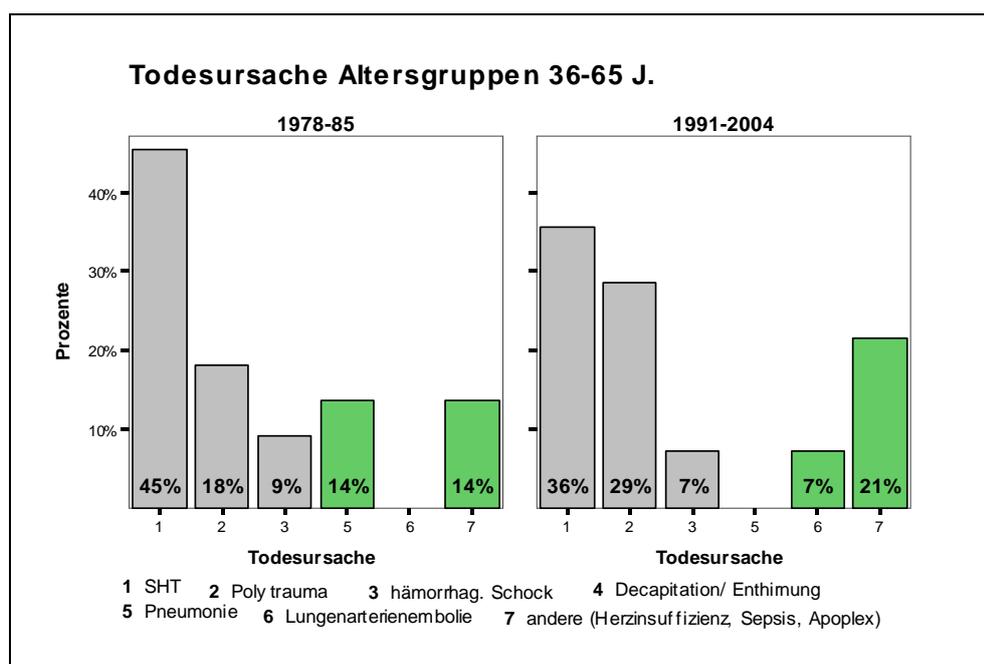


Abbildung 22: Todesursachen in der Altersgruppe der 36- bis 65-jährigen

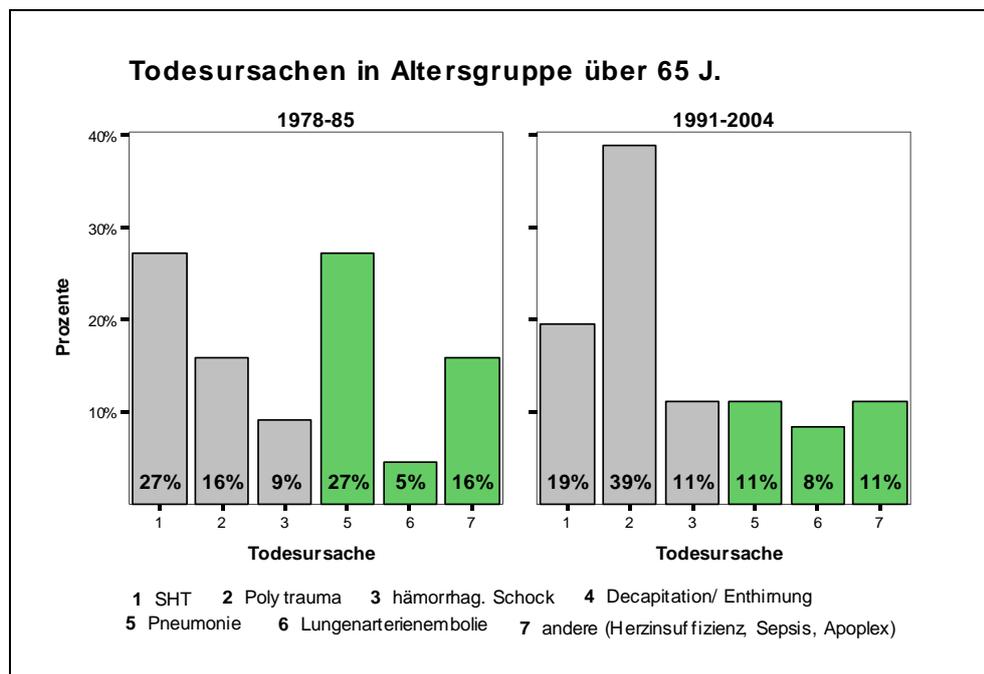


Abbildung 23: Todesursachen in der Altersgruppe der über 65-jährigen

### 5.1.10.2 Todesursachen bei Kollisionen mit verschiedenen Fahrzeugfronttypen

Zur Beantwortung der Frage, ob sich die unmittelbaren Todesursachen bei Kollisionen mit verschiedenen Fahrzeugfronttypen unterscheiden, wurde eine gesonderte Betrachtung für jede Fronttypklasse, wieder im Vergleich der beiden bearbeiteten Zeiträume, vorgenommen. Hier zeigte sich bei Fahrzeugen der Mittelklasse und der großen Klasse eine Abnahme der Auftrittshäufigkeit des Schädelhirntraumas zugunsten des Polytraumas, was natürlich mit einem häufigeren Auftreten des hämorrhagischen Schocks einhergeht. Nur in der Gruppe der kleinen Klasse-Fahrzeuge war ein Anstieg der Schädelhirntraumen von 36% im „alten“ Zeitraum auf 50% im „neuen“ Zeitraum neben öfter auftretenden Polytraumen zu verzeichnen (s. Abbildungen 24, 25, 26).

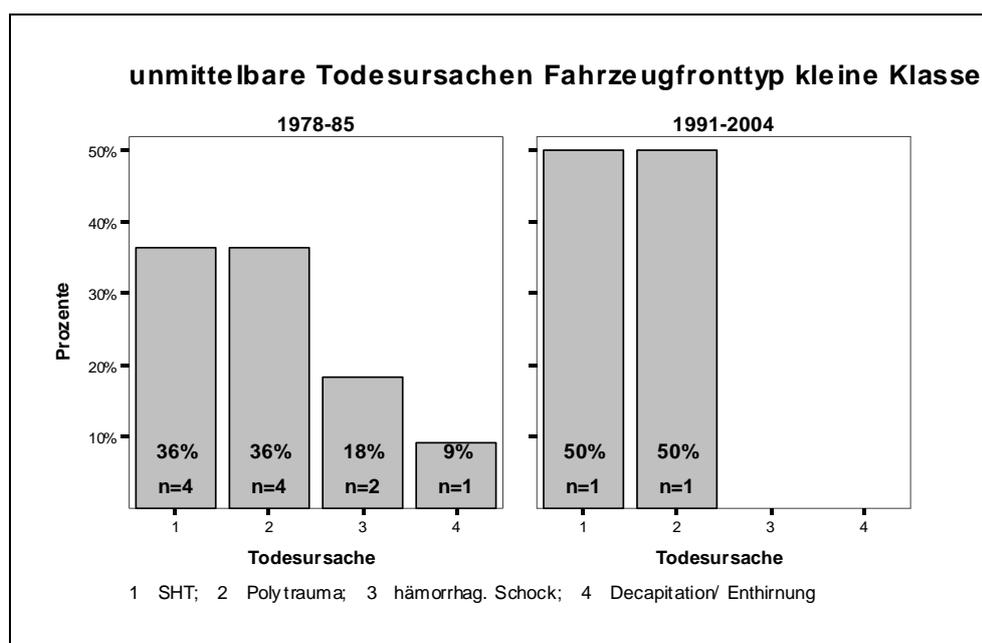


Abbildung 24: Unmittelbare Todesursachen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse

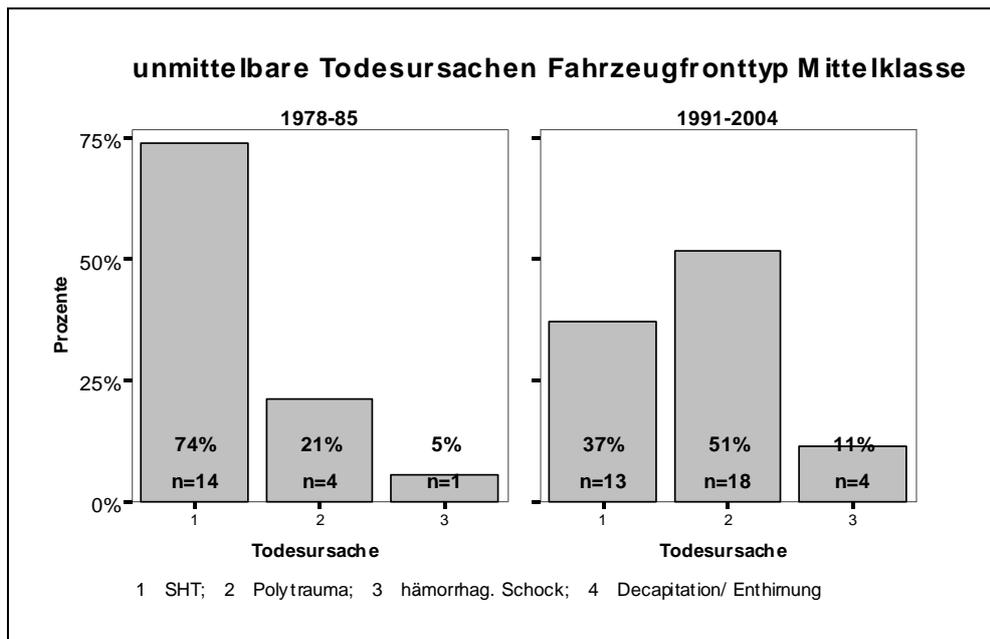


Abbildung 25: Unmittelbare Todesursachen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse

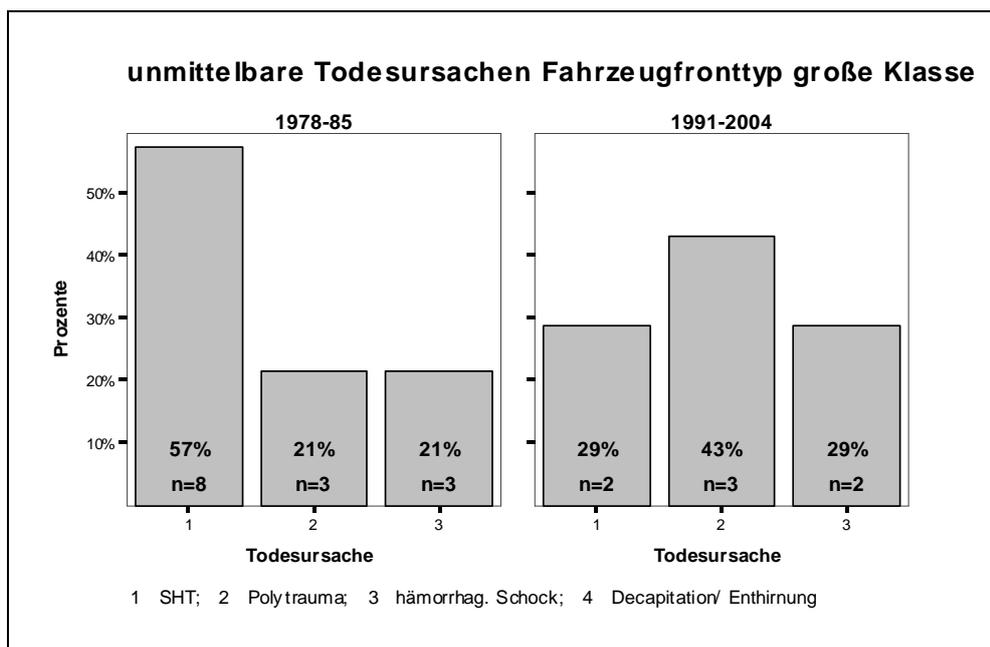


Abbildung 26: Unmittelbare Todesursachen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse

## 6 Analyse einzelner Verletzungsformen

### 6.1 Verletzungsbilder

Um die dieser Arbeit zugrunde liegende Frage nach veränderten Verletzungsmustern bei Fußgänger-PKW-Kollisionen beantworten zu können, wurden retrospektiv insgesamt 134 Obduktionsbefunde ausgewertet. Deshalb kann die vorliegende Fragestellung nur im Hinblick auf tödlich endende Unfälle beantwortet werden. Weiterhin muß bei starker Abhängigkeit der vorhandenen Ergebnisse von der Qualität des Ausgangsmaterials (Güte und Ausführlichkeit der Protokolle) von einer eingeschränkten Aussagekraft ausgegangen werden.

Es erfolgte eine Betrachtung zweier Zeiträume, welche sich bei ähnlicher Verteilung von Kollisionsgeschwindigkeit und Alter des Fußgängers im Wesentlichen nur durch die Form der beteiligten Unfallfahrzeuge unterschieden.

Zur genauen Darstellung wurden die jeweilig vorliegenden Verletzungen den fünf verschiedenen Körperregionen Kopf, Hals, Thorax, Abdomen und Becken/untere Extremität zugeordnet. Weiterhin wurden äußere Verletzungen wie Abschürfungen, Unterblutungen und Glassplitterverletzungen erfasst.

Zur Klassifizierung der Verletzungsmuster wurde jeder Verletzung aufgrund der anatomischen Schwere der gültige AIS90-Wert [„The Abbreviated Injury Scale, 1990 Revision.“] zugeordnet. Aus der Summe der Quadrate der drei am schwersten verletzten Körperregionen wurde, wie international klassifiziert und akzeptiert, für jeden Fall ein ISS (Injury Severity Score) berechnet. Nähere Angaben hierzu finden sich auf Seite 54.

Einen Überblick über den Trend des Auftretens der Verletzungen einzelner Körperregionen in Gegenüberstellung „alter“ - „neuer“ Zeitraum für die drei betrachteten Fahrzeugfronttypen gibt nachstehende Tabelle 3. Hier wurden alle Abweichungen der Prozentsätze des Auftretens der verschiedenen Verletzungen größer als 5% als Trend mit Pfeilen dargestellt. Je nachdem, ob eine Verletzung öfter oder weniger oft im Vergleich des „neuen“ mit dem „alten“ Zeitabschnitt vorkam, nach oben oder nach unten (s. Tabelle 1 im Tabellenverzeichnis).



<b>Verletzungen der Körperregionen</b>		
	<b>1978- 1985</b>	<b>1991-2004</b>
oberflächl. Kopfverletzungen	kleine Klasse/ Mittelklasse	große Klasse
Schädelfrakturen	Mittelklasse	Mittelklasse
intrakranielle Blutungen	kleine Klasse/ Mittelklasse	Mittelklasse
HWS- Frakturen	kleine Klasse/ Mittelklasse	Mittelklasse/ große Klasse
Thoraxverletzungen	kleine Klasse	Mittelklasse
Abdomenverletzungen	Mittelklasse/ große Klasse	Mittelklasse/ große Klasse
Beckenfrakturen	Mittelklasse/ große Klasse	kleine Klasse/ große Klasse
Oberschenkelfrakturen	große Klasse	große Klasse
Unterschenkelfrakturen	kleine Klasse/ große Klasse	kleine Klasse/ Mittelklasse

Tabelle 4: Verletzungen der einzelnen Körperregionen mit jeweils am häufigsten verursachendem Fronttyp-Vergleich beide Zeiträume

In nachfolgenden Abschnitten finden sich detaillierte Angaben zu Verletzungen der anatomischen Regionen. Die formulierten Aussagen beziehen sich immer auf den Vergleich des „neuen“ Zeitraumes mit dem „alten“ Zeitraum für die verschiedenen Fahrzeugfronttypen und basieren auf den erhobenen Daten, welche im Anhang im Tabellenverzeichnis aufgelistet sind. Einige Zellen dieser Tabellen wurden farbig unterlegt. Eine rote Unterlegung zeigt eine Zunahme des Auftretens einer Verletzung innerhalb einer Fahrzeugklasse um 5% und mehr im Vergleich der beiden Zeiträume. Dementsprechend spricht eine grüne Unterlegung für eine Abnahme des Auftretens einer Verletzung innerhalb einer Fahrzeugklasse um 5% und mehr im Vergleich der beiden Zeiträume. Ergab sich im Vergleich der Zeitabschnitte eine geringere Differenz als 5%, wurde die Zelle nicht farbig unterlegt.

## **6.1.1 Kopfverletzungen**

Es wurde eine Differenzierung in äußerliche Verletzungen, wie Unterblutungen, Rissquetschwunden der Kopfschwarte und Kopfschwartenzerreißen einerseits sowie innere Kopfverletzungen andererseits vorgenommen. Als innere Verletzungen wurden Schädelfrakturen, intrakranielle Blutungen sowie traumatisch bedingte Veränderungen des Hirnparenchyms aufgenommen.

### **6.1.1.1 Oberflächliche Verletzungen**

Bei der isolierten Betrachtung des „alten“ Zeitraumes zeigen sich die oberflächlichen Kopfverletzungen des Öfteren durch Kleine-Klasse-Fahrzeuge mit 70% und mit 67,9% durch Mittelklassefahrzeuge verursacht. Aber mit 61,5% konnten diese Verletzungen auch nicht selten bei den Fahrzeugen der großen Klasse beobachtet werden. Im „neuen“ Zeitraum hingegen waren diese Verletzungen mit 88,9% vermehrt in der Gruppe der großen Klasse anzutreffen. Eine Auflistung der zugrunde liegenden Daten findet sich im Tabellenverzeichnis in Tabelle 2.

Betrachtet man die oberflächlichen Verletzungen des Kopfes in ihrer Gesamtheit (d.h. ohne oben beschriebene Unterteilung in Unterblutungen, Zerreißen oder Rissquetschwunden), kann man für die Fahrzeuge der kleinen Klasse einen abnehmenden Trend beim Vergleich des „neuen“ mit dem „alten“ Zeitraum um 70% feststellen. Bei den Mittelklassefahrzeugen zeigt sich mit 67,9% „alt“ und 67,4% „neu“ keine so deutliche Differenz. In der Fronttypkategorie große Klasse ist mit 61,5% im früheren im Gegensatz zu 88,9% im aktuelleren Zeitraum eine Zunahme des Trends in Richtung vermehrterem Auftreten oberflächlicher Kopfverletzungen zu erfassen.

Prüft man Unterblutungen der Kopfschwarte, welche sich im „alten“ Zeitraum mit 70%-igem Auftreten besonders in der kleinen Klasse und im „neuen“ Zeitraum mit 77,8% besonders in der großen Klasse präsentierten, gesondert, zeigt sich außer in der Fronttypgruppe große Klasse (Zunahme um 27,8%) eine Abnahme des Auftretens um 70% in der kleinen Klasse und 7,8% in der Mittelklasse.

Ein ähnliches Bild (mit für den Fußgänger günstigem Trend in den Gruppen kleine und mittlere Klasse im „neuen“ Zeitraum) zeigt sich für Rissquetschwunden der Kopfhaut. Fußgänger, welche mit Kleine-Klasse-Fahrzeugen kollidiert waren, hatten im aktuelleren Untersuchungszeitraum bis zu 10% weniger oft eine Rissquetschwunde. Bei Kollisionen mit Mittelklassefahrzeugen, welche im „älteren“ Zeitraum mit 39,3% oftmals zu diesen Verletzungen führten, traten diese um bis zu

19,7% seltener auf. Wohingegen Pkw der großen Klasse im „neuen“ Zeitraum zu 14,1% öfter zu Rissquetschwunden im Kopfbereich führten.

Im „älteren“ Zeitraum konnte ein Auftreten der Rissquetschwunden der Kopfhaut mit 39,3% am deutlichsten im Kollektiv der mit einem Mittelklassewagen kollidierten Fußgänger gezeigt werden.

Auch bei den Zerreißen der Kopfschwarte schnitt die große Fahrzeugklasse mit einer Zunahme um 7,2% von 3,8% im „alten“ Zeitraum auf 11,1% im „neuen“ Zeitraum am schlechtesten im Vergleich der Fronttypklassen ab. Aber auch bei Unfällen mit Mittelklasse-Pkw zeigte sich ein Zuwachs von 5,1% der Kopfschwartenzerreißen. In der Gruppe der kleinen Fahrzeuge traten diese Verletzungen im „alten“ als auch im „neuen“ Zeitraum nicht auf.

Zusammenfassend kann man vom Fronttyp kleine Klasse als fußgängerfreundlichstem Typ hinsichtlich oberflächlicher Kopfverletzungen im „neuen“ Zeitraum sprechen. In der Mittelklasse kann bis auf einen Zuwachs der Kopfschwartenzerreißen von einem Rückgang der Kopfverletzungen im Vergleich der untersuchten Zeiträume ausgegangen werden. Lediglich bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse ist eine Zunahme aller äußerlichen Verletzungen im Bereich des Kopfes innerhalb des „neueren“ Zeitraumes zu erkennen (s. Tabelle 5).

<b>Oberflächliche Kopfverletzungen</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
Kopfschwartenunterblutung.	↓ ↓ ↓	↓	↑ ↑
Rissquetschwunden	↓	↓	↑
Kopfschwartenzerreißen	=	↑	↑
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 5: Oberflächliche Kopfverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

### **6.1.1.2 Schädelfrakturen**

Im Einzelnen wurden linienförmige Frakturen der Kalotte, Globusbrüche, Kalottenertrümmerungen, Schädelbasisfrakturen und Frakturen des Gesichtsschädels betrachtet. In Tabelle 3 des Tabellenverzeichnisses finden sich die detaillierten Angaben zu den einzelnen Werten der Schädelfrakturen.

Im „alten“ Zeitraum waren die Schädelfrakturen mit 53,6% und mit 43,5% im „neuen“ Zeitraum auffallend oft in der Gruppe der Unfälle mit Mittelklassefahrzeugen nachzuweisen.

Insgesamt war in allen drei Fahrzeugfronttypklassen ein Rückgang der Schädelfrakturen im Vergleich des „alten“ zum „neuen“ Zeitraum zu erkennen (s. Tabelle 3).

In der Fronttypgruppe der kleinen Klasse war eine Abnahme aller genannten Schädelfrakturformen (linienförmige Frakturen der Kalotte, Globusbrüche, Kalottenertrümmerungen, Schädelbasisfrakturen und Frakturen des Gesichtsschädels) von 5% bis 30% zu verzeichnen.

In der Gruppe der Mittelklassenfahrzeuge traten bis zu 8,4% weniger linienförmige Kalottenfrakturen und bis zu 12,1% weniger Kalottenertrümmerungen im Gegensatz zu früher auf. Schädelbasisfrakturen und Frakturen des Gesichtsschädels konnten in dieser Kategorie mit etwa 25% und etwa 9% weder vermehrt noch vermindert im Vergleich mit dem „alten“ Zeitraum nachgewiesen werden. Einzig der Globusbruch des Schädeldaches trat mit 21,7% zu 7,4% öfter auf.

Der ungünstigste Trend für den Kopf des Fußgängers erwies die Frontform große Klasse. Hier war ein Anstieg des Auftretens der Globusbrüche von 0% auf 11,1%, der Zertrümmerungen von 3,8% auf 11,1% und der Gesichtsschädelfrakturen von 3,8% auf 22,2% ersichtlich. Jedoch waren die linienförmigen Kalottenfrakturen und die Schädelbasisfrakturen um etwa 30% bzw. 8,6% seltener als im „alten“ Zeitraum vertreten.

Tabelle 6 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die tendenzielle Entwicklung der einzelnen Frakturformen des Schädels in der Gegenüberstellung des „alten“ und des „neuen“ Zeitraumes für die Fahrzeugfronttypen kleine Klasse, mittlere Klasse und große Klasse.

<b>Schädelfrakturen</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
linienförm. Kalottenfraktur	↓	↓	↓ ↓
Globusbruch	↓	↑	↑
Zertrümmerung Kalotte	↓	↓	↑
Schädelbasisfraktur	↓ ↓	=	=
Gesichtsschädelfraktur	↓	=	↑
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 6: Schädelfrakturen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

### 6.1.1.3 Intrakranielle Blutungen

Bei den Hirnblutungen wurden Einteilungen in Epidural-, Subdural-, Subarachnoidal- sowie Markblutungen getroffen. Auch Hirnstammlutungen wurden gesondert erfasst. Für einen Überblick über die genauen Werte der intrakraniellen Blutungen siehe auch Tabelle 4 im Tabellenverzeichnis.

Epiduralblutungen waren nur sehr selten vorhanden, sodass sich hier keine Tendenzen beim Vergleich der Zeiträume, und auch kein vorherrschendes Auftreten in einer Klasse für die einzelnen Fronttypen erkennen ließ.

In der kleinen Klasse zeigte sich mit der Abnahme der Subdural-, Subarachnoidal- und Markblutungen um 15%, 30% und 5% im „neuen“ Zeitraum abermals ein günstiger Trend für den Fußgänger.

Ebenso konnte in dem von Mittelklassefahrzeugen angefahrenen Fußgängerkollektiv ein selteneres Auftreten von Subarachnoidal- (mit 42,9% „alt“ gegenüber 37% „neu“) und Markblutungen (mit 17,9% „alt“ gegenüber 4,3% „neu“) beobachtet werden.

In der Kategorie der großen Klasse zeigte sich ein vermindertes Vorkommen von Subdural- und Subarachnoidalblutungen um 8,6%, bei gleichzeitig vermehrtem Auftreten von Mark- und Hirnstammlutungen, wobei die Markblutungen zu 18,4% und die Stammlutungen zu 7,3% häufiger auftraten.

Nachfolgende Auflistung gibt eine Zusammenfassung der Trendentwicklung der Hirnblutungen wieder.

### Intrakranielle Blutungen

Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum

	kleine Klasse	Mittelklasse	große Klasse
Epiduralblutung.	=	=	=
Subduralblutung.	↓	=	↓
Subarachnoidalblutung.	↓ ↓	↓	↓
Markblutung.	↓	↓	↑
Hirnstamtblutung.	=	=	↑

Differenz d. Prozentsätze < 5%

=

Differenz d. Prozentsätze = 5-25%

ein Pfeil

Differenz d. Prozentsätze = 26-50%

zwei Pfeile

Differenz d. Prozentsätze > 50%

drei Pfeile

Tabelle 7: Intrakranielle Blutungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

## 6.1.2 Verletzungen der Halswirbelsäule

Es wurden Unterblutungen der Halsweichteile und Frakturen der Halswirbelsäule untersucht. Folgende Angaben beziehen sich auf die in Tabelle 5 des Tabellenverzeichnisses dargestellten Werte.

### 6.1.2.1 Frakturen der HWS

Im „alten“ untersuchten Zeitabschnitt traten die Frakturen der Halswirbelsäule mit jeweils 25% in der kleinen und in der mittleren Klasse vermehrt auf. Aber im aktuelleren Zeitraum zeigte sich ein vermehrtes Auftreten mit 22,2% in der großen Klasse, welche auch als einzige eine Zunahme um 6,8% im Vergleich beider Zeiträume erkennen ließ.

Tendenziell zeigte sich in der kleinen und mittleren Klasse ein abnehmender Trend, am deutlichsten für die Pkw des kleinen Typs um 25%, wie in nachstehender Tabelle 8 aufgeführt.

### 6.1.2.2 Unterblutungen der Halsweichteile

Die Unterblutungen der Weichteile des Halses waren mit 20% in der kleinen und mit 17,9% in der mittleren Klasse am deutlichsten in der „älteren“ Epoche nachzuweisen. Aktuell imponierte jedoch die große Klasse mit einem Anstieg um 17,9% auf 33,3% als diejenige Klasse mit dem häufigsten Auftreten dieser Pathologien.

Auch in der Gruppe der Fahrzeuge mit Charakteristika des mittleren Typs war ein Anstieg der Halsweichteilunterblutungen um 10,4% ersichtlich.

<b>Halsverletzungen</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
HWS- Frakturen	↓	↓	↑
Weichteilunterblutung.	↓	↑	↑
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 8: Halsverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

## **6.1.3 Thoraxverletzungen**

### **6.1.3.1 Rippenserienfrakturen**

Bei der Untersuchung der Rippenserienfrakturen musste nicht nur auf ein eventuelles Vorhandensein, sondern auch auf die Ätiologie der Verletzung geachtet werden. So wurden alle Fälle mit Vorhandensein von Serienfrakturen gesondert unter der Fragestellung ihrer Herkunft betrachtet und solche mit reanimationsbedingten Frakturen in weiteren Untersuchungen nicht weiter beachtet. Die anfahrbedingten Rippenserienfrakturen traten im „neuen“ Zeitraum mit 67,4% vermehrt im Kollektiv der von Mittelklassefahrzeugen angefahrenen Fußgänger auf. In der Gruppe der kleinen Klasse erlitten 60% und in der Gruppe der großen Klasse 55,6% der Fußgänger Rippenserienfrakturen als Anfahrverletzung. Anders verhielt es sich im „alten“ Zeitraum. Hier war die kleine Klasse mit 80%-igem Auftreten von Serienbrüchen der Thoraxwand führend, gefolgt von 38,5% in der großen Klasse und 32,1% in der mittleren Klasse.

Tendenziell war im Kollektiv der Fälle, in welchen die Unfallfahrzeuge zur Gruppe der kleinen Klasse zählten, eine Abnahme des Auftretens von Rippenserienfrakturen um 20% ersichtlich. In den Fronttypkategorien mittlere und große Klasse zeigte sich jeweils ein Anstieg des Auftretens dieser Frakturen um 35,3% bzw. um 17,1%. (s. Tabelle 7 im Tabellenverzeichnis).

### **6.1.3.2 Herzbeutel-/ Aortenrupturen**

Die Herzbeutel- und Aortenrupturen traten im „alten“ Zeitraum lediglich mit 7,1% in der Klasse der mittleren Fahrzeuge auf. Im „neuen“ Zeitraum überwog mit 22,2% deren Vorkommen in der großen Fronttypklasse. Dementsprechend war in zuletzt genannter Klasse eine deutliche Zunahme dieser Verletzungen im „neuen“ Betrachtungszeitraum zu verzeichnen. (s. Tabelle 6 im Tabellenverzeichnis).

### **6.1.3.3 Lungenverletzungen**

Unter Lungenverletzungen wurden alle Verletzungen zusammengefasst, denen eine traumatisch bedingte Destruktion des Lungenparenchyms zu Grunde lag, wie z. B. Pneumothorax, Gewebszerreißen und Hämatothorax.

Beim Vergleich der 3 Fahrzeugklassen untereinander und der beiden Zeiträume miteinander konnte im „alten“ Zeitraum mit Werten von 11,5% bis 15,0% kein eindeutiger Unterschied in der Menge des Auftretens dieser Lungenverletzungen in

den drei Klassen gezeigt werden. Im „neuen“ Zeitraum hingegen traten -bei klarem Zuwachs in allen Klassen- diese Verletzungen in der Gruppe der Mittelklassefahrzeuge mit 21,7% am wenigsten oft und mit 40,0% vermehrt in der Gruppe der Kleine- Klasse- Fahrzeuge auf.

Bei zusammenfassender Betrachtung der Thoraxverletzungen fällt in der Gruppe mit Unfallfahrzeugen der großen Klasse eine Zunahme des Auftretens der Rippenserienfrakturen, der Aorten- und Herzbeutelrupturen und der Lungenverletzungen im „neuen“ gegenüber dem „alten“ Zeitraum auf.

In der Frontkategorie der Mittelklassefahrzeuge zeigte sich bei den Rippenserienfrakturen und den Lungenverletzungen ein Zuwachs, bei unverändert oft auftretenden Rupturen von Herzbeutel oder Aorta.

Bei den Kleine-Klasse-Fahrzeugen konnte erfreulicherweise sogar eine Abnahme der Rippenserienfrakturen beobachtet werden, wobei jedoch ein steiler Anstieg der Lungenverletzungen um 25% zu verzeichnen war (s.nachstehende Tabelle 9).

<b>Thoraxverletzungen</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
Rippenserienfrakturen	↓	↑ ↑	↑
Herzbeutel-/ Aortenrupturen	=	=	↑
Lungenverletzungen	↑	↑	↑
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 9: Thoraxverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

## 6.1.4 Abdomenverletzungen

### 6.1.4.1 Leberrupturen

Rupturen des Leberparenchyms stellten sich im „alten“ Zeitraum mit 7,1% der Fälle in der Gruppe der Mittelklassewagen am deutlichsten dar. Im „neuen“ Zeitraum hingegen waren sie in der großen Klasse mit 22,2% zu beobachten.

In der Fahrzeuggruppe der kleinen Klasse war beim Vergleich des „alten“ mit dem „neuen“ Zeitraum ein abnehmender Trend der Leberverletzungen um 5% zu erkennen. Im Unterschied dazu zeigte sich ein zunehmender Trend in der mittleren und großen Klasse mit einem Zuwachs von 8,1% bzw. 18,4%.

### 6.1.4.2 Milzrupturen

Milzrupturen konnten im früheren Beobachtungsabschnitt nur in der mittleren und großen Klasse registriert werden, wobei keine nennenswerte Differenz zwischen beiden Klassen (3,6% in der mittleren Klasse und 3,8% in der großen Klasse) aufzuführen war. Ähnlich verhielt es sich in den untersuchten Jahren 1991 bis 2004, wo zwar ein Anstieg in diesen genannten Fahrzeugklassen zu verzeichnen war, der aber mit 7,3% in beiden Kategorien zu wieder ähnlichen Werten führt. In der Gruppe der Kleinen-Klassen-Fahrzeuge konnten Milzrupturen weder im „alten“ noch im „neuen“ Zeitabschnitt beobachtet werden.

Zusammenfassend kann von einem Anstieg des Auftretens abdomineller Verletzungen bei Fußgängern, die mit Fahrzeugen der mittleren oder großen Klasse kollidierten, ausgegangen werden (s. Tabelle 10).

<b>Abdomenverletzungen</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
Leberrupturen	↓	↑	↑
Milzrupturen	=	↑	↑
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 10: Abdomenverletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

### **6.1.5 Verletzungen der unteren Extremität**

Die Aussagen basieren auf den in Tabelle 9 des Tabellenverzeichnisses aufgeführten Daten.

#### **6.1.5.1 Beckenfrakturen**

Die Beckenfrakturen traten im „alten“ Zeitraum mit 46,4% in der Gruppe der Mittelklassefahrzeuge und mit 46,2% in der Gruppe der Große-Klasse-Fahrzeuge gleich oft auf. In Fällen, in denen es zu einer Kollision mit Fahrzeugen der kleinen Klasse gekommen war, konnten bei 15,0% der Verunglückten Frakturen des knöchernen Beckens nachgewiesen werden.

Untersucht man nun den „neuen“ Zeitabschnitt, fällt mit einem 60%-igem Auftreten die kleine Klasse als Führende in Sachen Beckenbrüchen auf, gefolgt von der großen und der mittleren Klasse mit 55,6% bzw. 54,3%.

Folgendermaßen ist in allen Fahrzeugfrontklassen ein Anstieg der Beckenfrakturen zu erkennen, am deutlichsten jedoch in der kleinen Klasse mit einem Zuwachs von 45% (s. nachfolgende Tabelle 11).

#### **6.1.5.2 Oberschenkelfrakturen**

Mit 30,8% waren Frakturen des Femurs im „alten“ Untersuchungszeitraum und mit 22,2% im „neueren“ Zeitraum vermehrt in der großen Fahrzeugklasse anzutreffen. In der kleinen Klasse zeigte sich im Abschnitt der Jahre 1991 bis 2004 keine einzige Oberschenkelfraktur.

Tendenziell konnte eine Abnahme des Auftretens der Oberschenkelfrakturen in allen Fahrzeugfronttypklassen ähnlich (um etwa 10%) erkannt werden (s. nachfolgende Tabelle 11).

#### **6.1.5.3 Unterschenkelfrakturen**

Dass die Frakturen des Unterschenkels eine oft auftretende Verletzung des angefahrenen Fußgängers sind, konnte mit 70%-igem Auftreten in der kleinen Pkw-Klasse und 69,2%-igem Auftreten in der großen Frontklasse im „älteren“ Zeitabschnitt gezeigt werden. In der „neueren“ betrachteten Epoche fiel wiederum die kleine Klasse mit 60%-igem Vorkommen von Unterschenkelfrakturen auf. Gleichfalls war diese Verletzung in der Mittelklasse mit 60,9% im „neuen“ Zeitraum als oft zu verzeichnen.

Vergleicht man beide Zeiträume -in jeweiliger Frontklasse-, ist eine Abnahme der Unterschenkelfrakturen in der kleinen Klasse von 70% auf 60% und in der großen Klasse von 69,2% auf 33,3% zu erkennen. Einzig in der Mittelklasse zeigte sich eine Zunahme der Frakturen um 18%.

Die Entwicklungstendenzen der Frakturen der unteren Extremität darstellend wurde folgende Tabelle 11 eingefügt.

<b>Verletzungen untere Extremität</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
Beckenfrakturen	↑ ↑	↑	↑
Oberschenkelfrakturen	↓	↓	↓
Unterschenkelfrakturen	↓	↑	↓ ↓
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 11: Verletzungen untere Extremität- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

### **6.1.6 Äußere Verletzungen**

Die der folgenden Tabelle 12 zugrunde liegenden Daten sind dem Tabellenverzeichnis zu entnehmen.

Als äußerliche Verletzungen wurden das Decollement, Glassplitterverletzungen, Hautabschürfungen und oberflächliche Unterblutungen erfasst.

#### **6.1.6.1 Decollement**

Im „alten“ als auch im „neuen“ Beobachtungszeitraum trat das Decollement mit 42,9% gegenüber 41,3% bzw. 42,3% gegenüber 55,6% oft bei Unfällen mit Mittelklasse- und Große- Klasse- Fahrzeugen auf.

Tendenziell war im „neuen“ Zeitraum eine Zunahme der Ablederung in der kleinen Klasse mit 20% um 5% und in der großen Klasse um 13,3% zu erkennen.

#### **6.1.6.2 Glassplitterverletzungen**

Glassplitterverletzungen kamen im „alten“ Zeitraum nur bei Unfällen mit Fahrzeugen der kleinen (20,0%) und mittleren Klasse (7,1%) vor. Anders waren im „neuen“ Zeitraum nur Fußgänger durch Glassplitter verletzt worden, welche mit Fahrzeugen der Mittel- (6,5%) oder großen Klasse (22,2%) kollidiert waren.

In der Gruppe der Fußgänger, welche in einen Unfall mit einem Wagen der kleinen Klasse verwickelt waren, konnte eine Abnahme der aufgetretenen Glassplitterverletzungen gezeigt werden. In der Gruppe der mit einem Große-Klasse-Wagen kollidierten Fußgänger zeigte sich eine Zunahme dieser Verletzungen um 22,2%.

#### **6.1.6.3 Hautabschürfungen**

Diese oberflächlichen Verletzungen durch den Primäraufprall waren insgesamt in über der Hälfte der Fälle im „alten“ Zeitraum in allen drei Fahrzeugklassen anzutreffen, hier vermehrt in der großen Klasse mit 61,5% und mit 57,1% in der Mittelklasse. Im „neuen“ Zeitraum hingegen zeigte sich, außer in der Mittelklasse, eine abnehmende Entwicklung um 30% in der kleinen Klasse und 17,1% in der großen Klasse.

#### **6.1.6.4 Oberflächliche Unterblutungen**

Die Unterblutungen an Rumpf und Extremitäten waren in beiden Zeiträumen als auch in allen Fahrzeugfrontklassen die mit Abstand am häufigsten auftretende äußere

Verletzung (in allen Fronttypklassen über 80%). Auch hier war eine Entwicklung in Richtung selteneres Auftreten in der kleinen Klasse (80% im „alten“ und 40% im „neuen“ Zeitraum) und in der großen Klasse (84,6% im „alten“ gegenüber 77,8% im „neuen“ Zeitraum) zu erkennen.

Zusammenfassend kann man von einem abnehmenden Trend der äußeren Verletzungen, abgesehen von den Decollementverletzungen, in der kleinen Klasse sprechen. Bei Unfällen mit Mittelklassefahrzeugen ist weder eine zu- noch eine abnehmende Entwicklung erkennbar. In der großen Klasse konnte eine Zunahme der Decollements und Glassplitterverletzungen bei gleichzeitiger Abnahme der Hautabschürfungen und Unterblutungen beobachtet werden.

<b>Äußere Verletzungen</b>			
Trend Vergleich "alter" und "neuer" Zeitraum			
	<b>kleine Klasse</b>	<b>Mittelklasse</b>	<b>große Klasse</b>
Decollement	↑	=	↑
Glassplitterverltzg.	↓	=	↑
Hautabschürfungen	↓ ↓	=	↓
oberflächl. Unterblutungen	↓ ↓	=	↓
Differenz d. Prozentsätze < 5%	=		
Differenz d. Prozentsätze = 5-25%	ein Pfeil		
Differenz d. Prozentsätze = 26-50%	zwei Pfeile		
Differenz d. Prozentsätze > 50%	drei Pfeile		

Tabelle 12: Äußere Verletzungen- tendenzielle Entwicklung beim Vergleich beider Zeiträume

## 6.2 Traumascores

### 6.2.1 Abbreviated Injury Score

#### 6.2.1.1 Methode

Um eine Objektivierung und Vergleichbarkeit zwischen den Verletzungsbildern herstellen zu können, wurde den jeweils drei am schwersten verletzten Körperregionen (Einteilung: Kopf und Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Becken und untere Extremität) in allen Fällen ein sog. AIS-Wert zugeordnet, welcher eine Aussage über die anatomische Schwere einer Verletzung zulässt. Dementsprechend wurde jeder vorliegenden Verletzung ein Zahlenwert zwischen eins und fünf zugeordnet, wobei geringfügige Verletzungen den Wert eins, mittelmäßige Verletzungen den Wert zwei, ernsthafte Verletzungen den Wert drei, schwerwiegende Verletzungen den Wert vier und kritische Verletzungen der Wert fünf erhielten. Die Einteilung und Zuordnung der Zahlenwerte erfolgte anhand der „Abbreviated Injury Scale, 1990 Revision“.

Zur Veranschaulichung folgen einige Beispiele für jede Körperregion (s.Tabelle 13).

AIS90 Körperregion	1	2	3	4	5
<b>Kopf/ Hals</b>	Riß Kopfschwarte	linienförm. Fraktur	Globusfraktur Hirnkontusion	Trümmerbruch Blutg. intracerebral	Blutg. Hirnstamm
<b>Gesicht</b>	Fraktur Mandibula Fraktur Nasenbein	Fraktur Maxilla Fraktur Orbita	LeFort 3 Fraktur	-	-
<b>Thorax</b>	Hautverletzungen	Fraktur 2-3 Rippen Fraktur Sternum	RSF ohne Hämato- bzw. Pneumothorax	RSF mit Hämato- bzw. Pneumothorax	bds. instabiler Thorax Myokardperforation
<b>Abdomen</b>	Hautverletzungen	Kapselriß Milz (oberflächl.)	Riß Leber Milzruptur (ohne Hilus)	Leberruptur (<50%)	Leberruptur (>50%) + Ruptur große Gefäße
<b>Becken/ untere Extr.</b>	-	US-Fraktur (geschl.) Beckenfraktur (geschl.)	US-Fraktur (offen) Femurfraktur Beckenfraktur (offen)	Amputation über Knie	-

Tabelle 13: Beispiele AIS90-Werte für jede Körperregion

## 6.2.2 Injury Severity Score

### 6.2.2.1 Methode

Aus der Summe der Quadrate der drei höchsten AIS-Werte wurde ein ISS (Injury Severity Score) nach Angaben der Association for the Advancement of Automotive Medicine errechnet. Dieser konnte die Gesamtverletzungsschwere bei Mehrfachverletzten anhand einer Punktzahl mathematisch und somit objektiv wiedergeben.

In nachfolgender Abbildung (Abbildung 27) wird ein Vergleich beider Zeitabschnitte hinsichtlich Gesamtverletzungsschwere angestellt. Dabei wurde, wie auch in den folgenden Darstellungen, auf eine nach Altersgruppen differenzierte Betrachtung verzichtet, da in beiden Zeiträumen eine ähnliche Altersverteilung vorlag.

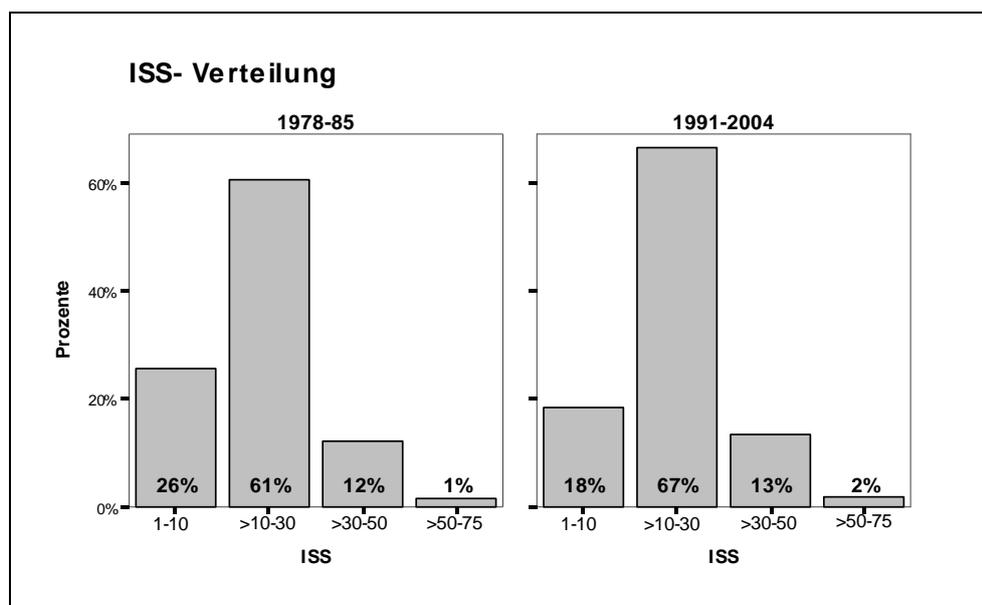


Abbildung 27: ISS-Verteilung- Vergleich beide Zeiträume

Im „alten“ wie auch im „neuen“ Beobachtungszeitraum erlitt der Großteil der Fußgänger geringfügige bis ernsthafte Verletzungen, d.h. 87% der Unfallopfer im „alten“ Zeitraum und 85% der im „neuen“ Zeitraum getöteten Fußgänger hatten durchschnittlich Verletzungen bis Schweregrad AIS3 in drei Körperregionen.

### 6.2.2.2 ISS-Verteilung der verschiedenen Fahrzeugfronttypen

Es zeigte sich in der mit Kleine-Klasse-Fahrzeugen kollidierten Fußgänger im „neuen“ Zeitraum eine Abnahme der leicht Verletzten bei gleichzeitiger Abnahme der Schwerstverletzten zugunsten der Unfallopfer mit einem ISS von größer 10 bis 30. Auch bei Unfällen mit Mittelklassefahrzeugen dominierte in beiden Zeitabschnitten die Gruppe der gering- bis schwer Verletzten, wobei im Abschnitt der Jahre 1991 bis 2004 eine Zunahme dieser um 20% verzeichnet werden konnte. Im Kollektiv der Fußgänger mit höheren Verletzungsschweregraden (ISS über 30 bis maximal 50) war eine Abnahme um 12% im Vergleich beider Zeiträume erkennbar (s. Abbildung 28).

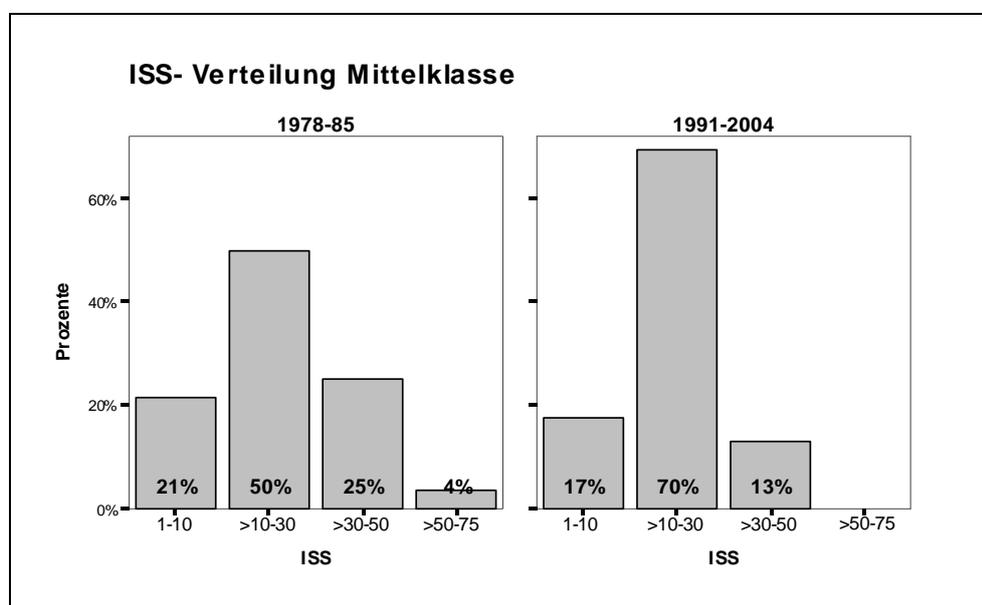


Abbildung 28: ISS-Verteilung bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse

Bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse wurden 96% der Fußgänger im „alten“ Zeitraum höchstens ernsthaft, also durchschnittlich mit einem AIS-Wert von 3 in drei Körperregionen, verletzt. Wohingegen im „neuen“ Zeitraum nur noch für 66% der Unfallopfer ein ISS von bis zu 30 vergeben werden konnte. Dafür war eine Zunahme der schwerer Verletzten von 4% auf 22% und der schwerst- bis tödlich Verletzten von 0% auf 11% nachweisbar (s. Abbildung 29).

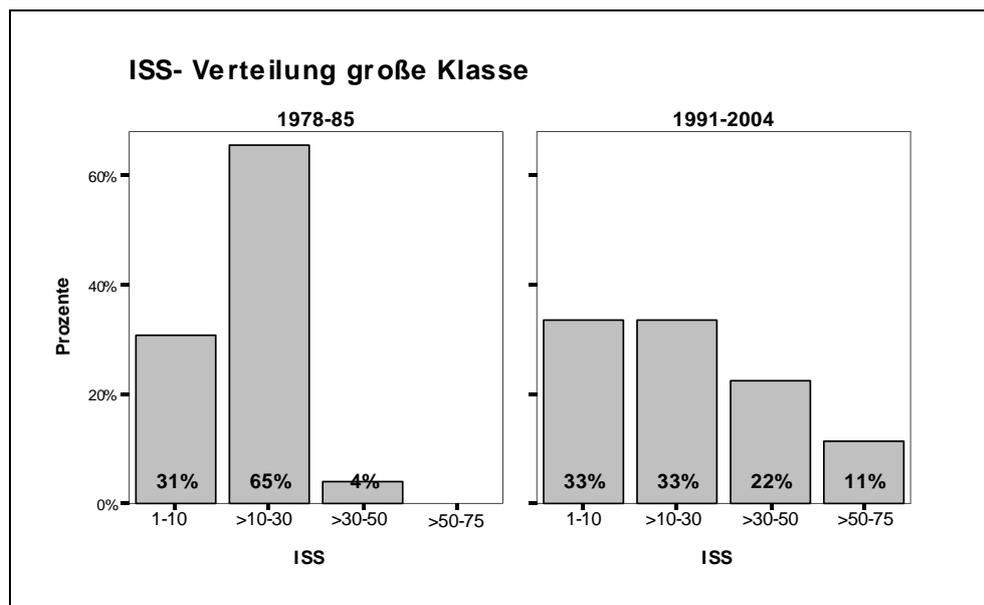


Abbildung 29: ISS-Verteilung bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse

		Unfallzeitraum					
		1978-85			1991-2004		
		ISS			ISS		
		Minimum	Maximum	Mittelwert	Minimum	Maximum	Mittelwert
<b>Fronttyp</b>	<b>kleine Klasse</b>	1	49	20	13	22	16
	<b>Mittelklasse</b>	1	75	23	1	50	21
	<b>große Klasse</b>	5	43	17	5	75	28

Tabelle 14: ISS-Spanne für jede Fronttypklasse- Vergleich beide Zeiträume

## 6.2.3 Verletzungsmuster

### 6.2.3.1 Gesamtüberblick

Betrachtet man die Verteilung der jeweils am schwersten betroffenen Körperregionen im „alten“ und im „neuen“ Zeitraum, fällt ein Überwiegen der Gruppe der am Kopf, im Brustbereich und an den unteren Extremitäten (einschließlich knöchernes Becken) Verletzten mit 34% und 33% auf (s. nachfolgende Abbildung 30).

Mit 19% folgte im „alten“ Zeitabschnitt das Kollektiv der am Kopf, an Beinen bzw. Becken und äußerlich verletzten Fußgänger. Im aktuelleren Zeitraum konnte nach der Kopf-Brust-Becken/Bein-Verletzten-Gruppe die Kategorie der an Kopf, an Brust und an Bauch Verletzten mit 13% als oft auftretend dargestellt werden.

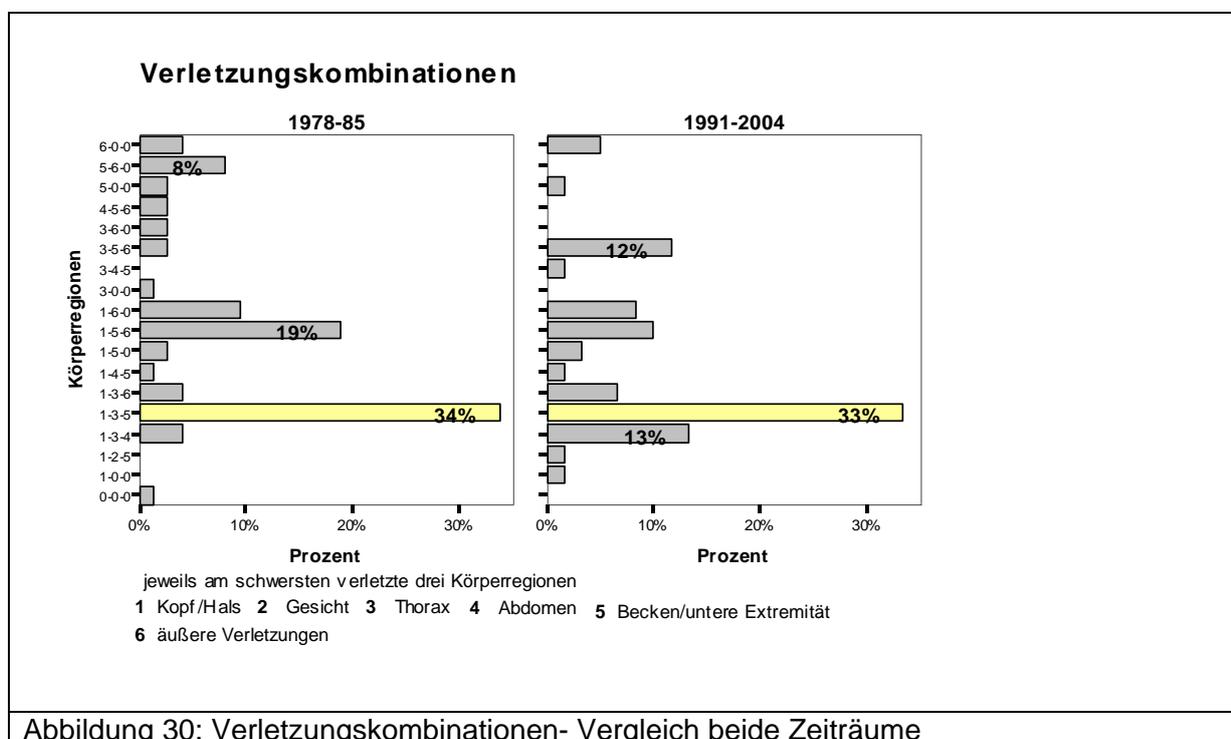


Abbildung 30: Verletzungskombinationen- Vergleich beide Zeiträume

### 6.2.3.2 Verletzungsmuster in verschiedenen Fahrzeugfronttypklassen

Auch im Vergleich der Fronttypklassen untereinander fiel ein vermehrtes Vorkommen von Fußgängern, die am schwerwiegendsten an Kopf, im Brustbereich und an den unteren Extremitäten verletzt worden waren, in der Mittel- und großen Klasse als auch jeweils in beiden Zeiträumen auf (s. Abbildungen 32, 33).

In der kleinen Klasse betrug der Anteil der Kopf - Brust - untere Extremitäten-Verletzten 45% im „alten“ Zeitraum gegenüber 20% im „neuen“ Zeitraum. Alle Fälle, welche nicht in diese Gruppe einzuordnen waren, zeigten mit 5% im „alten“ bzw. 20% im „neuen“ Zeitraum eine recht gleichmäßige Verteilung in den anderen Verletzungsmustergruppen (s. Abb. 31).

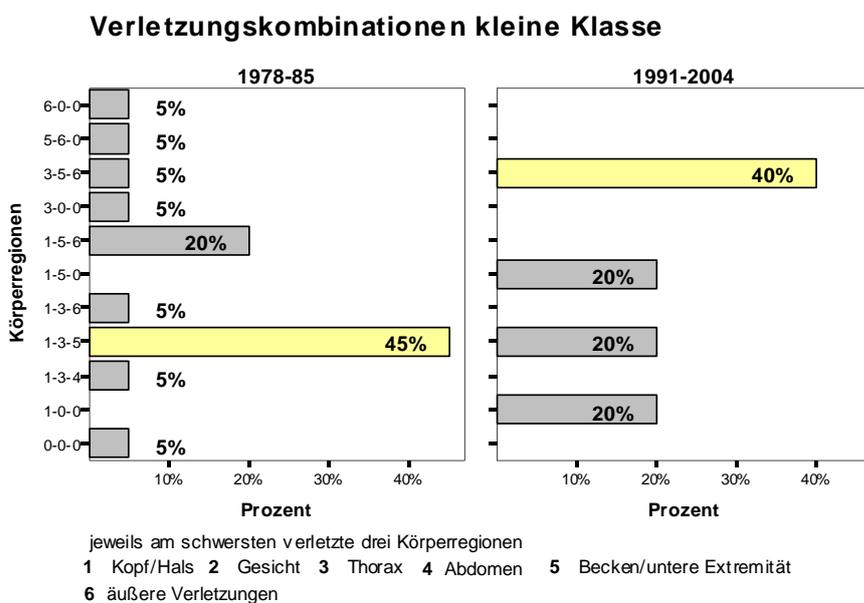


Abbildung 31: Verletzungskombinationen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse

Im Kollektiv der mit einem Mittelklassewagen kollidierten Fußgänger war, wie oben erwähnt, auch die Gruppe der an Kopf, an Brust und Becken bzw. Beinen Verletzten mit 29% im „alten“ Zeitabschnitt und mit 35% im „neuen“ Zeitabschnitt die verhältnismäßig stärkste. Im früheren Zeitraum folgte die Gruppe der nur an Kopf und äußerlich Verletzten mit 21% und die Gruppe der an Kopf, an unterer Extremität und äußerlich Verletzten mit 14%. In dem Zeitraum 1991 bis 2004 hingegen bildeten die an Kopf, an Brust und an Bauch Verletzten mit 13% die zweitstärkste Gruppe (s. Abbildung 32).

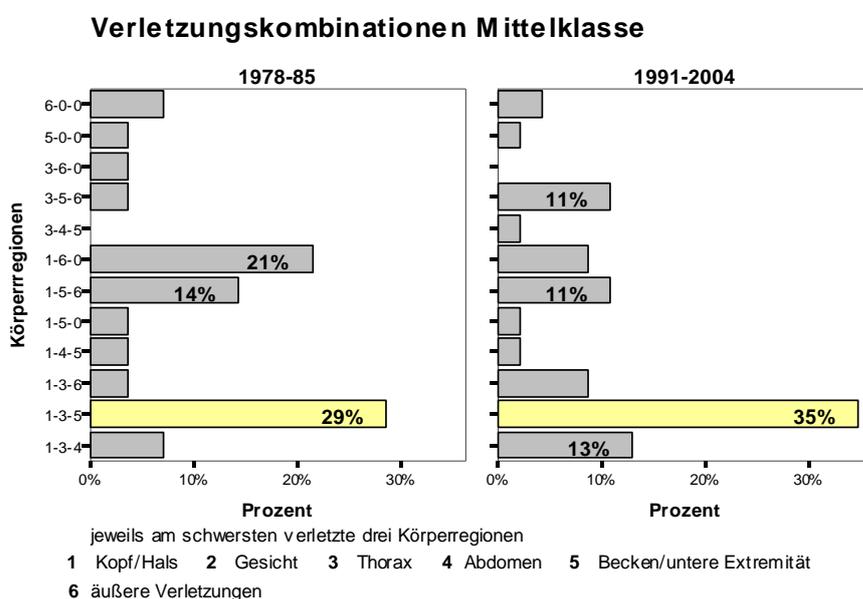


Abbildung 32: Verletzungskombinationen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der Mittelklasse

Bei Fußgängern, die von Große-Klasse- Fahrzeugen angefahren worden waren, zeigte sich im „alten“ Zeitraum wieder die Gruppe der an Kopf, an Brust und an unterer Extremität Verletzten mit 31% oft, gefolgt von 23% für die Gruppe der an Kopf, an unterer Extremität und äußerlich Verletzten und 19% für die Gruppe der nur an unterer Extremität und äußerlich Verletzten. Im „neuen“ Zeitraum zeigte sich mit 22% ein häufiges Auftreten der an Kopf, an Brust und an Bauch Verletzten bei ansonsten gleichmäßiger Verteilung der übrigen Verletzungskombinationengruppen neben der mit 33% oben genannten, vermehrt vorkommenden Gruppe, welche die Kombination aus Kopfverletzung, Thoraxverletzung und Frakturen des Beckens und/oder des Beines beinhaltet (s. Abbildung 33).

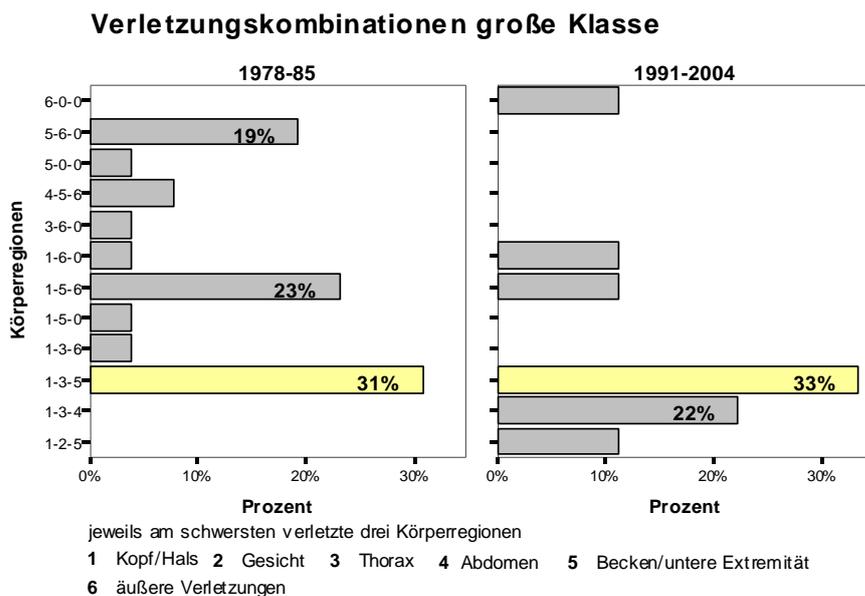


Abbildung 33: Verletzungskombinationen bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse

### 6.2.3.3 Verletzungsmuster in verschiedenen ISS-Gruppen

Bei der Betrachtung der verschiedenen ISS-Gruppen, fiel im „alten“ Zeitraum gleichermaßen ein Überwiegen der an Kopf-Thorax-Becken/untere Extremität-Verletzten in den Gruppen mit einem Injury Severity Score größer zehn auf. Im „neuen“ Zeitraum wurden vor allem Verletzungen an Kopf, Thorax und Abdomen in dieser Schweregradgruppe festgestellt (s. Tabelle 15).

Zeitraum	1978-85	1991-2004
<b>ISS 1-10</b>	<b>5-6-0</b>	<b>1-6-0</b> <b>3-5-6</b> <b>6-0-0</b>
<b>&gt;10-30</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-5</b>
<b>&gt;30-50</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-4</b>
<b>&gt;50-75</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-4</b>

jeweils am schwersten verletzte drei Körperregionen  
 1 Kopf/Hals; 2 Gesicht; 3 Thorax; 4 Abdomen; 5 Becken/untere Extremität; 6 äußere Verletzungen

Tabelle 15: Verletzungskombinationen in verschiedenen ISS-Gruppen- Vergleich beide Zeiträume

Nachstehend wurden zusätzlich vergleichende Betrachtungen zwischen den einzelnen Fahrzeugfronttypen zu Schweregrad der Verletzungen und Verletzungskombinationen angestellt.

	kleine Klasse		Mittelklasse		große Klasse	
	1978-85	1991-2004	1978-85	1991-2004	1978-85	1991-2004
<b>ISS</b>						
<b>1-10</b>	<b>3-0-0</b> <b>3-5-6</b> <b>5-6-0</b> <b>6-0-0</b>	-	<b>6-0-0</b>	<b>3-5-6</b>	<b>5-6-0</b>	<b>1-5-6</b> <b>1-6-0</b> <b>6-0-0</b>
<b>&gt;10-30</b>	<b>1-3-5</b>	<b>3-5-6</b>	<b>1-6-0</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-5</b>
<b>&gt;30-50</b>	<b>1-3-5</b>	-	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-5</b>	<b>1-3-5</b>
<b>&gt;50-75</b>	-	-	<b>1-3-5</b>	-	-	<b>1-3-4</b>

jeweils am schwersten verletzte drei Körperregionen  
 1 Kopf/Hals; 2 Gesicht; 3 Thorax; 4 Abdomen; 5 Becken/untere Extremität.; 6 äußere Verletzungen

Tabelle 16: Verletzungskombinationen in verschiedenen ISS-Gruppen nach Fronttypklassen-Vergleich beide Zeiträume

Bei den von Kleine-Klasse-Fahrzeugen verletzten Fußgängern im „alten“ Zeitraum und den von Große-Klasse-Fahrzeugen verletzten Fußgängern im „neuen“ Zeitraum konnte keine Verletzungskombination als eindeutig zahlreichste dargestellt werden, da hier eine gleichmäßige Verteilung der Fälle über die angegebenen Kombinationsmöglichkeiten vorlag. Daneben waren in einigen Fronttypklassen nicht alle ISS-Gruppen vertreten.

Es fielen im Kollektiv der leicht verletzten Fußgänger (ISS  $\leq 10$ ) vor allem Verletzungen der unteren Extremität bzw. des Beckens und äußerliche Verletzungen in allen drei Fronttypklassen auf. Eine Kopfbeteiligung lag im Gegensatz zur Gruppe der Schwer- und Schwerstverletzten mit ISS-Werten größer zehn nur selten (große Klasse) vor. Im Kollektiv der mit Fahrzeugen der kleinen Klasse kollidierten Fußgänger war es außerdem zu Verletzungen im Brustbereich gekommen.

Bei Fußgängern mit höheren ISS-Werten überwog die Kombination aus Kopfverletzung, Verletzung des knöchernen Thorax bzw. der thorakalen Organe und Frakturen des Beckens oder der unteren Extremität (s. Tabelle 16).

### 6.3 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung wurde auf der Grundlage der Differenzen der Häufigkeiten zwischen jeweiligen Variablen in beiden beobachteten Zeiträumen (Kategorien) eine Chi-Quadrat-Statistik berechnet. Es folgt eine tabellarische Darstellung der Ergebnisse.

Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde bei fünf Prozent gesetzt.

#### I. Allgemein

<b>1. Überlebenszeiten</b>		
1.1 Vergleich Zeiträume insgesamt	Zunahme kürzerer Überlebenszeiten	signifikant
1.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Zunahme längerer Überlebenszeiten	nicht signifikant
1.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	Zunahme kürzerer Überlebenszeiten	signifikant
1.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Zunahme kürzerer Überlebenszeiten	nicht signifikant
<b>2. Todesursachen</b>		
2.1 Vergleich Zeiträume insgesamt	Zunahme unmittelbarer Todesursachen	signifikant
	Abnahme SHT	signifikant
	Zunahme Polytrauma	signifikant
2.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Abnahme unmittelbare Todesursachen	nicht signifikant
	Zunahme SHT	nicht signifikant
2.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	Zunahme unmittelbare Todesursachen	nicht signifikant
	Abnahme SHT	nicht signifikant
2.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Zunahme unmittelbare Todesursachen	nicht signifikant
	Abnahme SHT	nicht signifikant

#### II. Verletzungen

<b>1. Kopf</b> (alle Fahrzeugklassen)	1.1 Abnahme Schädelfrakturen 1.2 Abnahme Hirnblutungen	nicht signifikant nicht signifikant
<b>2. Hals</b>	Abnahme HWS-Frakturen	nicht signifikant
2.1 alle Fahrzeugklassen	Abnahme HWS-Frakturen	nicht signifikant
2.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Abnahme HWS-Frakturen	nicht signifikant
2.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	Abnahme HWS-Frakturen	nicht signifikant
2.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Zunahme HWS-Frakturen	nicht signifikant
<b>3. Thorax</b>		
3.1 alle Fahrzeugklassen	3.1.1 Abnahme Thoraxverletzg. gesamt 3.1.2 Zunahme RSF	signifikant signifikant

3.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	3.2.1 Abnahme Thoraxverletzg. gesamt 3.2.2 Abnahme RSF	nicht signifikant nicht signifikant
3.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	3.3.1 Zunahme Thoraxverletzg. gesamt 3.3.2 Zunahme RSF	signifikant signifikant
3.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	3.4.1 Zunahme Thoraxverletzg. gesamt 3.4.2 Zunahme RSF	nicht signifikant nicht signifikant
<b>4. Abdomen</b>		
4.1 alle Fahrzeugklassen	Zunahme abdom. Verletzungen	nicht signifikant
4.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Abnahme Milz-, Leberrupturen	nicht signifikant
4.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	Zunahme Milz-, Leberrupturen	nicht signifikant
4.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Zunahme Milz-, Leberrupturen	nicht signifikant
<b>5. knöchernes Becken</b>		
5.1 alle Fahrzeugklassen	Zunahme Frakturen	signifikant
5.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Zunahme Beckenfrakturen	signifikant
5.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	Zunahme Beckenfrakturen	nicht signifikant
5.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Zunahme Beckenfrakturen	nicht signifikant
<b>6. Oberschenkel (alle Fahrzeugklassen)</b>		
	Abnahme Frakturen	nicht signifikant
<b>7. Unterschenkel</b>		
7.1 alle Fahrzeugklassen	unverändert	nicht signifikant
7.2 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Abnahme US-Frakturen	nicht signifikant
7.3 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	Zunahme US-Frakturen	nicht signifikant
7.4 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Abnahme US-Frakturen	nicht signifikant
<b>8. Äußere Verletzungen</b>		
8.1 Fahrzeugfronttyp kleine Klasse	Abnahme Glassplitterverletzungen	nicht signifikant
8.2 Fahrzeugfronttyp Mittelklasse	unverändert	nicht signifikant
8.3 Fahrzeugfronttyp große Klasse	Zunahme Glassplitterverletzungen	signifikant
Tabelle 17: Statistische Auswertung		

## **7 Diskussion**

Zur Untersuchung der Frage nach veränderten Verletzungsmustern im Wandel der Fahrzeugfrontgestaltung bei frontalen Fußgänger-PKW-Kollisionen wurden retrospektiv anhand von Obduktionsberichten des Rechtsmedizinischen Instituts der Charite Berlin, CBF, Fußgängerunfälle aus zwei unterschiedlichen Zeiträumen betrachtet und miteinander verglichen.

Wichtig zu beachten ist, dass es sich in vorliegender Betrachtung um das Obduktionsgut nur eines der drei Berliner Rechtsmedizinischen Institute handelt und somit eine Selektion des Materials vorliegt. Deshalb ist eine eingeschränkte Aussagekraft der Ergebnisse anzunehmen. Nach Rücksprache mit den Obduzenten des o.g. Instituts kann von einer „Zufallsverteilung“ der zu bearbeitenden Sektionen unter den drei Berliner Instituten ausgegangen werden. Trotzdem können auch nach grober Annahme der dreifachen Anzahl von Unfällen insgesamt keine zuverlässigen Rückschlüsse auf die Zahl der Verletzten (inklusive der letztlich Überlebenden) und die Letalität im eigenen Beobachtungsgebiet gezogen werden.

Vorliegend kann bestehende Fragestellung nur im Hinblick auf tödlich endende Unfälle beantwortet werden. Weiterhin besteht bei den Resultaten wie in allen retrospektiven Studien die Einschränkung der Aussagekraft durch ihre Abhängigkeit von der Qualität des Ausgangsmaterials (z. B. Güte und Ausführlichkeit der Protokolle).

Die untersuchten Zeitepochen wurden so gewählt, dass die Baujahre der beteiligten PKW um mindestens zehn Jahre differierten. Bei ähnlichen Geschwindigkeits-, Alters- und Geschlechtsverteilungen unterschieden sich beide Zeiträume im Wesentlichen nur durch die Form der Fahrzeuge. Allerdings muss auch eine verbesserte Intensivtherapie im Fortschritt der Zeit, und somit eine veränderte Prognose nach einer stattgehabten Kollision, als Einflußfaktor bedacht werden. In dieser Arbeit spricht die Höhe der Anstoßgeschwindigkeiten in beiden Zeiträumen für durch den Fahrzeugkontakt des Fußgängers verursachte Verletzungen.

### **7.1 Obduktionsgut**

Ähnlich zu den Angaben bereits existierender Literatur [GOTZEN (1980), KANTHAK [1987), KIELHORN (1972), INTERDISZIPLINÄRE ARBEITSGRUPPE f. UNFALLMECHANIK UNIVERSITÄT ZÜRICH u. ETH ZÜRICH (1985)] zeigte sich in

der Altersverteilung in beiden untersuchten Zeiträumen mit 59% bzw. 60% eine erhöhte Anzahl von Unfällen mit Fußgängern höheren Alters, d.h. über 65 Jahren, wobei der Gipfel im achten Lebensjahrzehnt lag. Zu beachten ist allerdings die Tatsache, dass Unfälle mit Kindern im Hinblick auf die veränderte Biomechanik ausgeschlossen wurden.

Dies könnte einerseits auf erhöhte Kollisionszahlen mit Älteren, durch gestiegene Anforderungen an nachlassende Fähigkeiten, wie das Hör- und Sehvermögen, eine abnehmende Tiefenwahrnehmung und verminderte Konzentrationsfähigkeit [GOTZEN (1976)] zur schnellen Erkennung und Reaktion auf Situationen im immer schneller und dichter werdenden Straßenverkehr zurückzuführen sein.

Demgegenüber wurden in dieser Arbeit nur Unfälle mit tödlichem Ausgang ausgewertet, wobei Fußgänger der älteren Generation durch „ausgedehntere Frakturierungen des Skelettsystem“ [APPEL (1977)] bei fortgeschrittenen physiologischen Abbauvorgängen [GOTZEN (1976)] hochgradiger durch schwierige Heilungsverläufe und längere Krankenhausaufenthalte gefährdet sind, an sekundären Komplikationen zu erkranken und diesen zu erliegen [SATERNUS (1973), SCHMIDT (1983)].

Bei der Betrachtung der Geschlechterverteilung konnte FISCHER (1985) und REIM (1982) entsprechend mit durchschnittlich 54% Frauen und 46% Männern keine eindeutige Bevorzugung des einen oder anderen Geschlechtes festgestellt werden. Andere Zahlen fanden sich bei KAMIYAMA (1971) mit einem Frauenanteil von 26% und einem Anteil von 74% an männlichen Fußgängern.

## **7.2 Allgemeine Gesichtspunkte**

### **7.2.1 Jahreszeitlicher Verlauf**

Im jahreszeitlichen Verlauf ereigneten sich die erfaßten Fußgänger-PKW-Kollisionen beider Zeiträume mit 69,4% vorrangig in den herbstlichen und winterlichen Monaten, wobei eine Begünstigung der Monate Dezember, Januar und Februar mit 38,8% ersichtlich war.

Ein Argument könnte der frühere Eintritt der Dunkelheit und die naturgemäß schlechtere Wettersituation und somit eingeschränkte Sicht der Verkehrsteilnehmer in den Herbst- und Wintermonaten sein. Eine drohende Kollision wäre somit durch das verspätete Gesehenwerden- des möglicherweise auch noch dunkel gekleideten

Fußgängers- im dichten städtischen Straßenverkehr begünstigt, wodurch die Einleitung einer den Zusammenstoß verhindernden Reaktion verzögert würde. Zusätzlich könnte durch Regen- und Schneefall selbst „ein zügig eingeleitetes Manöver durch Rutschen und Schlittern beeinträchtigt werden“ [KANTHAK (1987), KIELHORN (1972), METTER (1981)].

### **7.2.2 Unfallfahrzeuge**

Die Einteilung der Unfallfahrzeuge erfolgte für beide Zeiträume nach SCHINDLER et al. (2004) in neun Fronttypgruppen. Hierbei führten die Parameter Höhe der Haubenvorderkante, Haubenwinkel, Winkel zwischen Haube und Windschutzscheibe und Abwickellänge zur Kategorienbildung. Es wurde unterschieden zwischen Sportwagen, Micro Compact Fahrzeugen, Micro Vans, Mini Vans, Vans, Fahrzeugen der kleinen Klasse, Fahrzeugen der mittleren Klasse, Fahrzeugen der großen Klasse und Geländewagen. Hierbei fiel wie auch laut SCHINDLER et al. (2004) im „alten“ Zeitraum mit 96% und im „neuen“ Zeitraum mit 94% ein Vorherrschen der Fahrzeuge auf, welche der Gruppe bestehend aus kleiner, mittlerer und großer Klasse angehörten. Durch eine verhältnismäßige Dominanz dieser Gruppe im Untersuchungsgut wurden nur solche Unfälle miteinander verglichen, in welchen das Unfallfahrzeug einer dieser drei Klassen zuzuordnen war. Innerhalb dieser Gruppe zeigte sich eine Verschiebung von einer ausgewogenen Verteilung der Fronttypzugehörigkeiten im „alten“ Zeitraum zu einem Überwiegen der Fahrzeuge der mittleren Klasse im „neuen“ Zeitraum. Dies könnte in einem Zugehörigkeitswechsel der Fronttypklassen von großer zu mittlerer Klasse liegen, da modernere Fahrzeuge aus aerodynamischen und fußgängerschutztechnischen Gründen mit abgerundeteren Profilen und somit weniger hohen Haubenvorderkanten sowie größeren Haubenwinkeln hergestellt werden.

### **7.2.3 Überlebenszeiten**

Es wurde eine Einteilung der Überlebenszeiten in vier Gruppen vorgenommen: bis zu einer Stunde, bis zu 24 Stunden, bis zu 21 Tagen und länger als drei Wochen nach dem Unfall. Im Vergleich der beiden Zeiträume miteinander fiel konform zu Angaben in der Literatur [KAMIYAMA (1971), KANTHAK (1987)] eine Zunahme der innerhalb der ersten 24 Stunden Getöteten von 30% im „alten“ Zeitraum auf 54% im „neuen“ Zeitraum neben einer Abnahme der längeren Überlebenszeiten auf. Dieser Trend

konnte ebenfalls unter Berücksichtigung der verschiedenen Altersklassen (unter 35 Jahre alt, 36 bis 65 Jahre alt, älter als 65 Jahre) für jede einzelne Gruppe, am deutlichsten jedoch für Fußgänger unter 35 Jahren, nachgewiesen werden.

Verhältnismäßig haben Ältere längere Überlebenszeiten im Vergleich der Altersgruppen untereinander.

Dies könnte einerseits auf eine verbesserte medizinische Versorgung zurückzuführen sein, unter welcher nur wirklich stark Traumatisierte noch am Unfallort oder aber innerhalb der ersten 24 Stunden versterben. Weniger stark verletzte Fußgänger profitieren heutzutage von weiterentwickelten und modernen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen, welche mittels optimaler Behandlungsstrategien Krankenhausaufenthalte verkürzen oder Sekundärkomplikationen verhindern können. Somit tauchen Fälle mit längeren Überlebenszeiten in dieser Arbeit in reduzierter Anzahl auf.

Auch in Bezug auf die verschiedenen Fahrzeugfronttypen konnte in allen untersuchten Fahrzeugfrontklassen eine signifikante Zunahme der kurzen Überlebenszeiten von unter 24 Stunden im „neuen“ gegenüber dem „alten“ Zeitraum verzeichnet werden.

Bei Betrachtung der Überlebenszeiten der verschiedenartigen Fahrzeugklassen innerhalb eines Zeitraumes fiel folgendes auf: 34% der Fußgänger, die mit einem Fahrzeug der großen Klasse kollidiert waren, überlebten nicht länger als 24 Stunden. In den Gruppen der mit kleinen und Mittelklassefahrzeugen kollidierten Fußgänger waren dies 25% bzw. 29% in den Jahren 1978 bis 1985. Anders wurden in dem Zeitraum von 1991 bis 2004 59% der Fußgänger, welche in einen Unfall mit einem Fahrzeug der Mittelklasse verwickelt worden waren, so schwer verletzt, dass sie innerhalb der ersten 24 Stunden ihren Verletzungen erlagen. In der kleinen Klasse waren dies 20% und in der großen Klasse 44%. Resultierend zeigte sich somit eine Zunahme der kürzeren Überlebenszeiten in der mittleren (signifikant) und großen (nicht signifikant) Fahrzeugklasse, was ebenfalls auf die stattgehabte Negativauslese in dieser Arbeit zurückzuführen sein könnte. D. h. es überleben durch fortschrittliche medizinische Maßnahmen mehr der weniger stark traumatisierten Fußgänger und tauchen somit in vorliegenden Betrachtungen nicht auf.

#### 7.2.4 Todesursachen

Bei der Erfassung der Todesursachen wurde zwischen unmittelbaren Ursachen einerseits und mittelbaren Todesursachen andererseits unterschieden. Das Schädelhirntrauma, das Polytrauma, der hämorrhagische Schock und die Decapitation oder Enthirnung wurden als unmittelbare Unfallfolgen erfaßt. Dem wurden die mittelbaren Todesursachen wie Pneumonien, Lungenarterienembolien oder Herzinsuffizienz gegenübergestellt.

Im Vergleich der untersuchten Zeiträume insgesamt und auch unter Berücksichtigung des Alters der tödlich verunglückten Fußgänger fiel eine signifikante Zunahme der unmittelbaren Todesursachen von 59% im „alten“ auf 74% im „neuen“ Zeitraum auf, was sich schon im Vorherrschen der kurzen Überlebenszeiten von unter 24 Stunden andeutete. Ähnlich vorliegender Literatur aus dieser Zeit war das Schädelhirntrauma mit 35% als Todesursache Nummer eins im „alten“ Zeitraum zu finden [KANTHAK (1987)]. Im „neuen“ Zeitraum zeigten lediglich 27% der Fälle diese Todesursache auf. Dafür rückte das Polytrauma in den Jahren 1991 bis 2004 um 22% auf 37% (signifikant) in den Vordergrund.

Die Begründung des Dominierens der direkten über die indirekten Todesursachen im „neuen“ Zeitraum könnte in einer weiterentwickelten medizinischen Behandlungsstrategie liegen, welche prophylaktischen Maßnahmen wie z. B. frühzeitiger Mobilisierung des Patienten zur Thromboseprophylaxe oder physiotherapeutisch angeleiteter Atemtherapie zur Pneumonieprophylaxe einen hohen Stellenwert einräumt und somit Spätkomplikationen auch während längerer stationärer Aufenthalte verringert.

Unter der Fragestellung dieser Arbeit mußte auch eine Betrachtung der Todesursachen in den drei verschiedenen Fahrzeugfrontkategorien erfolgen. Es resultierte im Hinblick auf die Frage nach dem Einfluß der Frontgeometrien der Fahrzeuge die Untersuchung der unmittelbaren Todesursachen, nachdem für die kleine Klasse mit 40% eine Abnahme (nicht signifikant) und mit jeweils 76% und 77% für die mittlere und große Klasse im „neuen“ Zeitraum eine Zunahme (nicht signifikant) des unmittelbaren Todes festgestellt werden konnte.

Fußgänger, welche in Kollisionen mit Fahrzeugen der mittleren oder großen Klasse verwickelt waren, starben im „neuen“ Zeitraum weniger oft an den Folgen einer Schädelverletzung mit Gehirnbeteiligung. Vielmehr wiesen sie des öfteren

Mehrfachverletzungen auf, von denen mindestens eine oder aber die Kombination aus mehreren tödlich war.

Eventuell konnte durch größere Haubenlängen in diesen Fronttypklassen der Kopf des Fußgängers besser geschützt werden, da die „Entfernung kritischer Fahrzeugbereiche, wie z. B. der Scheibenwischer, der Scheibenwurzel oder der A-Säule“ zur Fahrzeugfront größer war und somit die „Gefahr des direkten Kontaktes“ vermindert werden konnte [SCHINDLER et al. (2004)]. Dabei könnte das Nichtvorhandensein einer Abnahme der Schädelhirntraumen als unmittelbare Unfallfolge innerhalb der kleinen Klasse auf die allgemein viel geringere Anzahl an Fällen mit unmittelbaren Todesursachen in dieser Fronttypgruppe zurückzuführen sein.

### **7.3 Verletzungsmuster**

Alle vorliegenden Verletzungen eines jeden Falles wurden den fünf Körperregionen Kopf, Hals, Thorax, Abdomen sowie untere Extremität zugeordnet und je nach anatomischer Schwere mit einem AIS90-Wert laut „Abbreviated Injury Scale, 1990 Revision“ (1990) belegt.

#### **7.3.1 Kopf**

Bei der Darstellung der Verletzungen des Kopfes, die während des Aufladens des Fußgängers auf die Motorhaube des Unfallfahrzeuges entstehen, erfolgte eine morphologische Unterteilung in oberflächliche Verletzungen, Schädelfrakturen und intrakranielle Blutungen.

Am fußgängerfreundlichsten stellte sich der Trend hinsichtlich Kopfschwartenunterblutungen oder Kontinuitätsunterbrechungen der Kopfschwarte- im Sinne von Rissquetschwunden oder Schwartenerreißungen- bei Fahrzeugen der kleinen Klasse dar, welche noch im „alten“ Zeitraum neben Fahrzeugen der mittleren Klasse bei den meisten Fußgängern (70% kleine Klasse, 67,9% mittlere Klasse) zu solchen Läsionen geführt hatten. Im „neuen“ Zeitraum hingegen fanden sich diese Verletzungen in der kleinen Klasse stark reduziert (signifikant). Keine Veränderungen im Auftreten oberflächlicher Kopfverletzungen zeigte sich beim Vergleich beider Zeitepochen in der mittleren Klasse neben einem Anstieg dieser in der großen Klasse um 27,4% (nicht signifikant).

53,6% der Fälle aus der Gruppe, der mit Mittelklassefahrzeugen kollidierten Fußgänger, erlitten in den Jahren 1978 bis 1985 Frakturen der knöchernen Schädeldecke. In den Jahren 1991 bis 2004 waren dies 43,5% in dieser Fronttypkategorie. Kleine- und Große-Klasse-Fahrzeuge wiesen für beide Zeiträume geringere Zahlen auf. Tendenziell kann bei Gesamtbetrachtung aller Frakturformen von einer Abnahme der Schädelfrakturen im „neuen“ Zeitraum in allen Fahrzeugklassen gesprochen werden, wobei vorliegende Ergebnisse eine Irrtumswahrscheinlichkeit größer als fünf Prozent aufweisen. Nach morphologischer Klassifizierung in linienförmige Frakturen, Globusbrüche, Zertrümmerungen der Kalotte, Schädelbasis- und Gesichtsschädelfrakturen stellten sich die Fahrzeuge der kleinen Klasse mit dem günstigsten Trend dar. Hier konnte eine Abnahme aller Frakturformen um mindestens 5% im Vergleich zum älteren betrachteten Zeitraum (nicht signifikant) dargestellt werden.

Weiterhin wurden intrakranielle Blutungen erfaßt, welche im „alten“ Zeitraum mit 65,0% in der kleinen und mit 67,9% in der mittleren Klasse zu finden waren. In der großen Klasse waren sie um mehr als 10% seltener vorzufinden. In der Gegenüberstellung der beiden untersuchten Zeiträume konnte ein Rückgang der durch die Kollision verursachten Hirnblutungen für alle Fahrzeugfrontklassen (nicht signifikant) beobachtet werden.

Grundsätzlich konnten diese Ergebnisse eine Verminderung des Auftretens von Kopfverletzungen bei tödlichen Fußgänger-PKW-Kollisionen zeigen, welche nicht durch unterschiedliche Kollisionsgeschwindigkeiten in beiden untersuchten Zeiträumen erklärbar sind, wie in Tabelle 2 aufgeführt. Hier könnten sich die im Laufe der Zeit durchgesetzten Frontstrukturneuerungen günstig ausgewirkt haben. Dazu zählen beispielsweise das Abrunden scharfer Karosserieelemente [MESQUI (1983)], die Eliminierung spitzer und kantiger Frontaufbauten, und die Verwendung von bauchigen, abgerundeten „Aufprallflächen mit geeigneter Nachgiebigkeit“, sogenannter Soft-face-Konstruktionen [GLAESER (1996), GRÖSCH (1990), PFRIEM (1975), SCHLUMPF (1984), WALZ (1998)]. Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt für die Entschärfung des Kopfanpralls war die Vermeidung sehr flacher Motorhauben mit geringen Haubenwinkeln. Idealerweise könnte das Aufrutschen des Fußgängers durch schräge Fronthauben „neuerer“ Fahrzeuge unterstützt und somit die Relativgeschwindigkeit zwischen Kopf des Fußgängers und Windschutzscheibe des Unfallfahrzeugs verringert worden sein [GRÖSCH (1990), PFRIEM (1975),

SCHINDLER et al. (2004)]. Im Bereich der Windschutzscheibe könnte das Hochziehen der „Motorhaubenhinterkante nach oben über den Windlauf und die Scheibeneinfassung“ sowie den Scheibenwischerantrieb neben einem „mehrschaligen Aufbau der A-Säule und des Dachrahmens“ für eine starke Verformbarkeit in diesem Bereich und die Verwendung nicht zu schwerer Verbundglasscheiben [GRÖSCH (1990), KÜHNEL (1980), OTTE (1998)] schwerwiegendere Kopfverletzungen verhindert haben.

### **7.3.2 Hals**

Als häufige Fußgängererletzungen im Halsbereich wurden Halswirbelkörperfrakturen und Unterblutungen der Halsweichteile als Ausdruck der Traumatisierung untersucht. Hierbei konnten keine Aussagen zu zugrunde liegender direkter oder indirekter Traumatisierung gemacht werden, da dies nicht speziell untersucht wurde.

Dabei zeigten sich im „alten“ Zeitraum vor allem in jeweils 25,0% der Fälle in der kleinen und in der mittleren Klasse Frakturen der Halswirbelsäule, die jedoch im „neuen“ Zeitraum weniger oft in beiden Fronttypgruppen (nicht signifikant) auftraten. In der Gruppe der mit Große-Klasse-Fahrzeug kollidierten Fußgänger konnte eine Zunahme der Frakturen von 15,4% auf 22,2% (nicht signifikant) als auch der Weichteilunterblutungen auf 33,3% dargestellt werden.

Diese Ergebnisse entsprachen nicht den Annahmen, nach welchen ein tiefer gelegener primärer Anstoßpunkt durch höhere Beschleunigungskräfte auf den Kopf des Fußgängers [KANTHAK (1987), PFRIEM (1975), WEINREICH (1979)] zu größeren Belastungen der Halsstrukturen führt. Es zeigten sich eher Angaben von BEIER (1974) bestätigt, welche bei einem tiefen Anstoß von einer nur „mäßigen Zugbeanspruchung der Halswirbelsäule“ ohne nennenswerte Biegebeanspruchungen ausgingen.

In der Gruppe der von Große-Klasse-Fahrzeuge angefahrenen Fußgänger fanden sich Aussagen zum schwerpunktnahen Anstoß belegt, die von einem Kopfaufschlag mit höherer Geschwindigkeit als die der Kollision und somit größeren auf den Hals fortgeleiteten Verletzungen ausgingen [BEIER (1973)]. Die Zunahme der Frakturen im Bereich der Halswirbelkörper in dieser Klasse legt die Vermutung einer gesteigerten Traumatisierung durch Anprall des Kopfes an unnachgiebige

Frontstrukturen nahe, was aber der Abnahme der Schädelfrakturen gewissermaßen widersprechen würde.

### **7.3.3 Brust**

Bei Fußgänger-PKW-Unfällen kommt es typischerweise oft durch den Aufprall auf die gewölbte Fronthaube zu knöchernen Verletzungen im Brustbereich und Verletzungen an thorakalen Organen [DÜRWARD (1966), GOTZEN (1976), KANTHAK (1987)], zum Beispiel Rippenserienfrakturen, Herzbeutel- oder Aortenrupturen, sowie Verletzungen des Lungenparenchyms.

Im „alten“ Zeitraum wurden diese Verletzungen wie in anderen retrospektiven Arbeiten [ETTEMEYER (1991), FISCHER (1985), GOTZEN (1976), KAMIYAMA (1971), MAX (1988), METTER (1981)] in durchschnittlich der Hälfte aller untersuchten Fälle registriert.

Bei differenzierter Darstellung zeigte sich bei Kollisionen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse ein abnehmender Trend im Vergleich der beiden untersuchten Zeiträume im Hinblick auf die anfahrbedingten Rippenserienfrakturen um 20% (nicht signifikant). Anders sah es bei Kollisionen mit Fahrzeugen der mittleren und großen Klasse aus, bei denen die Frakturen des knöchernen Thorax einen Zuwachs von 32,1% auf 67,4% (signifikant) bzw. von 38,5% auf 55,6% (nicht signifikant) im „neuen“ Zeitraum erfuhren. Auch bei ETTEMEYER (1991) ließ sich bei Unfällen mit „neueren“ PKW ein Zuwachs auf 73% verzeichnen.

Eine mögliche Erklärung für das zunehmende Auftreten von Rippenserienfrakturen im „neuen“ Zeitraum (signifikant) könnte das Alter der in die Kollision verwickelten Fußgänger sein, welches mehrheitlich über 65 Jahren lag. So könnte eine fortgeschrittene Osteoporose neben einer verminderten Thoraxelastizität [BARTEL (1970), REHN (1970), ZIERZ (1973)] zum öfteren Auftreten dieser Frakturen geführt haben. Bezüglich biomechanischer Aspekte führt ein Anstoß im oder kurz unterhalb des Körperschwerpunktes über eine „kombinierte Dreh- und Translationsbewegung“ zu einer höheren Aufschlaggeschwindigkeit des Oberkörpers als bei einem tieferen Anstoß [MAX (1988)]. Die Zunahme der Höhe des primären Anstoßpunktes im Vergleich des „neuen“ mit dem „alten“ Zeitraum könnte auf das abgerundete Profil der moderneren Fahrzeuge zurückzuführen sein, welches durch weniger weit vorspringende Stoßfänger und Haubenvorderkanten mit größerem

Krümmungsradius, d.h. mit Frontwinkeln nicht über 90 Grad, [SCHLUMPF (1984)] zustande kommt.

Die Verletzungen der Organe des Brustraumes wie Herz- und Aortenrupturen traten in dieser wie in älteren Aufzeichnungen [KAMIYAMA (1971), METTER (1981)] verhältnismäßig selten- in der kleinen Klasse überhaupt nicht- auf. Rupturen von Herz oder Aorta entstehen durch Gewalteinwirkungen in breiter Ausdehnung, die zu „Dezelerationskräften neben starkem Zug sowie gleichzeitiger Anspannung“ führen. Dabei kommt es zum Einriß der Hauptschlagader vornehmlich „am Ende des Aortenbogens in Höhe des abgehenden Ductus Botalli“ [GALL (1971), RICHTER (1967)]. Derartige Traumatisierungen finden sich bei Einwirkungen großer kinetischer Energien, wie sie bei Hochgeschwindigkeitsunfällen vorkommen. Das spärliche Auftreten von Herz- und Aortenrupturen in dieser Arbeit mag einfach daran liegen, dass innerstädtische Unfälle mit vorwiegenden Kollisionsgeschwindigkeiten um 50 km/h untersucht wurden.

#### **7.3.4 Bauch**

Vorliegend wurden Rupturen von Leber und Milz als häufigste abdominelle Verletzungen bei Fußgänger-PKW-Kollisionen [METTER (1981)] erfaßt. Diese zeigten, bei insgesamt nicht so zahlreichem Auftreten bei betrachteten innerstädtischen Kollisionen, im Vergleich beider Zeitepochen für die mittlere und die große Fronttypklasse einen Anstieg um 8,9% von 10,7% auf 19,6% bzw. um 14,5% von 7,7% auf 22,2% im „neuen“ Zeitraum (nicht signifikant). Ähnliche Resultate konnten bei OTTE (1998) beim Vergleich zweier Fußgängerkollektive gezeigt werden, welche nach den Baujahren der Unfallfahrzeuge differenziert worden waren.

Dies könnte in einer Verlagerung der Krafteinwirkung beim Anstoß durch höhere Primäranstoßpunkte bei neueren Fahrzeugen begründet sein.

#### **7.3.5 Untere Extremität**

Die untere Extremität ist vor allem durch den Primär- und Sekundäranstoß, d.h. durch das Einwirken des Stoßfängers, der Vorderhaube und deren Kante gefährdet [METTER (1981)]. Die Verletzungen dieser Körperregion zählen neben den Kopfverletzungen zu den häufigsten bei Fußgänger-PKW-Kollisionen [KÜHNEL (1980), MESQUI (1983)].

Im Bereich des knöchernen Beckens konnte insgesamt ein signifikanter Anstieg der Verletzungen mit durchschnittlich 55,0% im „neuen“ gegenüber 37,8% im „alten“ Zeitraum - ähnliche Zahlen finden sich bei METTER (1981) sowie KAMIYAMA (19971)- dargestellt werden, wobei diese Frakturen im Zeitraum 1978 bis 1985 vermehrt bei Kollisionen mit Mittelklasse- oder Große-Klasse-Fahrzeugen anzutreffen waren.

Günstigere Verhältnisse scheinen im „neuen“ Zeitraum für den Oberschenkel vorzuliegen. Hier wurde für alle drei Fronttypkategorien eine nicht signifikante Abnahme des Auftretens von Oberschenkelfrakturen von durchschnittlich 9,5% registriert. Bei ETTEMEYER (1991) fanden sich diese Frakturen im Zeitraum 1964-1973 in 30% und im Zeitraum 1983-1986 in 21% der Fälle. Bei zusammenfassender Betrachtung lagen dementsprechend bei 15,0% der Fälle Frakturen des Femurs im „neuen“ Zeitraum vor- gegenüber 23,0% im „alten“ Zeitraum (1978-1985) der vorliegenden Arbeit. Auch in MAX` (1988) Betrachtungen wurden Werte von durchschnittlich 21,2%, unter Ausschluß der Fälle, welche in Kollisionen mit kastenförmigen Fahrzeugen verwickelt waren, für das Vorliegen einer Femurfraktur angegeben. In KAMIYAMAS Auswertung von 381 Obduktionsbefunden bei durch Straßenverkehrsunfälle Getöteten zeigten sich lediglich in 17,9% der Fälle Frakturen des Oberschenkels angefahrener Fußgänger.

Führend waren diese Läsionen in vorliegender Darstellung mit 30,8% im früheren Zeitraum und 22,2% im aktuelleren Zeitraum nach wie vor bei Kollisionen mit Fahrzeugen der großen Klasse vorzufinden.

Die vorliegenden, teils widersprüchlichen Resultate mit einer Zunahme der Beckenfrakturen neben einer Abnahme der Oberschenkelfrakturen könnten anhand FRIESENS (2001) Angaben untermauert werden. Bei hier beschriebenen Maßnahmen zur Abmilderung des Hüftanpralls wurde auf bestehenden Konflikt zwischen einer möglichst vorliegenden „Abstützung des oberen Beinsegments zur Verringerung der Biegung“ gegenüber einer „weichen Haubenvorderkante zur Minimierung des Biegemoments beim Hüftanprall“ hingewiesen. Aber auch in anderen Arbeiten wurden Optimierungsvorschläge hinsichtlich Verletzungsreduktion durch Frontgeometrieanpassungen geäußert. Laut MUSER (2001) führen die steileren Frontformen, d.h. die abgerundeten Profile statt eigentlicher Haubenvorderkanten, zu einer „Abrollbewegung anstatt einer linearen Bewegung auf einer Kante“ und somit zu einem vorteilhafteren Bewegungsablauf im

Oberschenkelbereich. Von einer „Zunahme der Beckenbelastung durch höhere Haubenvorderkanten“ gehen die Ausführungen von WALZ et al. (1998) aus.

Besonderes Augenmerk lag auf den Unterschenkelfrakturen als Folge des primären Anstoßes des aufrecht stehenden oder gehenden Fußgängers am vorderen Stoßfänger, wobei die Belastbarkeit der einzelnen Tibia von der „individuellen Querschnittsform abhängig“ ist und von proximal nach distal abnimmt [ASANG, POSCH, ENGELBRECHT (1969), GERLACH (1982)]. Eine oft vorkommende Frakturlokalisierung ist infolgedessen das mittlere Tibiadrittel [SCOLA, GOTZEN, OTTE (1984)].

Gewöhnlich finden sich als Anfahrverletzung gewertete Unterschenkelfrakturen in einer Höhe von 18 bis 45 cm. Diese große Streubreite ergibt sich aus der durch verschiedene Gegebenheiten beeinflusste Höhe des Stoßfängers. Dazu gehören der Fahrzeugtyp, die Belastung des Fahrzeugs, der Zustand der Straße, die Schärfe des Bremsvorganges und die Luftfüllung der Reifen [DÜRWARD (1966), KIELHORN (1972)].

Die Unterschenkelfrakturen gehörten früher wie auch heute zu den typischsten Verletzungen eines angefahrenen Fußgängers und zeigten für die kleine Klasse und die große Klasse einen abnehmenden Trend im „neuen“ Zeitraum (nicht signifikant), wie auch bei ETTEMEYER (1991), KAMIYAMA (1971), MAX (1988), OTTE (2003), wobei lediglich die Hälfte aller hier untersuchten Fälle diese Frakturen aufwiesen. Die Ursache hierfür könnte in verbreiterten, abgerundeten Stoßfängerformen zur punktuellen Druckentlastung liegen [SCOLA (1984)]. Zusätzlich könnten Schaumstoffkerne hinter Kunststoffstangen durch einen Geschwindigkeitsabbau zur Abmilderung des Anpralles und somit zu einer geringeren Belastung der knöchernen Strukturen geführt haben [FRIESEN (2001), KÜHNEL (1980)]. Laut OTTE (2002) könne eine „Integration der Stoßstange in die Formgebung der Front“ nicht unbedingt zu einer „Reduktion der Beinverletzungsschwere und der Häufigkeit“ dieser führen. Jedoch lägen durch diese Maßnahmen „andere Frakturformen und dadurch geringere Verletzungsfolgen“ vor.

## 8 Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten konnte eine kontinuierlich zunehmende Dichte des Straßenverkehrs beobachtet werden. Diesbezüglich wurden hinsichtlich des Schutzes der Verkehrsteilnehmer, besonders des am wenigsten geschützten Teilnehmers- des Fußgängers-, Neuerungen in der Fahrzeugkonstruktion zum Ausbau der passiven Sicherheit vorgenommen.

So wurden schon in der Vergangenheit diverse Vorschläge zu Maßnahmen für den Ausbau des Fußgängerschutzes durch Frontgestaltänderungen an PKW unterbreitet. Hierzu zählen die Gestaltung von möglichst glatten und nachgiebigen Fahrzeugfronten im generellen, sowie der Einsatz abgerundeter, energieabsorbierender Stoßfänger, Hauben und Haubenvorderkanten neben dem Einsatz von Windschutzscheiben aus Verbundglas mit größerer Neigung im speziellen.

Zur Untersuchung der Frage nach veränderten Verletzungsmustern bei PKW-Fußgänger-Kollisionen in den 70er Jahren im Vergleich zu heute wurden retrospektiv Sektionsunterlagen des Rechtsmedizinischen Instituts der Charite Berlin, CBF, ausgewertet. Es wurden Frontalunfälle zwischen Fahrzeugen und erwachsenen, während der Kollision aufrecht stehenden oder gehenden Fußgängern untersucht.

Dabei wurden zwei Zeiträume (1978-1985 und 1991-2004) gegenübergestellt. Diese wurden so gewählt, dass sich die an der Kollision beteiligten Fahrzeuge um mindestens zehn Jahre in den angegebenen Baujahren unterschieden, um von einer im Namen der passiven Sicherheit angepaßteren Fahrzeugfrontgestaltung ausgehen zu können. Nach den polizeilichen Angaben in vorhandenen Unfallberichten über beteiligte Unfallfahrzeugtypen und deren Baujahre erfolgte entsprechend SCHINDLER et al. (2004) eine Klassifizierung der PKW in neun Fronttypklassen. Hier konnte in vorliegender Arbeit eine deutliche Mehrheit der Fahrzeuge mit 96% im „alten“ und 94% im „neuen“ Zeitraum in die Kategorien Kleine-Klasse-, Mittelklasse- oder Große-Klasse-Fahrzeuge eingeordnet werden. Dementsprechend wurden nur Unfälle mit diesen drei Fronttypklassen unter dem Aspekt des Vergleichs des „alten“ mit dem „neuen“ Zeitraum ausgewertet.

Letztendlich gingen insgesamt 134 Fälle in die genaueren statistischen Betrachtungen ein (74 Fälle aus „altem“ Zeitraum, 60 Fälle aus „neuem“ Zeitraum).

Die Erfassung der vorliegenden Daten erfolgte qualitativ (ja-nein) mittels Fragebogen und umfasste Angaben zu inneren und äußeren Verletzungen aller Körperregionen. Zwei wichtige Einflußfaktoren auf das jeweils vorliegende Verletzungsbild sind bekanntermaßen die Kollisionsgeschwindigkeit und das Alter des Fußgängers. Es mußten bei Kenntnis eines direkten Einflusses der Kollisionsgeschwindigkeit auf das erlittene Verletzungsbild des Fußgängers zwei möglichst gleiche Stichproben bezüglich dieser Variablen gegenübergestellt werden. Infolgedessen wurden in vorliegender Arbeit innerstädtische Unfälle verglichen, welche in beiden Zeiträumen eine ähnliche Geschwindigkeitsverteilung aufwiesen (s. Tabelle 2).

Auch die Altersverteilung beider betrachteter Zeiträume stellte sich mit 59% der über 65jährigen im „alten“ und 60% im „neuen“ Zeitraum als ähnlich dar. Dieses Überwiegen von tödlich endenden Unfällen mit älteren Fußgängern mag einerseits auf nachlassende kognitive Fähigkeiten des älteren Menschen [GOTZEN (1976)] im immer dichter und schneller werdenden Straßenverkehr zurückzuführen sein. Andererseits muß auch das Vorliegen einer Negativauslese in dieser Arbeit bei Erfassung von nur tödlich endenden Kollisionen gedacht werden, wobei das Auftreten von „ausgedehnteren Frakturierungen des Skelettsystems“ [APPEL (1977)] bei fortgeschrittenen physiologischen Abbauvorgängen [GOTZEN (1976)] und das vermehrte Auftreten von Sekundärkomplikationen einen letalen Ausgang begünstigen.

Am günstigsten stellte sich der Verletzungstrend bei Unfällen mit Fahrzeugen der kleinen Klasse dar. Hier konnte bis auf eine Zunahme der Beckenfrakturen für den Kopf, den Hals, den Brustbereich, den Ober- und Unterschenkel eine abnehmende Verletzungstendenz aufgezeigt werden.

Bei den Fällen der mit Mittelklassefahrzeugen kollidierten Fußgänger wurden weniger Schädelfrakturen und Hirnblutungen, sowie Frakturen der Halswirbelsäule und des Oberschenkels registriert. Daneben jedoch zeigte sich ein vermehrtes Auftreten von Rippenserienfrakturen, abdominellen Verletzungen und Beckenfrakturen.

Ähnliche Ergebnisse wurden in der Gruppe der von Große-Klasse-Fahrzeugen angefahrenen Fußgänger beobachtet. Es traten weniger schwerwiegende Kopfverletzungen und weniger Frakturen der unteren Extremität neben häufigeren Verletzungen des Thorax, des Abdomens und des knöchernen Beckens auf.

Zusammenfassend kann aufgrund vorliegender Resultate bei Gesamtbetrachtung aller drei Fronttypklassen von einer Entlastung des Kopf- und Oberschenkelbereiches ausgegangen werden. Dies könnte auf im „neuen“ Zeitraum vermehrt vorkommende Soft-face-Fahrzeugkonstruktionen mit bauchigen, abgerundeten, „über die gesamte Fahrzeugbreite reichenden Haubenformen“ [KÜHNEL (1980), PFRIEM (1975)] mit „großflächiger Verformbarkeit“ [GLAESER (1996), GRÖSCH (1990), SCHLUMPF (1984)] zurückzuführen sein, was einen unvermeidbaren Kopfanprall abmildert. Zusätzlich könnten sich das Hochziehen der Motorhaubenhinterkante über den Querträger, den Scheibenrahmen, den Scheibenwischerantrieb und den Windlauf [GLAESER (1996), GRÖSCH (1990), KÜHNEL (1980)] günstig ausgewirkt haben. Weiterhin ist bei moderneren Fahrzeugen kein Haubenrückversatz (Frontwinkel größer als 90 Grad) mehr zu finden, so dass das obere Beinsegment vor dem Auftreten einer „erheblichen Biegung von der Haubenvorderkante abgestützt“ wird [FRIESEN (2001)].

Ein ungünstigerer Verletzungstrend zeigte sich für den Thorax-, Abdomen- und Beckenbereich im „neuen“ Zeitraum. Die hier vermehrt nachgewiesenen Verletzungen in diesen Bereichen könnten durch eine eventuelle Zunahme der Höhe des primären Anstoßpunktes- durch abgerundete Profile mit breiten Stoßfängern und Haubenvorderkanten mit größeren Krümmungsradien [SCHLUMPF (1984)]- während der Kollision und somit vorwiegend Anstößen im oder kurz unterhalb des Körperschwerpunktes erklärt werden. Diese würden laut MAX (1998) über eine „kombinierte Dreh- und Translationsbewegung“ zu höheren Aufschlaggeschwindigkeiten des Oberkörpers führen. Weiterhin könnte durch höhere Primäranstoßpunkte eine „Verringerung der Biegung des oberen Beinsegments“ [FRIESEN (2001)] stattgefunden haben, was wiederum zu härteren Anprällen im Hüftbereich und somit vermehrt Frakturen geführt hat.

Ein verändert häufiges Vorkommen von Unterschenkelfrakturen wurde bei Gesamtbetrachtung aller Fronttypklassen nicht beobachtet. Diese Ergebnisse sind mit Aussagen von GRÖSCH (1990), KÜHNEL (1980) und OTTE (2002) vereinbar, wonach tiefliegende, in die Formgebung der Front integrierte Stoßstangen das Kniegelenk des Fußgängers verschonen und „dem Überfahren des Unterschenkels

entgegenwirken“, was die Anzahl der „Frakturen zwar nicht reduziert“, jedoch zu unkomplizierteren Bruchformen führt [OTTE (2002)].

Trotz vorliegender Resultate sind weitere ausgedehnte Analysen zur Untermauerung dieser statistischen Auswertung vonnöten.

## 9 Anhang

### 9.1 Fragebogen

Fußgänger-PKW-Kollision:							
LeichenNr.:				Geschlecht:	<input type="checkbox"/>	Intox.:	<input type="checkbox"/>
U.-Datum:				Alter:		BAK:	
Unfallzeit:				Größe:		HAK:	
Überleb.zeit:				Gewicht:		Bekleidg.:	
Krhs.aufenth.:						(Spuren)	
<b>Unfall:</b>		beim ...:		PKW-Typ:			
<input type="checkbox"/> verk. ber.	<input type="checkbox"/> geradeausf.			Baujahr:			
<input type="checkbox"/> innerorts	<input type="checkbox"/> abbiegen			Fronttyp:			
<input type="checkbox"/> H.geschw.	<input type="checkbox"/>						
Anstoßpunkt:		Anfahrposition:					
<input type="checkbox"/> lateral	<input type="checkbox"/> aufrecht			<input type="checkbox"/> anschließende Überrollung			
<input type="checkbox"/> ventral	<input type="checkbox"/> sitzend/knieend			<input type="checkbox"/> streifende Kollision			
<input type="checkbox"/> dorsal	<input type="checkbox"/>						
Verletzungsmuster:							
	prim. Anstoß	sek. A.	Aufprall:		prim. A.	sek. A.	Aufprall:
<b>Kopf:</b>				<b>Hals:</b>			
RQW	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fraktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kopfschw.unterbl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Unterblutung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kopfschw.zerreiß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<b>Frakturen:</b>				<b>Thorax:</b>			
<b>Schädelbasisfr.</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fraktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				Herz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Kalottenfr.:</b>				Lunge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>isoliert linienförmig</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Abdomen:</b>			
<i>radiär</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Leber:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Zertrümmerung</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Milz:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Gesichtsschäd.</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Becken:</b>			
				Fraktur:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prellungsherde:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<b>Extremitäten:</b>			
Epiduralbl.:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	USfraktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subduralbl.:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	OSfraktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Subarachn.:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Intracrer.bl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
H.Stammbl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
ged. SHT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
off. SHT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Hirnstammabriß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Decapitat.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Enthimung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<b>Äußere Verletzungen:</b>							
Ablederung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Glassplitterv.:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Stoßstangenv.:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					
Abschürfungen:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Unterblutungen:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Todesursache:							

## 9.2 Tabellenverzeichnis

Verletzungen der Körperregionen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum						Unfallzeitraum					
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
oberflächl. Kopfverletzung.	14	70,0%	0	0,0%	19	67,9%	31	67,4%	16	61,5%	8	88,9%
Schädelfrakturen	8	40,0%	0	0,0%	15	53,6%	20	43,5%	11	42,3%	2	22,2%
intrakranielle Blutung.	13	65,0%	1	20,0%	19	67,9%	26	56,5%	14	53,8%	3	33,3%
HWS-Frakturen	5	25,0%	0	0,0%	7	25,0%	9	19,6%	4	15,4%	2	22,2%
Thoraxverletzungen	13	65,0%	2	40,0%	12	42,9%	32	69,6%	10	38,5%	5	55,6%
Abdomenverletzungen	1	5,0%	0	0,0%	3	10,7%	9	19,6%	2	7,7%	2	22,2%
Beckenfrakturen	3	15,0%	3	60,0%	13	46,4%	25	54,3%	12	46,2%	5	55,6%
Oberschenkelfrakturen	2	10,0%	0	0,0%	7	25,0%	7	15,2%	8	30,8%	2	22,2%
Unterschenkelfrakturen	14	70,0%	3	60,0%	12	42,9%	28	60,9%	18	69,2%	3	33,3%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 1

oberflächliche Kopfverletzungen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum						Unfallzeitraum					
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Kopfschwartenunterblutg.	14	70,0%	0	0,0%	18	64,3%	26	56,5%	13	50,0%	7	77,8%
Rissquetschwunden	2	10,0%	0	0,0%	11	39,3%	9	19,6%	5	19,2%	3	33,3%
Kopfschwanzreißung	0	0,0%	0	0,0%	1	3,6%	4	8,7%	1	3,8%	1	11,1%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 2

Schädelfrakturen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum						Unfallzeitraum					
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
linienförm. Kalottenfraktur	4	20,0%	0	0,0%	6	21,4%	6	13,0%	8	30,8%	0	0,0%
Globusbruch	2	10,0%	0	0,0%	4	14,3%	10	21,7%	0	0,0%	1	11,1%
Kalottenzertrümmerung	1	5,0%	0	0,0%	4	14,3%	1	2,2%	1	3,8%	1	11,1%
Schädelbasisfraktur	6	30,0%	0	0,0%	7	25,0%	12	26,1%	8	30,8%	2	22,2%
Gesichtschädelfraktur	2	10,0%	0	0,0%	2	7,1%	5	10,9%	1	3,8%	2	22,2%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 3

intrakranielle Blutungen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum						Unfallzeitraum					
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Epiduralblutungen	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1	2,2%	1	3,8%	0	0,0%
Subduralblutungen	9	45,0%	1	20,0%	9	32,1%	15	32,6%	8	30,8%	2	22,2%
Subarachnoidalblutungen	6	30,0%	0	0,0%	12	42,9%	17	37,0%	8	30,8%	2	22,2%
Markblutungen	1	5,0%	0	0,0%	5	17,9%	2	4,3%	1	3,8%	2	22,2%
Hirnstammblutungen	0	0,0%	0	0,0%	2	7,1%	1	2,2%	1	3,8%	1	11,1%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 4

Halsverletzungen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum						Unfallzeitraum					
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
HWS-Frakturen	5	25,0%	0	0,0%	7	25,0%	9	19,6%	4	15,4%	2	22,2%
Weichteilunterblutung.	4	20,0%	0	0,0%	5	17,9%	13	28,3%	4	15,4%	3	33,3%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 5

Thoraxverletzungen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum				Unfallzeitraum				Unfallzeitraum			
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Rippenserienfrakturen	12	60,0%	2	40,0%	10	35,7%	31	67,4%	9	34,8%	5	55,6%
Herzbeutel-/Aortenrupturen	0	,0%	0	,0%	2	7,1%	3	6,5%	0	,0%	2	22,2%
Lungenverletzungen	3	15,0%	2	40,0%	4	14,3%	10	21,7%	3	11,5%	3	33,3%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 6

Rippenserienfrakturen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum				Unfallzeitraum				Unfallzeitraum			
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Rippenserienfrakturen keine Anfahrverletzung reanimationsbedingt	4	20,0%	2	40,0%	17	60,7%	13	28,3%	15	57,7%	4	44,4%
	16	80,0%	3	60,0%	9	32,1%	31	67,4%	10	38,5%	5	55,6%
	0	,0%	0	,0%	2	7,1%	2	4,3%	1	3,8%	0	,0%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 7

Abdomenverletzungen

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum				Unfallzeitraum				Unfallzeitraum			
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Leberrupturen	1	5,0%	0	0%	2	7,1%	7	15,2%	1	3,8%	2	22,2%
Milzrupturen	0	,0%	0	,0%	1	3,6%	5	10,9%	1	3,8%	1	11,1%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 8

Verletzungen untere Extremität

	Fronttyp											
	kleine Klasse				Mittelklasse				große Klasse			
	Unfallzeitraum				Unfallzeitraum				Unfallzeitraum			
	1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004		1978-85		1991-2004	
	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)	Anzahl	Anzahl der Spalten (%)
Beckenfrakturen	3	15,0%	3	60,0%	13	46,4%	25	54,3%	12	46,2%	5	55,6%
Oberschenkelfrakturen	2	10,0%	0	,0%	7	25,0%	7	15,2%	8	30,8%	2	22,2%
Unterschenkelfrakturen	14	70,0%	3	60,0%	12	42,9%	28	60,9%	18	69,2%	3	33,3%
Gesamt	20	100,0%	5	100,0%	28	100,0%	46	100,0%	26	100,0%	9	100,0%

Tabelle 9

ISS \* Altersgruppe \* Fronttyp Kreuztabelle 1978-85

Fronttyp				Altersgruppe			Gesamt
				bis 35 J.	36-65 J.	über 65 J.	
kleine Klasse	ISS 1-10	Anzahl	1	0	4	5	
		Gesamt%	5,0%	,0%	20,0%	25,0%	
	>10-30	Anzahl	2	2	10	14	
		Gesamt%	10,0%	10,0%	50,0%	70,0%	
	>30-50	Anzahl	0	1	0	1	
		Gesamt%	,0%	5,0%	,0%	5,0%	
Gesamt		Anzahl	3	3	14	20	
		Gesamt%	15,0%	15,0%	70,0%	100,0%	
Mittel-Klasse	ISS 1-10	Anzahl	0	3	3	6	
		Gesamt%	,0%	10,7%	10,7%	21,4%	
	>10-30	Anzahl	1	6	7	14	
		Gesamt%	3,6%	21,4%	25,0%	50,0%	
	>30-50	Anzahl	0	2	5	7	
		Gesamt%	,0%	7,1%	17,9%	25,0%	
	>50-75	Anzahl	0	1	0	1	
		Gesamt%	,0%	3,6%	,0%	3,6%	
Gesamt		Anzahl	1	12	15	28	
		Gesamt%	3,6%	42,9%	53,6%	100,0%	
große Klasse	ISS 1-10	Anzahl	1	1	6	8	
		Gesamt%	3,8%	3,8%	23,1%	30,8%	
	>10-30	Anzahl	2	6	9	17	
		Gesamt%	7,7%	23,1%	34,6%	65,4%	
	>30-50	Anzahl	1	0	0	1	
		Gesamt%	3,8%	,0%	,0%	3,8%	
Gesamt		Anzahl	4	7	15	26	
		Gesamt%	15,4%	26,9%	57,7%	100,0%	

Tabelle 11

ISS\* Altersgruppe \* Fronttyp Kreuztabelle 1991-2004

Fronttyp				Altersgruppe			Gesamt
				bis 35 J.	36-65 J.	über 65 J.	
kleine Klasse	ISS >10-30	Anzahl		1	4	5	
		Gesamt%		20,0%	80,0%	100,0%	
	Gesamt		Anzahl		1	4	5
			Gesamt%		20,0%	80,0%	100,0%
Mittel-Klasse	ISS 1-10	Anzahl	2	0	6	8	
		Gesamt%	4,3%	,0%	13,0%	17,4%	
	>10-30	Anzahl	3	13	16	32	
		Gesamt%	6,5%	28,3%	34,8%	69,6%	
	>30-50	Anzahl	3	0	3	6	
		Gesamt%	6,5%	,0%	6,5%	13,0%	
Gesamt		Anzahl	8	13	25	46	
		Gesamt%	17,4%	28,3%	54,3%	100,0%	
große Klasse	ISS 1-10	Anzahl	0	0	3	3	
		Gesamt%	,0%	,0%	33,3%	33,3%	
	>10-30	Anzahl	1	1	1	3	
		Gesamt%	11,1%	11,1%	11,1%	33,3%	
	>30-50	Anzahl	0	0	2	2	
		Gesamt%	,0%	,0%	22,2%	22,2%	
	>50-75	Anzahl	1	0	0	1	
		Gesamt%	11,1%	,0%	,0%	11,1%	
Gesamt		Anzahl	2	1	6	9	
		Gesamt%	22,2%	11,1%	66,7%	100,0%	

Tabelle 12

## 10 Literatur

**Adams, V, Carrubba, C (1998).** The Abbreviated Injury Scale- Application to Autopsy Data. The American Journal of Forensic Medicine and Pathology, 1998: 246-251.

**Appel, H, Gotzen, L (1977).** Verletzungsursachen, Verletzungsmechanik und Verletzungsmuster bei verschiedenen Unfallbedingungen. Hefte zur Unfallheilkunde 132, 1977: 21-23.

**Asang, E, Posch, P, Engelbrecht, R (1969).** Experimentelle Untersuchungen über die Bruchfestigkeit des menschlichen Schienbeins. Monatsschrift für Unfallheilkunde 72, 1969: 336-344.

**Association for the Advancement of Automotive Medicine, (1990).** The Abbreviated Injury Scale, 1990 Revision., Des Plaines, Ill. USA

**Bartel, M, Steinberg, H (1970).** Ein klinischer Beitrag zu den Rippenserienfrakturen. Monatsschrift für Unfallheilkunde 73, 1970: 329-336.

**Beier, G (1973).** Anstoßgeometrie und Verletzungsbild beim tödlichen Fußgänger-PKW- Unfall. Beiträge zur gerichtlichen Medizin 31, 1973: 65-72.

**Beier, G, Pfriem, D (1974).** Durch die Anstoßgeometrie bedingte Besonderheiten im Verletzungsbild tödlich verunglückter Fußgänger. Beiträge zur gerichtlichen Medizin 32, 1974: 73-77.

**Berg, A, Dettinger, J, Grandel, J (1997)** Personenkraftwagen/Fußgänger-Unfälle- Erkenntnisse aus neueren Untersuchungen und Crash-Tests mit besonderer Berücksichtigung moderner Kompaktfahrzeuge. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 9: 247-252, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 10, 1997: 281-286.

**Bockholdt, B (1995).** Tödliche Fußgänger- Pkw- Kollisionen in beiden Teilen Berlins 1980- 1990. Diss. Med., Berlin.

**Brandsch, H, Hoefs, R (1990).** Über das Deformationsverhalten von Fahrzeugstrukturen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 2, 1990: 51-56.

**Deimling, R (1983).** Rechnerische Untersuchung des Fußgänger-Pkw-Unfalls bei tiefem Anstoß. Diss. Med., München.

**Dürwald, W, Göhler, I. (1966).** Gerichtsmedizinische Untersuchung bei Verkehrsunfällen. Georg Thieme, Leipzig, 1966: 231-408.

**Ehrlich, E (1997).** Zur Frage der Topographie der reanimationsbedingten Verletzungen des Brustkorbskelettes. Vortrag 76. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin.

**Ettemeyer, M (1991).** Untersuchung tödlicher Fußgänger-Pkw-Unfälle hinsichtlich der Auswirkungen der Fahrzeugfront auf das Verletzungsmuster der betroffenen Fußgänger. Diss. Med., München.

**Fischer, H-H (1985).** Traumatisierungsgrad, Überlebenszeit und Todesursache beim tödlichen Verkehrsunfall. Diss. Med., Tübingen.

**Friesen, F, Wallentowitz, H, Philipps, M (2001).** Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Fahrzeugtechnik, 2001: Heft F 38.

**Gail, J (2003).** Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Fahrzeugtechnik, 2003: Heft F44: 3-33.

**Gall, F, Achatzky, R (1971).** Verletzungen der Thoraxbinnenorgane nach stumpfem Trauma. Münchener Medizinische Wochenschrift 15, 1971: 544-547.

**Gerlach, D , Müller, R-P (1982).** Die Unfallrekonstruktion bei Fahrzeug-Fußgänger-Kollisionen anhand klinischer Röntgenbilder von Unterschenkelfrakturen. Hefte zur Unfallheilkunde 158, 1982: 607-614.

**Glaeser, K-P (1996).** Der Anprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim Fußgängerunfall. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Fahrzeugtechnik, 1996: Heft F14.

**Gotzen, L, Behrens, S, Suren, E, Stürtz, G (1976).** Der Fußgängerunfall des älteren Menschen, seine speziellen epidemiologischen und traumatologischen Aspekte. Hefte zur Unfallheilkunde 130, 1976: 84-89.

**Gotzen, L, Flory, P-J, Otte, D (1980).** Der Fußgängerunfall: Seine Verletzungssituation und Kollisionsmechanik. Unfallheilkunde 83, 1980: 306-314.

**Grösch, L, Hochgeschwender, J (1990).** Die experimentelle Simulation von Pkw-Fußgänger- und Pkw-Radfahrer-Kollisionen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 11, 1990: 307-312.

**Hailmann, M (1989).** Das Problem der Schweregradeinteilung beim Polytrauma anhand des Injury Severity Score (ISS), des Hannoverschen Polytraumaschlüssels (PTS) und der Schweregradeinteilung nach Schweiberer- Retrospektive Studie an 60 verstorbenen polytraumatisierten Patienten. Diss. Med., München.

**Hoffmann, J, Kretschmar, A (2001).** Aktiv- reversible Schutzkonzepte zur Erfüllung der Fußgängerschutzforderungen nach EEVC WG 17. Vortrag VDI Kongreß Berlin, September 2001, Innovativer Kfz- Insassen- u. Partnerschutz.

**Hrgovic, M, Zecevic, D, Strinovic, D, Skavic, J. (1990).** Zusammenstoß eines Kraftfahrzeuges mit einem Fußgänger. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 6: 146-153, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 7/8: 183-189, Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 11, 1990: 293-296.

**Interdisziplinäre Arbeitsgruppe für Unfallmechanik Universität und ETH Zürich (1985).** Auto- Fußgängerkollision -Verletzungsreduktion, Unfallrekonstruktion, mathematische und experimentelle Simulation.

**Jarosch, K, Hinz, P (1969).** Hinterhauptabriß von der Halswirbelsäule. Monatsschrift für Unfallheilkunde 72, 1969: 89-99.

**Junghanns, K (1970).** Die kombinierte Verletzung des Schädels und der Halswirbelsäule. Monatsschrift für Unfallheilkunde 73, 1970: 97-101.

**Kamiyama, S, Käppner, R, Schmidt, G (1971).** Verletzungskombinationen bei tödlichen Verkehrsunfällen. Monatsschrift für Unfallheilkunde 74, 1971: 10-30.

**Kamiyama, S, Schmidt, G (1970).** Beziehungen zwischen Aufprallgeschwindigkeit, Frakturen und "Wurfweite" bei 50 tödlichen Fußgänger- Pkw- Unfällen. Zeitschrift für Rechtsmedizin 67, 1970: 282-292.

**Kanthak, T (1987).** Der unfalltote Fußgänger. Diss. Med., Hamburg.

**Kappey, F (1970).** Das geschlossene Thoraxtrauma- Erfahrungsbericht über 1258 Fälle. Monatsschrift für Unfallheilkunde 73, 1970: 3-15.

**Kielhorn, F-W (1972).** Tödliche Straßenverkehrsunfälle von Fußgängern. Zentralblatt für Rechtsmedizin 18, 1972: 129-144.

**Kirchner, M (1974).** Rippenserienfrakturen- Ursachen, Begleitverletzungen, Häufigkeit und Klinik. Diss. Med., Marburg.

**König, H-G, Staak, M (1981).** Spurentechnische Rekonstruktion typischer Bewegungsabläufe bei realen Fußgänger- Pkw- Unfällen. Beiträge zur gerichtlichen Medizin 39, 1981: 347-355.

**Kühnel, A (1980).** Der Fahrzeug- Fußgänger- Unfall und seine Rekonstruktion. Dissertationsschrift, Berlin.

**Marosek, H (1976).** Zur Verletzungsmechanik des Fußgängerunfalls bei schwerpunktsnahe Anstoß. Diss. Med., München.

**Mattern, R (1996).** Veränderte Verletzungsmuster durch neue Kfz-Sicherheitsstandards anhand aktueller Unfallabläufe. Vortrag am 20.11.1996 in Berlin, 60. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.

**Mattern, R, Härdle, W, Kallieris, D (1995).** Biomechanik der Seitenkollision. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Mensch und Sicherheit, 1995: Heft M 43.

**Max, J (1988).** Aktualisierte Verletzungsmuster und Beschädigungsbilder beim Fußgänger- Pkw- Unfall. Diss. Med., München.

**Mesqui, F (1983).** Bewegungsablauf bei simulierten Fahrzeug-Fußgänger-Kollisionen. Dissertationsschrift, Zürich.

**Metter, D (1981).** Rechtsmedizinische Unfallrekonstruktion bei tödlichen Fußgänger-Pkw- Unfällen. Habilitationsschrift, Würzburg.

**Mizuno, Y, Ishikawa, H (2003).** Summary of IHRA Pedestrian Safety WG Activities-proposed test methods to evaluate pedestrian protection afforded by passenger cars. Vortrag 17. internat. wissenschaftliche Konferenz Enhanced Safety of Vehicles.

**Muser, M-H, Walz, F-H (2001).** Schutz der Fußgänger bei Kollisionen mit PKW. Bewegungsablauf und biomechanische Aspekte beim PKW-Fußgänger-Unfall. Vortrag Haus der Technik, München (20./21.6.01).

**Nast-Kolb, D, Ruchholtz, S, Oestern, H-J, Neugebauer, E (Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der DGU) (2000).** Das Traumaregister der Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Notfall & Rettungsmedizin 3, 2000: 147-150.

**Oestern, J, Sturm, J, Tscherne, H (1983).** Die Klassifizierung der Verletzungsschwere. Hefte zur Unfallheilkunde 156, 1983: 171-176.

**Otte, D, Pohlemann, T, Wiese, B, Krettek, C (2003).** Änderung des Verletzungsmusters Polytraumatisierter in den zurückliegenden 30 Jahren. Der Unfallchirurg 6, 2003: 448-455.

**Otte, D, Pohlemann, T (2002).** Analyse und Bewertung des Sekundäraufpralles auf die Straße bei Pkw-Fußgänger-Kollisionsabläufen. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik: 10, 2002: 261-267.

**Otte, D (2000).** Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen- Fahrzeugsicherheit '95; Analyse aus Erhebungen am Unfallort. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen: Fahrzeugtechnik, 2000: Heft F31.

**Otte, D (1991).** Einfluß der Fahrzeugfrontgeometrie auf die Verletzungssituation von verunfallten Fußgängern- eine Auswertung aus Erhebungen am Unfallort Hannover. Unfall, Sicherheit, Forschung, 1991: Heft 82.

**Otte, D (1995).** Einfluß der Fronthaubenlängen auf die Fußgängersicherheit und Anforderungen an die Sicherheit kleiner Personenkraftwagen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M47, 1995:187-194.

**Paul, H-H (1974).** Zur Beurteilung von Spätschäden nach Rippenserienfrakturen. Diss. Med., Kiel.

**Pfriem, D (1975).** Verletzungsmuster und Beschädigungsbilder beim Fußgänger-Pkw-Unfall. Diss. Med., München.

**Psenner, P, Ahrer, E (1972).** Verzögerte Symptomatik beim schweren stumpfen Bauchtrauma. Monatsschrift für Unfallheilkunde 72, 1972: 468-471.

**Rehn, J (1971).** Verletzungen der Thoraxwand nach stumpfem Trauma. Münchener Medizinische Wochenschrift 15, 1971: 541-543.

**Rehn, J, Hierholzer, G (1970).** Die Beckenbrüche unter besonderer Berücksichtigung der Begleitverletzungen. Monatsschrift für Unfallheilkunde 73, 1970: 53-62.

**Rehn, J, Hierholtzer, G, Kayser, W (1970).** Die Verletzungen der Brustwand und der Lunge. Monatsschrift für Unfallheilkunde 73, 1970: 307-320.

**Reim, K-O (1982).** Typische Verletzungsmuster bei verschiedenen Klassen von Verkehrsteilnehmern aus der Sicht eines Kreiskrankenhauses. Diss. Med., Gießen.

**Richter, W (1967).** Thoraximpression und begleitende Organverletzungen. Münchner Medizinische Wochenschrift 47, 1967: 2480-2488.

**Riedl, A (1988).** Schweregrad- Indices, ihre Praktikabilität und ihre Aussagekraft für die traumatologische Intensivstation-  
Eine Untersuchung an polytraumatisierten Patienten unter besonderer Berücksichtigung der Extremitäten des Injury Severity Score (ISS). Diss. Med., München.

**Saternus, K-S (1973).** Tödliche Unfälle von Fußgängern im Straßenverkehr. Zeitschrift Rechtsmedizin 73, 1973: 279-289.

**Scherer, H (1972).** Ergebnisse der Behandlung von Beckenfrakturen und deren Nebenverletzungen. Monatsschrift für Unfallheilkunde 72, 1972: 349-355.

**Schindler, V, Kühn, M, Weber, S, Siegler, H, Heinrich, T (2004).** Verletzungsmechanismen und Wirkabschätzungen der Fahrzeugfrontgestaltung bei Pkw-Fußgänger-Kollisionen. Abschlußbericht im Auftrag des Gesamtverbandes der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV): 16-101, TU Berlin.

**Schlumpf, M (1984).** Einfluss von Kollisionsgeschwindigkeit und Fahrzeugfront auf Ablauf und Schweregrad von Fahrzeug-Fußgänger-Kollisionen. Dissertationsschrift, Zürich.

**Schmidt, G (1978).** Verletzungsschwere und Aufprallgeschwindigkeit. Hefte zur Unfallheilkunde 132, 1978: 24-30.

**Schmidt, G-G, Kallieris, D, Gerstner, T, Kemna, H (1983).** Retrospektive Untersuchung von 385 tödlichen Fußgängerunfällen. Beiträge zur gerichtlichen Medizin 41, 1983: 233-238.

**Schmidt, O (1988).** Traumatisierungsgrad, Überlebenszeit und Todesursache beim tödlichen Fußgängerunfall. Diss. Med., Tübingen.

**Schröder, G, Eidam, J, Tröger, D (1991).** Die Kollisionsmechanik des Pkw-Fußgänger- Unfalls in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Fahrzeugfront. Unfall, Sicherheit, Forschung, 1991: Heft 82.

**Schulz, E, Metter, D, Albert, G (1977).** Analyse von Anfahrverletzungen der unteren Gliedmaßen. Beiträge zur gerichtlichen Medizin 35, 1977: 77-83.

**Scola , E, Gotzen, L, Otte, D (1984).** Zur Verletzungsmechanik und Traumatisierung des Unterschenkels durch Stoßstangen beim Fußgängerunfall. Hefte zur Unfallheilkunde 164, 1984: 70-74.

**Siedel, J (1994).** Die Kollision zwischen Pkw und menschlichem Körper. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 10, 1994: 283-286.

**Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2005:**

[www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_inhalt16.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_inhalt16.asp)

**Statistisches Landesamt, Berlin 2005**

[www.statistik-berlin.de/framesets/berl.htm](http://www.statistik-berlin.de/framesets/berl.htm)

**Stevenson, M, Segui- Gomez, M, Lescohier, C, Di Scala, C, McDonald- Smith, G (2001).** An overview of the injury severity score and the new injury severity score. Injury Prevention 7, 2001: 10-13.

**Strouhal, J, Kühnl, K, Hein, H (1994).** Bewegungsgeschwindigkeit von Fußgängern. Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 11, 1994: 313-319.

**Tertsch, D (1969).** Gedeckte Schädelhirntraumen durch Aufprallverletzungen. Monatsschrift für Unfallheilkunde 72, 1969: 22-25.

**Vorweg, M (1991).** Scoringsysteme zur Beurteilung der Verletzungsschwere bei Traumapatienten. Eine prospektive Studie. Diss. Med., Köln.

**Walz, F, Muser, M, Frei, P, Kaeser, R, Niederer, P (1998).** Fußgängerschutz bei Kleinfahrzeugen. Arbeitsgruppe für Unfallmechanik Universität und ETH Zürich, Schlussbericht, BEW- Projekt PN 20533.

[http://www.biomed.ee.ethz.ch/ibt\\_home.html](http://www.biomed.ee.ethz.ch/ibt_home.html)

**Waydhas, C, Nast-Kolb, D, Trupka, A et al. (1992).** Traumascores: Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit. Unfallchirurg 95, 1992: 67-70.

**Weber, R (1971).** Offene und perforierende Thoraxverletzungen. Münchener Medizinische Wochenschrift 15, 1971: 547-553.

**Weber, S (2003).** Simulation des Fußgänger-Fahrzeug-Unfalls zur Beschreibung des Einflusses der Fahrzeugfrontgestaltung auf die Kinematik des Fußgängers. Studienarbeit, TU Berlin, Institut für Land- und Seeverkehr- Fachgebiet Kraftfahrzeuge-, 2003: 11-21.

**Weinreich, M (1979).** Der Verkehrsunfall des Fußgängers. Hefte zur Unfallheilkunde 135, 1979.

**Wolff, C (1977).** Rechnerische und experimentelle Untersuchungen zur Verminderung der Verletzungsschwere bei Kraftfahrzeug-Fußgänger-Unfällen. Dissertationsschrift, Braunschweig.

**Zeidler, F (1983).** Möglichkeiten zum Schutze äußerer Verkehrsteilnehmer durch kraftfahrzeugtechnische Maßnahmen. Unfall, Sicherheit, Forschung, 1983: Heft 41.

**Zierz, U (1973).** Hämatothorax, Serothorax und Pneumothorax: Ihre Ursachen, Komplikationen und therapeutischen Möglichkeiten unter besonderer Berücksichtigung bei Rippenserienfrakturen. Diss. Med., Marburg.

**Zutt, C (1996).** Injury Severity Score (ISS) und APACHE II-Score bei polytraumatisierten Patienten. Diss. Med., München.

## Erklärung

„Ich, Anja Tischer, erkläre, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift mit dem Thema:

„Über den Einfluss geänderter Fahrzeugfronten von PKWs auf die erlittenen Verletzungsmuster bei tödlich verlaufenen Fussgänger-PKW-Frontalkollisionen in Berlin (1978-1985 im Vergleich zu 1991-2004)“

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Unterschrift

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

**Ergebnisse dieser Arbeit wurden wie folgt vorgestellt:**

**Ehrlich, E, Tischer,A, Maxeiner, H (2005).** Vergleich der Verletzungsmuster der 70er und 90er Jahre bei tödlichen Fußgängerunfällen in Berlin. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, 2005: Heft M171: 213-217.

## **Danksagung**

Die vorliegende Dissertation wäre nicht zustande gekommen, wenn ich nicht breite Unterstützung und Hilfe gehabt hätte.

An erster Stelle sei Herrn Prof. Dr. med. H Maxeiner herzlichst gedankt für die Übernahme und die unermüdliche Betreuung meiner thematischen Fragestellung, sowie die Überlassung der Sektionsunterlagen.

Ferner sei an dieser Stelle Herrn Dr. med. E. Ehrlich für die ausdauernde Anleitung und fachliche Unterstützung, gerade zu Beginn dieser Arbeit, gedankt.

Ein großes Dankeschön auch für die Geduld und Unterstützung an die Mitarbeiter des Rechtsmedizinischen Instituts der Charite Berlin, CBF.

Weiterhin sei Herrn Prof. Dr. rer. nat. Peter Martus recht herzlich mein Dank für die Hilfestellung bei der statistischen Auswertung der Daten ausgesprochen.

Meinen Eltern und meiner Schwester sei gedankt für die stilistischen und orthografischen Korrekturvorschläge.

Zum Schluss sei meinem Freund Sven für die Geduld, die Aufmunterung und nicht zuletzt für die Unterstützung bei Fragen bezüglich der Umsetzung der Datenerfassung und -verarbeitung gedankt.

Ebenso sei allen denen ein Dankeschön ausgesprochen, die nicht namentlich Erwähnung fanden, aber zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.