

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC)
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Tod durch Trauma:
Epidemiologie, Todesursachen, Verletzungsmechanismen
und vermeidbare Todesfälle in Berlin 2010.

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Moritz Tobias Giesecke
aus Freiburg im Breisgau

Datum der Promotion: 22.06.2014

meiner Familie

Abkürzungsverzeichnis

AIS	Abbreviated Injury Score
ATLS®	Advanced Trauma Life Support
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DRG	Diagnosis Related Groups
ICD-10	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
ISS	Injury Severity Score
ITLS®	International Trauma Life Support
MOV	Multiorganversagen
NAW	Notarztwagen
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
OP	Operationssaal
PHTLS®	Pre Hospital Trauma Life Support
RTH	Rettungshubschrauber
RTW	Rettungswagen
SHT	Schädelhirntrauma
SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
TR-DGU	TraumaRegisters® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
WHO	Welt-Gesundheits-Organisation
ZNS	Zentralnervensystem

Inhaltsverzeichnis

0. Zusammenfassungen	1
0.1 Abstrakt Deutsch	1
0.2 Abstract English	3
1. Einleitung	5
1.1 Epidemiologie und sozioökonomische Aspekte der Schwerverletzten- Versorgung	5
1.2 Trauma und Polytrauma: Definition und Begriffsklärungen	6
1.3 Traumaassoziierte Todesfälle	7
1.3.1 Präklinische Traumasterblichkeit	8
1.4 Zeitliche Verteilung der Traumaletalität	9
1.5 Verletzungsmuster und Todesursachen	10
1.6 Einflussfaktoren auf traumaassoziierte Todesfälle	11
1.7 Vermeidbarkeit traumaassoziiierter Todesfälle	12
1.8 Fragestellungen	12
2. Material und Methodik	14
2.1 Studiendesign	14
2.2 Untersuchungszeitraum und – Gebiet	14
2.3 Ein- und Ausschlusskriterien	15
2.4 Datenerhebung und Fälle	16
2.4.1 „1-Kap“- Fälle (Obduktion)	17
2.4.2 „2-Kap“-Fälle (keine Obduktion)	18
2.5 Datenerhebung.....	18
2.5.1 Ereigniszeitpunkt und Überlebenszeit nach Trauma	18
2.5.2 Verletzungsmechanismen	19
2.5.3 Präklinische Maßnahmen	20
2.5.4 Todesort	20
2.5.5 Todesursachen	20
2.6 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle	21
2.7 Datenverarbeitung und Statistische Auswertung	22
2.8 Berechnung der Inzidenz traumatischer Todesfälle	23

3. Ergebnisse	24
3.1 Charakteristika der Studienpopulation	24
3.1.1 Epidemiologische Daten	24
3.1.2 Obduktionsrate und Gruppeneinteilung	25
3.1.3 Traumamortalität und Inzidenz traumatischer Todesfälle	25
3.2 Zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit	25
3.2.1 Überlebenszeit	25
3.2.2 Bimodale zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit	25
3.2.2 Saisonale Verteilung der Traumasterblichkeit	27
3.2.3 Verteilung der Traumasterblichkeit nach Wochentagen und Tageszeiten	28
3.3 Verletzungsmechanismen	29
3.3.1 „Andere“ Verletzungsmechanismen	32
3.4 Todesursachen	32
3.4.1 Todesursachen allgemein und im Kap-Gruppen-Vergleich	32
3.4.2 Todesursachen in Abhängigkeit vom Verletzungsmechanismus ...	34
3.4.3 Todesursachen und Jahreszeit	34
3.5 Todesort	35
3.6 Vermeidbare traumatische Todesfälle (nur 1-Kap)	37
3.6.1 Einschätzung der Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle	38
3.6.2 Vermeidbarkeit und Sterbeort	39
3.6.3 Potenziell vermeidbare Todesfälle	40
3.6.4 Definitiv vermeidbare Todesfälle	40
3.6.5 Vermeidbare traumatische Todesfälle und Schädelhirntrauma	41
3.6.6 Vermeidbare traumatische Todesfälle und isoliertes penetrierendes Trauma	43
3.6.7 Vermeidbare traumatische Todesfälle und Reanimation, sowie invasive präklinische Maßnahmen	44
3.6.8 Vermeidbare traumatische Todesfälle in der Luftrettung	44
4. Diskussion	46
4.1 Traumamortalität und Inzidenz traumatischer Todesfälle	46
4.2 Obduktionsrate bei traumaassoziierten Todesfällen	48
4.3 Alter und Geschlecht der traumaassoziierten Todesfälle	49
4.3.1 Steigendes Alter bei traumaassoziierten Todesfällen	49

4.3.2 Traumamortalität und Geschlecht	49
4.4 Zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit	50
4.4.1 Überlebenszeit	50
4.4.2 Neue bimodale zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit	51
4.4.3 Verteilung der Traumasterblichkeit nach Jahreszeiten, Monaten, Wochentagen und Tageszeit	54
4.5 Verletzungsmechanismen	55
4.5.1 Verletzungsmechanismen im Kap-Gruppen-Vergleich (Obduktion ja/nein)	57
4.6 Todesursachen	57
4.7 Todesort	60
4.8 Vermeidbare traumatische Todesfälle	61
4.8.1 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle im internationalen Vergleich	63
4.8.2 Ursachen für vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle	64
4.8.3 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle und Todesort: Brennpunkt Präklinik	66
4.8.4 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle und Prävention	67
4.8.5 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle und Schädelhirntrauma	68
4.8.6 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle, luftgebundener Transport und invasive präklinische Maßnahmen	68
4.9 Effektivität der Traumaversorgung in Berlin	69
4.10 Zusammenfassende Beantwortung der initialen Fragestellungen	69
4.11 Limitationen	71
5. Literaturverzeichnis	73
6. Eidesstattliche Versicherung	86
7. Lebenslauf	88
8. Publikationsliste	93
8.1 Zeitschriftenartikel	93
8.2 Kongressbeiträge	93
9. Danksagung	95

0. Zusammenfassungen

0.1 Abstrakt Deutsch

Tod durch Trauma: Epidemiologie, Todesursachen, Verletzungsmechanismen und vermeidbare Todesfälle in Berlin 2010.

Einleitung:

Das Trauma ist die dritthäufigste Todesursache in den westlichen Industrieländern. Durch konsequente Innovationen in Notfall- und Intensivmedizin konnte die Traumaletalität in Deutschland kontinuierlich gesenkt werden. Aktuelle Forschungsschwerpunkte liegen hierbei in der klinischen Therapie. Daten des TraumaRegisters® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TR-DGU) aus dem Jahr 2012 zeigen eine weiterhin sinkende Traumaletalität von aktuell 10,3% für alle in eine Klinik eingelieferten Schwerverletzten. Aktuelle einheitliche Daten zu Schwerverletzten, welche präklinisch versterben, existieren für Deutschland nicht. Ziel dieser Studie war es daher, in einer definierten Region alle traumaassoziierten Todesfälle zu erfassen und systematisch zu analysieren. Außerdem sollten anhand der erhobenen Daten vermeidbare Todesfälle identifiziert werden um Ausbildungs- sowie Forschungsschwerpunkte neu zu definieren.

Methodik:

In dieser prospektiven Observationsstudie wurden alle primär traumaassoziierten Todesfälle im Land Berlin im Kalenderjahr 2010 untersucht. Ausschlusskriterien waren Tod durch Ertrinken, Verbrennung, Erhängen und alle Todesfälle, die sich zwar nach Trauma jedoch nachweislich durch eine Vorerkrankung oder sekundäre Komplikationen ereigneten. Die Datenerhebung erfolgte mithilfe der Staatsanwaltschaft Berlin und die Rechtsmedizinischen Institute (Universität und Land Berlin). Datengrundlage bildeten polizeiliche und staatsanwaltschaftliche Ermittlungsakten, Obduktionsprotokolle, Leichenschauscheine und Krankenhausakten. Untersucht wurden alle obduzierten und nicht obduzierten Fälle. Weiterhin wurden alle Obduktionsfälle hinsichtlich ihrer Vermeidbarkeit durch ein interdisziplinäres Review-Komitee bewertet.

Ergebnisse:

Insgesamt wurden n=440 primär traumaassoziierte Todesfälle erfasst und ausgewertet. Die Inzidenz traumaassoziiierter Todesfälle betrug 13/100.000 Einwohner (1,4% aller Todesfälle 2010). Die Obduktionsrate war 60%. Das mittlere Alter war 58±23 Jahre mit 64% männlichen Verstorbenen. Die mediane Überlebenszeit lag bei 30min. In 79% der Fälle lag ein stumpfes Trauma vor. Häufigste Traumamechanismen waren Stürze aus >3m (33%) und Stürze <3m (32%) sowie 19% Verkehrsmittelunfällen und 12,5% Stich-, Schnitt- und Schussverletzungen. Haupttodesursachen waren das Polytrauma (46%), das isolierte Schädelhirntrauma (38%) und Verbluten (10%). Die zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit zeigte eine bimodale Verteilung mit einem ersten Häufigkeitsgipfel bei 0-60min. (56%) und einem zweiten bei 4-48h (16,8%). 59% verstarben am Ereignisort und 33% auf der Intensivstation. 85% der Obduktionsfälle wurden durch das interdisziplinäre Review-Komitee als „nicht vermeidbar“ eingestuft, 10% als „potenziell vermeidbar“ und 5% als „definitiv vermeidbar“.

Schlussfolgerung:

Die Traumasterblichkeit in Berlin ist im internationalen Vergleich niedrig. Die Mehrheit der Todesfälle ereignet sich vor Krankenhausaufnahme, sodass zukünftig verstärkt präklinische Versorgungsstrukturen und -maßnahmen weiterentwickelt und beforscht werden sollten. Die zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit zeigt einen neuen bimodalen Verlauf, welcher das gültige trimodale Modell der Traumasterblichkeit mit einem dritten Häufigkeitsgipfel nach >7 Tagen ablösen sollte. Todesfälle können v.a. durch Prävention und Schulung des Rettungsdienstpersonals bezüglich der Durchführung präklinischer invasiver Maßnahmen verhindert werden.

0.2 Abstract English

Death by Trauma: Epidemiology, Death Causes, Injury Mechanisms, and preventable trauma deaths in Berlin 2010.

Introduction:

Trauma remains the third most common cause of death in the industrialized World. There has been a constant decline in trauma mortality in Germany due to continuous innovations in Emergency and Intensive Care Medicine. Predominant focus of science is the clinic. Latest data from the German Traumaregistry (TR-DGU) show an in-hospital trauma mortality of 10.3%. Nevertheless, current reliable data about preclinical trauma deaths in Germany is missing. The aim of this study was to detect and systematically analyze all trauma deaths in a defined region. Additionally all preventable trauma deaths were identified in order to point out new priorities in trauma management education and science.

Methods:

This prospective observational study identified all trauma deaths in Berlin in 2010. Exclusion criteria were death by drowning, burning, hanging, and death due to pre-existing illness or secondary complications (i.e. pulmonary embolism). Data collection occurred via the public prosecutor's office of Berlin and the Institute of Forensic Medicine. Source data were complete police investigation and autopsy files, death certificates, and patient records. All trauma related deaths that underwent autopsy were judged for preventability by an interdisciplinary review committee.

Results:

A total of n=440 trauma related deaths were analyzed, leading to an incidence of 13/100.000 inhabitants. Trauma accounted for 1.4% of all deaths in Berlin. The autopsy rate was 60%. Mean age was 58±23 years. 64% were male. Median survival was 30min. 79% were blunt trauma. Most common trauma mechanisms were falls from >3m (33%), falls from <3m (32%), traffic accidents (19%) and stab- cut- or gunshot wounds (12,5%). Main death causes were polytrauma (46%), isolated traumatic brain injury (38%), and Exsanguination (10%). Temporal distribution of trauma deaths

showed a bimodal distribution with one peak at 0-60min. (56%) and a second peak at 4-48h (16.8%) after trauma. 59% died at the scene and 33% on intensive care unit. The review committee judged 85% of the cases as „non-preventable“, 10% as „potentially preventable“, and 5% as „definitely preventable“.

Conclusions:

Traumamortality in Berlin is low compared to international data. The majority of deaths occur before hospital admission. This calls for focusing scientific efforts in the preclinic. The new bimodal distribution of trauma deaths should replace the currently taught trimodal model with an additional late peak at >7 days. Further decrease of trauma deaths can be achieved by prevention programs and intensified educational efforts in emergency medical service training, especially concerning performance of preclinical invasive measures in a reasonable way.

1. Einleitung

1.1 Epidemiologie und sozioökonomische Aspekte der Schwerverletzten-Versorgung

Das Trauma gehört zu den führenden Ursachen für Morbidität und Mortalität, insbesondere bei Menschen im arbeitsfähigen Alter^{1,2}. Trauma ist weltweit die führende Todesursache bei den unter 40 jährigen und die dritthäufigste Todesursache in den Industrienationen nach kardiovaskulären und malignen Erkrankungen²⁻⁷. Am häufigsten betroffen sind Männer zwischen 20 und 40 Jahren⁷⁻¹⁰. In den USA und in Deutschland gehen durch Trauma mehr Lebensarbeitsjahre verloren als durch maligne Erkrankungen oder Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems^{11,12}.

In Deutschland ereignen sich pro Jahr sieben bis acht Millionen Unfälle mit etwa 580.000 Verletzten, davon 33.000 bis 38.000 Schwer- und Schwerstverletzte mit einer Verletzungsschwere gemessen am Injury Severity Score (ISS) > 16¹³.

Baker und Trunkey eröffneten zu Beginn der 1980er Jahre eine Diskussion über das Trauma als vorrangiges Gesundheitsproblem und forderten die wissenschaftliche Aufarbeitung des sozioökonomischen Ausmaßes der Traumaletalität^{3,12,14}.

Zollinger hatte bereits 1955 Untersuchungen zur Versorgung von Opfern bei Verkehrsunfällen veröffentlicht und die Versorgung Schwerverletzter als Brennpunkt der ärztlichen Ausbildung und chirurgische Herausforderung hervorgehoben¹⁵.

Die jährlichen Gesamtkosten für die stationäre Behandlung verletzter Patienten, die Rehabilitation und berufliche bzw. soziale Reintegration und weitere indirekte Kosten durch Lohnverluste und Produktivitätsausfälle für das Jahr 1996 auf Werte von 150 bis 444 Mrd. US-Dollar geschätzt^{2,11,16}. Diese Zahlen beziehen sich ausschließlich auf die USA.

Die Kosten für die stationäre Versorgung schwerstverletzter Patienten schwanken stark^{1,17}. Schmelz et al. errechneten durchschnittliche Gesamtkosten von ca. 22.000 € pro Patient¹. Grotz et al. untersuchten die durchschnittlichen Behandlungskosten anhand der Daten von 103 Patienten aus dem TraumaRegister® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TR-DGU) und ermittelten durchschnittliche Behandlungskosten von 34.274 ± 22.501 € pro Patient. Dabei betrug die mittlere Vergütung bei der Patientenabrechnung nach Diagnosis Related Groups (G-DRG) 21.380 ± 12.300 €, mit einer mittleren Differenz von 12.893 ± 15.534 € zwischen

tatsächlichen Kosten und Vergütung¹⁸. Auch neuere Arbeiten zeigen nach wie vor eine defizitäre Vergütung bei der Versorgung Schwer- und Schwerstverletzter Patienten in Deutschland^{19, 20}. Die kostendeckende Behandlung beim Polytrauma im DRG-System stellt ein international anerkanntes Problem dar^{18, 19, 21-24}.

1.2 Trauma und Polytrauma: Definition und Begriffsklärungen

Unter dem Begriff Trauma versteht man jegliche äußere Einwirkung auf den Organismus, die mit einer Gewebereaktion bzw. Gewebserstörung und einem entsprechenden Funktionsausfall einhergeht. Beim schweren Trauma kommt es zur Verletzung lebenswichtiger Organe mit unter Umständen bleibenden Funktionseinbußen²⁵.

Eine weltweit einheitliche Definition des Begriffes Polytrauma existiert nicht²⁶. Er beinhaltet die Verletzung mehrerer Körperregionen und/oder Organsysteme, von denen eine einzelne Verletzung allein oder aber die Summe der Verletzungen lebensbedrohlich ist und zu konsekutiven Systemreaktionen mit Funktionsstörungen primär nicht verletzter Organe oder Defensivsysteme führen kann.

Die Verletzungen haben einen definierten Schweregrad entsprechend einem Injury Severity Score (ISS) größer oder gleich 16 Punkten^{2, 16, 25-29}.

Der ISS wurde in den 1970er Jahren von Baker et al. als Messinstrument zur wissenschaftlichen Festlegung der Verletzungsschwere und damit zur Schaffung von vergleichbaren Gruppen innerhalb einer Masse an möglichen verschiedenen Verletzungsmustern vorgestellt. Der ISS setzt sich aus dem Abbreviated Injury Score (AIS) zusammen. Für jede Verletzung einzelner Organe oder Organsysteme gibt es einen definierten AIS-Wert. Bei der Berechnung des ISS werden die drei höchsten AIS-Werte einzeln quadriert und dann addiert³⁰⁻³³.

Die individuelle Reaktion des Organismus auf die Verletzung und das Vorhandensein von Komorbiditäten beeinflussen den weiteren Verlauf und die Prognose des polytraumatisierten Patienten⁴. Deshalb wird unter anderem auch die Einbeziehung der Entwicklung und das Ausmaß einer systemischen Immunantwort (Systemic Inflammatory Response Syndrome, SIRS) in die Definition des Polytrauma-Begriffes diskutiert³⁴.

Die Vielfältigkeit der möglichen Kombinationen von Verletzungen in unterschiedlichstem Ausmaß und die individuelle Reaktion des Organismus auf das Trauma machen eine

einheitliche Definition, welche allen Facetten dieses multifaktoriellen Krankheitsbildes entspricht, unmöglich.

1.3 Traumaassoziierte Todesfälle

Unter dem Begriff der Traumamortalität wird die Anzahl an Todesfällen, die Folgen einer Verletzung sind, für eine definierte Bevölkerung (z.B. 100.000 Einwohner) in einem definierten Gebiet verstanden. Die Traumaletalität dagegen beschreibt die Anzahl der Personen, welche durch eine Verletzung versterben, gemessen an den Personen, die eine Verletzung erleiden.

Nach Untersuchungen der Welt-Gesundheits-Organisation (WHO) belaufen sich die Unfallzahlen mit Todesfolge pro Jahr weltweit auf 3,5 Millionen. In den USA sterben jährlich ca. 150.000 Menschen an den Folgen einer Verletzung^{2, 11}. Die Rate der Todesfälle durch Trauma, also die Traumaletalität, variiert je nach Autor und Region. In Los Angeles County lag sie beispielsweise bei 30,9 je 100.000 Einwohner im Jahr 1996¹⁰. Andere Autoren berichten von 61 bzw. 58 Unfalltoten je 100.000 Einwohner pro Jahr³⁵.

In Deutschland lag die Rate der Verkehrstoten im Jahr 1997 bei 10,4 je 100.000 Einwohner. Die Inzidenz tödlicher Verkehrsunfälle allein wurde in Berlin mit 2,5 je 100.000 Einwohner und in Brandenburg mit 25,2 je 100.000 Einwohner beschrieben. Generell ist eine erhöhte Mortalität durch Verkehrsunfälle in Regionen mit geringer Bevölkerungsdichte im Vergleich zu dichter bevölkerten Regionen zu beobachten¹¹. Im Jahr 2009 wurden in Deutschland 8,09 Mio. Personen bei einem Unfall verletzt, von denen 19.178 Personen an den Folgen der Verletzungen verstarben. Das bedeutet, dass im Jahr 2009 umgerechnet jeder zehnte Deutsche eine Unfallverletzung erlitt und 0,02% der gesamten Wohnbevölkerung durch einen Unfall verstarb³⁶. Diese Zahlen wurden vom Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin veröffentlicht mit dem Hinweis darauf, dass in Deutschland keine einheitliche Erfassung aller Traumatoten existiert. Die Daten werden aus verschiedenen Quellen extrahiert und hochgeschätzt, z.B. Todesursachenstatistik und Straßenverkehrsunfallstatistik.

Laut Amt für Statistik Berlin Brandenburg gab es im Jahr 2008 in Berlin 1.109 Todesfälle durch Verletzungen, Vergiftungen und bestimmte andere Folgen äußerer Ursachen (ICD 10: S00-T98)³⁷. Wie viele Personen direkt an den Folgen einer Verletzung verstarben, wird jedoch nicht klar spezifiziert.

In Studien zur Traumaletalität wird die Anzahl der Verstorbenen auf die Anzahl der eingeschlossenen Patienten bezogen. Von den Verletzten, die lebend in eine Klinik eingewiesen werden, versterben laut angloamerikanischen Daten 4,1 bis 6,7 %^{8, 9, 38}. In Deutschland wurde im Jahr 1993 das TraumaRegister® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) eingeführt (<http://www.traumaregister.de>). Hier werden mittels Internet-basierten Datenerfassungsbögen Informationen über verletzte Patienten, die lebend in eine der teilnehmenden Kliniken eingeliefert werden, gesammelt und analysiert. Ausgehend von Deutschland hat sich dieses Konzept mittlerweile auf Europa und andere Traumanetzwerke weltweit verbreitet, mit aktuell über 500 teilnehmenden Kliniken in Deutschland, Belgien, Finnland, Luxemburg, der Niederlande, Österreich, Schweiz, Slowenien, China und den Vereinigten Arabischen Emiraten. Bemerkenswerterweise sind die Daten zur Traumaletalität aus dem TraumaRegister® der DGU höher als die oben beschriebenen Daten aus anderen Studien. Aktuell liegt die Traumaletalität hier bei 10,3%³⁹. Das bedeutet keinesfalls, dass die klinische Versorgung Schwerverletzter in den teilnehmenden Kliniken schlechter ist als in anderen Gebieten weltweit. Vielmehr unterliegt die angegebene Traumaletalität vielfältigen Einflussfaktoren. Einerseits müssen bei Studien zur Traumaletalität die individuellen Ein- und Ausschlusskriterien berücksichtigt werden. Zum anderen kann eine vergleichsweise höhere innerklinische Sterblichkeit ein Hinweis auf ein besseres präklinisches Traumamanagement sein, wodurch mehr schwerverletzte Patienten eine Klinik lebend erreichen.

1.3.1 Präklinische Traumasterblichkeit

Die o.g. Daten beziehen sich ausschließlich auf Patienten, welche lebend in ein Krankenhaus eingeliefert werden. Personen, die vor Aufnahme in ein Krankenhaus an den Folgen ihrer Verletzungen versterben, werden insbesondere vom TraumaRegister® der DGU nicht erfasst und ausgewertet, was zu einer erheblichen Verzerrung der Gesamtmortalität durch Trauma führt. Untersuchungen, die präklinisch verstorbene Unfallverletzte einschließen, zeigen deutlich höhere Mortalitätsraten¹⁰.

Betrachtet man nur die traumaassoziierten Todesfälle ohne Berücksichtigung der Überlebenden so wird deutlich, dass sich 21-80% aller Todesfälle vor Aufnahme in ein Krankenhaus („präklinisch“) ereignen^{3, 6-8, 10, 40-52}. Repräsentative und belastbare Daten aus dem deutschsprachigen Raum existierten hierzu bisher nicht.

1.4 Zeitliche Verteilung der Traumaletalität

Im Jahre 1977 untersuchten Baker et al. ein ziviles Kollektiv von 437 Traumatoten aus San Francisco, Kalifornien³. Die Letalität wurde eingeteilt in Tod am Unfallort (53,1 %), Tod im Schockraum (7,3%), Tod innerhalb der ersten zwei Tage (21,5 %) Tod nach zwei bis sieben Tagen (5,5 %) und später Tod nach mehr als sieben Tagen (12,6 %). Trunkey et al. entwickelten daraufhin das Modell der trimodalen Verteilung der Traumaletalität^{12, 53} mit einer Einteilung in drei Kategorien: Unmittelbarer Tod (45%, am Unfallort oder innerhalb der ersten 60 min. nach Trauma), Frühe Letalität (24%, 1-4 Stunden nach Trauma bzw. in der Notaufnahme oder während der Not-OP) und Späte Letalität (20%, nach >1 Woche). Dabei wurde festgelegt, dass die Unmittelbare Letalität auf nicht-überlebende Verletzungen des Kopfes bzw. Zentralnervensystems (ZNS) und Verletzungen mit letalem Blutverlust zurückzuführen ist.

Auch bei der frühen Letalität dominieren Verbluten und ZNS-Verletzungen als Todesursachen. Hier wurde die Letalität aber als potenziell vermeidbar durch adäquate Therapie beschrieben. Der dritte, späte Häufigkeitsgipfel im Modell der trimodalen Traumaletalität wird durch konsekutive Sepsis und Multiorganversagen (MOV) dominiert. Auch dieser Peak galt als potenziell reduzierbar.

Trunkey's Konzept wurde weitgehend akzeptiert und ist heute weit verbreitete Lehrmeinung. Es nahm eine wichtige Rolle bei der weltweiten Entwicklung von Traumanetzwerken ein. Durch den steten Wandel über die letzten Jahrzehnte, sowohl in der klinischen also auch in der präklinischen Versorgung Schwerverletzter, wurde das trimodale Konzept von Trunkey zunehmend kontrovers diskutiert^{7-9, 42, 53}. Allerdings dient es nach wie vor als Referenzmodell, an dem sich Studien zur Traumaletalität vergleichen und messen⁹.

In verschiedenen Studien wurden seither andere zeitliche Verteilungen oder gar bimodale oder quadrimodale Letalitätsverteilungen festgestellt^{7-9, 42, 53}.

Es ist festzuhalten, dass die zeitliche Verteilung der Traumaletalität keinem starren Konzept folgt. Sie wird maßgeblich beeinflusst durch Alter, Vorerkrankungen, Verletzungsmechanismus, Verletzungsschwere und die betroffene Körperregionen bzw. Organsysteme^{8, 9}.

Die Mehrheit der Traumatoten verstirbt nach wie vor am Unfallort bzw. vor Aufnahme in ein Krankenhaus^{40, 51-53}. Bei der Späten Traumaletalität nach mehr als sieben Tagen durch Sepsis und MOV sind rückläufige Zahlen beobachtet worden^{8, 42, 54}. Auch für die Verteilung der Traumasterblichkeit existieren bisher keine Daten aus dem

deutschsprachigen Raum, welche in die Gesamtheit der Traumatoten auch die Daten präklinisch Verstorbener einbeziehen.

1.5 Verletzungsmuster und Todesursachen

Die drei dominierenden Todesursachen bei Personen, die durch ein Trauma versterben, sind Verletzungen des Zentralnervensystems (ZNS), Verbluten und Sepsis bzw. Multiorganversagen (MOV)⁵³. Pfeifer et al. konnten in einem Review zeigen, dass ZNS-Verletzungen als Todesursache in den letzten drei Jahrzehnten zugenommen haben. Dagegen war ein Rückgang bei Sepsis-bedingten Todesfällen, vor allem aber bei Tod durch Verbluten, zu beobachten⁵³.

Die Mehrheit der Patienten, welche verbluten oder tödliche primäre ZNS-Verletzungen (z.B. offene Schädelhirnverletzungen und akute intrakranielle Blutungen) erleiden versterben innerhalb von 6 Stunden nach Trauma. Versterben Patienten durch sekundäre ZNS-Verletzungen (z.B. Hirnödem und sekundäre Einblutung mit intrakranieller Kompression), so passiert dies vermehrt zwischen 6 und 24 Stunden nach Trauma. Die späte Letalität wird durch konsekutive Systemreaktionen auf das Trauma und septische Komplikationen dominiert, nämlich Sepsis, MOV und Lungenembolien⁴⁹.

Eine alternative Einteilung der Todesursache erfolgt nach den am schwersten verletzte Körperregionen^{8, 9}. Hier dominieren schwere Kopfverletzungen (32 bis 57%) vor Thoraxtrauma (17 bis 19,9%) und Abdominaltrauma (11,5 bis 21%). Hier wird nicht nach der expliziten Ursache unterschieden (Schädelhirntrauma, Verbluten, etc.) sondern nach der betroffenen Körperregion. So kann z.B. eine Person, die an einem Thoraxtrauma verstirbt, einerseits verbluten, andererseits aber auch an einem Spannungspneumothorax oder anderen Verletzungen versterben.

Große Unterschiede in der Sterblichkeit bestehen bei den verschiedenen Verletzungsmechanismen. Beim stumpfen Trauma liegt die Sterblichkeit bei 5,7%, bei penetrierendem Trauma etwa doppelt so hoch (11,5%)⁹. Demetriades et al.⁸ konnten an einem Kollektiv von über 56.000 Traumapatienten in Los Angeles / USA folgende Beobachtung machen: Penetrierende Verletzungen machten nur 20,4% aller registrierten Verletzungen aus. Allerdings waren 50% der Todesfälle insgesamt durch penetrierendes Trauma bedingt. Dies bedeutet, dass die Traumaletalität beim penetrierenden Trauma höher als beim stumpfen Trauma ist. Außerdem konnten die Autoren darlegen, dass der Verletzungsmechanismus einen entscheidenden Effekt auf

die zeitliche Verteilung der Letalität hat: Traumatote, welche an einer penetrierenden Verletzung versterben, sterben zu über 50% innerhalb der ersten Stunde. Nach 24 Stunden sind etwa 90% verstorben. Nur 2,6% sterben nach mehr als sieben Tagen. Beim stumpfen Trauma ist die Letalität zwar auch in den ersten 24 Stunden erhöht. Sie bleibt aber innerhalb der ersten 7 Tage relativ konstant. Auch Sauaia et al. konnten beobachten, dass fast alle tödlich Verletzten mit penetrierendem Traumamechanismus innerhalb der ersten 48 Stunden versterben⁴².

1.6 Einflussfaktoren auf traumaassoziierte Todesfälle

Einige Einflussfaktoren auf die Traumaletalität wurden bereits oben erwähnt, z.B. der Verletzungsmechanismus, die Verletzungsschwere und die verletzten Körperregionen oder Organsysteme^{8, 9, 38}.

Auch regionale Unterschiede beeinflussen die Häufigkeit und Art der Verletzungen und damit die Traumaletalität. In einer Region mit hoher Kriminalitätsrate und „lockeren“ (Schuss-) Waffengesetzen ist beispielsweise mit einem hohen Anteil an penetrierenden Verletzungen zu rechnen.

Unterschiedlich gut entwickelte Rettungssysteme, die Verfügbarkeit von Ressourcen, lokale Differenzen bezüglich der Infrastruktur, die Präsenz spezialisierter Einrichtungen zur (Poly) - Traumaversorgung, Ausbildungsstandards, und das bestehende Gesundheitssystem sind weitere zu nennende regionale und nationale Einflussfaktoren auf die Traumaletalität. Dazu kommen Waffen- und Verkehrsgesetze (z.B. Tempolimit, Helmpflicht für Motorradfahrer, Anschnallpflicht für Kraftfahrer).

Biewener et al. zeigten verbesserte Überlebensraten bei Polytrauma Patienten, die primär in spezialisierte Trauma Zentren gebracht wurden. In ländlichen Regionen hat zudem die luftgebundene Rettung Vorteile gegenüber der bodengebundenen Rettung, da spezialisierte Krankenhäuser schneller erreicht werden können und deshalb auch öfter primär angesteuert werden. In städtischen Ballungszentren sind Trauma-Zentren i.d.R. schneller zu erreichen. Hier gibt es keine Vorteile der Luftrettung gegenüber der bodengebundenen Rettung. Im urbanen Setting scheint die sog. „Load And Go“-Strategie sinnvoll, also der schnellstmögliche Transport in die Klinik, ohne zeitliche Verzögerungen durch aufwendige Interventionen am Unfallort⁵⁵.

In ländlichen Gebieten ist die Todesrate durch Trauma, insbesondere durch Verkehrsunfälle, höher als in urbanen Gebieten^{11, 56}. Rogers et al. konnten zeigen, dass

schon die Zahl der Verstorbenen am Unfallort im ländlichen Gebiet erheblich höher ist als in der Stadt (72% vs. 40,5%)⁴⁷.

Auch das zunehmende Alter und die steigende Anzahl an Begleiterkrankungen hat Einfluss auf die Traumaletalität. Besonders für Personen über 65 Jahre kann eine erhöhte Mortalität im Langzeitverlauf beobachtet werden. Als Gründe hierfür werden die Funktionseinschränkung und Immobilisierung nach Trauma diskutiert^{54, 56, 57}.

Beim Sichten der Literatur wird deutlich, dass auch die zahlreichen Studien, die zum Thema Traumaletalität publiziert wurden, eine große Heterogenität aufweisen, insbesondere hinsichtlich der Ein- und Ausschlusskriterien. Ein entscheidender Punkt ist hier der Ein- oder Ausschluss von Todesopfern durch Trauma, die präklinisch verstorben sind.

1.7 Vermeidbarkeit traumaassoziierter Todesfälle

Meislin et al. untersuchten in einer Studie Todesfälle am Unfallort. 58% der Todesfälle wurden so eingestuft, dass sie innerhalb von Minuten eintraten und die Verletzungen nicht überlebar waren^{8, 54}. Geht man davon aus, dass die Mehrzahl der Todesfälle nach Trauma nicht medizinisch zu vermeiden sind, so ist es naheliegend, vermehrt in präventive Maßnahmen zu investieren. Cushman⁵⁸ behauptet sogar, dass bis zu 90% aller Verletzungen potenziell vorhersehbar und durch Präventionsmaßnahmen vermeidbar sind.

Die international publizierte Literatur ergibt – unabhängig von Publikationsjahr, infrastrukturellen Unterschieden, sozioökonomischem Hintergrund oder verschiedener Rettungsdienstsysteme (Notarzt- vs. Paramedic-System) – eine mittlere Vermeidbarkeitsrate von Todesfällen nach Trauma von 21,7%⁵⁹⁻⁶⁸. Aktuellere Studien zeigen Raten an vermeidbaren Todesfällen von 5-11%⁶⁹⁻⁷¹.

1.8 Fragestellungen

In den letzten drei Jahrzehnten konnte das Überleben von Verletzten, vor allem das von schwerverletzten Personen, verbessert werden^{42, 53}. Das Wissen über Todesursachen und die zeitliche Verteilung der Traumaletalität soll dazu dienen, die vorhandenen Ressourcen gezielt einzusetzen und neue Schwerpunkte der Unfallprävention, Ausbildung von Rettungsdienstpersonal und Wissenschaft zu setzen, damit auf lange Sicht die Mortalität der Erkrankung Polytrauma weiter gesenkt werden kann. Obwohl schwerverletzte Patienten wie oben dargestellt erhebliche Belastungen des

Gesundheitssysteme bedeuten, existieren bisher keine belastbaren Daten bezüglich traumaassoziierter Todesfälle oder deren Vermeidbarkeit im deutschsprachigen Raum. Primäres Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, zunächst eine aktuelle Bestandsaufnahme über traumaassoziierte Todesfälle in einem definierten Gebiet zu liefern. Es soll untersucht werden, wie die Situation der Traumaletalität in Berlin, repräsentativ für Deutschland unter Berücksichtigung der Großstadt-spezifischen Unterschiede ist.

Die speziell zu untersuchenden Fragestellungen sind:

- 1.8.1 Wieviele Personen versterben in Berlin pro Jahr an den direkten Folgen einer Verletzung?**
- 1.8.2 Wann und wo versterben Patienten in Berlin nach Trauma?**
- 1.8.3 Wie gestaltet sich die zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit in Berlin?**
- 1.8.4 Welches sind die zum Tode führenden Verletzungsmechanismen?**
- 1.8.5 Was sind die Todesursachen?**
- 1.8.6 Wie ist die Situation in Berlin bezüglich der Vermeidbarkeit traumaassoziierter Todesfälle?**
- 1.8.7 Wie effektiv ist die Traumaversorgung in Berlin?**
- 1.8.8 Wie sind die gewonnenen Daten im internationalen Vergleich einzuordnen?**

2. Material und Methodik

2.1 Studiendesign

Die vorliegende Arbeit ist eine Observationsstudie. Die Ein- und Ausschlusskriterien, sowie die zu erhebenden Parameter wurden prospektiv erhoben und analysiert.

2.2 Untersuchungszeitraum und – Gebiet

Der Untersuchungszeitraum wurde definiert als das Kalenderjahr 2010 (01.01.2010 bis 31.12.2010). Untersuchungsgebiet war das Bundesland Berlin. Berlin hatte im Untersuchungszeitraum laut statistischem Jahrbuch 2011 3.460.725 (3,46 Mio.) Einwohner auf einer Fläche von 891,74 km² ³⁷. Das durchschnittliche Alter betrug 42,8 Jahre. Im Untersuchungsgebiet nehmen laut Krankenhausplan des Landes Berlin 2010 insgesamt 39 Kliniken an der Notfallversorgung teil, davon 33 sogenannte Notfallkrankenhäuser und sechs Notfallzentren. Jedes Notfallkrankenhaus garantiert an 365 Tagen im Jahr rund um die Uhr die notwendigen fachlichen, personellen, logistischen und infrastrukturellen Ressourcen für eine adäquate Notfallversorgung. Für die sechs Notfallzentren, welche für die interdisziplinäre Akutversorgung schwerstverletzter Patienten besonders geeignet sind, gelten höhere Anforderungen bezüglich Leistungsfähigkeit, Infrastruktur und Aufnahmekapazität. Diese entsprechen den Anforderungen an sogenannte Überregionale Traumazentren im Weißbuch zur Schwerverletzten-Versorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)⁷² und der S3-Leitlinie zur Polytraumaversorgung⁷³. Hier müssen rund um die Uhr - 24h/365 Tage – alle Ressourcen für die akute und definitive Versorgung „aller Arten von Verletzungen“⁷² vorgehalten werden. Die einzige Ausnahme bilden spezielle Verletzungsmuster, z.B. schwere Verbrennungen, welche in Spezialzentren weiterbehandelt werden sollen. Es muss die parallele Behandlungsmöglichkeit von mindestens zwei Schwerverletzten simultan gewährleistet sein.

Zur präklinischen Versorgung schwerverletzter Patienten stehen in Berlin rund um die Uhr an 365 Tagen im Jahr insgesamt über 101 Rettungswagen, 18 Notarzteeinsatzfahrzeuge (NAW/NEF) und 2 Rettungshubschrauber (RTH) zur Verfügung⁷⁴. Jederzeit sind 20 Notärzte im Stadtgebiet einsatzbereit. Die zentrale Annahme von Notrufen sowie die Weiterleitung der Einsätze an adäquate Rettungsmittel erfolgt durch die Einsatzleitstelle der Berliner Feuerwehr unter der Rufnummer „112“⁷⁵.

Für die ärztliche Teilnahme am öffentlichen bodengebundenen Rettungsdienst ist der Erwerb der Zusatz-Weiterbildung „Notfallmedizin“ obligat. Diese beinhaltet mindestens 24 Monate Weiterbildung in einem Gebiet der stationären Patientenversorgung (üblicherweise in den notfallmedizinisch relevanten Fachdisziplinen), 12 Monate Intensivstation und / oder Notfallaufnahme, Absolvierung von 100 Notarzt-Einsätzen unter Aufsicht eines verantwortlichen Notarztes und die Teilnahme an einem Abschlusskurs von 20 Stunden. Für die ärztliche Teilnahme am luftgebundenen Rettungsdienst (RTH) ist neben der Zusatz-Weiterbildung „Notfallmedizin“ die Facharztreihe in einer notfallmedizinisch relevanten Fachdisziplin und langjährige klinische Erfahrung erforderlich. Gewöhnlich verfügen in der Luftrettung tätige ärztliche und nicht-ärztliche Rettungsdienstmitarbeiter im Vergleich zum bodengebundenen Rettungsdienst über größere Erfahrung in der Behandlung schwerverletzter Patienten, da diese häufig primär und / oder sekundär luftgebunden transportiert werden^{76, 77}.

2.3 Ein- und Ausschlusskriterien

In die Auswertung eingeschlossen wurden alle im Kalenderjahr 2010 im Land Berlin primär durch Trauma verstorbenen Personen. Dabei wurden nur Todesfälle berücksichtigt, die unmittelbar Folge einer Verletzung waren. Ausschlusskriterien waren aufgrund der pathophysiologischen Besonderheiten Tod durch Erhängen, Ertrinken, Verbrennung sowie Stromunfälle. Ausgeschlossen wurden ferner alle Todesfälle mit primär nicht-traumaassoziierter Todesursache (Todeseintritt im Kontext einer vorbestehenden Grunderkrankung bzw. einer nur mittelbar traumaassozierten (sekundären) Komplikation, z.B. Myokardinfarkt, Lungen-Arterienembolie, Apoplex, Pneumonie nach längerer Krankenhaus-Behandlungsdauer). Zur Veranschaulichung sei hier ein Beispiel genannt: Ein Patient erleidet im Rahmen eines Sturzes eine Fraktur des proximalen Femurs und entwickelt im Verlauf bedingt durch die Immobilisation eine tiefe Beinvenenthrombose mit konsekutiver Lungenarterienembolie – Todeseintritt im Rechtsherzversagen. Hier besteht zwar forensisch ein kausaler Zusammenhang zwischen Trauma und Todeseintritt, weshalb die Todesursache als nicht-natürlich einzustufen ist, allerdings ist das Trauma nicht die primäre Todesursache und somit nicht Gegenstand unserer Untersuchung.

Fälle, bei denen nicht abschließend geklärt werden konnte, ob das Trauma oder aber ein vorangegangenes inneres Ereignis ursächlich für den Todeseintritt war, wurden ebenfalls nicht in das Kollektiv eingeschlossen. Beispielhaft sei der Fall einer 81jährigen

Pflegeheimbewohnerin genannt, die morgens im Badezimmer liegend leblos mit einer 3 cm großem Kopfplatzwunde aufgefunden wurde – Todeseintritt am Fundort nach frustraner kardiopulmonaler Reanimation. Anhand der Aktenlage konnte hier aufgrund der multiplen Vorerkrankungen der Patientin nicht ausgeschlossen werden, dass die Patientin aus innerer Ursache verstorben war und sich die Kopfplatzwunde im Rahmen eines agonalen Sturzgeschehens zugezogen hatte. Eine Obduktion wurde weder von der Staatsanwaltschaft noch von den behandelnden Ärzten und Angehörigen angestrebt, so dass die tatsächliche Todesursache nicht abschließend geklärt werden konnte.

Umgekehrt wurden solche Fälle eingeschlossen, bei denen sich ein Trauma zwar infolge einer inneren Ursache ereignete, z.B. ein Sturz im Rahmen einer Synkope, die Person aber nachweislich nicht aus innerer Ursache, sondern an den Folgen der Verletzung(en) verstorben war.

2.4 Datenerhebung und Fälle

Die Erhebung der Daten erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Rechtsmedizin der Charité – Universitätsmedizin Berlin, dem Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin und der Abteilung für Kapitalverbrechen der Staatsanwaltschaft Berlin.

Verstirbt in Deutschland eine Person, so muss durch einen approbierten Arzt der Tod festgestellt und der Leichenschauschein ausgefüllt werden. Schwerverletzte Patienten ohne sichere Todeszeichen werden regelhaft von einem boden- oder luftgebundenen Notarzt zumindest gesehen bzw. vor Transport in Kranken- oder Leichenschauhaus behandelt. Nach deutschem Recht ist die Todesfeststellung eine ärztliche Maßnahme (Ausnahme: amtlich bestellte Laienleichenschauer auf Halligen); nach der Leichenschau muss die Todesursache durch den leichenschauenden Arzt mit “natürlich” (Todeseintritt als Folge einer inneren Erkrankung), “nicht-natürlich” (tödliche Folgezustände äußerer Gewalt, z.B. durch Unfälle, strafbare Handlungen, Suizide, Vergiftungen, Vernachlässigung, ärztliches Handeln oder Unterlassen) oder “ungewiss” bescheinigt werden. Im Falle einer mit „nicht-natürlich“ bzw. „ungewiss“ bescheinigten Todesursache ist durch den leichenschauenden Arzt obligat die Polizei zu verständigen. In diesen Fällen obliegt nach abgeschlossener kriminalpolizeilicher Ermittlungsarbeit die Beantragung / Anordnung einer rechtsmedizinischen Obduktion der ermittlungsführenden Staatsanwaltschaft bzw. dem zuständigen Amtsgericht.

Selbstverständlich werden keineswegs sämtliche der als „nicht-natürlich“ bzw. „ungewiss“ klassifizierten Todesfälle zur gerichtlichen Obduktion angeordnet; allerdings sind sämtliche traumatisch bedingten Todesfälle im Sinne einer „nicht-natürlichen“ Todesursache bei der örtlich zuständigen Staatsanwaltschaft aktenkundig.

Beim Trauma Todesursache immer als nicht natürlich anzusehen. Alle nicht-natürlichen oder ungewissen Todesursachen müssen unverzüglich polizeilich gemeldet werden. Grundlage für dieses Prozedere sind die Bestattungsgesetze der einzelnen deutschen Bundesländer (beispielhaft „Berliner Gesetz über das Leichen- und Bestattungswesen in der Fassung vom 02.11.1973 (GVBl. 5. 1830), geändert durch die Gesetze vom 05.03.1987, 09.12.1988, 08.02.1994 und 21.09.1995 (GVBl. 5. 998, 2263, 71, 608), § 6 (2). <http://www.postmortal.de/Recht/Bestattungsrecht-BRD/Bestattungsrecht-Laender/Berlin/berlin.html#bestag>, zuletzt aufgerufen am 26. März 2013“ und „Brandenburgisches Bestattungsgesetz (BbgBestG) in der Fassung vom 7. November 2001 (GVBl.I/01 S.226), § 6(3). <http://www.postmortal.de/Recht/Bestattungsrecht-BRD/Bestattungsrecht-Laender/Brandenburg/brandenburg.html>, zuletzt aufgerufen am 26. März 2013“). Der Leichnam wird dann so lange beschlagnahmt, bis er durch die Staatsanwaltschaft freigegeben wird oder aber die Staatsanwaltschaft beim Amtsgericht eine gerichtliche Obduktion beantragt und das Amtsgericht diese anordnet. Wird eine Obduktion angeordnet, so wird der Fall mit dem staatsanwaltschaftlichen Aktenzeichen „1-Kap“ versehen. Ist nach Einschätzung der Staatsanwaltschaft eine Obduktion nicht erforderlich, so werden die Fälle unter dem staatsanwaltschaftlichen Kürzel „2-Kap“ archiviert. Um sicherzustellen, dass alle traumaassoziierten Todesfälle im Land Berlin im entsprechenden Zeitraum in die Studie eingeschlossen werden können, mussten also alle obduzierten („1-Kap“) und nicht obduzierten („2-Kap“) Todesfälle untersucht werden, in denen nach der Leichenschau eine nicht-natürliche oder ungewisse Todesursache bescheinigt worden war.

Dazu wurden regelmäßig die archivierten Akten im Archiv der Staatsanwaltschaft Berlin und den rechtsmedizinischen Instituten gesichtet und hinsichtlich der genannten Ein- und Ausschlusskriterien überprüft.

2.4.1 „1-Kap“- Fälle (Obduktion)

Alle Sektionsakten werden chronologisch in den beiden Berliner rechtsmedizinischen Instituten archiviert. Im Jahr 2010 wurden insgesamt n=2.115 Obduktionen durchgeführt, davon n=1.062 im Institut für Rechtsmedizin der Charité -

Universitätsmedizin Berlin und n=1.053 im Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin. Die Sektionsakten enthalten den ausführlichen Obduktionsbericht, Kopien der polizeilichen / staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsakten, den Leichenschauschein sowie ggf. Zeugenaussagen, Notarzt- und Rettungsdienstprotokolle, weitere medizinische Behandlungsunterlagen und Fotos vom Ereignisort.

2.4.2 „2-Kap“-Fälle (keine Obduktion)

Die polizeilichen / staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsakten der an einer nicht-natürlich oder ungewissen Todesursache verstorbenen Personen werden chronologisch in der Abteilung für Kapitalverbrechen der Staatsanwaltschaft Berlin archiviert. Insgesamt wurden n=3.745 Fälle für das Jahr 2010 archiviert, von denen zwei im Untersuchungszeitraum nicht einsehbar waren. Die 2-Kap-Akten enthalten die gleichen Dokumente wie die o. g. Sektionsakten mit Ausnahme der Obduktionsberichte.

Aktendurchsicht und Datenerhebung erfolgten mit Genehmigung der Staatsanwaltschaft Berlin zwischen Mai 2010 und März 2011 im Institut für Rechtsmedizin der Charité — Universitätsmedizin Berlin, dem Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin und der Abteilung für Kapitalverbrechen der Staatsanwaltschaft Berlin.

2.5 Datenerhebung

Die zu erhebenden Parameter wurden im Rahmen der Studienplanung festgelegt und beziehen sich auf Epidemiologie (Alter und Geschlecht), Todeszeitpunkt, Überlebenszeit nach Trauma, präklinisch durchgeführte Maßnahmen, Verletzungsmuster und -mechanismen sowie Todesursache. Alle Parameter wurden prospektiv erhoben.

2.5.1 Ereigniszeitpunkt und Überlebenszeit nach Trauma

Die Überlebenszeit wurde definiert als die Zeit vom Trauma bis zum Todeseintritt. Beide Zeitpunkte konnten regelmäßig den Fallakten entnommen werden.

Eine Überlebenszeit von 0 Minuten wurde angenommen bei offensichtlich nicht überlebenden Verletzungsmustern, bei Vorhandensein sicherer Todeszeichen oder bei ausbleibenden Wiederbelebungsmaßnahmen am Ereignisort. Auch wenn der Todeszeitpunkt nicht sicher festgestellt werden konnte, wurden diese Fälle als „unmittelbar verstorben“ definiert.

Zusätzlich wurde die Überlebenszeit eingeteilt in 6 Kategorien: Unmittelbarer Todeseintritt, Todeseintritt innerhalb der ersten Stunde, Todeseintritt innerhalb 1 bis 4 Stunden, Todeseintritt innerhalb 4 bis 48 Stunden, Todeseintritt innerhalb 2 bis 7 Tage und Todeseintritt nach mehr als 7 Tagen.

Bei der Ermittlung des Unfallzeitpunktes wurden sechs Zeitintervalle zu je 4 Stunden definiert: 0:00 - 3:59 Uhr, 4:00 - 7:59 Uhr, 8:00 - 11:59 Uhr, 12:00 - 15:59 Uhr, 16:00 - 19:59 Uhr und 20:00 - 23:59 Uhr. Außerdem wurden die Todeszeitpunkte nach Wochentagen (Montag bis Sonntag) und nach Jahreszeit sortiert. Bei letzterem wurde die Einteilung wie folgt gewählt: Frühling: 20. März bis 20. Juni, Sommer: 21. Juni bis 22. September, Herbst: 23. September bis 21. Dezember und Winter 01. Januar bis 19. März 2010 und 22. Dezember bis 31. Dezember 2010.

2.5.2 Verletzungsmechanismen

Unter dem Begriff Verletzungsmechanismen wurden Unfallhergang bzw. Art des traumatisierenden Ereignisses definiert. Dabei wurde einerseits zwischen stumpfem und penetrierendem Trauma unterschieden. Unter „penetrierendem“ Trauma wurden alle Verletzungen zusammengefasst, bei denen es zu einer Penetration der Haut durch äußere Einwirkung kommt, z.B. Stich- und Schnitt-, Schuss- und Pfählungsverletzungen. Das „stumpfe“ Trauma wurde definiert als Gewalteinwirkung auf den Körper ohne direkte Penetration der Haut. Diese schließt das Vorhandensein offener Wunden keinesfalls aus, z.B. bei offenen Frakturen oder anderen Quetschwunden. In eine dritte Kategorie wurden alle Fälle eingeteilt, in denen beides, also sowohl stumpfe, als auch penetrierende Verletzungsmechanismen simultan vorlagen.

Zum anderen erfolgte die Einteilung nach spezifischen Traumamechanismen in acht Kategorien: Stürze aus > 3 Metern Höhe, Stürze zu ebener Erde (alle Stürze aus < als 3 Metern Höhe, Treppenstürze), Straßenverkehrsunfälle (Fußgänger, Zweiradfahrer, Kraftfahrzeug-Insassen), Bahnüberrollungen, Stich- und Schnittverletzungen, sowie Schussverletzungen. Alle Fälle, die nicht in die o.g. Kategorien eingeordnet werden konnten, wurden unter „andere“ Traumamechanismen zusammengefasst, z.B. Gewaltverbrechen (Schläge, Tritte oder Hiebe mit Stumpfen Gegenständen) oder Fälle, in denen Personen von herabstürzenden Gegenständen etc. erschlagen wurden.

2.5.3 Präklinische Maßnahmen

Zur Erfassung der am Unfall- bzw. Auffindeort vom Notarzt, Rettungsassistenten und Laienhelfern durchgeführten Maßnahmen wurde auf die Informationen aus den Notarzt- und Rettungsdienstprotokollen, Obduktionsprotokoll sowie den Polizeiberichten zurückgegriffen.

Bei den nicht-obduzierten Fällen (2-Kap) wurde als einzige präklinische Maßnahme die Durchführung einer kardiopulmonalen Reanimation erfasst. Bei den obduzierten Fällen (1-Kap) wurden zusätzlich alle invasiven Maßnahmen erfasst, die präklinisch erfolgt waren. Hier konnte zusätzlich auf Obduktionsberichte zurückgegriffen werden, in denen alle invasiven Maßnahmen beschrieben sind. Folgende invasive präklinische Maßnahmen wurden prospektiv festgelegt: Etablierung eines intravenösen (i.v.) oder intraossären (i.o.) Zuganges, Sicherung der Atemwege mittels endotrachealem Tubus, Larynxmaske, Combitubus oder Larynxtubus bzw. Koniotomie, Thoraxentlastungspunktion oder Anlage einer Thoraxdrainage (Minithorakotomie) und präklinische Perikardiozentese.

2.5.4 Todesort

Der Ort des Versterbens konnte dem Leichenschauschein entnommen werden. Die Einteilung erfolgte in sechs Kategorien, nämlich Tod am Ereignisort, Tod während des Transports in die Klinik, Tod in der Rettungsstelle bzw. im Schockraum, Tod während einer Not-Operation, Tod auf der Intensivstation und Tod auf einer Normalstation.

Zu den Notoperationen wurden auch die Todesfälle gezählt, die im Rahmen einer Notfall-Operation noch in der Rettungsstelle verstorben waren, z.B. Not-Thorakotomie bei penetrierenden Thoraxverletzungen oder Not-Laparotomie bei intraabdomineller freier Flüssigkeit und hämodynamischer Instabilität.

2.5.5 Todesursachen

Die Todesursachen wurden dem Leichenschauschein und den Obduktionsprotokollen entnommen. Die individuell formulierten Todesursachen wurden in fünf einheitlichen Kategorien zusammengefasst: Polytrauma, Schädelhirntrauma, Verbluten, Thoraxtrauma und andere Todesursachen.

2.5.5.1 Polytrauma: Mehrfache gleichzeitig auftretende stumpfe und / oder penetrierende Verletzungen mehrerer Organe oder Organsysteme, welche durch mechanische Zerstörung lebenswichtiger Strukturen ohne Zeichen des

Verblutens (z. B. spärliche Totenflecke, blasse innere Organe, subendokardiale Blutungen) primär zum Tode führten.

2.5.5.2 Schädelhirntrauma: Zerstörung von Hirngewebe, intrakranielle Blutungen und/oder Mittellinienverlagerung, die todesursächlich waren ohne das Vorhandensein anderer potenziell lebensgefährlicher Verletzungsmuster. Diese Kategorie bezieht alle tödlichen Schädelhirnverletzungen ein (Kopfschüsse, traumatische intrakranielle Blutungen, tödliche offene Schädelverletzungen).

2.5.5.3 Verbluten: Jede stumpfe und/oder penetrierende Einzel- oder Mehrfachverletzung, die einen letalen Blutverlust mit Zeichen des Verblutens bei der Obduktion zur Folge hatte, ohne dass die mechanische Gewebszerstörung für sich primär letal gewesen wäre.

2.5.5.4 Thoraxtrauma: Jede stumpfe oder penetrierende Verletzung des Thorax und der intrathorakalen Organe, die primär durch mechanische Zerstörung und/oder Dysfunktion zum Tode führte, ohne Verbluten oder Verletzungen extrathorakaler Strukturen als mögliche Todesursache ([Spannungs-] Pneumothorax, Perikardtamponade oder Thoraxquetschung).

2.5.5.5 Andere: Alle anderen Todesursachen, welche nicht die o.g. Definitionen erfüllen.

2.6 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle

Alle Akten von Personen, die im Untersuchungszeitraum an den Folgen einer Verletzung im Land Berlin unmittelbar verstorben und obduziert worden waren (1-Kap) wurden hinsichtlich der Vermeidbarkeit des traumaassoziierten Todes untersucht. Dabei wurden nur solche Fälle berücksichtigt, die auch den übrigen Ein- und Ausschlusskriterien entsprachen (siehe 2.3). Es wurden ausschließlich obduzierte Fälle untersucht, da hier zusätzlich zu den Polizeiakten, Notarzt- und Rettungsdienstprotokollen sowie ggf. vorhandenen weiteren medizinischen Behandlungsunterlagen entsprechende Sektionsprotokolle mit vollständiger Dokumentation sämtlicher Verletzungsmuster vorlagen. Nur mit Kenntnis der definitiven Todesursache kann unter Berücksichtigung der durchgeführten medizinischen Maßnahmen über die Vermeidbarkeit eines traumaassoziierten Versterbens entschieden werden, da zwischen klinisch und autoptisch festgestellten Trauma-Todesursachen teils erhebliche Diskrepanzen bestehen⁷⁸⁻⁸⁰.

Alle Akten wurden durch ein interdisziplinäres Review-Komitee, bestehend aus einem Rechtsmediziner mit 15 Jahren Rettungsdienstenerfahrung, sowie einem Unfallchirurgen und Notfall- und Rettungsmediziner gesichtet. Die Akteneinsicht erfolgte zunächst einzeln und unabhängig. Im nächsten Schritt wurden die Beurteilungen verglichen und abschließend gemeinsam diskutiert. Nur diejenigen Fälle, in denen einstimmige Übereinkunft bezüglich der Vermeidbarkeit herrschte, wurden entsprechend eingeordnet.

Die Einteilung erfolgte adaptiert nach Shackford et al.⁸¹ in nicht vermeidbare Todesfälle, potentiell vermeidbare Todesfälle und definitiv vermeidbare Todesfälle:

2.6.1 Nicht vermeidbare Todesfälle: Anatomische Organ- oder Gewebszerstörungen, welche auch unter optimaler Therapie nicht überlebar sind.

2.6.2 Potentiell vermeidbare Todesfälle: Schwere anatomische Verletzung oder Verletzungskombinationen, die zwar potentiell tödlich, aber unter sofortiger, optimaler Therapie überlebar sind.

2.6.3 Definitiv vermeidbare Todesfälle: Moderate anatomische Verletzungen, die zwar unbehandelt lebensbedrohlich sind, unter adäquater Therapie aber vollständig reversibel, z.B. Spannungspneumothorax, externe Blutung, Verlegung der oberen Atemwege, etc.).

Die vermeidbaren Todesfälle wurden in Bezug auf ihren Anteil am Gesamtkollektiv ausgewertet und verglichen. Außerdem erfolgte ein Vergleich der eigenen Daten mit der internationalen Fachliteratur.

2.7 Datenverarbeitung und Statistische Auswertung

Die Datenverarbeitung erfolgte mittels Microsoft® Excel® (© Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA; letztes installiertes Update 14.3.4) und IBM® SPSS® Statistics Version 21.0 (© IBM Corporation, Armonk, NY, USA).

Die Statistischen Analysen wurden durchgeführt mittels IBM® SPSS® Statistics Version 21.0. Für nicht normalverteilte Daten wurden Median und Inter-Quartilen-Abstand berechnet. Für normalverteilte Daten erfolgte die Berechnung von Mittelwerten und Standardabweichungen. Für deskriptive Statistik wurde der Mann-Whitney-U-Test zum unabhängigen Gruppenvergleich angewandt. P-Werte <0.05 wurden als statistisch signifikant gewertet.

2.8 Berechnung der Inzidenz traumatischer Todesfälle

Die Einwohnerzahl in Berlin lag 2010 bei 3.460.725 Personen mit 940 Todesfällen pro 100.000 Einwohner. Um die ermittelte Zahl der durch Trauma verstorbenen Personen in Relation zu allen Verstorbenen Personen im betreffenden Zeitraum und Gebiet zu stellen wurde folgende Rechnung durchgeführt:

$$\text{Inzidenz traumatischer Todesfälle} = \frac{\text{Verstorbene durch Trauma Berlin 2010} \times 100.000}{\text{Einwohnerzahl Berlin 2010}}$$

3. Ergebnisse

3.1 Charakteristika der Studienpopulation

3.1.1 Epidemiologische Daten

Im Gesamtkollektiv waren 64% (n=282) männlichen Geschlechts und 35,9% (n=158) weiblich. Das mittlere Alter lag bei 58 ± 23 Jahren mit einer Spannweite von 0 bis 99 Jahren. Verstorbene, bei denen eine Obduktion angeordnet wurde („1-Kap“) waren signifikant jünger ($p < 0,001$), und der Anteil an männlichen Personen war signifikant höher ($p = 0,003$) im Vergleich zu den nicht obduzierten Todesfällen („2-Kap“). Eine Zusammenfassung der Charakteristika der Studienpopulation ist in Tab. 3.1 dargestellt.

	Einheit	1-Kap (Obduktion)		2-Kap (keine Obduktion)		Gesamtkollektiv	
Anzahl	n (%)	264	(60)	176	(40)	440	(100)
Alter							
	Jahre [MW \pm SD]	53 \pm 22		66 \pm 21		58 \pm 23	
	Jahre [Spannweite]	0 - 98		15 - 99		0 - 99	
Geschlecht							
Weiblich	n (%)	80	(30,3)	78	(44,3)	158	(35,9)
Männlich	n (%)	184	(69,7)	98	(55,7)	282	(64,1)
Überlebenszeit							
	Min. (Std.) [Median]	10	(0,2)	898	(15)	30	(0,5)
	Min. (Std.) [IQR]	182	(3)	4549	(76)	1530	(25,5)
Traumamechanismus							
Stumpf	n (%)	192	(72,7)	155	(88,0)	346	(78,6)
Penetrierend	n (%)	48	(18,2)	10	(5,7)	58	(13,2)
Beides	n (%)	24	(9,1)	11	(6,3)	36	(8,2)
Sturz > 3m	n (%)	81	(30,7)	63	(35,8)	144	(32,7)
Sturz < 3m	n (%)	51	(19,3)	89	(50,6)	140	(31,8)
Verkehrsmittelunfälle	n (%)	72	(27,3)	12	(6,8)	84	(19,1)
Stich-, Schnitt-, Schussverletzungen	n (%)	47	(17,8)	8	(4,5)	55	(12,5)
Andere	n (%)	13	(4,9)	4	(2,3)	17	(3,9)
Todesursachen							
Polytrauma	n (%)	127	(48,1)	74	(42,0)	201	(45,7)
SHT	n (%)	83	(31,4)	84	(47,7)	167	(38,0)
Verbluten	n (%)	34	(12,9)	8	(4,5)	42	(9,5)
Thoraxtrauma	n (%)	12	(4,5)	3	(1,7)	15	(3,4)
Andere	n (%)	8	(3,0)	7	(4,0)	15	(3,4)

Tab. 3.1: Charakteristika der Studienpopulation aufgeteilt nach Kap-Gruppen und Gesamtkollektiv. MW=Mittelwert, SD=Standardabweichung, IQR=Interquartilsabstand

3.1.2 Obduktionsrate und Gruppeneinteilung

In 264 der 440 traumatischen Todesfälle wurde durch die Staatsanwaltschaft eine gerichtliche Obduktion beantragt und im Folgenden gerichtlich angeordnet („1-Kap“-Fälle). Dies entspricht einer Obduktionsrate bei traumatischen Todesfällen im Beobachtungszeitraum von 60%. In den übrigen 176 Fällen (40%) war keine Obduktion beantragt und oder gerichtlich angeordnet worden („2-Kap“-Fälle).

3.1.3 Traumamortalität und Inzidenz traumatischer Todesfälle

Insgesamt konnten 440 traumatische Todesfälle in unsere prospektive Observationsstudie eingeschlossen. Die Inzidenz traumatischer Todesfälle in Berlin lag damit im Kalenderjahr 2010 bei 13 / 100.000 Einwohner (1,4% aller Todesfälle), verglichen mit einer Gesamtmortalität von 940 / 100.000 Einwohner im betreffenden Zeitraum^{37, 82}.

3.2 Zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit

3.2.1 Überlebenszeit

Die mediane Überlebenszeit nach Trauma betrug im Gesamtkollektiv 0,5 Stunden. (IQR 25,5 h). In der „1-Kap“-Gruppe lag die mediane Überlebenszeit bei 10 min. (IQR 3 h), bei den „2-Kap“-Fällen hingegen bei 15 Stunden bzw. 898 min. (IQR 76 h). Dieser Unterschied war in der statistischen Analyse hochsignifikant ($p < 0,001$).

3.2.2 Bimodale zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit

Abb. 3.1 zeigt die zeitliche Verteilung des Versterbens nach Trauma. 32,5% (n=143) der Todesfälle ereigneten sich unmittelbar nach Trauma oder unbeobachtet und weitere 23,9% (n=105) innerhalb der ersten Stunde (1 bis 60 min. nach Trauma). 7,7% (n=34) verstarben binnen einer bis vier Stunden nach Trauma, 16,8% (n=74) innerhalb der ersten zwei Tage (4 - 48h), 11,1% (n=49) innerhalb der ersten Woche (2 - 7 Tage) und 8,0% (n=35) später als 7 Tage nach Trauma. Damit ergeben sich zwei Häufigkeitsgipfel, einer bei unmittelbaren Todesfällen, bzw. innerhalb der ersten Stunde, und ein weiterer bei Todesfällen innerhalb 4 bis 48h nach Trauma. Dies entspricht einer bimodalen zeitlichen Verteilung der Traumasterblichkeit.

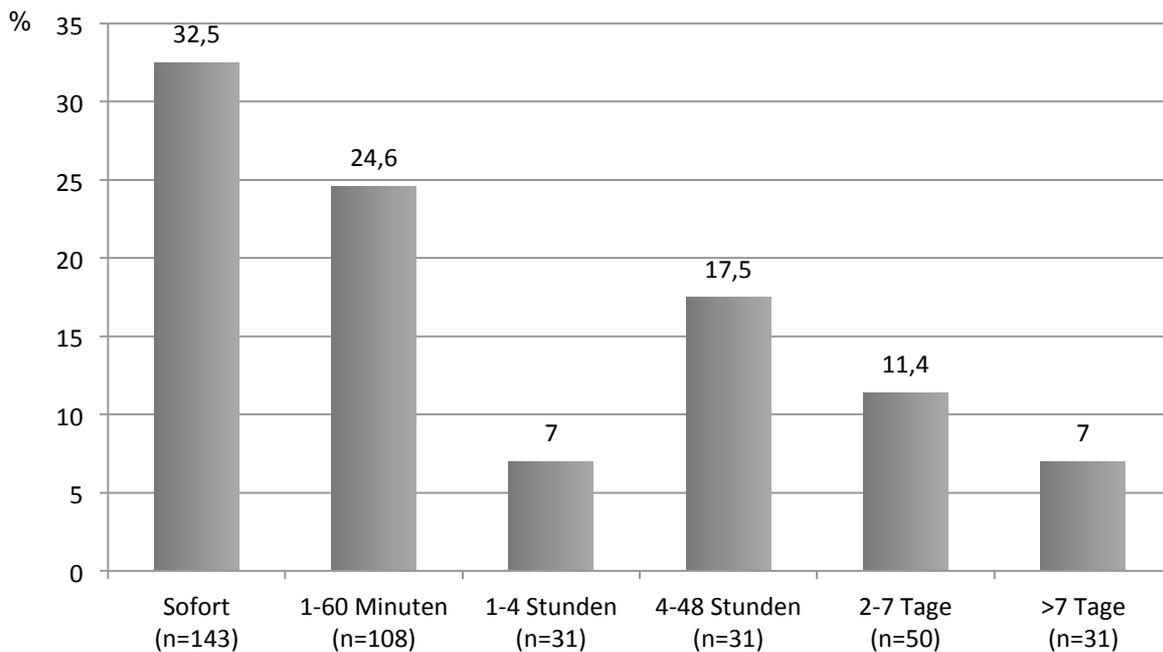


Abb. 3.1: Bimodale zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit in Berlin 2010 mit zwei Häufigkeitsgipfeln. (1) Sofort nach Trauma, (2) nach 4-48 Stunden.

In Abb. 3.2 ist die Verteilung der Traumasterblichkeit im Gruppenvergleich dargestellt. Der prozentuale Anteil an Personen, die sofort nach Trauma verstorben waren, war in der „1-Kap“-Gruppe signifikant größer als in der „2-Kap“-Gruppe (40,5% vs. 20,5%; $p < 0,001$). Umgekehrt war der Anteil der späten Todesfälle (nach >48h) deutlich höher in der „2-Kap“-Gruppe, nämlich 6,8% vs. 18,2% nach 2-7 Tagen ($p < 0,001$) und 3% vs. 18,1% nach >7 Tagen ($p < 0,001$). Hier zeigt sich eine deutliche Linksverschiebung der Häufigkeitsgipfel zugunsten eines längeren Überlebens.

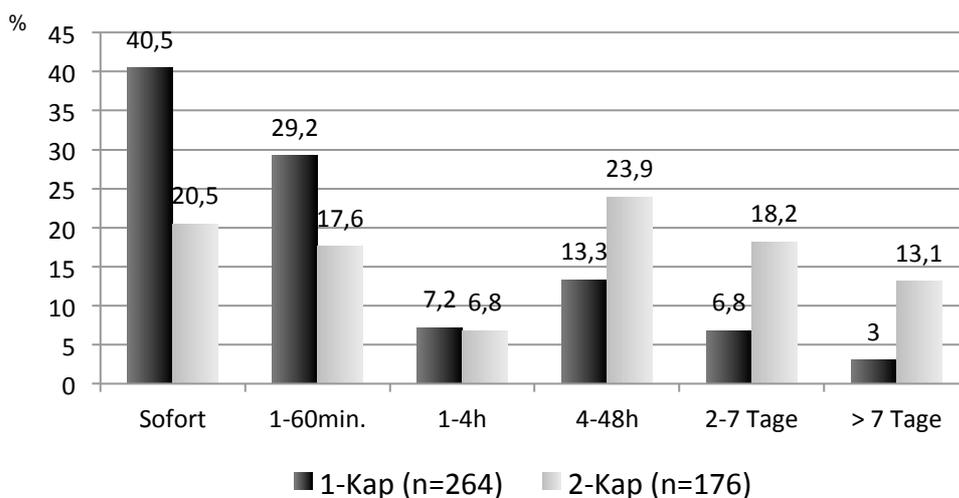


Abb. 3.2: Zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit Im Gruppenvergleich zwischen 1-Kap (Obduktion) und 2-Kap (keine Obduktion) Gruppen mit deutlicher Linksverschiebung bei den 2-Kap-Fällen.

3.2.2 Saisonale Verteilung der Traumasterblichkeit

Unterschieden nach Jahreszeiten (Abb. 3.3) kamen traumaassoziierte Todesfälle häufiger im Frühling und Sommer vor (24,5% im Frühling, 29,3% im Sommer, 23,7% im Herbst und 22,5% im Winter). Für die saisonale Verteilung ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede. Aufgeteilt nach Monaten zeigte sich eine Häufung der traumatischen Todesfälle im Juni und Juli (Abb. 3.4) ohne signifikante Verteilungsunterschiede zwischen den beiden Gruppen.

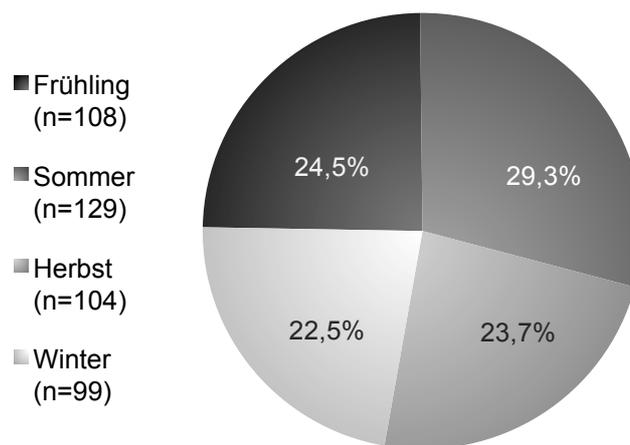


Abb. 3.3: Verteilung der traumatischen Todesfälle in Berlin 2010 nach Jahreszeiten.

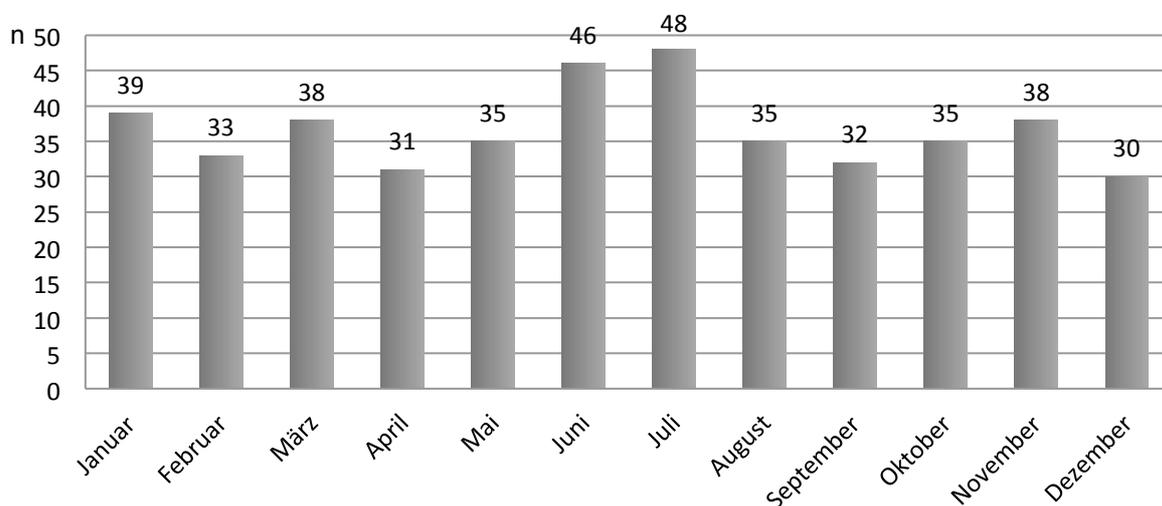


Abb. 3.4: Verteilung der traumatischen Todesfälle in Berlin 2010 nach Monaten. Häufigkeitsgipfel im Juni und Juli.

3.2.3 Verteilung der Traumasterblichkeit nach Wochentagen und Tageszeiten

Bei der Verteilung nach Wochentagen (Abb. 3.5) ergab sich eine annähernd gleichmäßige Verteilung mit einem geringen Anstieg mittwochs (16,8%; n=70) und freitags (15,8%; n=66), jedoch ohne signifikante Unterschiede. Hier ist anzumerken, dass für die Auswertung nur in 417 Fällen der genaue Wochentag bekannt war. In den übrigen 23 Fällen (5,2%) konnte anhand der Datenlage kein genaues Datum festgestellt werden. Fast zwei Drittel der traumatischen Todesfälle (n=223; 63,7%) ereigneten sich tagsüber (zwischen 08:00 und 20:00 Uhr) mit Häufigkeitsgipfeln zwischen 08:00 und 11:59 Uhr (23,1%) und in der Zeit von 16:00 bis 19:59 Uhr (21,7%). Der Unfallzeitpunkt konnte in 90 Fällen (20,5%) anhand der vorliegenden Unterlagen nicht ermittelt werden. Die Verteilung nach Tageszeit ist in Abb. 3.6 dargestellt.

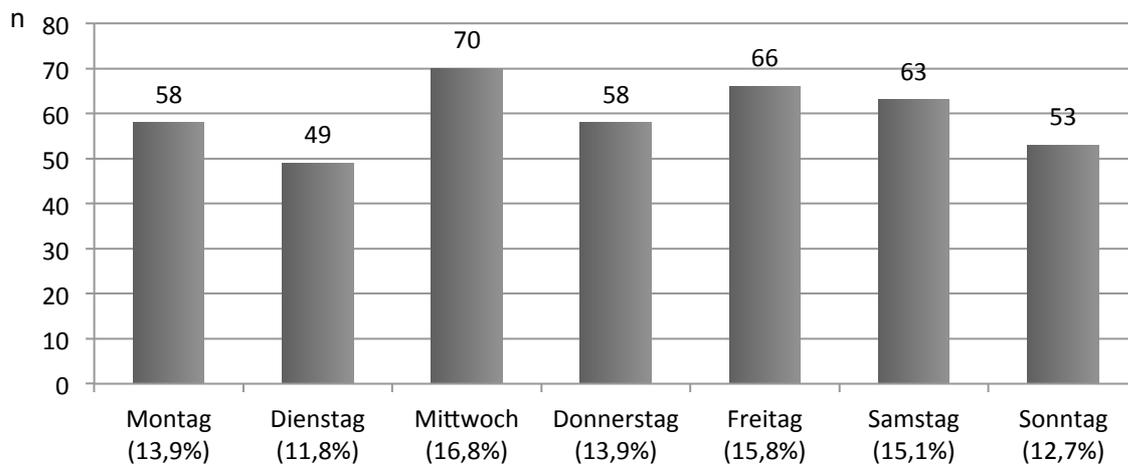


Abb. 3.5: Verteilung der traumatischen Todesfälle in Berlin 2010 nach Wochentagen. Keine signifikante Häufung im Vergleich der einzelnen Wochentage untereinander.

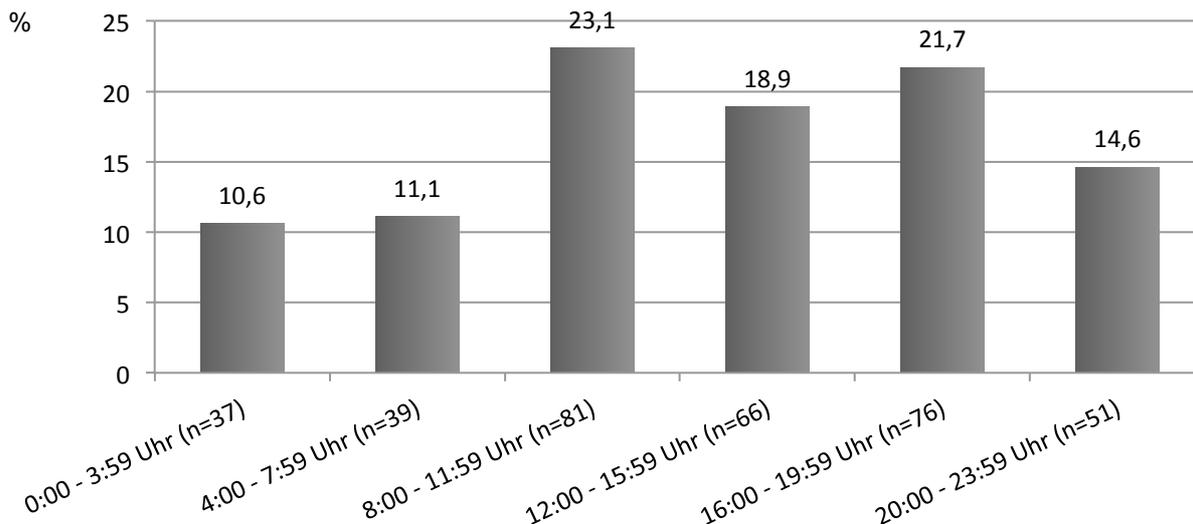


Abb. 3.6: Verteilung der traumatischen Todesfälle in Berlin 2010 nach Tageszeiten. Deutliche Zunahme der Todesfälle tagsüber (8:00-19:59 Uhr) im Vergleich zur Nacht (20:00-7:59 Uhr).

3.3 Verletzungsmechanismen

In 78,6% war der Verletzungsmechanismus stumpf, in 13,2% penetrierend und in 8,2% sowohl stumpf als auch penetrierend (Abb. 3.7). In Abb. 3.8 ist der Verletzungsmechanismus im Vergleich zwischen 1-Kap- und 2-Kap-Fällen dargestellt. Die Rate an penetrierenden Verletzungen war in der 1-Kap-Gruppe signifikant höher als in der 2-Kap-Gruppe (18,2% vs. 5,7%; $p < 0,001$).

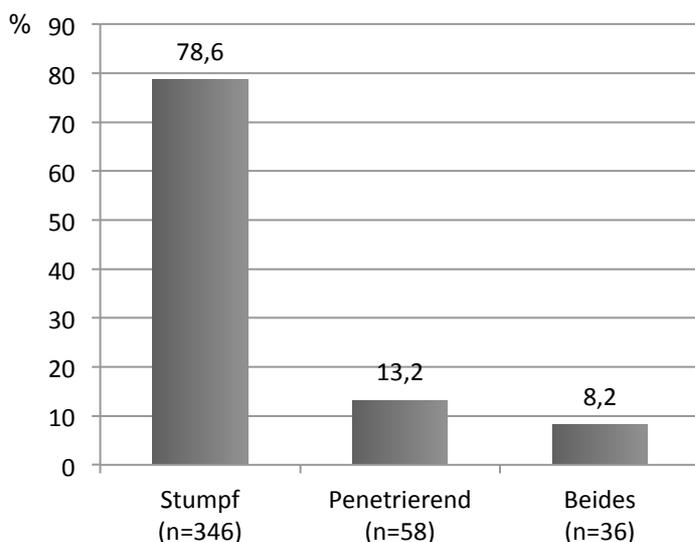


Abb. 3.7: Verletzungsmechanismen bei den traumaassoziierten Todesfällen in Berlin 2010 aufgeteilt nach stumpfem, penetrierendem oder kombiniertem Trauma.

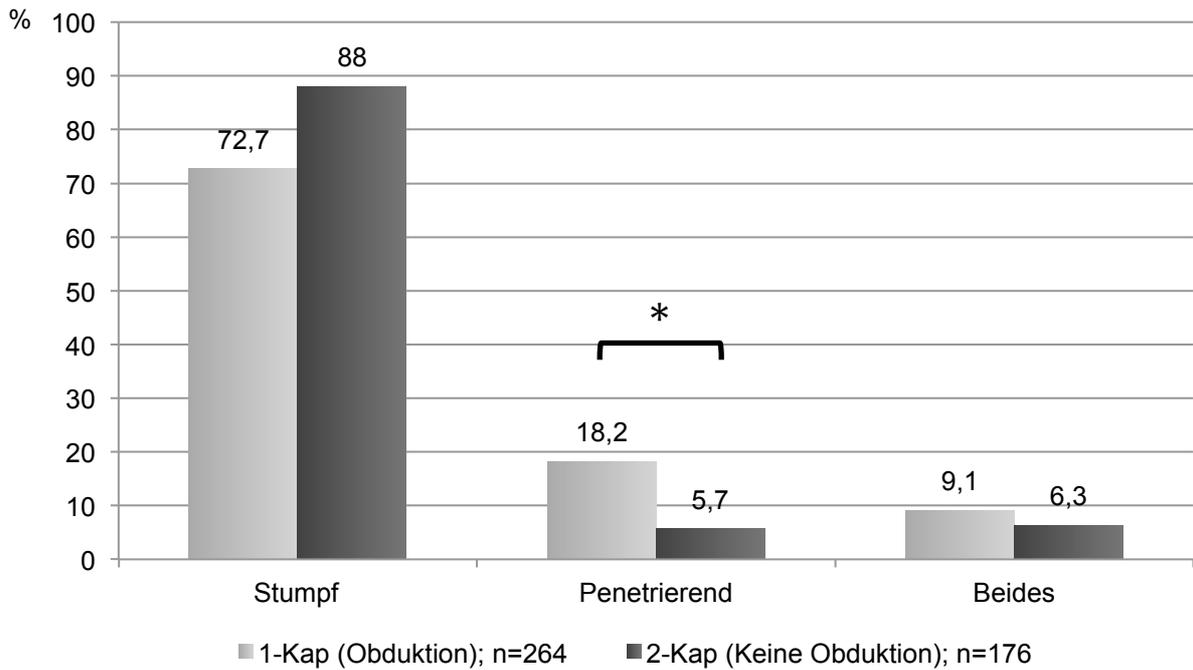


Abb. 3.8: Vergleich der Traumamechanismen (stumpf, penetrierend, beides) zwischen den Kap-Gruppen. Signifikant mehr penetrierende Traumata in der 1-Kap-Gruppe im Vergleich * $p < 0,001$.

Abb. 3.9 zeigt die häufigsten Traumamechanismen im Gesamtkollektiv. Stürze aus einer Höhe >3 m waren die häufigsten Traumamechanismen ($n=144$; 32,7%), gefolgt von Stürzen zu ebener Erde ($n=140$; 31,8%), Unfällen mit Verkehrsmitteln ($n=84$; 19,1%) und Schnitt-, Stich-, bzw. Schussverletzungen ($n=55$; 12,5%). Die 84 Verkehrsunfälle (Abb. 3.10) unterteilten sich in 35 Bahnüberrollungen (41,7%), 21 verstorbene Fußgänger (25,0%), 18 Zweiradfahrer (21,4%) und 10 Fahrzeuginsassen (11,9%).

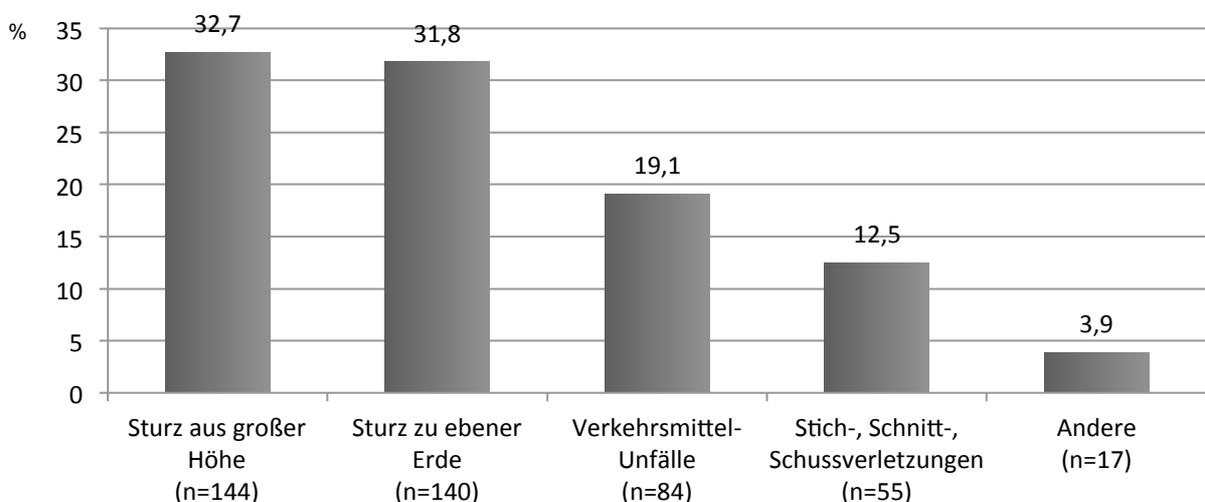


Abb. 3.9: Traumamechanismen bei den traumaassoziierten Todesfällen in Berlin 2010.

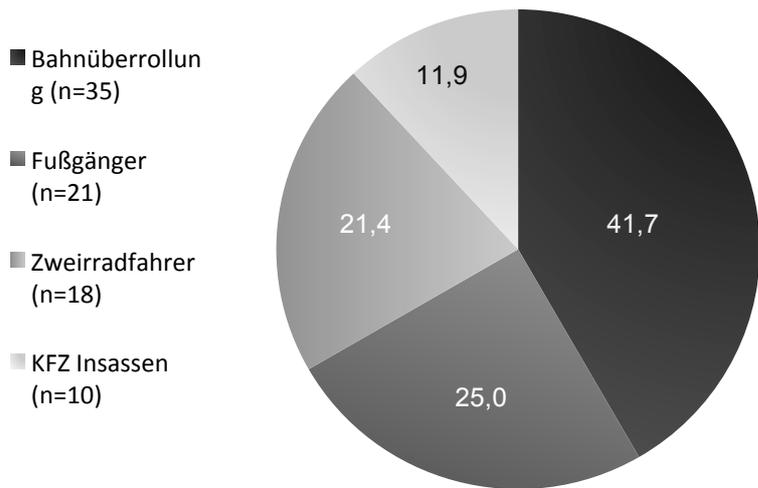


Abb. 3.10: Aufteilung der tödlichen Unfälle mit Verkehrsmitteln in Berlin 2010.

Die prozentuale Verteilung der Traumamechanismen im Gruppenvergleich ist in Abb. 3.11 dargestellt. Stürze zu ebener Erde waren in der 2-Kap-Gruppe der häufigste Traumamechanismus (50,6%) und im Gruppenvergleich signifikant häufiger als in der 1-Kap-Gruppe (50,6% vs. 19,3%; $p < 0,001$), während Stürze aus einer Höhe > 3 m prozentual etwa gleich verteilt waren (30,7% in der 1-Kap- vs. 35,8% in der 2-Kap-Gruppe). In der 1-Kap-Gruppe waren signifikant mehr Verkehrsmittelunfälle (27,3% vs. 6,8%; $p < 0,001$) und Stich-, Schnitt-, und Schussverletzungen (17,8 vs. 4,5%; $p < 0,001$) als in der 2-Kap-Gruppe.

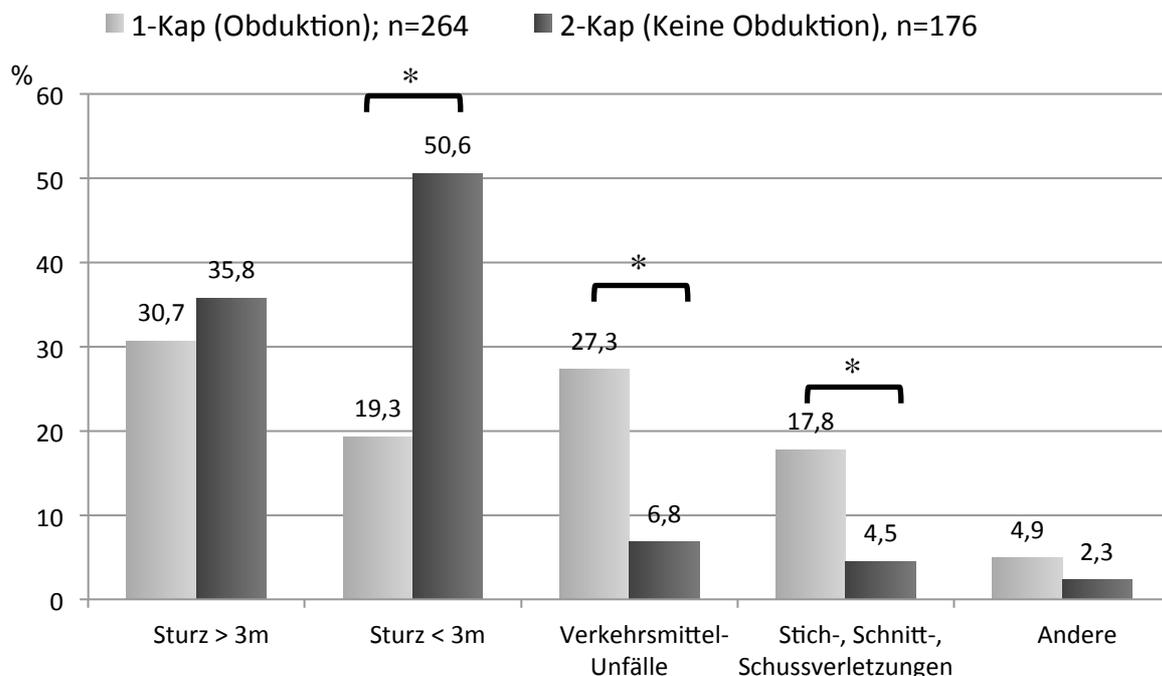


Abb. 3.11: Traumamechanismen im Gruppenvergleich. Signifikante Unterschiede bei Stürzen < 3 m, Verkehrsmittelunfällen und Schnitt-, Stich-, Schussverletzungen. $*p > 0,001$

3.3.1 „Andere“ Verletzungsmechanismen

Insgesamt 17 Fälle (3,9%) wurden in die Kategorie „andere Traumamechanismen“ eingeteilt. Hier fanden sich in sieben Fällen Gewaltverbrechen mit Schlägen, Tritten oder Hieben mit Gegenständen. Fünf Personen wurden erschlagen, in einem Fall von einem ungenügend gesicherten PKW bei Reparaturarbeiten, ein weiterer von einer herabstürzenden Treppe bei Abrissarbeiten, zwei in einer Baugrube von einem herabstürzenden Bagger und eine Person von einem Gabelstapler, der von einer Laderampe gekippt war. Zwei Personen waren in suizidaler Absicht mit einer Seilschlinge von einer Brücke bzw. Leiter gesprungen. Hier kam es zur Dekapitation. Eine Person stürzte bei Reparaturarbeiten von einer Leiter und auf eine Eisenstange und zog sich dabei eine thorakale Pfählungsverletzung zu. Eine Person war versehentlich in eine Papierpresse gestürzt und zerquetscht bzw. zerrissen worden. Schließlich war eine Person tödlich verunfallt beim Skateboardfahren in einer Halfpipe.

3.4 Todesursachen

3.4.1 Todesursachen allgemein und im Kap-Gruppen-Vergleich

Die Verteilung der dokumentierten Todesursachen ist in Abb. 3.12 dargestellt. Die häufigste Todesursache im Kollektiv war Polytrauma (45,7%; n=201) gefolgt vom schweren Schädelhirntrauma (38%; n=167), Verbluten (9,5%; n=41) und Thoraxtrauma (3,4%; n=15). In Abb. 3.13 sind die Todesursachen nach 1-Kap- und 2-Kap-Gruppe aufgeteilt. In der 2-Kap-Gruppe war nicht das Polytrauma, sondern das schwere SHT die häufigste Todesursache (47,7%; n = 84). Der Anteil an schweren SHTs als Todesursache war in der 2-Kap-Gruppe im Gruppenvergleich signifikant höher ($p < 0,001$). Verbluten war dagegen in der 1-Kap-Gruppe signifikant häufiger (12,9% vs. 4,5%; $p = 0,004$). Für das Polytrauma und das isolierte Thoraxtrauma als Todesursachen konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen dargestellt werden.

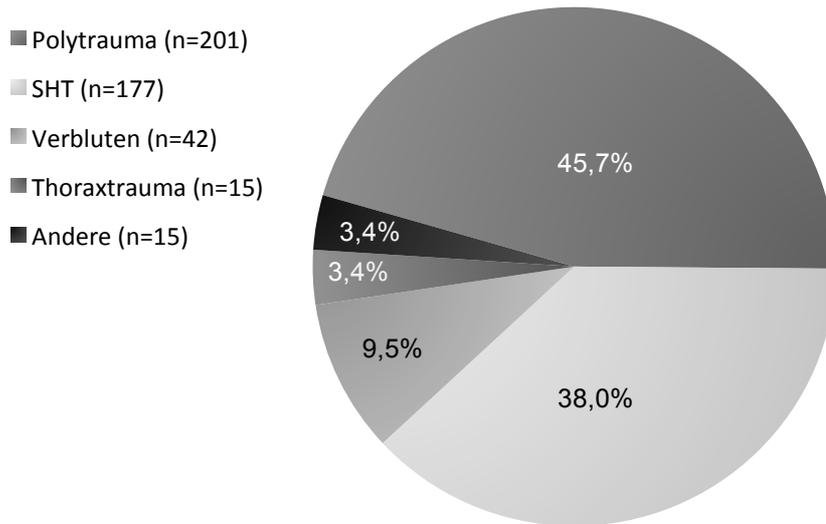


Abb. 3.12: Todesursachen bei den traumaassoziierten Todesfällen in Berlin 2010. SHT=Schädelhirntrauma.

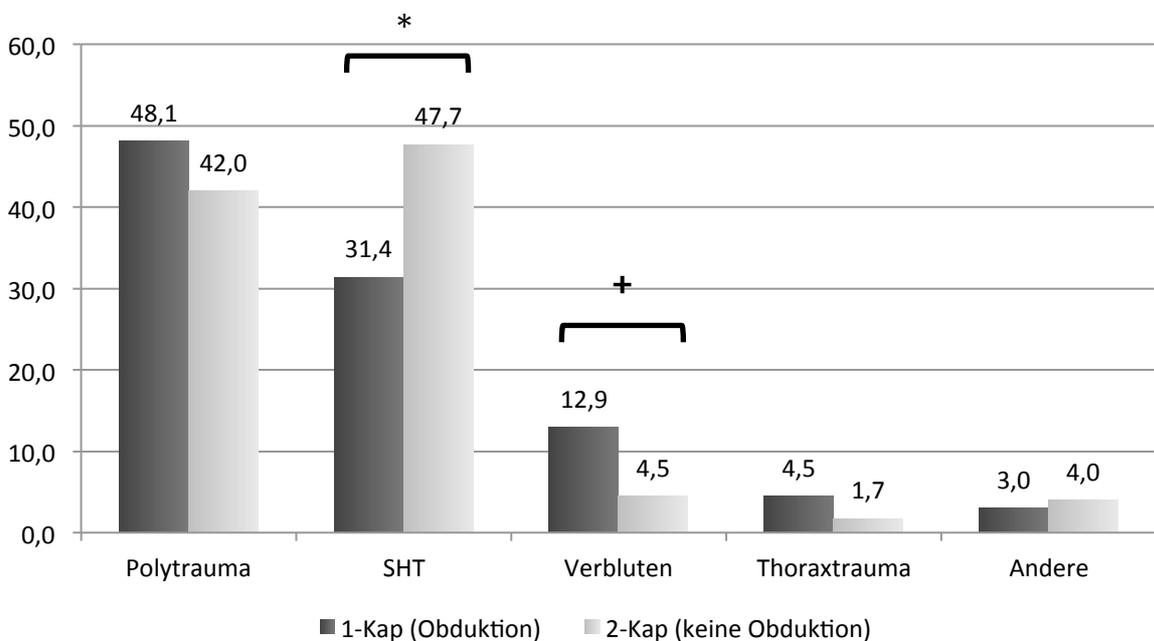


Abb. 3.13: Todesursachen im Gruppenvergleich: Signifikante Unterschiede für schweres Schädelhirntrauma (SHT) und Verbluten als Todesursachen. * $p < 0,001$; + $p = 0,004$.

3.4.2 Todesursachen in Abhängigkeit vom Verletzungsmechanismus

Bei der Analyse der Todesursachen in Abhängigkeit vom Verletzungsmechanismus (Abb. 3.14) war beim stumpfen Trauma das Polytrauma prozentual der häufigste Verletzungsmechanismus (49,1%; n=170), gefolgt vom schweren SHT (41,3%; n=143). Bei den penetrierenden Verletzungen war Verbluten die häufigste Todesursache (53,4%; n=31). Die statistische Auswertung ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen Verbluten als Todesursache und penetrierendem Trauma ($p < 0,001$). Bei den kombinierten Verletzungsmechanismen war die prädominante Todesursache mit 86,1% (n=31) das Polytrauma.

3.4.3 Todesursachen und Jahreszeit

Der Vergleich der jahreszeitlichen Verteilung mit den Todesursachen zeigte eine signifikante Zunahme von Verbluten im Winter (16,2% vs. 7,6%; $p = 0,01$). Für das Polytrauma und das isolierte Thoraxtrauma als Todesursache konnte eine saisonale Häufung im Sommer gezeigt werden. Das schwere isolierte Schädelhirntrauma war im Frühling die häufigste Todesursache, ohne dass hier signifikante Unterschiede zwischen den Jahreszeiten gezeigt werden konnten. Die prozentuale Verteilung der Todesursachen auf die einzelnen Jahreszeiten ist in Abb. 3.15 dargestellt.

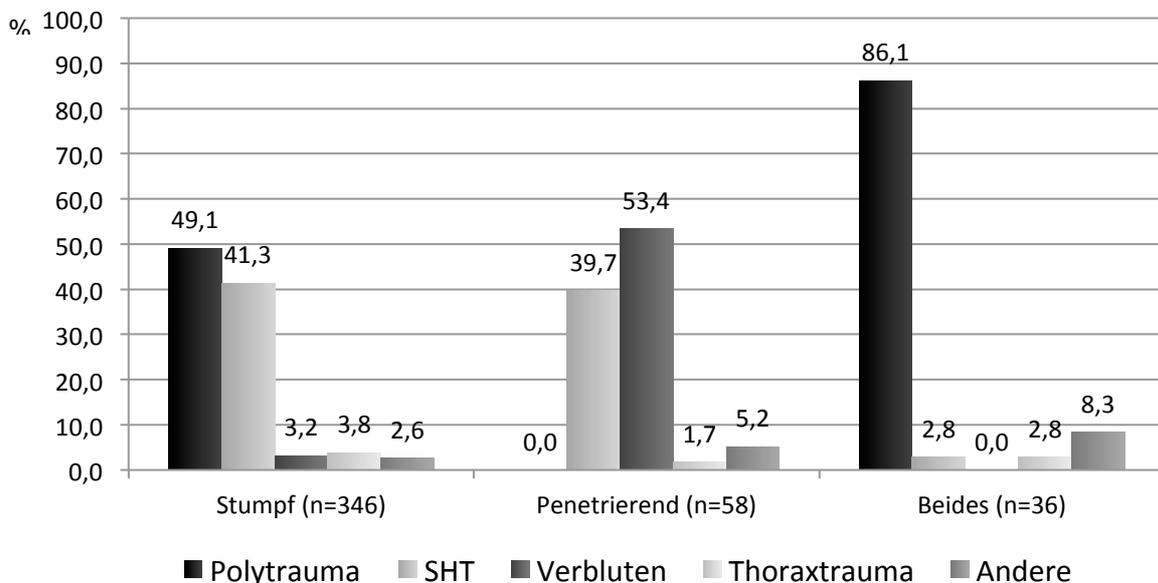


Abb. 3.14: Vergleich der Todesursachen beim stumpfen, penetrierenden und beim kombinierten Trauma. Signifikante Häufung von Verbluten als Todesursache beim penetrierenden Trauma ($p < 0,001$). Polytrauma als prädominante Todesursache bei den kombinierten Verletzungsmechanismen.

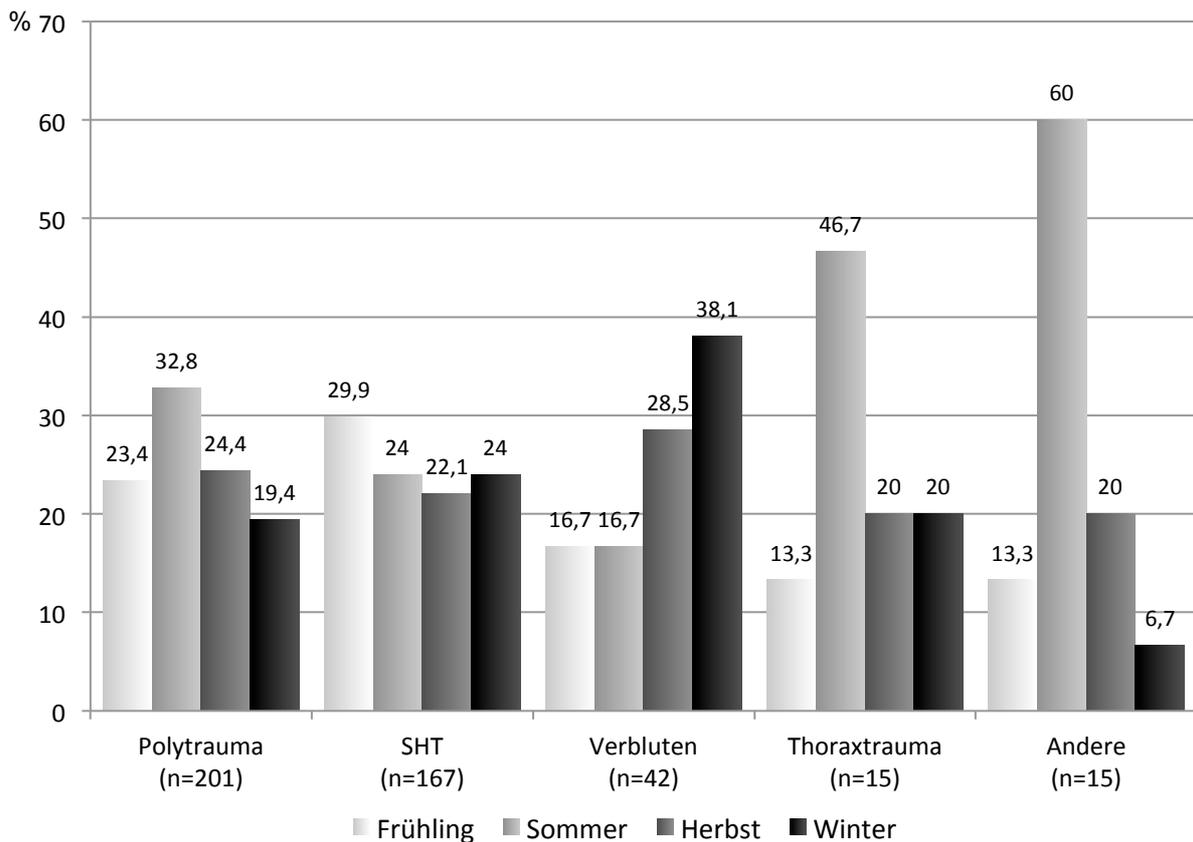


Abb. 3.15: Prozentuale Verteilung der Todesursachen auf die Jahreszeiten: Polytraumata und Thoraxtrauma passieren v.a. im Sommer; Häufung von schweren Schädelhirntraumata (SHT) im Frühling. Verbluten passiert prozentual am häufigsten im Winter.

3.5 Todesort

Der häufigste Todesort bei traumatischen Todesfällen war 2010 in Berlin der Ereignisort (Abb 3.16). 58,7% (n=258) der Patienten verstarben präklinisch bzw. vor Aufnahme in eine Klinik. 33,2% (n=146) der traumatischen Todesfälle ereigneten sich auf der Intensivstation und jeweils 2,7% (n=12) in der Rettungsstelle, im OP-Saal oder auf der Normalstation. Keiner der 440 in die Studie eingeschlossenen Patienten verstarb während des Transports durch den Rettungsdienst in eine Klinik. Abb. 3.17 zeigt die prozentuale Verteilung der Todesursachen in Abhängigkeit von den verschiedenen Sterbeorten. Das Polytrauma war die führende Todesursache präklinisch (62%), in der Rettungsstelle (50%) und im Operationssaal (75%). Auf der Intensivstation und auch auf der Normalstation war das schwere Schädelhirntrauma mit 75% bzw. 74% die führende Todesursache. Im Gruppenvergleich (Abb. 3.18) konnte gezeigt werden, dass in der 1-Kap-Gruppe signifikant mehr Patienten am Ereignisort verstarben (70,1% vs.

41,5%; $p < 0,001$). Die nicht obduzierten Todesfälle (2-Kap) waren signifikant häufiger auf der Intensivstation (48,9% vs. 22,7%; $p < 0,001$) und auf der Normalstation (5,1% vs. 1.1%; $p = 0,01$) verstorben.

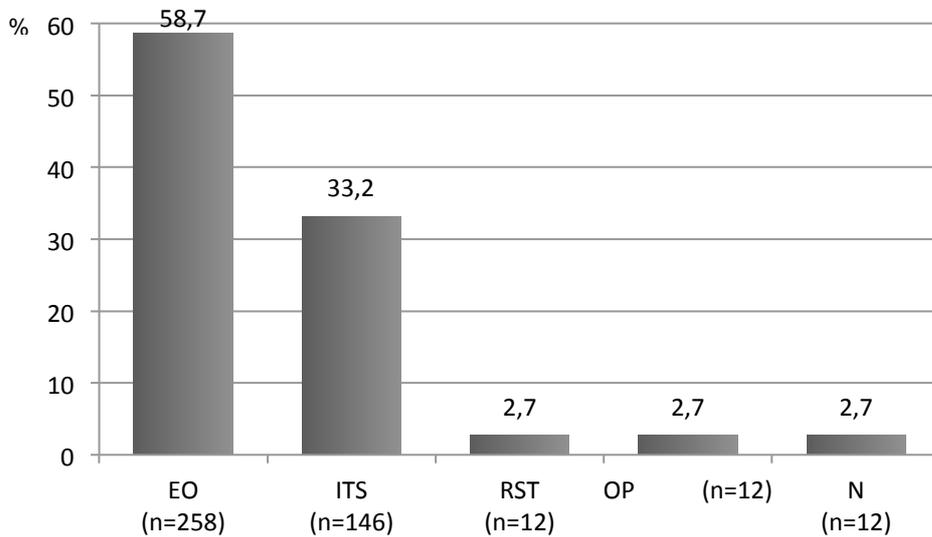


Abb. 3.16: Örtliche Verteilung der traumaassoziierten Todesfälle in Berlin 2010. EO=Ereignisort; ITS=Intensivstation; RST=Rettsstelle; OP=Operationssaal; N=Normalstation.

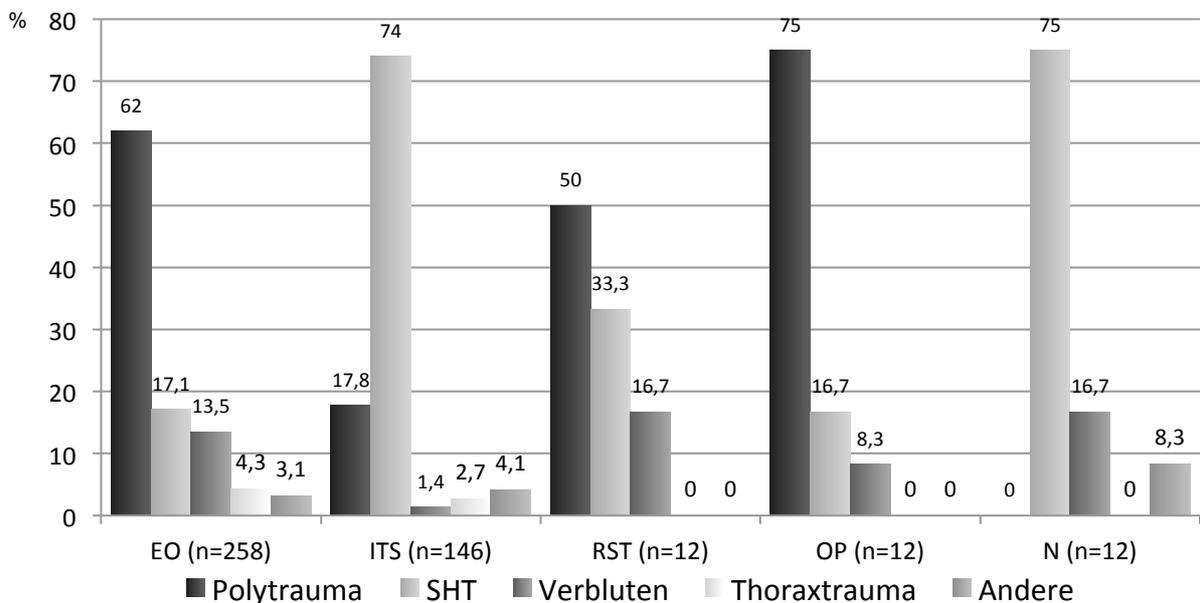


Abb. 3.17: Prozentuale Verteilung der Todesursachen an den unterschiedlichen Sterbeorten. Das Polytrauma ist die führende Todesursache am Ereignisort (EO), in der Rettungsstelle (RST) und im Operationssaal (OP). Auf der Intensivstation (ITS) und der Normalstation (N) ist das schwere Schädelhirntrauma (SHT) als Todesursache führend.

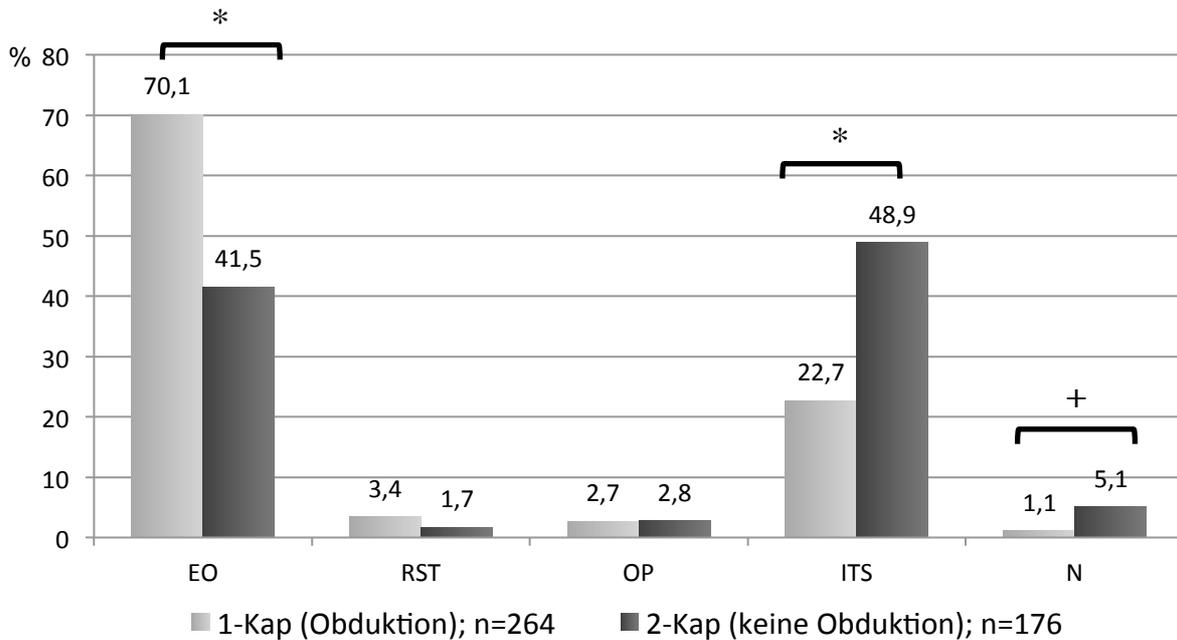


Abb. 3.18: Unterschiedliche Todesorte aufgeteilt nach K-Gruppe. Signifikant mehr Todesfälle am Ereignisort (EO) in der 1-Kap-Gruppe, signifikant mehr Todesfälle in der 2-Kap-Gruppe auf der Intensivstation (ITS) und Normalstation (N), RST=Rettingsstelle, OP=Operationssaal.
* $p < 0,001$; + $p = 0,01$.

3.6 Vermeidbare traumatische Todesfälle (nur 1-Kap)

Zur Analyse der Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle wurden ausschließlich die 1-Kap-Fälle begutachtet. Dies waren für den betreffenden Untersuchungszeitraum 264 Fälle. Die Charakteristika des Patientenguts sind in Tab. 3.1 abgebildet. Als Traumamechanismen fanden sich hier in 30,7% (n=81) Stürze aus einer Höhe >3 Meter, in 19,3% (n=51) Sturzgeschehen zu ebener Erde, in 27,3% (n=72) Verkehrsunfälle (Bahnüberrollungen, Zweiradfahrer, Fußgänger und KFZ Insassen), in 17,8% (n=47) Stich-, Schnitt- oder Schussverletzungen, und in 4,9% (n=13) andere Traumamechanismen (Abb. 3.19).

29,9% (n=79) der Patienten wurden in eine Klinik eingeliefert, davon in 17,7% (n=14) der Fälle durch die Luftrettung. Schwere Schädelhirntraumata (SHT) als Bestandteil des individuellen Verletzungsmusters fanden sich in 67,8% (n=179) aller Todesfälle, während ein isoliertes SHT in 31,4% (n = 83) vorlag. Thorakale Verletzungen fanden sich in 35,2% (n=93), wobei das isolierte Thoraxtrauma 4,5% (n=12) der Todesursachen ausmachte. Die Mehrzahl der Verstorbenen erlitt stumpfe Traumata (72,7%; n=192), penetrierende Traumata fanden sich hauptsächlich im Thoraxbereich (34,7%; n=25). In 60% (n=15) der Todesfälle mit penetrierenden Thoraxverletzungen

lag eine isolierte kardiale Verletzung vor. Tracheobronchiale Verletzungen fanden sich lediglich in 10% (n=27) aller Todesfälle, davon in 41% (n=11) nach penetrierendem Trauma.

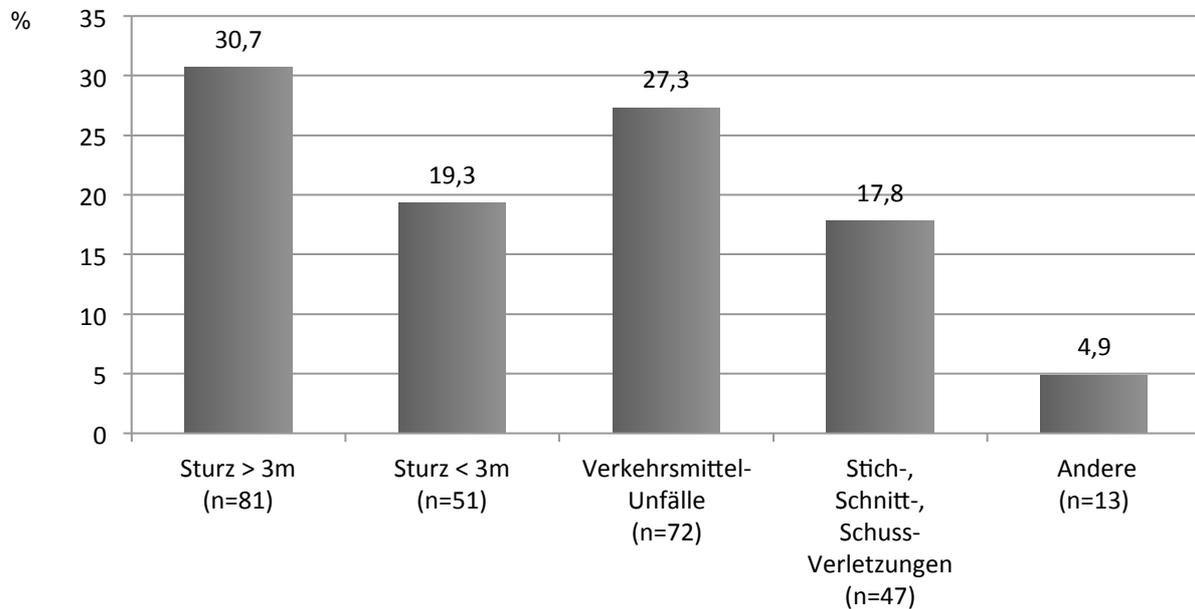


Abb. 3.19: Prozentuale Verteilung der Traumamechanismen bei den n=264 obduzierten traumatischen Todesfällen 2010 in Berlin.

3.6.1 Einschätzung der Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle

84,9% (n = 224) der traumatischen Todesfälle wurden durch das interdisziplinäre Review-Komitee (siehe Kap. 2.6) als „nicht vermeidbar“ eingeschätzt, 9,8% (n = 26) als „potenziell vermeidbar“ und 5,3% (n = 14) als „definitiv vermeidbar“ (Abb. 3.20).

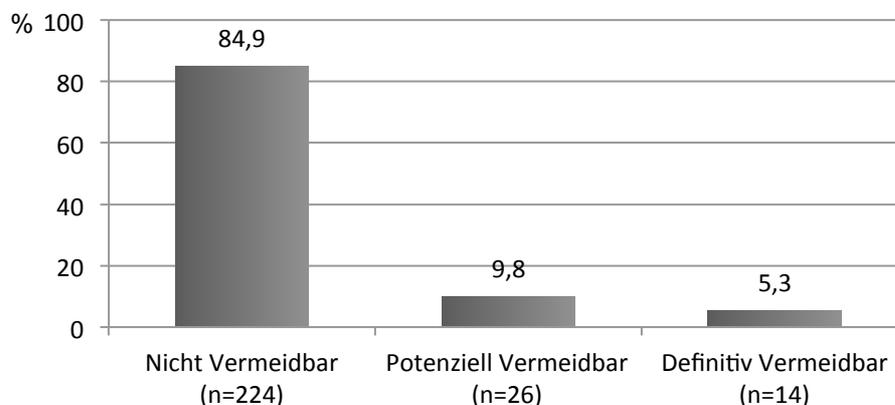


Abb. 3.20: Einschätzung der Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle in Berlin 2010 (n=264).

3.6.2 Vermeidbarkeit und Sterbeort

Der Zusammenhang zwischen Sterbeort bzw. dem Ort der Todesfeststellung und der Vermeidbarkeit des jeweiligen traumaassoziierten Todesfalls ist in Abb. 3.21 dargestellt. Der Sterbeort (präklinisch oder klinisch) ist nicht automatisch mit Managementfehlern durch das jeweils örtlich zuständige medizinische Personal (Rettungsdienst- vs. Krankenhaus-Personal, s.u.) gleichzusetzen, da Patienten auch nach Krankenhausaufnahme an präklinischen Managementfehlern verstorben waren. 69,6% (n=156) der als „nicht vermeidbar“ eingeschätzten Todesfälle ereigneten sich vor Erreichen eines Krankenhauses, gefolgt von 24,1% (n=54) auf einer Intensivstation. Ferner ereigneten sich 92,4% (n=24) aller potentiell vermeidbaren Todesfälle präklinisch, und jeweils 3,8% (n=1) während der operativen Versorgung im Krankenhaus bzw. während der Intensivbehandlungsphase. Definitiv vermeidbare Todesfälle ereigneten sich überwiegend am Ereignisort und auf der Intensivstation (je 35,7%; n=5), gefolgt von der Rettungsstelle (14,4%; n=2) bzw. während einer Operation und auf der Normalstation (jeweils 7,1%; n=1).

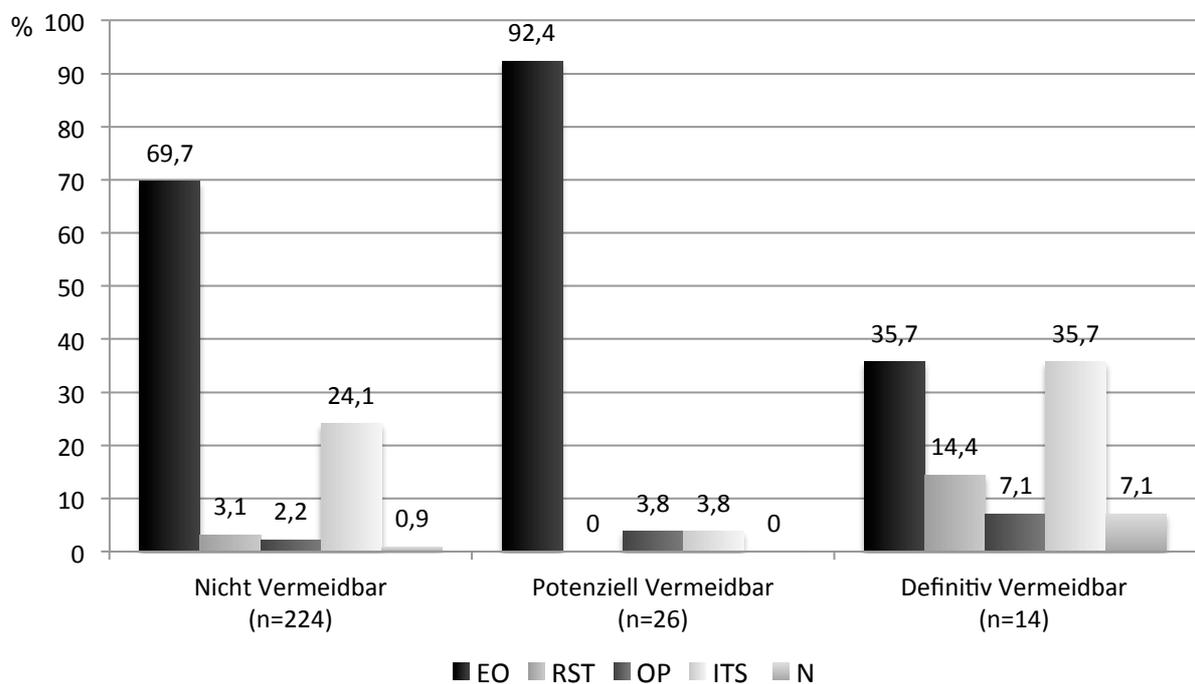


Abb. 3.21: Prozentuale Verteilung des Todesortes in Abhängigkeit von der Einstufung der Vermeidbarkeit. EO = Ereignisort; RST = Rettungsstelle; OP = Operationssaal; ITS = Intensivstation; N = Normalstation.

3.6.3 Potenziell vermeidbare Todesfälle

26 von 264 Todesfällen (9,8%) wurden durch das interdisziplinäre Review-Komitee als „potenziell vermeidbar“ eingeschätzt. In 73,1% (n=19) wurde Verbluten Todesursache festgestellt, gefolgt von Thoraxtrauma in 11,5% (n=3). In 84,6% (n=22) führte ein unbemerktes Verletzungsgeschehen zu einer unverschuldet verspätet einsetzenden Rettungskette als potentiell vermeidbare traumatische Todesursache bei prinzipiell überleblichem Verletzungsmuster: 57,7% (n=15) dieser Patienten waren Suizidenten mit medizinisch einfach beherrschbaren Blutungen nach selbstbeigebrachten Schnitt- und Stichverletzungen. 4 Todesfälle ereigneten sich nach einfachen Weichteilverletzungen oder offenen Frakturen unter einer bestehenden antikoagulatorischen Therapie mit oralen Vitamin-K-Antagonisten nach einem unbemerkten Sturzgeschehen zu ebener Erde. In 15,4% (n=4) der Todesfälle wäre eine präklinische Notfall-Thorakotomie (zweimal bei Perikardtamponade, zweimal bei Hämatothorax) potenziell lebensrettend gewesen.

3.6.4 Definitiv vermeidbare Todesfälle

14 von 264 Todesfällen (5,3%) wurden als „definitiv vermeidbar“ eingeschätzt. Hier war bei 64,3% (n=9) der Patienten Verbluten die durch die Obduktion gesicherte Todesursache. 11 Todesfälle ereigneten sich präklinisch (78,6%). Hiervon war in 4 Fällen ein nicht erkannter bzw. jedenfalls nicht therapierter Spannungspneumothorax als todesursächlich gewertet worden, wobei hier in 3 Fällen schwere Begleitverletzungen vorlagen. In 4 weiteren Fällen wurde das Trauma präklinisch nicht erkannt bzw. als Bagateltrauma eingestuft. Alle Patienten verstarben durch inneres Verbluten. In 2 Fällen waren nicht gestillte externe Blutungen aus der Femoralarterie nach penetrierendem Trauma todesursächlich. Ein Patient verstarb nach Autounfall noch am Unfallort nach massiver Blutaspilation bei schwerer Schädelbasisfraktur mit pharyngealer Blutung, ohne dass Maßnahmen zur Atemwegssicherung oder Blutstillung getroffen worden waren. Bei den 3 innerklinischen definitiv vermeidbaren Todesfällen handelte es sich jeweils um initial okkulte innere Blutungen, welche im Verlauf nicht erkannt oder therapiert wurden. In einem Fall kam es nach einer Beckenfraktur im Verlauf zu einer letalen Blutung. In einem weiteren Fall kam es zu intraperitonealen Verbluten bei initial nicht sichtbarer Sickerblutung aus einem traumatischen Mesenterialwurzeleinriss. Im dritten Fall war der Patient gestürzt und hatte sich eine nicht dislozierte Rippenfraktur zugezogen, die zu einer letztendlich tödlichen

intrathorakalen Blutung führte (traumatischer Hämatothorax). Bei allen drei klinischen definitiv vermeidbaren Fällen waren die Patienten erheblich durch Begleiterkrankungen (Leberzirrhose) oder antikoagulatorische Therapie (Vitamin-K-Antagonisten) gerinnungs-kompromittiert. Die als „definitiv vermeidbar“ eingestuften Fälle sind in Tab. 3.2 zusammengefasst.

Todesort	n	Verletzungsmuster und Todesursache
Gesamt	14	
Prälinik	11	
	4	Spannungspneumothoraces
	4	Übersehene Verletzungen mit letaler innerer Blutung
	3	Beckenfrakturen
	1	Hämatothorax
	2	Letale externe Blutungen aus Femoralarterie
	1	Schwere Schädelbasisverletzung mit letaler Blutaspiration bei Pharyngealer Blutung
Klinik	3	
	1	Costa-11-Fraktur mit Hämatothorax bei Child C Leberzirrhose
	1	Intraabdominelle Blutung durch traumatischen Mesenterialwurzeleinriss unter oraler Antikoagulation
	1	Blutung aus Beckenfraktur unter oraler Antikoagulation

Tab. 3.2: Definitiv vermeidbare Todesfälle in Berlin 2010 (n=14) .

3.6.5 Vermeidbare traumatische Todesfälle und Schädelhirntrauma

Zur Beurteilung eines möglichen Zusammenhangs zwischen einem schweren Schädelhirntrauma und der Vermeidbarkeit eines Todesfalls wurden alle Fälle auf das Vorhandensein eines Schädelhirntraumas untersucht. Schwere Schädelhirntraumata (SHT) als Bestandteil des individuellen Verletzungsmusters fanden sich in 67,8% (n=179) aller Todesfälle, während ein isoliertes SHT in 31,4% (n=83) vorlag. Das Studienkollektiv wurde nach 2 Kriterien in jeweils 2 unterschiedliche Gruppen aufgeteilt: Einerseits erfolgte die Einteilung in Fälle mit und ohne schweres SHT als Bestandteil des Verletzungsmusters unabhängig von der Todesursache:

- +SHT; n = 179 (67,8%)
- nSHT; n = 85 (32,2%)

In einem zweiten Schritt erfolgte die Aufteilung in Abhängigkeit des isolierten SHTs als dokumentierte Todesursache in:

- +iSHT; n = 83 (31,4%)
- niSHT; n = 181 (68,6%)

Abb. 3.22 zeigt den Gruppenvergleich der Fälle mit und ohne schweres SHT. Die traumatischen Todesfälle in der SHT+ Gruppe waren durch das interdisziplinäre Review-Komitee in 96,1% (n=172) als nicht vermeidbar gewertet worden. Weitere 4 Fälle aus der +SHT Gruppe waren als potenziell (2,2%) und die übrigen 3 Fälle (1,7%) als definitiv vermeidbar gewertet worden. In der nSHT Gruppe dagegen fanden sich signifikant mehr potenziell (25,9%; n=22) und definitiv (12,9%; n=11) vermeidbare Todesfälle ($p < 0,001$).

Alle 83 Fälle (+iSHT), die an einem isolierten schweren SHT verstorben waren, wurden als nicht vermeidbar eingestuft. In der korrespondierenden Gruppe ohne SHT (niSHT Gruppe) fanden sich 14,4% (n=26) potenziell und 7,7% (n=14) definitiv vermeidbare Todesfälle.

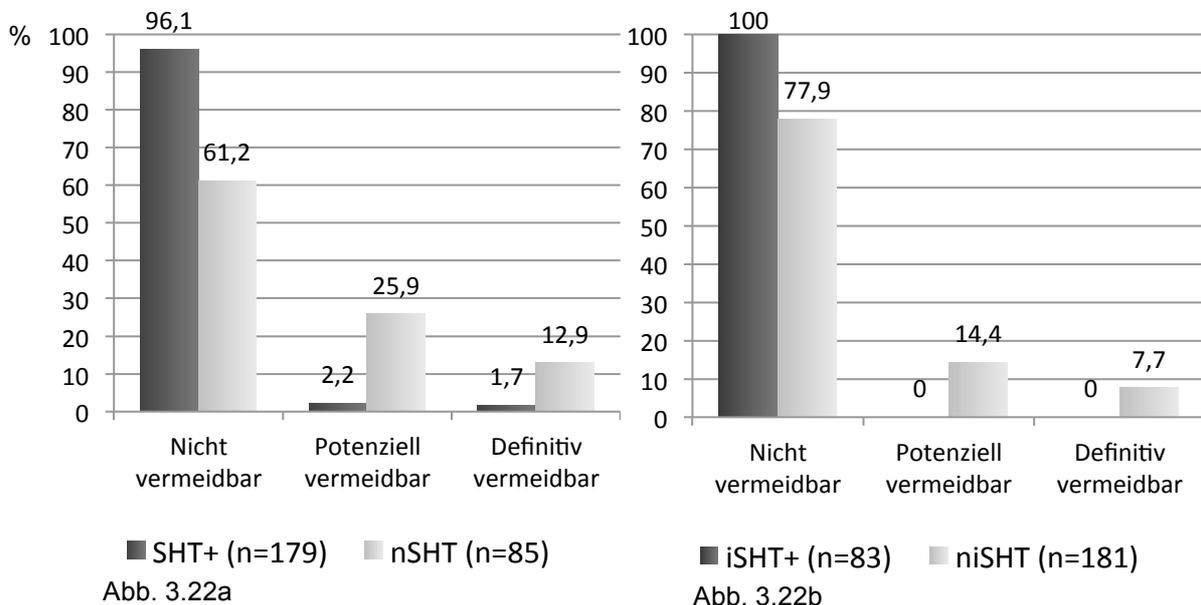


Abb. 3.22: Einfluss des schweren Schädelhirntraumas (SHT) auf die Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle. Abb. 3.22a: schweres SHT als Bestandteil des Verletzungsmusters. 96,1% der Todesfälle mit schwerem SHT (SHT+ Gruppe) waren nicht vermeidbar. Abb. 3.22b: Alle Todesfälle mit isoliertem schwerem SHT (iSHT+ Gruppe) waren nicht vermeidbar.

3.6.6 Vermeidbare traumatische Todesfälle und isoliertes penetrierendes Trauma

In 18,2% (n=48) der „1-Kap“-Fälle (obduzierte Fälle) fand sich ein isoliertes penetrierendes Trauma. Für den folgenden Vergleich wurden die Todesfälle durch stumpfes und kombiniert stumpf-penetrierendes Trauma zusammengefasst. Abb. 3.23 zeigt prozentual die Einschätzung der Vermeidbarkeit in Abhängigkeit vom Traumamechanismus. 60,4% (n=29) der Todesfälle durch isoliert penetrierendes Trauma waren nicht vermeidbar, 33,3% (n=16) waren potenziell und 6,3% (n=3) definitiv vermeidbar. Beim isoliert penetrierenden Trauma gab es prozentual signifikant weniger nicht vermeidbare Todesfälle (60,4% vs. 90,3%; $p < 0,001$) als in den restlichen Fällen. Dafür war der Anteil an potenziell vermeidbaren Todesfällen beim penetrierenden Trauma signifikant höher (33,3% vs. 4,6%, $p < 0,001$). Bei den definitiv vermeidbaren Todesfällen gab es keine signifikanten Unterschiede bezüglich isolierter penetrierender Traumata.

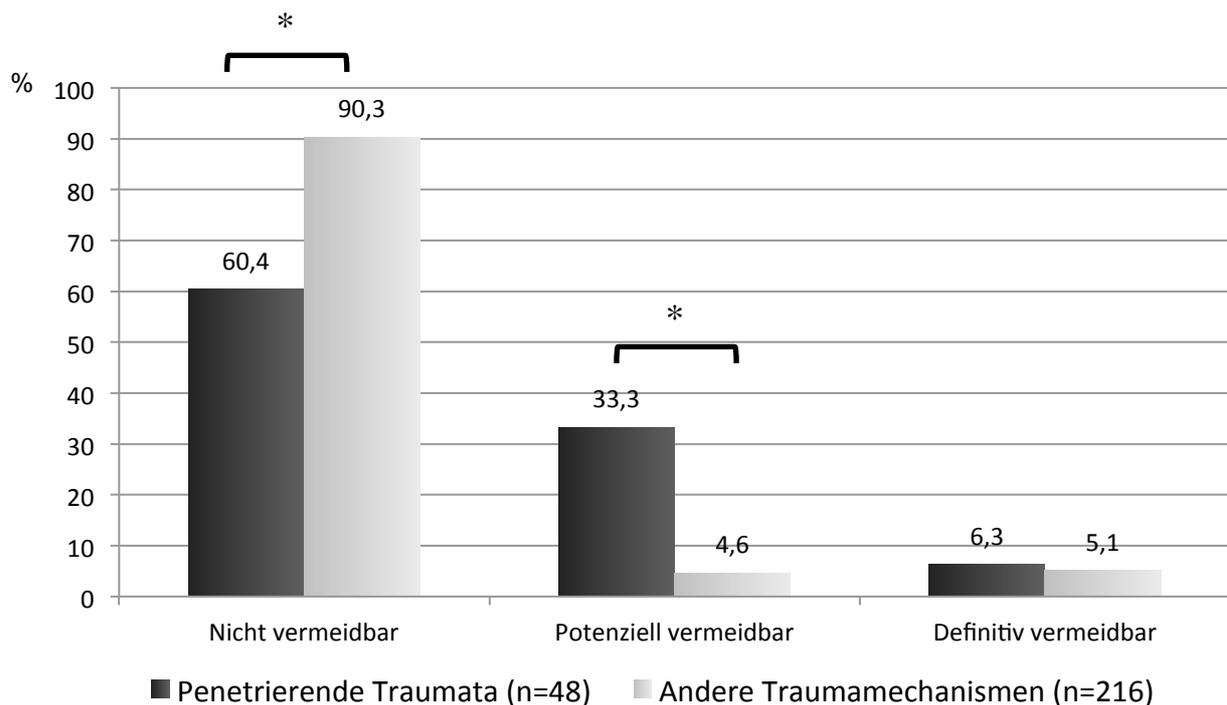


Abb. 3.23: Vergleich von penetrierendem Trauma und anderen Traumamechanismen in Abhängigkeit von der Vermeidbarkeit der Todesfälle. Signifikant weniger nicht vermeidbare Todesfälle und signifikant mehr potenziell vermeidbare Todesfälle bei den penetrierenden Verletzungen. * $p < 0,001$.

3.6.7 Vermeidbare traumatische Todesfälle und Reanimation, sowie invasive präklinische Maßnahmen

Im Rahmen der notfallmedizinischen Versorgung waren in 41,3% (n=109) aller 264 1-Kap-Fälle präklinisch invasive Maßnahmen (Etablierung eines Knochenmark- oder Gefäßzugangs, Sicherung der Atemwege oder die Anlage von Thoraxdrainagen) durchgeführt worden. Eine kardiopulmonale Reanimation war im Rahmen der präklinischen Versorgung in 26,5% (n=70) durchgeführt worden, prozentual am häufigsten bei den definitiv vermeidbaren Todesfällen (35,7%), gefolgt von den nicht vermeidbaren Todesfällen (27,7%). Bei den als potenziell vermeidbar eingestuften Todesfällen wurde präklinisch nur in 11,5% der Fälle ein Reanimationsversuch gestartet.

Invasive präklinische Maßnahmen wurden prozentual mit Abstand am häufigsten in der Gruppe der definitiv vermeidbaren Todesfälle durchgeführt (71,4%), gefolgt von den nicht vermeidbaren (42,9%). Bei den potenziell vermeidbaren Todesfällen waren insgesamt prozentual am seltensten invasive Maßnahmen begonnen worden (11,5%). Ein intravenöser oder intraossärer Zugang) war in 105 Fällen etabliert worden (39,8%), in 71,4% der definitiv vermeidbaren, 41,1% der nicht vermeidbaren und 11,5% der potenziell vermeidbaren Todesfälle. In 31,4% (n=83) war präklinisch eine endotracheale Intubation oder eine alternative Atemwegssicherung durchgeführt worden, prozentual in absteigender Häufigkeit in der Gruppe der definitiv vermeidbaren (64,3%), den nicht vermeidbaren (31,7%) und den potenziell vermeidbaren Todesfällen (11,5%). Die präklinische Anlage einer Thoraxdrainage war bei 8 Patienten (3,0%) erfolgt, immer in Fällen, die als nicht vermeidbare Todesfälle eingestuft wurden. Andere invasive Maßnahmen wie die präklinische Perikardpunktion oder Thorakotomie waren nicht durchgeführt worden.

3.6.8 Vermeidbare traumatische Todesfälle in der Luftrettung

29,9% (n=79) der „1-Kap“-Fälle (obduzierte Fälle) erreichten noch lebend ein Krankenhaus. 17,7% (n=14) der Fälle wurden durch luftgebundene Rettungsmittel (Rettungshubschrauber=RTH) versorgt und in die Klinik verbracht. In den übrigen 82,3% (n=65) der Fälle waren ausschließlich bodengebundene Rettungsmittel an der präklinischen Versorgung beteiligt (Notarzteinsatzfahrzeuge=NEF). Bei der Behandlung und dem Transport durch luftgebundene Rettungsmittel wurden signifikant häufiger invasive präklinische Maßnahmen durchgeführt (Median 2, IQR 0.25; p 0,04)

als bei der Versorgung durch ausschließlich bodengebundene Rettungsmittel (Median 2, IQR 1). Insbesondere hinsichtlich endotrachealer Intubation und der präklinischer Anlage von Thoraxdrainagen unterschieden sich luft- und bodengebundene Rettungsmittel signifikant. Alle RTH-Patienten wurden präklinisch intubiert, bei den NEF-Patienten war dies nur in 71,9% der Fall (RTH 100% vs. NEF 71,9%; $p = 0,03$). Die Anlage von Thoraxdrainagen erfolgte bei RTH-Einsätzen in 21,4%, während dies bei NEF-Einsätzen in 3,5% der Fall war (RTH 21,4% vs. NEF 3,5%; $p = 0,02$). Die Rate an Reanimationen nach Trauma war im Vergleich zur NEF-Gruppe höher bei RTH-Transport (RTH 35,7% vs. NEF 18,5%), dies jedoch ohne statistische Signifikanz ($p = 0,1$). In der RTH-Gruppe fanden sich keine potentiell oder definitiv vermeidbaren Todesfälle. In der NEF-Gruppe dagegen wurden 13,8% der traumaassoziierten Todesfälle als potenziell und 3,1% als definitiv vermeidbar eingestuft.

4. Diskussion

Die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse sind die ersten systematisch analysierten Daten traumaassoziierter Todesfällen im deutschsprachigen Raum. Zahlreiche Studien haben sich weltweit in verschiedenen Regionen mit unterschiedlichen sozioökonomischen und infrastrukturellen Bedingungen mit der Problematik der Traumaletalität befasst^{3, 6-10, 40-52}. Der Großteil der publizierten Daten stammt hier aus dem englischsprachigen Raum, insbesondere aus den USA^{3, 6-10, 40, 42, 44-47}. Im Folgenden sollen die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse diskutiert und in bereits vorliegende Daten der internationalen Literatur eingeordnet und verglichen werden. Tabelle 4.1 zeigt die Einordnung der Ergebnisse aus Berlin im internationalen Vergleich.

4.1 Traumamortalität und Inzidenz traumatischer Todesfälle

Eine Fallzahl von 440 traumatischen Todesfällen in einem Untersuchungszeitraum von 12 Monaten entspricht einer Inzidenz traumatischer Todesfälle von 13 / 100.000 / Jahr für Berlin 2010. Im internationalen Vergleich variiert die Inzidenz von 10 bis 122 / 100.000 / Jahr^{10, 41, 43, 44, 46, 48, 50, 52} (Tab. 4.1). Die niedrigste Inzidenz wurde von Søreide et al. für Stavanger (Norwegen) beschrieben mit 10 / 100.000 / Jahr⁴⁸. Die höchsten beschriebenen Inzidenzen traumatischer Todesfälle fanden sich in einer südamerikanischen (Ribeirão Preto, Brasilien; 92 / 100.000 / Jahr)⁵⁰ und in einer afrikanischen Großstadt (Kumasi, Ghana; 122/100.000/Jahr)⁴⁴.

Berlin hat daher eine vergleichsweise geringe Inzidenz traumatischer Todesfälle. Nur 13 der 940 Todesfälle pro 100.000 Einwohner waren primär traumaassoziiert. Das bedeutet, dass nur 1,4% aller Todesfälle in Berlin durch die direkten Folgen einer Verletzung zustande kamen. Gründe für die niedrige Inzidenz traumatischer Todesfälle sind sicherlich die geografische und sozioökonomische Situation: Berlin ist eine Großstadt in einer europäischen Industrienation mit restriktiven Waffengesetzen. Außerdem verfügt Berlin über eine hohe Krankenhausedichte und ein gut organisiertes Rettungssystem^{74, 75}. Generell sind die großen Unterschiede im internationalen Vergleich auf multiple Faktoren zurückzuführen. So spielt beispielsweise die Infrastruktur eine bedeutende Rolle: Gut ausgebaute Verkehrsnetze und uneingeschränkte Erreichbarkeit sind unumgänglich für eine suffiziente Traumaversorgung^{11, 47, 56}. Desweiteren sind das Vorhandensein und die Art des

Autor	Jahr	Gebiet	Land	Stadt/ Land	Zeitraum (Monate)	Fallzahl (n)	Präklinische Todesfälle (%)	Inzidenz (n/100.000)	Alter (MW)	Geschlecht (% männlich)	Datenquelle
Baker et al.³	1977	San Francisco	USA	Stadt	12	437	53			75,3	Obduktion
Spain et al.⁴⁰	1979	Hudson Valley	USA	Land	12	421	69				Obduktion
Daly et al.⁴¹	1988	SW Thames Region	GB	Beides	12	434	58,8	23,9	52		Register
Sauaia et al.⁴²	1992	Denver	USA	Stadt	12	289	34		36,8		Obduktion + Register
Meislin et al.⁵⁴	1991-1993	Pima County, Arizona	USA	Beides	24	710	52		46,1	73,8	Register
Wisborg et al.⁴³	1991-1995	Finmark	Norwegen	Land	60	130	85	77	37		Sterberegister
Mock et al.⁴⁴	1992-1993	Seattle	USA	Stadt	12	533	20,6		36,6	77	Register
		Monterrey	Mexico	Stadt	12	545	40		32,2	85	Register
		Kumasi	Ghana	Stadt	12	552	51,1	122	35,3	70	Epidemiol. Survey
Maio et al.⁴⁵	1994	Michigan	USA	Beides	12	155	58,1		37,4		Obduktion
Demetriades et al.¹⁰	1996	Los Angeles	USA	Stadt	12	2894	66,6	30,9			Register
Potenza et al.⁴⁶	1987-1997	San Diego	USA	Stadt	120	14764	60,3	45,9 - 58,7	42,1		Register
Rogers et al.⁴⁷	1997	Vermont	USA	Land	12	143	72		45		Register
		San Diego	USA	Stadt	12	612	40,5		33		Obduktion
Søreide et al.⁴⁸	1996-2004	Stavanger	Norwegen	Beides	108	260	52	10	45,8	75	Obduktion
Chiara et al.⁴⁹	1997-1998	Mailand	Italien	Stadt	12	255	73,7		50	73	Obduktion
Masella et al.⁵⁰	2000-2001	Ribeirão Preto	Brasilien	Stadt	24	787	56,9	77-92	35,7	85,7	Register
Demetriades et al.⁹	2000-2002	Los Angeles	USA	Stadt	36	4151	49,7		38,7	80	Register
Cothren et al.⁶	2002	Denver	USA	Stadt	12	420	31,4		47,3	70	Register
Pang et al.⁵¹	2004	Auckland	Neuseeland	Stadt	12	186	80,6		36,5	74,7	Register
Evans et al.⁵²	2005-2006	Hunter New England	Australien	Beides	12	175	66	20,9	55	55	Obduktion
Kleber et al.⁸³	2010	Berlin	Deutschland	Stadt	12	440	58,7	13	58	64,1	Obduktion + Register
		Berlin	Deutschland	Stadt	12	264	70,1		53	69,7	Obduktion
		Berlin	Deutschland	Stadt	12	176	41,5		66	55,7	Register

Tab. 4.1: Einordnung der Studienergebnisse (Kleber et al.⁸³) im internationalen Vergleich.

Rettungssystemen anzumerken (z.B. Notarzt- oder Paramedic- basiert). Auch das Vorhandensein luftgebundener Rettungsmittel in Gebieten mit geringer Bevölkerungsdichte beeinflusst die Mortalität nach Trauma⁵⁵. Die Verfügbarkeit von Ressourcen, die Präsenz spezialisierter Einrichtungen zur (Poly)-Traumaversorgung sowie Art und Ausbau des jeweiligen Gesundheitssystem sind weitere zu nennende regionale und nationale Einflussfaktoren auf die Traumaletalität. Insgesamt ist Berlin also beispielhaft für ein gut organisiertes und gut funktionierendes Rettungssystem zu nennen. Trotzdem zeigt diese Studie auch noch bestehende Defizite auf. So wurden beispielsweise 5% der Todesfälle, bei denen eine Obduktion durchgeführt wurde, als definitiv vermeidbar eingeschätzt (siehe Kap. 4.8). Auch die hohe Anzahl präklinisch Verstorbener (59%) bietet Raum für eine weitere Optimierung der Polytraumaversorgung (siehe Kap. 4.7).

4.2 Obduktionsrate bei traumaassoziierten Todesfällen

Die Obduktionsrate im Untersuchungskollektiv lag bei 60% (n=264). In einer norwegischen Studie wurde für verstorbene Trauma-Patienten eine Obduktionsrate von 100% beschrieben⁴⁸, da im Untersuchungsgebiet eine Vereinbarung zwischen Rechtsmedizin und Behörden besteht, dass jeder traumatische Todesfall einer Obduktion unterzogen wird. Dagegen mag eine Obduktionsrate von 60% zunächst niedrig erscheinen, ist aber angesichts durchschnittlicher Obduktionsraten in Deutschland von ca. 5% aller Todesfälle tatsächlich als außergewöhnlich hoch anzusehen⁸⁴.

Nach deutschem Recht obliegt die Anordnung einer gerichtlichen Obduktion dem zuständigen Amtsgericht, wenn die Staatsanwaltschaft dies beantragt; dies geschieht nach Prüfung der individuellen Aktenlage.

Eine hohe Obduktionsrate ist insbesondere bei traumatischen Todesfällen wünschenswert und notwendig, um Todesursachen und Verletzungsmuster mit höchster Genauigkeit bestimmen zu können, vermeidbare Todesfälle zu identifizieren und Verbesserungsstrategien bei der Traumaversorgung zu entwickeln^{79, 85}. Hierfür ist eine enge Vernetzung zwischen Klinik, Präklinik und Rechtsmedizin wünschenswert. So könnte durch regelmäßige interdisziplinäre Morbiditäts- und Mortalitätskonferenzen, welche im klinischen Alltag heutzutage allgegenwärtig sind, ein zuverlässiges Rückmeldungssystem zur Qualitätsverbesserung geschaffen werden. Eine konsequente routinemäßige Durchführung von Obduktionen bei traumaassoziierten

Todesfällen könnte weiterhin wertvolle Daten für die Unfallprävention und verlässliche, juristisch standhafte Fakten im Falle eines Strafverfahrens liefern.

4.3 Alter und Geschlecht der traumaassoziierten Todesfälle

4.3.1 Steigendes Alter bei traumaassoziierten Todesfällen

Das mittlere Alter im Patientenkollektiv lag bei 58 Jahren. Dies ist im Vergleich mit der internationalen Literatur seit 1977 das höchste Durchschnittsalter. In aktuellen Studien zur Traumamortalität liegt das mittlere Alter zwischen 32 und 55 Jahren^{3, 7, 8, 41, 42, 44-47, 49, 50, 52}. Dies spiegelt das bekannte Phänomen einer alternden Bevölkerung wider, woraus sich auch eine steigende Anzahl älterer Trauma-Patienten ergibt. An dieser Stelle muss erwähnt werden, dass Trauma-Patienten, die an sekundären Trauma-Komplikationen verstarben, aus der Studie ausgeschlossen wurden. So erscheint ein nicht unerheblicher Anteil an älteren Traumatoten nicht im Kollektiv. Trotzdem liegt hier ein vergleichsweise hohes Durchschnittsalter vor. Das steigende Alter und die damit verbundene erhöhte Anzahl an Komorbiditäten scheinen einen Einfluss auf die Sterblichkeit nach Trauma zu haben^{38, 54, 57}. Zukünftig ist entsprechend der bekannten demografischen Entwicklung mit immer mehr älteren Verletzten Patienten mit einer Vielzahl an Vorerkrankungen zu rechnen, was sowohl die Akut- als auch die Langzeittherapie entscheidend beeinflussen wird. Gerade die antikoagulatorische Therapie bei Patienten mit kardiovaskulären Vorerkrankungen kann beim Trauma relevanten Einfluss auf Blutungskomplikationen haben. Unter den in der vorliegenden Arbeit identifizierten definitiv vermeidbaren Todesfällen fanden sich drei Fälle, die bei relativ geringer Verletzungsschwere aber bestehender Gerinnungskompromittierung (durch orale Antikoagulanzen oder Leberzirrhose-bedingtem Gerinnungsversagen) verbluteten. Dies unterstreicht nochmals die Bedeutung der Berücksichtigung der Begleiterkrankungen z.B. bei der Indikationsstellung zur intensivmedizinischen Überwachung (siehe Kap. 4.8.2).

4.3.2 Traumamortalität und Geschlecht

Mit 64% war der Hauptanteil der Verstorbenen nach Trauma männlich. Diese Beobachtung entspricht der typischen Geschlechterverteilung beim Trauma (Tab. 4.1). In internationalen Studienkollektiven bilden Männer die Mehrheit der traumatischen Todesfällen mit einem prozentualen Anteil von 55% bis 86%^{3, 6-8, 44, 48-52}. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Männer häufiger nach Trauma versterben als Frauen. Die Frage, ob

das Geschlecht einen Einfluss auf die Letalität nach Trauma hat, bleibt Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion⁸⁶⁻⁸⁸ und kann in dieser Studie nicht abschließend beantwortet werden. Vielmehr scheint der hohe Anteil an männlichen Verstorbenen der Tatsache geschuldet, dass Traumapatienten unabhängig vom Überleben prädominant männlichen Geschlechts sind.

Sicher ist jedoch auch, dass es geschlechtsspezifische Unterschiede in der Immunantwort nach hämorrhagischem Schock und Sepsis gibt^{89, 90}. Diese Tatsache ist auf die unterschiedliche Konzentration an männlichen und weiblichen Sexualhormonen zurückzuführen. Dabei scheinen Östrogene eine protektive Wirkung und Testosteron negative immunomodulierende Effekte beim schwerstverletzten blutenden Patienten zu haben^{91, 92}. Als Konsequenz sollten gerade junge Männer Zielgruppe präventiver Kampagnen zur Unfallvermeidung sein.

4.4 Zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit

4.4.1 Überlebenszeit

Die mediane Überlebenszeit nach Trauma betrug im Gesamtkollektiv 30 Minuten. Diese kurze Überlebenszeit spiegelt insbesondere den hohen Anteil präklinischer Todesfälle am Gesamtkollektiv wider. Die Mehrheit der traumaassoziierten Todesfälle ereignet sich innerhalb der ersten 60 Minuten nach Trauma^{3, 6-8, 10, 41, 44, 47, 49-52}. Die erste Stunde nach einem Unfall wird auch als „Golden Hour of Trauma“ bezeichnet, innerhalb derer ein schwerverletzter Patient der definitiven klinischen Versorgung zugeführt sein sollte, um so Sekundärschäden zu minimieren und das Outcome zu verbessern⁹³. Von diesem Konzept wird zunehmend Abstand genommen⁹⁴. So spielt vielmehr als die Zeit allein die adäquate und zügige Versorgung Schwerverletzter je nach Verletzungsmuster und Unfallsituation eine wesentliche Rolle. Deshalb wird vermehrt von der „Golden *Period* of Trauma“ gesprochen, welche die adäquate und optimale Versorgung des individuellen Patienten in der dafür notwendigen Zeit beschreibt^{95, 96}. Die Tatsache, dass die Mehrheit der Todesfälle sich innerhalb der ersten 60 Minuten ereignet verlangt nach einer Fokussierung der wissenschaftlichen Untersuchungen und Ausbildungskonzepte auf diesen Zeitraum.

Auffällig beim Vergleich der Kap-Gruppen (obduzierte und nicht obduzierte Fälle) ist, dass sich die mediane Überlebenszeit zwischen obduzierten („1-Kap“) und nicht obduzierten („2-Kap“) hochsignifikant unterscheidet (10 min. vs. 898 min.; $p < 0,001$). Eine Erklärung hierfür bietet der Vergleich der Überlebenszeiten verteilt nach den

Todesursachen: Die Fälle mit todesursächlichem isoliertem SHT, welche in der „2-Kap“ Gruppe mit 47,7% den größten Anteil ausmachten, zeigten ein medianes Überleben von 27,5 Stunden (1650 min.), während das Polytrauma als Haupttodesursache in der „1-Kap“-Gruppe (48,1%) ein medianes Überleben von 10 Minuten aufwies. Auch wird deutlich, dass bei Patienten, die nach einem Trauma länger überlebten, seltener eine gerichtliche Obduktion angeordnet wurde. Letztlich handelt es sich bei Entscheidung zur Beantragung einer gerichtlichen Obduktion stets um die individuelle Entscheidung des Staatsanwaltes. Da auch die Beantragung einer gerichtlichen Obduktion durch die Staatsanwaltschaft ökonomischen Sachzwängen unterliegt, ist es nachvollziehbar, dass Trauma-Patienten mit längerer Überlebenszeit und entsprechend umfangreicherer klinischer Diagnostik seitens der Staatsanwaltschaft ein höheres Maß an Sachverhaltsaufklärung zugeschrieben und ggf. auf eine Obduktion verzichtet wird, auch wenn diese als medizinischer Goldstandard zu betrachten ist⁷⁹. Die Tatsache, dass sich die Genauigkeit klinischer und autoptischer Todesursachen beim traumaassoziierten Tod in Abhängigkeit vom Todeszeitpunkt unterscheidet, ist bekannt⁸⁵. Im Umkehrschluss zeigen die vorliegenden Daten, dass die traumatischen Todesfälle, die sich sofort ereignen, offensichtlich häufiger obduziert werden, weil es in diesen Fällen außer der Obduktion kein adäquates Mittel gibt, um Informationen über Todesursache und Verletzungsmuster in Erfahrung zu bringen. Vor allem bei Gewaltverbrechen spielt dies eine bedeutende Rolle.

4.4.2 Neue bimodale zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit

Die Analyse der zeitlichen Verteilung der Traumamortalität zeigt, an welcher Stelle vermehrt Bedarf besteht, Strukturen und Qualität der präklinischen und klinischen Traumaversorgung zu verbessern. Wichtig ist hier zu erwähnen, dass der Todeszeitpunkt nicht mit potenziell begangenen Fehlern im Traumamanagement korreliert. Ein präklinisch insuffizient versorgter Patient mag beispielsweise noch den Transport überleben, verstirbt dann aber später (z.B. im Schockraum oder bei der Notoperation) aufgrund nicht mehr einholbarer Versäumnisse, die sich zu einem früheren Zeitpunkt ereignet haben.

Die von Baker³ und Trunkey^{12, 14} beschriebene historische trimodale zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit konnte in der vorliegenden Studie nicht (mehr) nachvollzogen werden. Trunkey's Konzept der trimodalen zeitlichen Verteilung wurde weitgehend akzeptiert, ist heute Konsens bzw. weit verbreitete Lehrmeinung⁹⁷ und nahm in der

Vergangenheit wichtige Rolle bei der weltweiten Entwicklung von Trauma-Netzwerken ein. Durch den stetigen medizinischen Wandel über die letzten Jahrzehnte sowohl in der klinischen also auch in der präklinischen Versorgung wird dies nun zunehmend kontrovers diskutiert^{7-9, 42, 48, 51-53, 98}. Durch medizinischen Verbesserungen in der Trauma-Versorgung, den Aufbau von Trauma-Netzwerken, Verbesserung der Rettungssysteme, Fortschritte in Notfall- und Intensivmedizin und auch in der Notfallchirurgie ist es ohne Zweifel zu Veränderungen der zeitlichen Verteilung der Traumasterblichkeit gekommen, was sich im hier untersuchten Kollektiv widerspiegelt. Durch den Wegfall der späten Todesfälle (> 1 Woche nach Trauma) zeigt sich in Berlin eine neue bimodale zeitliche Verteilung, was durch die Ergebnisse anderer Studien aus verschiedenen Traumasystemen mit unterschiedlichen infrastrukturellen und sozioökonomischen Voraussetzungen bestätigt wird^{7, 8, 42, 48}. Die historische trimodale Verteilung stammt aus den Anfängen der Traumaversorgungsforschung. Zu nennende Fortschritte seither sind hier u.a. die verbesserte präklinische Traumaversorgung, die flächendeckende Einführung von Traumanetzwerken mit spezialisierten Traumazentren, Fortschritte im Verständnis und daraus resultierende Therapieansätze bei der Pathophysiologie des Schwerverletzten mit optimierter Organersatztherapie und verbesserter zeitlicher Abfolge von operativer und intensivmedizinischer Intervention zur Stabilisierung des Organismus und Vermeidung zusätzlicher Aggressoren^{4, 99}. Durch die Verbesserungen im Überleben schwerverletzter Patienten kommt es zu einer Rechtsverschiebung der Traumasterblichkeit Richtung früher, insbesondere präklinischer Todesfälle, welche höchstwahrscheinlich weniger durch medizinische Verbesserungen, jedoch vielmehr durch präventive Maßnahmen verringert werden könnten.

Die Darstellung der zeitlichen Verteilung der Traumasterblichkeit war in der vorliegenden Studie stark abhängig von der Kap-Gruppe (Obduktion vs. keine Obduktion), vom Verletzungsmechanismus und von der Todesursache. Während in unserem Kollektiv die „1-Kap“-Gruppe dem bimodalen Modell folgt (Mehrzahl der Todesfälle innerhalb der ersten Stunde und zweiter Häufigkeitssgipfel bei 4-48 Stunden), verstarb in der „2-Kap“-Gruppe die Mehrzahl der Patienten nach 4-48 Stunden. Dies zeigt die ungleiche Verteilung der Obduktionsbeantragungen bzw. -anordnungen je nach Todeszeitpunkt und muss zukünftig bei der Auswertung und Interpretation unterschiedlicher Kollektive (Registerdaten oder Obduktionsergebnisse) berücksichtigt werden.

Anhand der analysierten Daten konnte gezeigt werden, dass sich verschiedene Traumamechanismen hinsichtlich der Überlebenszeit (s.o.) und damit auch in der zeitlichen Verteilung der Mortalität deutlich unterscheiden. Fast alle Patienten mit penetrierenden (84,6%) oder kombinierten (91,6%) Verletzungsmechanismen verstarben innerhalb der ersten 60 Minuten nach Ereignis bzw. wiesen bei Auffinden sichere Todeszeichen auf. In diesem Zusammenhang muss darauf hingewiesen werden, dass sich die sog. „nicht-überlebbare Verletzung“ als sicheres Todeszeichen nur im Einzelfall eignet¹⁰⁰. Bei stumpfem Trauma zeigte sich eine Linksverschiebung bei der Überlebenszeit mit 43% der Fälle, die 4-48 Stunden oder länger überlebten. Ein ähnlicher Trend zeigte sich analog hierzu bei der zeitlichen Verteilung der Traumamortalität nach führenden Todesursachen. 71,2% der Patienten mit isoliertem SHT überlebten länger als 4 Stunden, während nach todesursächlichem hämorrhagischen Schock 78,6% der Patienten innerhalb von 60 Minuten verstarben. Diese Beobachtungen sind aufgrund der zugrundeliegenden Pathophysiologie der einzelnen Todesursachen nachvollziehbar. Auch andere Autoren beschreiben bei todesursächlichem penetrierenden Trauma bzw. hämorrhagischem Schock eine hohe Mortalität unmittelbar nach Trauma, während bei stumpfen Unfallmechanismen und SHT längere Überlebenszeiten beschrieben sind^{3, 8, 42, 50}. Dies unterstreicht einmal mehr die immense Bedeutung der umgehenden externen Blutstillung und –bei inneren Blutungen- des umgehenden Transports in die nächste geeignete Klinik mit Vorankündigung, so dass sofortige chirurgische oder interventionelle Maßnahmen zur Blutstillung ohne Zeitverlust durchgeführt werden können.

Die zeitliche Verteilung der Traumamortalität folgt keinem starren Verlauf, sondern wird maßgeblich beeinflusst durch Alter, Vorerkrankungen, Verletzungsmechanismus, Verletzungsschwere und die betroffene Körperregionen bzw. Organsysteme^{8, 9, 53}. Um den o.g. Veränderungen und Verbesserungen der letzten Dekaden Rechnung zu tragen muss das historische trimodale Modell durch das neue bimodale Modell als aktuelle Referenz und edukatives Instrument, mit dem sich Studien zur Traumamortalität vergleichen und messen sollen, abgelöst werden. Als Konsequenz sollten die beiden Hauptschwerpunkte klinischer und wissenschaftlicher Arbeit die Präklinik und die (frühe) Intensivtherapie sein, um so die Traumaversorgung weiter zu verbessern und das Outcome für den individuellen Patienten weiter zu maximieren.

4.4.3 Verteilung der Traumasterblichkeit nach Jahreszeiten, Monaten, Wochentagen und Tageszeit

Bei der Aufteilung der Todesfälle nach Jahreszeit, Monat und Wochentag konnten jeweils keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Zusammengefasst verstarben im Sommer die meisten Patienten (29,3%) und im Winter die wenigsten (22,5%). Entsprechend zeigte sich auch für die Sommermonate Juni und Juli eine Häufung der traumaassoziierten Todesfälle (n=46 bzw. n=48). Erwartungsgemäß verstarben die meisten Zweiradfahrer (44%) im Sommer. Auffällig war der hohe Anteil an Stich- und Schnittverletzungen sowie Schussverletzungen im Winter (44,8% und 34,6%). Vermutungen darüber, dass dies an einer gesteigerten Suizidrate im Winter liegen könne, haben sich nicht bestätigt. Laut Statistischem Bericht 2010 war die Suizidrate im Winter nicht signifikant erhöht⁸². In der internationalen Literatur finden sich keine Hinweise auf eine winterliche Häufung der Suizide durch scharfe Gewalt oder Schusswaffen¹⁰¹⁻¹⁰³.

Abb. 4.1 zeigt die Verteilung der Todesfälle nach Monaten im Vergleich mit der Gesamtmortalität in Berlin 2010 laut Amt für Statistik Berlin Brandenburg³⁷. Prozentual zeigt sich für Trauma und Gesamtmortalität eine gleichmäßige Verteilung.

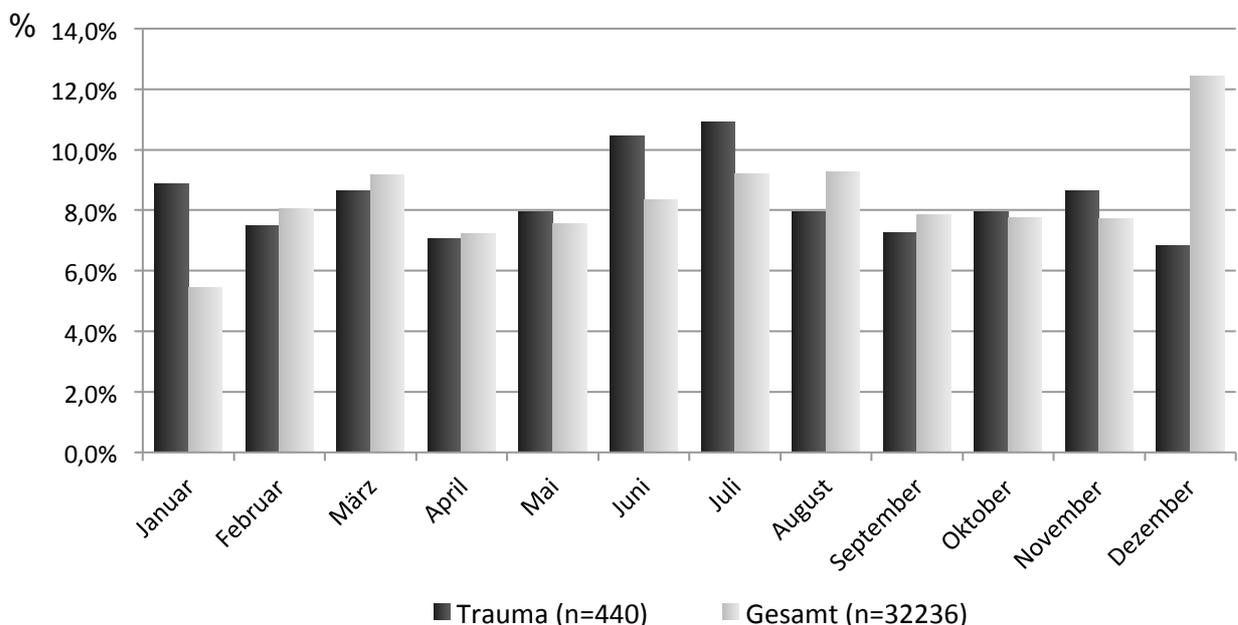


Abb. 4.1: Prozentualer Vergleich der traumatischen Todesfälle in Berlin mit den Todesfällen insgesamt aufgeteilt nach Monaten³⁷.

4.5 Verletzungsmechanismen

Die vorliegende Studie identifiziert das stumpfe Trauma mit 79% als führenden Verletzungsmechanismus. Tabelle 4.2 zeigt die Einordnung der berliner Daten bezüglich der Traumamechanismen im internationalen Vergleich. In der Literatur reicht der prozentuale Anteil stumpfer Traumata von 38% bis 87%^{3, 6, 8, 47-50}. Die heterogene Verteilung stumpfer und penetrierender Traumata ist stark von lokalen und regionalen Unterschieden abhängig. Studienkollektive aus Europa zeigen den höchsten Anteil an stumpfen Verletzungen (Chiara et al.⁴⁹ aus Mailand / Italien mit 78% und Søreide et al.⁴⁸ aus Stavanger / Norwegen mit 87%). In amerikanischen Studienkollektive dagegen machen penetrierende Verletzungen einen weitaus bedeutsameren Anteil aus (24% bis 62,1%)^{3, 6, 8, 42, 47, 50}. Der höhere Anteil penetrierender Traumata muss sicherlich sowohl den unterschiedlichen Waffengesetzen und der damit verbundenen erschwerten bzw. erleichterten Zugänglichkeit zu Schusswaffen, als auch unterschiedlich hohen Kriminalitätsraten zugeschrieben werden. Den höchsten Anteil an tödlichen Schussverletzungen am Gesamtkollektiv zeigen Demetriades et al. für Los Angeles / USA, mit 45,9%⁸. Mit einem Anteil von 6% sind Schussverletzungen im eigenen Kollektiv vergleichsweise gering, werden jedoch noch unterboten durch Daten aus Großbritannien mit 3%⁴¹. und Neuseeland mit 1%⁵¹.

Unser Gesamtkollektiv repräsentiert die typischen Verletzungsmechanismen in einer mitteleuropäischen Großstadt mit Stürzen aus >3 m als führendem tödlichen Verletzungsmechanismus bei einer geringen Anzahl an Verkehrsunfällen. Zusammengefasst machten Stürze aus < bzw. > 3 m insgesamt 65% aller Verletzungsmechanismen im Studienkollektiv aus. Damit liegt Berlin weit über den Angaben in der Literatur, die von 12% bis 28% reichen^{3, 6-8, 10, 41, 42, 46, 48-52}. Ein Grund hierfür mögen die baulichen Gegebenheiten in der Großstadt sein mit verhältnismäßig mehr hohen Gebäuden als in ländlichen Gebieten.

Verkehrsunfälle sind nach Literaturlage in 15% bis 72% für traumatische Todesfälle verantwortlich^{3, 6-8, 10, 40-43, 46, 48-52}. Mit einem Anteil von insgesamt nur 19% machten Verkehrsmittelunfälle in Berlin 2010 erwartungsgemäß einen geringen Anteil am Gesamtkollektiv der traumaassoziierten Todesfälle aus. Dies mag u.a. an den infrastrukturellen Gegebenheiten mit vergleichsweise guter Versorgung durch den öffentlichen Personennahverkehr liegen. Interessanterweise zeichnet sich über die Jahre gesehen zumindest prozentual kein Trend im Rückgang der Verkehrstoten in den beobachteten Kollektiven ab. Tendenziell ist in ländlichen Untersuchungsgebieten ein

Autor	Jahr	Gebiet	Stadt / Land	Fallzahl (n)	Traumamechanismen									
					Stumpf	Penetrierend	Sturz aus großer Höhe	Verkehrsunfall	Schussverletzung	Stich-Schnittverletzung	Fußgänger vs. KFZ	KFZ Insasse		
Baker et al. ³	1977	San Francisco, USA	Stadt	437	60	40	27,9	17,8	32	8	5,9	11,9		
Spain et al. ⁴⁰	1979	Hudson Valley, USA	Land	421				65						
Daly et al. ⁴¹	1988	SW Thames Region, GB	Beides	434			21,4	54,6	3,7	2,3				
Sauaia et al. ⁴²	1992	Denver, USA	Stadt	289	48	49	8	37	42	6	7	27		
Meislin et al. ⁵⁴	1991-1993	Pima County, Arizona, USA	Beides	710			12,7	14,5	26,7					
Mock et al. ⁴⁴	1992-1993	Seattle, USA	Stadt	533	68	32	15	40	16	16	9	25		
		Monterrey, Mexico	Stadt	545	77	23	8	64	8	15	23	35		
		Kumasi, Ghana	Stadt	552	93	7	15	54	3	4	35	16		
Demetriades et al. ¹⁰	1996	Los Angeles, USA	Stadt	2894			4,9	31,9	40,1					
Potenza et al. ⁴⁶	1987-1997	San Diego	Stadt	14764			5	24			7	14		
Søreide et al. ⁴⁸	1996-2004	Stavanger, Norwegen	Beides	260	87	13	25	45	10,4	2				
Chiara et al. ⁴⁹	1997-1998	Mailand, Italien	Stadt	255			22,7	48,3	8,6	7,1	12,2	23,1		
Masella et al. ⁵⁰	2000-2001	Ribeirão Preto, Brasilien	Stadt	787	37,9	62,1	17,4	41,1	25	4	17,9	11,6		
Demetriades et al. ⁹	2000-2002	Los Angeles, USA	Stadt	4151	50	50	1,8	36,6	45,9	3,5	13,9	19,9		
Cothren et al. ⁶	2002	Denver, USA	Stadt	420	74	24	20	43						
Pang et al. ⁵¹	2004	Auckland, Neuseeland	Stadt	186			9,7	43,6	0,5	4,3	5,4	31,7		
Evans et al. ⁵²	2005-2006	Hunter New England, Australien	Beides	175			4	72	8	6				
Kleber et al. ¹¹³	2010	Berlin, Deutschland	Stadt	440	78,6	13,2	32,7	19,1	5,9	6,6	4,8	2,3		
				264	72,7	18,2	30,7	27,3	9,5	8,3	8	3,8		
				176	88	5,7	35,7	6,8	0,6	4	0	0		

Tab. 4.2: Traumamechanismen der eigenen Studie (Kleber et al.⁸³) im internationalen Vergleich. KFZ=Kraftfahrzeug.

erheblich höherer Anteil an Verkehrsunfällen zu beobachten. So beschreiben Spain et al. 65% Verkehrsunfälle für Hudson Valley / USA⁴⁰ und Evans et al. Sogar 72% Verkehrsunfälle in Hunter New England/ Australien⁵². Die Konsequenz aus den vorliegenden Daten muss ein verstärkter Fokus auf die Prävention sein, insbesondere bezüglich der hohen Anzahl an Stürzen aus großer Höhe und Bahnüberrollungen. Hier besteht erhebliches Potenzial durch bauliche Maßnahmen. So könnte die Sicherung hoher Gebäude und Gleisanlagen sicherlich dazu beitragen, die Anzahl traumaassoziierter Todesfälle weiter zu verringern.

4.5.1 Verletzungsmechanismen im Kap-Gruppen-Vergleich (Obduktion ja/nein)

Auch hinsichtlich der Verletzungsmechanismen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt. So fanden sich Verkehrsunfälle und penetrierende Verletzungen signifikant häufiger in der „1-Kap“-Gruppe (Obduktion), andererseits waren isolierte SHTs in der „2-Kap“-Gruppe signifikant häufiger. Dies spiegelt die rechtsmedizinisch erfreuliche Tatsache wider, dass – jedenfalls in Berlin – nicht nur tödliche penetrierende Verletzungen (meist juristisch relevante Sachverhalte wie Schuss- oder Stichverletzungen mit u. U. erforderlicher Differenzierung zwischen Selbst- oder Fremdbeibringung bzw. Rekonstruktion bei Fremdbeibringung), sondern auch tödliche Verkehrsunfälle zunehmend wieder einer rechtsmedizinischen Untersuchung zugeleitet werden. Der juristische Beweis einer todesursächlichen Kausalkette bei isoliertem SHT und längerer Überlebenszeit, beispielsweise nach winterlichem Sturz < 3 m auf eisglattem Straßenland, mag im Einzelfall auch ohne rechtsmedizinische Obduktion zu führen sein. Zu fordern ist generell jedoch die rechtsmedizinische Aufarbeitung sämtlicher Trauma-Todesfälle, um valide Daten zu generieren.

4.6 Todesursachen

Die Haupttodesursache im Gesamtkollektiv war das Polytrauma, gefolgt vom isolierten SHT, Verbluten und isoliertem Thoraxtrauma. Analog zu den Unterschieden bezüglich der Traumamechanismen zwischen den Kap-Gruppen (s.o.) fanden sich bei den Todesursachen signifikant mehr verblutete Patienten in der „1-Kap“-Gruppe und signifikant mehr isolierte SHTs in der „2-Kap“-Gruppe. Das Polytrauma als eigenständige Todesursache ist bezüglich der Untersuchung der Traumaletalität bisher

nicht etabliert. Daly et al. beschrieben 33% multiple Verletzungen als Todesursache⁴¹. Rogers et al. fanden die tödliche Kombination mehrerer Verletzungen in 25% und 30%⁴⁷. Führende Todesursache im internationalen Vergleich ist das SHT mit prozentualen Anteilen von 33% bis 71,5%, gefolgt von Verbluten (17% - 39%)^{3, 40-42, 47, 48, 51, 52} (Tab. 4.3). Ursächlich für die unterschiedlichen Erkenntnisse in der vorliegenden Studie könnten u.a. auch Unterschiede bezüglich der Definition der Todesursachen sein. So definierten z.B. Søreide et al.⁴⁸ ihre Todesursachen so, dass nur die unmittelbar zum Tode führende Verletzung berücksichtigt wurde, unabhängig davon, ob weitere schwere Verletzungen vorlagen. Evans et al.⁵² definierten die Todesursachen als „hauptsächlich durch Verletzung des Zentralnervensystems (ZNS)“, „Tod durch unkontrollierte Blutung“, „ZNS-Verletzung in Kombination mit Verbluten“, „Tod durch Atemwegsverlegung“ oder „Multiorganversagen“. Das Polytrauma als Todesursache ist daher in vielen Studienprotokollen nicht vorgesehen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit unterstützen die Ansicht, dass mehrere simultan vorliegende potenziell tödliche Verletzungen –analog zur Definition von Tscherne und Oestern¹⁰⁴- bei der Bestimmung der Todesursache berücksichtigt werden und als ursächlich unter einem Begriff definiert werden sollten, z.B. „Polytrauma“ oder „Mehrfachverletzung“. Nur so kann auch dem ganzen Verletzungsausmaß Rechnung getragen und die Problematik der Behandelbarkeit dargestellt werden.

Der Injury Severity Score (ISS) als Maß der anatomischen Verletzungsschwere wurde in der vorliegenden Studie nicht berechnet. Generell kann dies natürlich insbesondere bei Obduktions-basierten Studien durchgeführt werden. Hier wäre von Interesse, ob die anatomische Verletzungsschwere gemäß ISS den tödlichen Verlauf erklärt, oder ob anatomisch weniger schwerwiegende Verletzungen trotzdem tödlich verliefen, was dann wiederum wertvolle Informationen bezüglich der Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle liefern kann (s.u.). Zur Berechnung des ISS sind allerdings detaillierte Angaben zum Verletzungsausmaß notwendig. Um postmortal genaue ISS-Werte zu ermitteln muss die Klassifikation idealerweise direkt vom Obduzenten durchgeführt werden. Dazu müsste der meist klinisch angewandte ISS in der Rechtsmedizin Verbreitung finden.

Eine Erklärung für die hohe Anzahl an letalen Polytraumata in Berlin 2010 im internationalen Vergleich liefert auch der hohe Anteil an Unfallmechanismen, die regelhaft zur Verletzung mehrerer Körperregionen führen, z.B. 32,7% Stürze aus > 3 m (n=144), aber auch 8,0% (n=35) Bahnüberrollungen.

Autor	Jahr	Gebiet	Stadt / Land	Fallzahl (n)	Todesursachen (%)			
					Polytrauma	SHT	Verbluten	Thoraxtrauma
Baker et al. ³	1977	San Francisco, USA	Stadt	437		50,1	11,7	22,9
Spain et al. ⁴⁰	1979	Hudson Valley, USA	Land	421		56		
Daly et al. ⁴¹	1988	SW Thames Region, GB	Beides	434	33,4	33,4		7,6
Sauaia et al. ⁴²	1992	Denver, USA	Stadt	289		42	39	
Rogers et al. ⁴⁷	1997	Vermont, USA	Land	143	25,4	53	17	
	1997	San Diego, USA	Stadt	612	29,5	43	14,5	
Søreide et al. ⁴⁸	1996-2004	Stavanger, Norwegen	Beides	260		67	25	13
Pang et al. ⁵¹	2004	Auckland, Neuseeland	Stadt	186		71,5		15,6
Evans et al. ⁵²	2005-2006	Hunter New England, Australien	Beides	175		33	33	
Kleber et al. ⁸³	2010	Berlin, Deutschland	Stadt	440	45,7	38	9,5	3,4

Tab. 4.3: Einordnung der Studienergebnisse (Kleber et al.⁸³) bezüglich der führenden Todesursachen im internationalen Vergleich.
SHT=Schädelhirntrauma.

Gerade im amerikanischen Raum machen v.a. penetrierende Schussverletzungen einen erheblichen Anteil am Gesamtkollektiv aus, welche v.a. als Monotrauma durch Schädelhirnverletzungen oder durch Verbluten zum Tode führen. In unserem Kollektiv war Verbluten nur in 10% todesursächlich. Das mag einerseits an der vergleichsweise geringen Anzahl penetrierender Verletzungen im internationalen Vergleich liegen. Bei penetrierenden Verletzungen war der hämorrhagische Schock die häufigste Todesursache (53%, $p < 0,001$). Die signifikante Zunahme von Verbluten in den Wintermonaten muss Gegenstand weiterer Untersuchungen bleiben. Bisher deutet nichts auf eine bekannte saisonale Häufung penetrierender Gewaltverbrechen oder Suizide hin (s. o.).

Das isolierte SHT als Todesursache zeigte beim prozentualen Vergleich zwischen stumpfen und penetrierenden Traumamechanismen mit 41% bzw. 40% keine signifikanten Unterschiede. Grund für die hohe Anzahl von SHTs bei den penetrierenden Verletzungen waren v.a. suizidale, aber auch wenige homizidale Kopfschüsse.

4.7 Todesort

In der vorliegenden Studie verstarben insgesamt 59% der Patienten am Ereignisort. Im internationalen Vergleich liegt Berlin damit im Mittelfeld. Der Anteil präklinisch Verstorbener reicht im internationalen Vergleich von 21% bis 85%^{3, 6-8, 10, 40-52} (Tab. 4.1). Die Studienlage hierzu ist extrem heterogen. Die Studienkollektive unterscheiden sich teilweise erheblich hinsichtlich ihrer Einschlusskriterien. Bezüglich der Präklinik als Todesort lässt sich anhand der verfügbaren Literatur kein Trend innerhalb der letzten 4 Jahrzehnte abgrenzen. Sehr wohl wird jedoch deutlich, dass in ländlichen Regionen die präklinische Traumasterblichkeit deutlich höher ist als in urbanen Ballungszentren. Während z.B. Wisborg et al.⁴³ für eine ländliche Region in Norwegen 85% präklinische Todesfälle beschreiben, zeigen Mock et al.⁴⁴ für Seattle als Großstadt lediglich 21% Verstorbene in der präklinischen Situation. Gründe für die höhere präklinische Traumasterblichkeit in ländlichen Gebieten sind einerseits die niedrigere Verfügbarkeit von Rettungsmitteln und längere Rettungswege. Andererseits ist die Wahrscheinlichkeit eines unbeobachteten Traumas im öffentlichen Raum mit verspätet eintreffender medizinischer Hilfe in dünn besiedelten Regionen höher als in urbanen Ballungszentren.

Der hohe Anteil an präklinischen Todesfällen in Berlin als mitteleuropäische Metropole erscheint ungewöhnlich. Mit einer hohen Krankenhausdichte und einem gut organisierten Rettungsdienst bietet Berlin einen hohen Standard in der Trauma-Versorgung, sowohl im nationalen als auch im internationalen Vergleich⁹⁵. Andererseits kann eine relativ hohe präklinische Mortalität als Indikator für Fortschritte und Verbesserungen im Bereich der Trauma-Versorgung gesehen werden. Die Mehrheit der Patienten verstarb initial nach Trauma bzw. wurde ohne Lebenszeichen aufgefunden. Der Anteil derer, die in einer Klinik verstarben, ist geringer und zeigt, dass Patienten, die lebend eine Klinik erreichen, eine höhere Überlebenschance aufweisen. Dieser Trend der sinkenden klinischen Traumamortalität wird durch die Daten aus dem TraumaRegister[®] der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (TR DGU) untermauert¹⁰⁵.

Auch bezüglich des Todesortes zeigten sich zwischen den Kap-Gruppen erhebliche Unterschiede (70,1% präklinische Todesfälle in der „1-Kap“-Gruppe vs. 41,5% in der „2-Kap“-Gruppe). Hier wird wieder deutlich, wie wichtig es ist, möglichst alle traumatischen Todesfälle zu erfassen.

4.8 Vermeidbare traumatische Todesfälle

Die Ergebnisse aus der vorliegenden Studie sind die ersten systematischen Daten zur Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle in Berlin. Da nur durch die gerichtliche Obduktion die Todesursache sicher und zweifelsfrei festgestellt werden kann, wurden zur Untersuchung der Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle nur die „1-Kap“-Fälle untersucht.

Eine gerichtliche Obduktion – als Goldstandard zur (notfall-)medizinischen Qualitätskontrolle – wurde im Gegensatz zu den präklinischen traumaassoziierten Todesfällen (72%) lediglich in 43% der klinischen Todesfälle durchgeführt. Aus diesem Grund ist anzunehmen, dass die Anzahl der (potenziell und definitiv) vermeidbaren traumaassoziierten Todesfälle im Krankenhaus im Vergleich zur Präklinik in der vorliegenden Studie nicht adäquat abgebildet wird. Möglicherweise gab es im Untersuchungszeitraum eine nicht bekannte Anzahl weiterer vermeidbarer Todesfälle.

Die ärztliche Anregung einer Obduktion gegenüber Polizei und Staatsanwaltschaft bei verstorbenen Traumapatienten und deren Anordnung durch das zuständige Amtsgericht sollte Routine sein. Nur so kann eine detaillierte Einschätzung aller durchgeführter (notfall- und intensiv-) medizinischer Maßnahmen gewährleistet werden,

mit dem Ziel, das Management schwerstverletzter Patienten – sowohl prä- als auch innerklinisch- besser evaluieren und weiter optimieren zu können.

Hier ist v.a. die routinemäßige Aufarbeitung und Analyse traumaassoziierter Todesfälle im Rahmen interdisziplinärer Morbiditäts- und Mortalitätskonferenzen unter Beteiligung aller an der Traumaversorgung maßgeblich beteiligter Fachdisziplinen (Unfallchirurgie, Anästhesie / Intensivmedizin, Rettungsdienstpersonal, etc.) sowie der Rechtsmedizin als vielversprechende Maßnahme zur Qualitätssicherung zu nennen⁷⁹. Unter Berücksichtigung der in der vorliegenden Studie erhobenen Daten wird einmal mehr hervorgehoben, wie wichtig die kontinuierliche Re-Evaluation, Anpassung und Weiterentwicklung bestehender Algorithmen und Abläufe ist. Dies gilt selbstverständlich nicht nur für die Versorgung schwerstverletzter Patienten, sondern für jeden Teilbereich der Medizin. Speziell die Forschung im Bereich der Notfallversorgung –insbesondere von Traumapatienten - bietet durch die meist vorliegende akute Notfallsituation mit der unbedingten Notwendigkeit der schnellen und richtigen Reaktion besondere Limitationen. Einerseits sind die Patientenkollektive äußerst heterogen mit einer hohen Variabilität an möglichen Verletzungsmustern und Begleiterkrankungen. Zum Anderen werden Patienten in Notfallsituationen generell als nicht einwilligungsfähig eingestuft¹⁰⁶. Kontrollierte Bedingungen und strenge zeitliche Abläufe, die zweifelsohne erheblich zur Reproduzierbarkeit von Daten beitragen, sind auf dem Gebiet der Notfall- und Schwerverletztenforschung nur äußerst schwer und mit erheblichem personellem Aufwand zu realisieren. Sowohl der Unfall an sich als auch der posttraumatische Verlauf sind schwer bis gar nicht vorhersehbar.

Ein vielversprechender Ansatz zur weiteren Generierung verlässlicher und reproduzierbarer Daten ist die Kombination rechtsmedizinischer und klinischer Daten. Zumindest in Berlin werden traumaassoziierte Todesfälle häufig einer Obduktion zugeführt. So gewonnene Daten könnten zukünftig – in Absprache mit der zuständigen Staatsanwaltschaft - mit klinischen Datenbanken (z.B. dem TraumaRegister® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie) vernetzt und ausgewertet werden. So oder ähnlich entstehende Studiennetzwerke sind ein vielversprechender Ansatz für zukünftige Forschungsprojekte. Dies wird durch die vorliegende Studie untermauert.

4.8.1 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle im internationalen

Vergleich

Im untersuchten Kollektiv wurden 15% der traumaassoziierten Todesfälle (n=40) als potenziell oder definitiv vermeidbar eingestuft. Die international publizierte Literatur ergibt – unabhängig von Publikationsjahr, infrastrukturellen Unterschieden, sozioökonomischem Hintergrund oder verschiedener Rettungsdienstsyste (Notarzt- vs. Paramedic-System) – eine mittlere Vermeidbarkeitsrate von Todesfällen nach Trauma von 21,7%⁵⁹⁻⁶⁸.

Verglichen mit internationalen Studien erscheinen die in der vorliegenden Studie gewonnen Ergebnisse akzeptabel. Neuere Studien zeigen allerdings deutlich geringere Raten an vermeidbaren Todesfällen zwischen 5 und 7%^{69, 70}. Diese Zahlen decken sich mit der Rate an definitiv vermeidbaren traumaassoziierten Todesfällen in Berlin 2010 von 5%. In einem aktuellen Review untersuchten Settervall et al. 29 internationale Studien zur Problematik vermeidbarer Todesfälle⁷¹. Hier wurde eine durchschnittliche Rate an vermeidbaren Todesfällen von 11% angegeben.

Der internationale Vergleich vermeidbarer Todesfälle ist aufgrund der großen Heterogenität der verschiedenen Untersuchungskollektive nur mit entsprechender Limitierung valide und kann nur unter Vorsicht im direkten Vergleich angewendet werden. Trotzdem dient er als Orientierung und zur Einordnung der eigenen Ergebnisse, immer unter Berücksichtigung aller beeinflussenden Faktoren wie z.B. der unterschiedlichen infrastrukturellen und sozioökonomischen Voraussetzungen im jeweiligen Untersuchungsgebiet. Des Weiteren dienen unterschiedliche Datenquellen als Grundlage für die Analysen, z.B. Daten aus Trauma-Netzwerken, Krankenhaus- oder Sterberegistern. Wie in Berlin 2010 gezeigt werden konnte, bestehen hier erhebliche Unterschiede, z.B. zwischen Obduktionsregistern und nicht-obduzierten Todesfällen. Weiterhin müssen die Daten unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien kritisch beurteilt werden. Hier ist v.a. die Analyse präklinischer Todesfälle vs. ausschließlich innerklinisch verstorbener Patienten zu nennen. Da bekanntermaßen die Mehrzahl der traumaassoziierten Todesfälle vor Aufnahme in ein Krankenhaus verstirbt, sollten gerade diese Fälle Teil weiterer Untersuchungen sein. Auch die unterschiedlichen Methoden zur Einschätzung der Vermeidbarkeit traumaassoziierten Todesfälle können zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Hier existiert nach wie vor kein internationaler Konsens. Registerdaten, wie beispielsweise die des

TraumaRegisters® der DGU oder ähnliche Datenbanken, unterliegen stets Limitationen. Diese sind insbesondere durch die selektive Dateneingabe bedingt. Die Datensätze sollen möglichst vollständig sein. Im Falle klinisch erhobener Daten entfallen jedoch sämtliche Patienten, welche versterben, bevor sie ein Krankenhaus erreichen. Deshalb sind Registerdaten nur unter Vorsicht auszuwerten und stellen oft nur ein unvollständiges epidemiologisches Teilergebnis dar. Fehler im Traumamanagement sind anhand von Registerdaten oft nicht eindeutig identifizierbar, weil die unmittelbare Todesursache meist nicht bekannt ist und somit kein sicherer Zusammenhang hergestellt werden kann.

Die in der vorliegenden Studie angewendete Methode zur Datenerfassung über eine zentrale Erhebungsstelle, nämlich die Staatsanwaltschaft, wo alle traumaassoziierten Todesfälle registriert werden, erscheint als sichere Methode, ausnahmslos alle traumaassoziierten Todesfälle – zumindest diejenigen Trauma-Todesfälle, die korrekterweise als nicht-natürlich eingestuft wurden – zu identifizieren und zu untersuchen.

4.8.2 Ursachen für vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle

In der vorliegenden Studie konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Todesursache „Verbluten“ und potenziell bzw. definitiv vermeidbaren Todesfällen nachgewiesen werden. In Analogie zu anderen Publikationen war das Verbluten die häufigste Todesursache bei potenziell und definitiv vermeidbaren Todesfällen. In der Klinik ist die Problematik der insuffizienten Therapie von Hämorrhagie-bedingten Komplikationen beim Trauma als vermeidbarer Managementfehler bereits beschrieben⁷⁰. Neben den zwei identifizierten Fällen von präklinisch insuffizienter Blutstillung fanden sich im Studienkollektiv auch okkulte Blutungen bei Patienten mit initial falsch-negativen Kontrastmittel-CT-Untersuchungen (kein sichtbarer oder identifizierbarer Kontrastmittelaustritt). Außerdem wurden Fälle identifiziert, in denen ältere, multimorbide Patienten mit therapeutisch induzierter Koagulopathie im hämorrhagischen Schock verstarben, ohne dass – aus Sicht des Review-Komitees – ausreichende Maßnahmen zur Therapie der inneren Blutung vorgenommen wurden. Als Konsequenz auf diese Ergebnisse ergibt sich die Empfehlung, alle Patienten mit adäquatem Trauma und einer entsprechenden Verletzung unter therapeutischer Antikoagulation einer engmaschigen Reevaluation zuzuführen. Dementsprechend sollten solche Patienten anfangs auf einer Station mit entsprechenden Überwachungs-

und Interventionsmöglichkeiten (Intensiv- oder Intermediate Care Station) beobachtet werden. Hier sei angemerkt, dass das in der vorliegenden Studie untersuchte Patientenkollektiv im internationalen Vergleich – mit Ausnahme einer Studie aus Großbritannien⁴¹ - das höchste mittlere Alter aufweist, was wiederum das Phänomen des zunehmenden Alters bei Traumapatienten unterstreicht (s.o.). Die steigende Zahl multimorbider Trauma-Patienten mit signifikanten Begleiterkrankungen muss anerkannt und bei der Diagnostik und Therapie selbstverständlich mit in Betracht gezogen werden. Besonderes Augenmerk verdient in diesem Zusammenhang - wie oben ausgeführt- die orale Antikoagulation.

Bezüglich der präklinischen insuffizienten Blutstillung sei hier neben basalen Maßnahmen, wie der Anlage eines Druckverbandes sowie die Anwendung von Tourniquets auf erweiterte, weniger populäre Maßnahmen, z.B. die Einlage von Ballon-Kathetern (einfacher Blasenkatheter) in blutende, anatomisch nicht komprimierbare Stichkanäle zu nennen^{107, 108}.

Vier Patienten hätten laut Einschätzung des Review-Komitees von einer präklinisch durchgeführten Notfallthorakotomie im Rahmen der traumatischen Reanimation profitieren können. Eine Notfallthorakotomie gehört zweifelsohne nicht zu den routinemäßig durchgeführten Maßnahmen in der präklinischen Traumaversorgung. Dennoch existieren Hinweise, dass diese Maßnahme bei strengster Indikationsstellung (penetrierendes Thoraxtrauma) und durchgeführt durch speziell geschulte Notärzte einen Überlebensvorteil zeigt¹⁰⁹. Angesichts einer Inzidenz von 4 Fällen pro Jahr in einem urbanen Untersuchungsgebiet mit hoher Krankenhausdichte und uneingeschränkter flächendeckender Versorgung durch den Rettungsdienst muss die Effizienz und Durchführbarkeit solcher maximal invasiver präklinischer Maßnahmen – auch im Hinblick fehlender belastbarer Daten- kritisch hinterfragt werden.

Im Gegensatz zu o.g. technisch anspruchsvollen und komplikationsbehafteten Maßnahmen mit fraglicher Praktikabilität konnte für Berlin 2010 durch die Analyse der potenziell und definitiv vermeidbaren Todesfälle gezeigt werden, dass die Durchführung weniger komplexer und einfacher anwendbarer präklinischer Maßnahmen ein hohes Potenzial bezüglich der Vermeidbarkeit präklinischer Todesfälle birgt. Hier sind v.a. die suffiziente externe Blutstillung (s.o.) und die erfolgreiche Entlastung bei Spannungs- (Hämato-) Pneumothorax zu nennen.

Vier Patienten im Kollektiv waren nachweislich durch einen nicht oder inadäquat entlasteten Spannungs- (Hämato-) Pneumothorax verstorben. Das Erkennen und die

Behandlung dieser bekanntermaßen reversiblen Ursache eines traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstandes muss von jedem Notarzt beherrscht werden. Die Schulung der präklinischen Traumaversorgung ist in der Ausbildung des Fachpersonals generell unterrepräsentiert, da die Versorgung schwerverletzter Patienten im Rettungsdienst einen seltenen Einsatz darstellt. Entsprechend der Verteilung von Notarzteinsätzen, nämlich v.a. internistische Notfälle, dürften nur wenige Notärzte über einen profunden chirurgischen Erfahrungsschatz verfügen. Es handelt sich in der Mehrzahl der Notärzte um Fachpersonal aus nicht-chirurgischen Fachrichtungen (v.a. Innere Medizin und Anästhesiologie). Die chirurgischen Fachdisziplinen haben sich zunehmend aus der Notfallmedizin zurückgezogen. Die Anwendung invasiver chirurgischer Maßnahmen, insbesondere die präklinische Durchführung einer Minithorakotomie zur Entlastung eines Spannungspneumothorax stellt daher für den Notarzt eine äußerst seltene Situation dar. Hier müssen gängige Kursformate entsprechend erweitert werden, um das Bewusstsein für die Behebung akut lebensbedrohlicher Situationen weiter zu verbessern. Auch bezüglich der Therapie des traumatisch bedingten Herzkreislaufstillstandes besteht erheblicher Bedarf in der Ausbildung. Mit Ausnahme der Empfehlungen der S3-Leitlinie Polytrauma der DGU⁷³ existieren keine standardisierten Algorithmen zum Vorgehen beim traumatischen Herzkreislaufstillstand. Eine Möglichkeit der weiteren Verbesserung der präklinischen Traumaversorgung mit dem Ziel der weiteren Verringerung vermeidbarer Todesfälle ist sicherlich die verpflichtende Teilnahme an entsprechenden Kursformaten für alle am Rettungsdienst beteiligten Personen, z.B. ATLS® (Advanced Trauma Life Support), ITLS® (International Trauma Life Support), PHTLS® (Pre Hospital Trauma Life Support) oder TraumaManagement®.

4.8.3 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle und Todesort: Brennpunkt Präklinik

In der Vergangenheit befassten sich Studien, welche u.a. die Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle zum Gegenstand hatten, nahezu ausschließlich mit klinischen Behandlungsstrategien und negierten den präklinischen Bereich. Eine im Oktober 2013 durchgeführte Stichwortsuche in PubMed (*Literaturdatenbank der National Library of Medicine, Bethesda, USA*, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) ergab beispielsweise für die Suchbegriffe „multiple trauma AND clinical management“ 2.052 Treffer, für die

Suchbegriffe „multiple trauma AND out-of-hospital management“ hingegen nur 25 Treffer.

In der vorliegenden Studie ereignete sich die Mehrzahl der potenziell und definitiv vermeidbaren traumaassoziierten Todesfälle vor Aufnahme in ein Krankenhaus. Diese Feststellung steht in deutlichem Kontrast zu anderen Studien, in denen die Notaufnahme als der Ort mit den häufigsten Trauma-Management-Fehlern beschrieben wird^{45, 70, 110}. Ausgehend von der vorliegenden Studie muss die Prälinik als Schwerpunkt für weitere Optimierungen in der Traumaversorgung gesehen und anerkannt werden.

4.8.4 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle und Prävention

In 85% der als potenziell vermeidbar eingestuften Todesfälle waren unbeobachtete Unfälle zugrundeliegend. In 58% der Fälle lag ein Suizid vor. Diese Fälle sind bezüglich ihrer Vermeidbarkeit als Domäne der Prävention anzusehen. Insbesondere bezüglich der psychiatrischen und psychotherapeutischen Betreuung von Patienten mit suizidaler Gefährdung besteht zweifellos Verbesserungspotenzial. Aber auch die Sicherung von Gleisanlagen und hohen Bauwerken (z.B. Zuganglimitierung oder Fallnetze) müssen hier als präventive Maßnahmen genannt werden.

Trotz eines sehr geringen Anteils an penetrierenden Verletzungen im internationalen Vergleich (Tab. 4.2) verstarben 26 Personen durch Schussverletzungen und 29 Personen durch Stich- oder Schnittverletzungen. Auch hier könnte eine konsequentere Umsetzung der ohnehin bestehenden scharfen Waffengesetze in Deutschland zu einer weiteren Verringerung der Todesfälle führen. Weitere präventive Ansätze zur Verringerung traumaassoziierten Todesfälle sind im Bereich der Unfallprävention zu nennen, beispielsweise Helmpflicht für alle Zweiradfahrer⁵⁸ (siehe auch 4.8.5), Suizidgitter an Brücken und Bahnhöfen und infrastrukturelle Verbesserungen (Ausbau und Kennzeichnung von Radwegen). Generell ist davon auszugehen, dass durch Prävention ein nicht unerheblicher Anteil an traumaassoziierten Todesfällen verhindert werden kann. Cushman behauptet, dass bis zu 90% aller Verletzungen absehbar und durch Prävention vermeidbar sind, was erhebliches Potenzial für die Vermeidbarkeit traumaassoziierten Todesfälle birgt⁵⁸.

Die vorliegenden Daten sollen durchaus als Augenmerk und Grundlage für Politik und Behörden dienen, um durch Prävention und konsequentes Umsetzen bestehender Strukturen und Gesetze die Inzidenz traumaassoziierten Todesfälle zu senken.

Trotzdem muss hier angemerkt werden, dass auch durch die strikte Umsetzung der o.g. Vorschläge nicht alle Personen gerettet werden können.

4.8.5 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle und Schädelhirntrauma

Die Analyse der traumaassoziierten Todesfälle in Abhängigkeit des Vorhandenseins eines schweren SHT in Berlin 2010 zeigt eindeutig, dass Todesfälle ohne schweres SHT häufiger potenziell oder definitiv vermeidbar sind, als Todesfälle, bei denen ein schweres SHT vorliegt. Dies gilt sowohl für das schwere SHT als Monoverletzung, als auch für polytraumatisierte Patienten mit schwerem SHT und weiteren lebensbedrohlichen oder tödlichen Verletzungen. Anderson et al.¹¹⁰ beschrieben diese Problematik bereits 1988. Insbesondere Traumapatienten ohne schwere Schädelhirnverletzungen könnten von weiteren Verbesserungen des Trauma-Managements profitieren. Umgekehrt muss auch bezüglich der Vermeidung schwerer Schädelhirnverletzungen die Prävention verbessert werden. Eine generelle Helmpflicht für Fahrradfahrer könnte hierzu beitragen.

4.8.6 Vermeidbare traumaassoziierte Todesfälle, luftgebundener Transport und invasive präklinische Maßnahmen

Bei den traumaassoziierten Todesfällen, welche durch luftgebundene Rettungsmittel behandelt worden waren, wurden in der vorliegenden Studie keine potenziell oder definitiv vermeidbaren Todesfälle ermittelt. Im Vergleich mit den bodengebundenen Rettungsmitteln wurden häufiger präklinische invasive Maßnahmen durchgeführt, insbesondere die Intubation und die Anlage von Thoraxdrainagen. Dem deutschen Luftrettungsdienst wird generell eine hohe Kompetenz bei der Versorgung schwerverletzter Patienten zugesprochen. Frink et al. konnten zeigen, dass bezüglich der Mortalität in Deutschland ein Vorteil für Patienten besteht, welche durch luftgebundene Rettungsmittel behandelt und transportiert werden⁹⁶. Eine fundierte Ausbildung und ausreichende Erfahrung sind bei der präklinischen Versorgung schwerverletzter Patienten absolut essenziell, da zeitkritisch prognoserelevante und oft irreversible Entscheidungen getroffen werden müssen. Obwohl Notarzteinsätze zur Versorgung schwerverletzter Personen in Deutschland vergleichsweise selten sind, ist doch die Frequenz traumatologischer Notfälle bei den luftgebundenen Rettungsmitteln deutlich höher als bei bodengebundenen Notarzteinsätzen^{76, 77, 112}. Folglich ist die Qualifikation und Einsatzerfahrung von Notärzten auf einem Rettungshubschrauber

(RTH) höher einzuschätzen als von Notärzten auf einem bodengebundenen Notarzteinsatzfahrzeug (NEF). Übertragen auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie unterstützen die o.g. Fakten die Notwendigkeit der flächendeckenden Intensivierung der Ausbildung von Rettungsdienstpersonal in der Versorgung Schwerverletzter. Dies soll keinesfalls zur exzessiven präklinischen Therapie mit Verzögerung des Transports führen. Vielmehr muss eine Sensibilisierung für das richtige Maß an Invasivität für den individuellen Traumapatienten stattfinden. Trotzdem müssen die lebensrettenden invasiven Maßnahmen von jedem Notarzt, ob boden- oder luftgebunden, beherrscht und in der richtigen Situation schnell und sicher angewendet werden können.

4.9 Effektivität der Traumaversorgung in Berlin

Die geringe Inzidenz traumaassoziierter Todesfälle in Berlin (13 / 100.000 Einwohner im Jahr 2010) muss als Zeichen für die gute Effektivität des Berliner Rettungsdienst-Systems und auch entsprechender Trauma-Präventionsprogramme gesehen werden. Natürlich spielen hier auch die hohe Krankenhausdichte und die ständige Verfügbarkeit ausreichender Rettungsmittel eine wesentliche Rolle. Trotzdem wurden 5% der Todesfälle nach Trauma retrospektiv als definitiv vermeidbar eingeschätzt. 14 Todesfälle wären, ausgehend von der Einschätzung des interdisziplinären Review-Komitees- vermeidbar gewesen. Hochgerechnet auf die Bundesrepublik Deutschland (Einwohnerzahl ca. 80 Millionen¹¹³) und unter der Annahme, dass das in der vorliegenden Studie untersuchte Kollektiv für das Bundesgebiet zumindest grob repräsentativ sei, könnten möglicherweise jährlich bis zu 300 traumaassoziierte Todesfälle vermieden werden. Angesichts dieser Zahl, welche wohlgerne nur einer theoretischen Hochrechnung entspricht, wird die Bedeutung der vorliegenden Untersuchung für weitere Anstrengungen im Hinblick auf die Verringerung der Traumasterblichkeit, durch Prävention und optimiertes Management, nochmals hervorgehoben.

Die Traumaversorgung in Berlin entspricht einem hohen Standard. Jeder vermeidbare Todesfall muss mit dem Ziel der weiteren Senkung der Rate an vermeidbaren Todesfällen jedoch kritisch hinterfragt werden.

4.10 Zusammenfassende Beantwortung der initialen Fragestellungen

4.10.1 Wieviele Personen versterben in Berlin pro Jahr an den direkten Folgen einer Verletzung?

Im Jahr 2010 verstarben 440 Personen primär durch Trauma. Das entspricht einer Inzidenz traumatischer Todesfälle in Berlin von 13 / 100.000 Einwohner.

4.10.2 Wann und wo versterben Patienten in Berlin nach Trauma?

Die mediane Zeit bis zum Todeseintritt lag bei 0,5 Stunden (IQR 25,5 Stunden). Knapp ein Drittel (32,5%) der Personen versterben unmittelbar nach Trauma oder unbeobachtet. Diese Todesfälle sind nur durch präventive Maßnahmen zu verhindern. Ein knappes Viertel (23,9%) verstirbt innerhalb der ersten Stunde nach Trauma. Insbesondere hier könnten durch weitere Optimierung der Traumaversorgung noch Leben gerettet werden. Die weitaus meisten Todesfälle -nämlich 58,7% - ereignen sich präklinisch, also vor Einlieferung in ein Krankenhaus. Zweithäufigster Todesort ist die Intensivstation (33,2%).

4.10.3 Wie gestaltet sich die zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit in Berlin?

Die zeitliche Verteilung der Traumasterblichkeit folgt in Berlin einem bimodalen Verteilungsmuster mit einem ersten Häufigkeitsgipfel bei 0 bis 60 Minuten und einem zweiten bei 4 bis 48 Stunden. Der dritte Häufigkeitsgipfel mit späten Todesfällen nach mehr als sieben Tagen im Sinne der „klassischen“ trimodalen Verteilung der Traumasterblichkeit ist hier nicht zu beobachten.

4.10.4 Welches sind die zum Tode führenden Verletzungsmechanismen?

In den meisten Fällen (78,6%) ist ein stumpfes Trauma todesursächlich. Der Anteil penetrierender Traumata beträgt 13,2%. In 8,2% der Fälle liegen kombinierte Verletzungsmechanismen vor.

Stürze aus der Höhe (32,7%) und Stürze zu ebener (31,8%) sind die häufigsten Traumamechanismen, gefolgt von 19,1% Verkehrsmittelunfällen und 12,5% Stich-, Schnitt- oder Schussverletzungen.

4.10.5 Was sind die Todesursachen?

Die häufigste Todesursache beim Trauma ist in Berlin das Polytrauma (45,7%), gefolgt vom isolierten Schädelhirntrauma (38,0%) und Verbluten (9,5%).

4.10.6 Wie ist die Situation in Berlin bezüglich der Vermeidbarkeit traumaassoziierter Todesfälle?

Die große Mehrheit der traumaassozierten Todesfälle (84,9%) wurde als „nicht-vermeidbar“ eingestuft. Hier müssen präventive Maßnahmen zur weiteren Senkung Sterbezahlen ansetzen. 9,8% der Fälle sind potenziell vermeidbar und 5,3% sind definitiv vermeidbar. Insbesondere bei den definitiv vermeidbaren Todesfällen könnte durch intensives Training insbesondere des Rettungsdienstpersonals bezüglich invasiver präklinischer Maßnahmen die Letalität nach Trauma weiter gesenkt werden.

4.10.7 Wie effektiv ist die Traumaversorgung in Berlin?

Die gewonnenen Daten unterstreichen die hohe Effektivität der Berliner Traumaversorgung mit einer hohen Krankenhausdichte und einem gut funktionierenden Rettungsdienstsystem, kurzen Rettungszeiten und relativ wenigen vermeidbaren Todesfällen. Trotzdem birgt gerade die präklinische Traumaversorgung noch Verbesserungspotenzial.

4.10.8 Wie sind die gewonnenen Daten im internationalen Vergleich einzuordnen?

Im internationalen Vergleich zeigt das Berliner Kollektiv eine geringe Inzidenz traumatischer Todesfälle und ein hohes mittleres Alter (58 Jahre). Insbesondere penetrierende Traumata sind in Berlin vergleichsweise selten. Die gewonnenen Daten unterstreichen, wie oben bereits erwähnt, die hohe Effektivität der Berliner Traumaversorgung. Beim Vergleich mit anderen Studien müssen immer die Datenquelle (Register / Obduktion), die jeweiligen sozioökonomischen und infrastrukturellen Unterschiede, aber auch Unterschiede in der präklinischen Traumaversorgung (Notarzt / Paramedic, Traumanetzwerke) berücksichtigt werden.

4.11 Limitationen

Beim Vergleich der beiden Kap-Gruppen konnten in den vorangegangenen Ausführungen zahlreiche, teils hochsignifikante Unterschiede gezeigt werden. Diese Tatsache wirft generell die Frage nach der Vergleichbarkeit unterschiedlicher Studienpopulationen auf. In der vorliegenden Studie wurden systematisch alle nicht-natürlichen und ungewissen Tode auf traumatische Todesfälle untersucht und so

sichergestellt, dass jeder traumaassoziierte Todesfall im Untersuchungszeitraum erfasst werden konnte. Dies zeigt einerseits, dass bei der Interpretation von Studien, welche nicht ausnahmslos alle traumaassoziierten Todesfälle erfassen, Vorsicht bei der Interpretation der Daten geboten ist. Andererseits ist hervorzuheben, wie wichtig nicht nur serielle Erfassung solcher Fälle, sondern auch die gerichtliche Obduktion ist, denn nur so kann eine solide Grundlage für verlässliche und repräsentative Daten geschaffen werden.

Die Bewertung der Todesfälle und Einteilung bezüglich der Vermeidbarkeit erfolgte in Orientierung an bereits beschriebene Verfahren. Dennoch muss kritisch angemerkt werden, dass solche Bewertungsprozesse stark abhängig von der individuellen Erfahrung und den medizinischen Kenntnissen sind. Zusätzlich wurden die Einschätzungen anhand der vorhandenen Dokumentationen vorgenommen. Ein gewisser Anteil an Subjektivität bei der Einteilung in „nicht vermeidbare“, „potenziell vermeidbare“ und „definitiv vermeidbare“ Todesfälle ist also nicht auszuschließen.

5. Literaturverzeichnis

- 1 Schmelz A, Ziegler D, Beck A, Kinzl L, Gebhard F. [Costs for acute, stationary treatment of polytrauma patients]. Unfallchirurg. 2002; 105(11): 1043-8.
- 2 Wick M, Ekkernkamp A, Muhr G. [The epidemiology of multiple trauma]. Chirurg. 1997; 68(11): 1053-8.
- 3 Baker CC, Oppenheimer L, Stephens B, Lewis FR, Trunkey DD. Epidemiology of trauma deaths. Am J Surg. 1980; 140(1): 144-50.
- 4 Keel M, Trentz O. Pathophysiology of polytrauma. Injury. 2005; 36(6): 691-709.
- 5 Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. [Epidemiology of the severely injured patient. A prospective assessment of preclinical and clinical management. AG Polytrauma of DGU]. Unfallchirurg. 2000; 103(5): 355-63.
- 6 Cothren CC, Moore EE, Hedegaard HB, Meng K. Epidemiology of urban trauma deaths: a comprehensive reassessment 10 years later. World J Surg. 2007; 31(7): 1507-11.
- 7 Meislin H, Criss EA, Judkins D, et al. Fatal trauma: the modal distribution of time to death is a function of patient demographics and regional resources. J Trauma. 1997; 43(3): 433-40.
- 8 Demetriades D, Kimbrell B, Salim A, et al. Trauma deaths in a mature urban trauma system: is "trimodal" distribution a valid concept? J Am Coll Surg. 2005; 201(3): 343-8.
- 9 Demetriades D, Murray J, Charalambides K, et al. Trauma fatalities: time and location of hospital deaths. J Am Coll Surg. 2004; 198(1): 20-6.

- 10 Demetriades D, Murray J, Sinz B, et al. Epidemiology of major trauma and trauma deaths in Los Angeles County. *J Am Coll Surg*. 1998; 187(4): 373-83.
- 11 Oestern HJ. [Management of polytrauma patients in an international comparison]. *Unfallchirurg*. 1999; 102(2): 80-91.
- 12 Trunkey DD. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease. Among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. *Sci Am*. 1983; 249(2): 28-35.
- 13 Ruchholtz S, Lefering R, Paffrath T, et al. Reduction in mortality of severely injured patients in Germany. *Dtsch Arztebl int*. 2008; 105(13): 225-31.
- 14 Trunkey D. Towards optimal trauma care. *Archives of emergency medicine*. 1985; 2(4): 181-95.
- 15 Zollinger RW. Traffic injuries; a surgical problem. *AMA Arch Surg*. 1955; 70(5): 694-700.
- 16 Ertel W, Trentz O. [Polytrauma and multi-organ failure syndrome. Definition--pathophysiology--therapy]. *Zentralbl Chir*. 1994; 119(3): 159-67.
- 17 Sikand M, Williams K, White C, Moran CG. The financial cost of treating polytrauma: implications for tertiary referral centres in the United Kingdom. *Injury*. 2005; 36(6): 733-7.
- 18 Grotz M, Schwermann T, Lefering R, et al. [DRG reimbursement for multiple trauma patients -- a comparison with the comprehensive hospital costs using the German trauma registry]. *Unfallchirurg*. 2004; 107(1): 68-75.
- 19 Probst C, Schaefer O, Hildebrand F, Krettek C, Mahlke L. [The economic challenges of polytrauma care]. *Unfallchirurg*. 2009; 112(11): 975-80.

- 20 Qvick B, Buehren V, Woltmann A. [Is polytrauma affordable these days? G-DRG system vs per diem charge based on 1,030 patients with multiple injuries]. *Unfallchirurg*. 2012; 115(10): 892-6.
- 21 Kuhne CA, Ruchholtz S, Sauerland S, Waydhas C, Nast-Kolb D. [Personnel and structural requirements for the shock trauma room management of multiple trauma. A systematic review of the literature]. *Unfallchirurg*. 2004; 107(10): 851-61.
- 22 Rosch M, Klose T, Leidl R, Gebhard F, Kinzl L, Ebinger T. [Cost analysis of the treatment of patients with multiple trauma]. *Unfallchirurg*. 2000; 103(8): 632-9.
- 23 Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Stuber R, Lewan U, Schweiberer L. [Cost analysis of clinical treatment of polytrauma patients]. *Chirurg*. 1995; 66(7): 684-92.
- 24 Juhra C, Franz D, Roeder N, Vordemvenne T, Raschke MJ. [Classification of severely injured patients in the G-DRG System 2008]. *Unfallchirurg*. 2009; 112(5): 525-32.
- 25 Oestern HJ, Das Polytrauma. Präklinisches und klinisches Management. München, Germany: Urban und Fischer; 2008.
- 26 Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*. 2009; 40 Suppl 4: S12-22.
- 27 Gebhard F, Huber-Lang M. Polytrauma -- pathophysiology and management principles. *Langenbecks Arch Surg*. 2008; 393(6): 825-31.
- 28 Walcher M, Maier B, Marzi I, Mutschler W. Polytrauma-Management. In: Duparc J, Lemaire R. *Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie. Allgemeine Grundlagen*. Munich, Germany. Urban und Fischer, 2005:87-95.

- 29 Wanner G, Keel M, Trentz O. Polytrauma. In: Bruch HP, Trentz O. Berchtold Chirurgie. 6th ed. Munich, Germany. Urban und Fischer, 2008:95-106.
- 30 Baker SP, O'Neill B. The injury severity score: an update. J Trauma. 1976; 16(11): 882-5.
- 31 Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. J Trauma. 1974; 14(3): 187-96.
- 32 Osler T, Baker SP, Long W. A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring. J Trauma. 1997; 43(6): 922-5.
- 33 Committee on Medical Aspects of Automotive Safety. Rating the severity of tissue damage. I. The abbreviated scale. JAMA. 1971; 215(2): 277-80.
- 34 Butcher NE, Balogh ZJ. The practicality of including the systemic inflammatory response syndrome in the definition of polytrauma: experience of a level one trauma centre. Injury. 2013; 44(1): 12-7.
- 35 Eachempati SR, Reed RL, 2nd, St Louis JE, Fischer RP. "The demographics of trauma in 1995" revisited: an assessment of the accuracy and utility of trauma predictions. J Trauma. 1998; 45(2): 208-14.
- 36 Unfallstatistik: Unfalltote und Unfallverletzte 2009 in Deutschland. Dortmund, Germany: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (Accessed August 17, 2013, at http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Unfaelle/Gesamtunfallgeschehen/pdf/Unfallstatistik-2009.pdf?__blob=publicationFile&v=2)
- 37 Amt für Statistik Berlin-Brandenburg. Statistisches Jahrbuch 2011 – Berlin. Potsdam, Germany. Kulturbuchverlag GmbH, 2011.

- 38 Bamvita JM, Bergeron E, Lavoie A, Ratte S, Clas D. The impact of premorbid conditions on temporal pattern and location of adult blunt trauma hospital deaths. *J Trauma*. 2007; 63(1): 135-41.
- 39 Jahresbericht 2012. Cologne, Germany. Sektion Notfall- & Intensivmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU); Arbeitskreis TraumaRegister, 2012. (Accessed August 17, 2013, at http://www.traumaregister.de/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=55&lang=de)
- 40 Spain DM, Fox RI, Marcus A. Evaluation of hospital care in one trauma care system. *Am J Public Health*. 1984; 74(10): 1122-5.
- 41 Daly KE, Thomas PR. Trauma deaths in the south west Thames region. *Injury*. 1992; 23(6): 393-6.
- 42 Sauaia A, Moore FA, Moore EE, et al. Epidemiology of trauma deaths: a reassessment. *J Trauma*. 1995; 38(2): 185-93.
- 43 Wisborg T, Hoylo T, Siem G. Death after injury in rural Norway: high rate of mortality and prehospital death. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2003; 47(2): 153-6.
- 44 Mock CN, Jurkovich GJ, nii-Amon-Kotei D, Arreola-Risa C, Maier RV. Trauma mortality patterns in three nations at different economic levels: implications for global trauma system development. *J Trauma*. 1998; 44(5): 804-12.
- 45 Maio RF, Burney RE, Gregor MA, Baranski MG. A study of preventable trauma mortality in rural Michigan. *J Trauma*. 1996; 41(1): 83-90.
- 46 Potenza BM, Hoyt DB, Coimbra R, Fortlage D, Holbrook T, Hollingsworth-Fridlund P. The epidemiology of serious and fatal injury in San Diego County over an 11-year period. *J Trauma*. 2004; 56(1): 68-75.

- 47 Rogers FB, Shackford SR, Hoyt DB, et al. Trauma deaths in a mature urban vs rural trauma system. A comparison. *Arch Surg.* 1997; 132(4): 376-81; discussion 81-2.
- 48 Soreide K, Kruger AJ, Vardal AL, Ellingsen CL, Soreide E, Lossius HM. Epidemiology and contemporary patterns of trauma deaths: changing place, similar pace, older face. *World J Surg.* 2007; 31(11): 2092-103.
- 49 Chiara O, Scott JD, Cimbanassi S, et al. Trauma deaths in an Italian urban area: an audit of pre-hospital and in-hospital trauma care. *Injury.* 2002; 33(7): 553-62.
- 50 Masella CA, Pinho VF, Costa Passos AD, Spencer Netto FA, Rizoli S, Scarpelini S. Temporal distribution of trauma deaths: quality of trauma care in a developing country. *J Trauma.* 2008; 65(3): 653-8.
- 51 Pang JM, Civil I, Ng A, Adams D, Koelmeyer T. Is the trimodal pattern of death after trauma a dated concept in the 21st century? Trauma deaths in Auckland 2004. *Injury.* 2008; 39(1): 102-6.
- 52 Evans JA, van Wessem KJ, McDougall D, Lee KA, Lyons T, Balogh ZJ. Epidemiology of traumatic deaths: comprehensive population-based assessment. *World J Surg.* 2010; 34(1): 158-63.
- 53 Pfeifer R, Tarkin IS, Rocos B, Pape HC. Patterns of mortality and causes of death in polytrauma patients--has anything changed? *Injury.* 2009; 40(9): 907-11.
- 54 Meislin H, Conroy C, Conn K, Parks B. Fatal injury: characteristics and prevention of deaths at the scene. *J Trauma.* 1999; 46(3): 457-61.
- 55 Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H. Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *The J Trauma.* 2004; 56(1): 94-8.

- 56 Barquist E, Pizzutiello M, Tian L, Cox C, Bessey PQ. Effect of trauma system maturation on mortality rates in patients with blunt injuries in the Finger Lakes Region of New York State. *J Trauma*. 2000; 49(1): 63-9; discussion 9-70.
- 57 McGwin G, Jr., Melton SM, May AK, Rue LW. Long-term survival in the elderly after trauma. *J Trauma*. 2000; 49(3): 470-6.
- 58 Cushman R. Injury prevention: the time has come. *CMAJ*. 1995; 152(1): 21-3.
- 59 Jat AA, Khan MR, Zafar H, et al. Peer review audit of trauma deaths in a developing country. *Asian J Surg*. 2004; 27(1): 58-64.
- 60 94 Limb D, McGowan A, Fairfield JE, Pigott TJ. Prehospital deaths in the Yorkshire Health Region. *J Accid Emerg Med*. 1996; 13(4): 248-50.
- 61 Papadopoulos IN, Bukis D, Karalas E, et al. Preventable prehospital trauma deaths in a Hellenic urban health region: an audit of prehospital trauma care. *J Trauma*. 1996; 41(5): 864-9.
- 62 West JG, Trunkey DD, Lim RC. Systems of trauma care. A study of two counties. *Arch Surg*. 1979; 114(4): 455-60.
- 63 Draaisma JM, de Haan AF, Goris RJ. Preventable trauma deaths in The Netherlands--a prospective multicenter study. *J Trauma*. 1989; 29(11): 1552-7.
- 64 McDermott FT, Cooper GJ, Hogan PL, Corder SM, Tremayne AB. Evaluation of the prehospital management of road traffic fatalities in Victoria, Australia. *Prehosp Disaster Med*. 2005; 20(4): 219-27.
- 65 McDermott FT, Corder SM, Tremayne AB. Evaluation of the medical management and preventability of death in 137 road traffic fatalities in Victoria, Australia: an overview. Consultative Committee on Road Traffic Fatalities in Victoria. *J Trauma*. 1996; 40(4): 520-33.

- 66 Shackford SR, Hollingworth-Fridlund P, Cooper GF, Eastman AB. The effect of regionalization upon the quality of trauma care as assessed by concurrent audit before and after institution of a trauma system: a preliminary report. *J Trauma*. 1986; 26(9): 812-20.
- 67 Stocchetti N, Pagliarini G, Gennari M, et al. Trauma care in Italy: evidence of in-hospital preventable deaths. *J Trauma*. 1994; 36(3): 401-5.
- 68 Davis JW, Hoyt DB, McArdle MS, et al. An analysis of errors causing morbidity and mortality in a trauma system: a guide for quality improvement. *J Trauma*. 1992; 32(5): 660-5.
- 69 Ashour A, Cameron P, Bernard S, Fitzgerald M, Smith K, Walker T. Could bystander first-aid prevent trauma deaths at the scene of injury? *Emerg Med Australas*. 2007; 19(2): 163-8.
- 70 Sanddal TL, Esposito TJ, Whitney JR, et al. Analysis of preventable trauma deaths and opportunities for trauma care improvement in Utah. *J Trauma*. 2011; 70(4): 970-7.
- 71 Settervall CH, Domingues Cde A, Sousa RM, Nogueira Lde S. Preventable trauma deaths. *Rev Saude Publica*. 2012; 46(2): 367-75.
- 72 Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung. 2. Auflage. Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung stationärer Einrichtungen zur Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin, Germany: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. , 2012. (Accessed August 17, 2013, at http://www.dgu-online.de/fileadmin/published_content/5.Qualitaet_und_Sicherheit/PDF/20_07_2012_Weissbuch_Schwerverletztenversorgung_Auflage2.pdf)
- 73 S3-Leitlinie Polytrauma. Berlin, Germany: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2011. (Accessed August 17, 2013, at <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html>)

74 Krankenhausplan 2010 des Landes Berlin. Berlin, Germany: Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, 2010. (Accessed August 17, 2013, at http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-gesundheit/krankenhauswesen/dokumente/gesamttext_stand_29_10_2010_v03.pdf)

75 Homepage der Berliner Feuerwehr. Berlin, Germany: Berliner Feuerwehr – Stab Kommunikation. 2013. (Accessed August 17, 2013, at <http://www.berliner-feuerwehr.de>)

76 Helm M, Hauke J, Schlafer O, Schlechtriemen T, Lampl L. [Extended medical quality management exemplified by the tracer diagnosis multiple trauma. Pilot study in the air rescue service]. *Anaesthesist*. 2012; 61(2): 106-7, 10-5.

77 Schlechtriemen T, Schaefer S, Stolpe E, Altemeyer KH. [Preclinical care of trauma patients in air rescue. Results of the medical quality management for patients with severe head injury and polytrauma in the years 2000 and 2001]. *Unfallchirurg*. 2002; 105(11): 974-85.

78 Buschmann C, Tsokos M. Injury pattern after a fatal feet-first fall from a building. *Forensic Sci Med Pathol*. 2011; 7(4): 369-70.

79 Buschmann CT, Gahr P, Tsokos M, Ertel W, Fakler JK. Clinical diagnosis versus autopsy findings in polytrauma fatalities. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010; 18: 55.

80 Große Perdekamp M, Pollak S, Bohnert M, Thierauf A. Äußere Leichenschau. Untersuchung mit begrenzten Erkenntnismöglichkeiten. *Rechtsmedizin*. 2009; 19: 413-7.

81 Shackford SR, Hollingsworth-Fridlund P, McArdle M, Eastman AB. Assuring quality in a trauma system--the Medical Audit Committee: composition, cost, and results. *J Trauma*. 1987; 27(8): 866-75.

82 Statistischer Bericht A IV 10 – j / 10. Sterbefälle nach Todesursachen in Berlin 2010. Potsdam, Germany: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2011. (Accessed August 17, 2013, at https://www.statistik-berlin-brandenburg.de/Publikationen/Stat_Berichte/2011/SB_A4-10_j01-10_BE.pdf)

83 Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, et al. Overall distribution of trauma-related deaths in Berlin 2010: advancement or stagnation of German trauma management? *World J Surg.* 2012 Sep;36(9):2125-30.

84 Doberentz E, Madea B, Bohm U, Lessig R. [Reliability of the diagnoses of external post-mortem examinations in non-natural deaths before and after the German reunification]. *Arch Kriminol.* 2010; 225(1-2): 1-17.

85 Marx WH, Simon HM, Jumbelic M, Sposato E, Nieman G. Severity of injury is underestimated in the absence of autopsy verification. *J Trauma.* 2004; 57(1): 46-9.

86 Oberholzer A, Keel M, Zellweger R, Steckholzer U, Trentz O, Ertel W. Incidence of septic complications and multiple organ failure in severely injured patients is sex specific. *J Trauma.* 2000; 48(5): 932-7.

87 Wohltmann CD, Franklin GA, Boaz PW, et al. A multicenter evaluation of whether gender dimorphism affects survival after trauma. *Am J Surg.* 2001; 181(4): 297-300.

88 Gannon CJ, Napolitano LM, Pasquale M, Tracy JK, McCarter RJ. A statewide population-based study of gender differences in trauma: validation of a prior single-institution study. *J Am Coll Surg.* 2002; 195(1): 11-8.

89 Neunaber C, Zeckey C, Andruszkow H, et al. Immunomodulation in polytrauma and polymicrobial sepsis - where do we stand? *Recent Pat Inflamm Allergy Drug Discov.* 2011; 5(1): 17-25.

90 Choudhry MA, Bland KI, Chaudry IH. Trauma and immune response--effect of gender differences. *Injury*. 2007; 38(12): 1382-91.

91 Park KM, Kim JI, Ahn Y, Bonventre AJ, Bonventre JV. Testosterone is responsible for enhanced susceptibility of males to ischemic renal injury. *J Biol Chem*. 2004; 279(50): 52282-92.

92 Knoferl MW, Angele MK, Diodato MD, et al. Female sex hormones regulate macrophage function after trauma-hemorrhage and prevent increased death rate from subsequent sepsis. *Ann Surg*. 2002; 235(1): 105-12.

93 Lerner EB, Moscatti RM. The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? *Acad Emerg Med*. 2001; 8(7): 758-60.

94 Hoedtke J, Knacke P, Marung H, Moecke H, Wirtz S. Multiple Trauma Management – Quo Vadis? – From Golden Hours, Platonic Minutes Comparing Different Strategies and Training Concepts. *Notarzt*. 2010; 26: 209-15.

95 Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, et al. [Rescue time and survival of severely injured patients in Germany]. *Unfallchirurg*. 2013; 116(4): 345-50.

96 Frink M, Probst C, Hildebrand F, et al. [The influence of transportation mode on mortality in polytraumatized patients. An analysis based on the German Trauma Registry]. *Unfallchirurg*. 2007; 110(4): 334-40.

97 American College of Surgeons Committee on Trauma. *Advanced Trauma Life Support® for Doctors. Student Course Manual*. 7th ed. Chicago, IL: American College of Surgeons; 2004.

98 de Knecht C, Meylaerts SA, Leenen LP. Applicability of the trimodal distribution of trauma deaths in a Level I trauma centre in the Netherlands with a population of mainly blunt trauma. *Injury*. 2008; 39(9): 993-1000.

- 99 Kleber C, Schaser KD, Haas NP. Surgical intensive care unit--the trauma surgery perspective. *Langenbecks Arch Surg.* 2011; 396(4): 429-46.
- 100 Buschmann C, Kleber C, Thamm OC, Poloczek S. „Mit dem Leben nicht vereinbare Verletzung“ – ein sicheres Todeszeichen? *Rettungsdienst.* 2013; 36(6): 32-4.
- 101 Preti A, Miotto P. Seasonality in suicides: the influence of suicide method, gender and age on suicide distribution in Italy. *Psychiatry Res.* 1998; 81(2): 219-31.
- 102 Christodoulou C, Douzenis A, Papadopoulos FC, et al. Suicide and seasonality. *Acta Psychiatr Scand.* 2012; 125(2): 127-46.
- 103 Rasanen P, Hakko H, Jokelainen J, Tiihonen J. Seasonal variation in specific methods of suicide: a national register study of 20,234 Finnish people. *J Affect Disord.* 2002; 71(1-3): 51-9.
- 104 Trentz O, Oestern HJ, Hempelmann G, et al. [Criteria for the operability of patients with multiple injuries (author's transl)]. *Unfallheilkunde.* 1978; 81(6): 451-8.
- 105 Jahresbericht 2011. Cologne, Germany. Sektion Notfall- & Intensivmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU); Arbeitskreis TraumaRegister, 2011. (Accessed August 17, 2013, at http://www.traumaregister.de/index.php?option=com_content&view=article&id=49&Itemid=55&lang=de)
- 106 Köhler M. Medizinische Forschung in der Behandlung des Notfallpatienten. *Neue Juristische Wochenschrift.* 2002; 12: 853-7.
- 107 Doll D, Lenz S, Lieber A, et al. [What to do if incompressible bleeding from a stab wound occurs in EMS and ER? Temporary control with a Foley catheter]. *Unfallchirurg.* 2006; 109(10): 898-900.

108 Chao BF, Jian YJ, Hao HZ, et al. Balloon Foley catheter compression as a treatment for intercostal vessel bleeding. *Injury*. 2011; 42(9): 958-9.

109 Davies GE, Lockey DJ. Thirteen survivors of prehospital thoracotomy for penetrating trauma: a prehospital physician-performed resuscitation procedure that can yield good results. *J Trauma*. 2011; 70(5): E75-8.

110 Esposito TJ, Sanddal ND, Hansen JD, Reynolds S. Analysis of preventable trauma deaths and inappropriate trauma care in a rural state. *J Trauma*. 1995; 39(5): 955-62.

111 Anderson ID, Woodford M, de Dombal FT, Irving M. Retrospective study of 1000 deaths from injury in England and Wales. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1988; 296(6632): 1305-8.

112 Weninger P, Trimmel H, Nau T, Aldrian S, Konig F, Vecsei V. [Polytrauma and air rescue. A retrospective analysis of trauma care in eastern Austria exemplified by an urban trauma center]. *Unfallchirurg*. 2005; 108(7): 559-66.

113 Homepage des Statistischen Bundesamtes. Wiesbaden, Germany: Statistisches Bundesamt, 2013. (Accessed August 17, 2013, at <https://www.destatis.de/DE/Startseite.html>)

6. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Moritz Tobias Giesecke, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Tod durch Trauma: Epidemiologie, Todesursachen, Verletzungsmechanismen und vermeidbare Todesfälle in Berlin 2010.“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen

Moritz Tobias Giesecke hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

1. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Schaser KD, Stefan P, Buschmann CT. Overall distribution of trauma-related deaths in Berlin 2010: advancement or

stagnation of German trauma management? World J Surg. 2012 Sep;36(9):2125-30.

Beitrag im Einzelnen: Datensammlung, Auswertung, Erstellen von Tabellen und Grafiken.

2. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Buschmann CT. Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: need to change prehospital management strategies and trauma management education. World J Surg. 2013 May;37(5):1154-61.

Beitrag im Einzelnen: Datensammlung, Auswertung, Erstellen von Tabellen und Grafiken.

3. Buschmann C, Poloczek S, Giesecke MT, Kleber C. Vermeidbare Todesfälle nach Trauma - Epidemiologie, Todesursachen und Managementfehler. [Preventable Trauma Deaths - Epidemiology, Causes of Death, and Management Failures]. Notarzt 2013; 29: 91–98.

Beitrag im Einzelnen: Datensammlung, Auswertung, Erstellen von Tabellen und Grafiken.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers

Unterschrift des Doktoranden

7. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

8. Publikationsliste

Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden in wesentlichen Teilen publiziert und vorgetragen in folgenden Artikeln und Kongressbeiträgen:

8.1 Zeitschriftenartikel

1. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Schaser KD, Stefan P, Buschmann CT. Overall distribution of trauma-related deaths in Berlin 2010: advancement or stagnation of German trauma management? *World J Surg.* 2012 Sep;36(9):2125-30.
2. Kleber C, Giesecke M, Buschmann C. Overall distribution of trauma-related deaths in Berlin 2010: the weakest links of the chain of survival are emergency medicine and critical care: reply. *World J Surg.* 2013 Feb;37(2):475.
3. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Buschmann CT. Trauma-related preventable deaths in Berlin 2010: need to change prehospital management strategies and trauma management education. *World J Surg.* 2013 May;37(5):1154-61.
4. Buschmann C, Poloczek S, Giesecke MT, Kleber C. Vermeidbare Todesfälle nach Trauma - Epidemiologie, Todesursachen und Managementfehler. [Preventable Trauma Deaths - Epidemiology, Causes of Death, and Management Failures]. *Notarzt* 2013; 29: 91–98.

8.2 Kongressbeiträge

1. Giesecke MT , Buschmann CT, Schaser KD, Tsokos M, Haas NP, Kleber C. Vermeidbare traumatische Todesfälle in Berlin 2010: Defizite oder Schicksal? 130. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie, 01.05.2013, München.
2. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M, Haas NP, Buschmann CT . Ursachen für den Traumatischen Tod in Berlin 2010 – Notwendigkeit eines Trauma-

Reanimationsalgorithmus. Deutscher Interdisziplinärer Notfallmedizin Kongress (DINK), 02.02.2013

3. Kleber C, Buschmann CT, Schaser KD. Traumaletalität und vermeidbare Todesfälle im Land Berlin 2010: Defizit oder Schicksal? Treffen TraumaNetzwerk DGU Berlin, 15.01.2013
4. Giesecke MT . Traumatische Reanimation – eine ausweglose Situation? 13. Berliner Rettungsdienstsymposium, 01.12.2012
5. Giesecke MT , Buschmann CT, Schaser KD, Tsokos M, Haas NP, Kleber C. Vermeidbare traumatische Todesfälle in Berlin 2010: Defizite oder Schicksal? DKOU 2012, Berlin, 26.10.2012
6. Giesecke MT , Haas NP, Buschmann CT, Kleber C. Death by Trauma 2010: Mortality and Trauma Mechanisms in Berlin, Germany. Osteosynthese International 2012. Küntscher Society, Rostock, 21.09.2012
7. Kleber C, Giesecke MT, Haas NP, Buschmann CT. Preventability of traumatic deaths in Berlin 2010. EFORT 2012, Berlin
8. Giesecke MT, Schaser KD, Haas NP, Tsokos M, Buschmann CT, Kleber C. Death by Trauma 2010: Mortality and Trauma Mechanisms in Berlin, Germany. ISALM 2011, Frankfurt a.M., 30.09.2011
9. Kleber C, Giesecke M, Tsokos M, Schaser KD, Haas NP, Buschmann CT. Tod nach Trauma 2010: Unfallmechanismen und Letalität in Berlin. DKOU 2011, Berlin
10. Kleber C, Tsokos M, Giesecke M, Poloczec S, Schaser KD, Haas NP, Buschmann CT. Traumamortalität 2010 in Berlin. 3. Jahreskongress TraumaNetzwerk DGU 2011

9. Danksagung

Ich danke allen Personen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit in vielfältigster Weise unterstützt, inspiriert und weitergebracht haben und ohne die die Durchführung und Fertigstellung der Dissertation nicht möglich gewesen wäre, nämlich unter anderem:

- Prof. Dr. med. Dr. N.P. Haas (Direktor des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité Universitätsmedizin Berlin)
- Prof. Dr. med. K.-D. Schaser (stellvertretender Klinikdirektor des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie, Campus Virchow Klinikum, Charité Universitätsmedizin Berlin)
- Prof. Dr. med. M. Tsokos (Direktor des Instituts für Rechtsmedizin, Charité Universitätsmedizin Berlin)
- Dr. med. C. Kleber (Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité Universitätsmedizin Berlin)
- Dr. med. C. Buschmann (Institut für Rechtsmedizin, Charité Universitätsmedizin Berlin)
- Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der AG Polytrauma (Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité Universitätsmedizin Berlin)
- Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts für Rechtsmedizin der Charité Universitätsmedizin Berlin
- Meiner Familie
- Meinen Freunden

Herrn Dr. med. Christian Kleber danke ich für die Überlassung des Themas und die unermüdliche Unterstützung bei der Erstellung der Arbeit, sowie die wissenschaftliche Betreuung und Diskussionsbereitschaft zu jeder Tages- und Nachtzeit.

Ich danke Herrn Dr. med. Claas Buschmann für die tatkräftige Unterstützung bei der Datenbeschaffung und ebenfalls für die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit.

Den Mitarbeitern der AG Polytrauma des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie Charité danke ich für die hervorragende Zusammenarbeit und Motivation.

Weiterhin danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Rechtsmedizin der Charité für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Ganz besonderer Dank gilt meinen Freunden Christian, Claas und Tobias, meinen Eltern Rolf und Friederike und meinen Geschwistern Johannes, Matthias, Jonas, Svea und Maja, die mich immer unermüdlich und bedingungslos unterstützt haben. Vielen Dank für Eure unendliche Geduld, die beharrliche Motivation, die leise und laute Kritik und das stetige Lob. Vor allem aber vielen Dank für Euer Verständnis und den ausnahmslosen Beistand in jeder Situation und zu jeder Zeit.