

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

DISSERTATION

Die Rettungszeit und das Überleben von Schwerverletzten in
Deutschland:

Analyse prognoserelevanter Faktoren und der präklinischen
Versorgungsqualität

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Andrea Jutta Kleber

aus Kösching

Datum der Promotion: 26.02.2016

meinen Eltern

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
€	Euro
Abb.	Abbildung
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
AIS	Abbreviated Injury Scale
ALS	Advanced Life Support
ATLS®	Advanced Trauma Life Support
BE	Basendefizit
BLS	Basic Life Support
d	Tag
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DRK	Deutsches Rotes Kreuz
EKG	Elektrokardiogramm
EMT	Emergency Medical Technician
et. al.	und andere
FiO ₂	inspiratorischer Sauerstoffkonzentration
GCS	Glasgow Coma Scale
Hb	Hämoglobin
HEMS	Helicopter Emergency Medical Service
INR	International Normalized Ratio
ISS	Injury Severity Score
ITH	Intensivtransporthubschrauber

ITLS®	International Trauma Life Support
JUH	Johanniter-Unfall-Hilfe
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter
mg/dl	Milligramm pro Deziliter
MHD	Malteser-Hilfs-Dienst
min	Minute
ml	Milliliter
mm ³	Kubikmillimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mmol/l	Millimol pro Liter
n. Chr.	nach Christus
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics
NAW	Notarztwagen
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NISS	New ISS
OR	Odds Ratio
PaO ₂	arterieller Sauerstoffpartialdruck
PHTLS®	Pre Hospital Trauma Life Support
PKW	Personenkraftwagen
PTS	Hannoveraner Polytrauma-Schlüssel
PTT	Partielle Thromboplastinzeit
RISC	Revised Injury Severity Classification

RTH	Rettungstransporthubschrauber
RTS	Revised Trauma Score
RTW	Rettungstransportwagen
Sec	Sekunden
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SpO ₂	periphere Sauerstoffsättigung
Tab	Tabelle
TR-DGU	TraumaRegister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
µg/kg/min	Mikrogramm pro Kilogramm pro Minute
USA	United States of America
v. Chr.	vor Christus
v.s.	versus
z.B.	zum Beispiel

Inhaltverzeichnis

0. Zusammenfassung	1
0.1. Zusammenfassung Deutsch.....	1
0.2. Abstract English.....	3
1. Einleitung	5
1.1. Epidemiologie und sozioökonomische Bedeutung des Traumas.....	5
1.2. Das TraumaRegister und die Definition Polytrauma.....	6
1.3. Entwicklung des deutschen Rettungssystems.....	9
1.4. Die Traumaletalität und der Brennpunkt präklinische Traumversorgung.....	13
1.5. Die „golden hour of shock“ und einsatztaktische Konzepte der Schwerstverletztenversorgung.....	15
1.6. Die Rettungszeit und das Überleben.....	17
1.7. Fragestellung.....	19
2. Material und Methoden	20
2.1. Studiendesign und TraumaRegister DGU.....	20
2.2. Ein- und Ausschlusskriterien.....	26
2.3. Gruppeneinteilung und Definitionen.....	27
2.4. Gruppeneinteilung anhand Prognosefaktoren.....	29
2.5. Statistik.....	31
3. Ergebnisse	32
3.1. Studienpopulation.....	32
3.2. Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl.....	32
3.3. Unterschiede der Rettungszeit in Abhängigkeit von dem Rettungsmittel.....	35
3.4. Die Rettungszeit.....	36
3.5. Einfluss der Rettungszeit auf die Letalität.....	40
3.6. Prognoserelevanz der Rettungszeit.....	41
3.7. Unterschiede im Vergleich der Region Berlin-Brandenburg mit Deutschland.....	42
3.8. Präklinische Versorgungsqualität im Vergleich der Region Berlin-Brandenburg mit Deutschland.....	53

4. Diskussion	56
4.1. Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl	56
4.2. Die Rettungszeit	58
4.3. Versorgungs- und Qualitätsunterschiede im Vergleich der Region Berlin-Brandenburg mit Deutschland	64
4.4. Limitationen	68
4.5. Zusammenfassung	69
5. Literaturverzeichnis	70
6. Eidesstattliche Versicherung	77
7. Lebenslauf	79
8. Publikationsverzeichnis	82
8.1. Zeitschriftenartikel	82
8.2. Kongressbeiträge	82
9. Danksagung	

0. Zusammenfassung

0.1. Zusammenfassung Deutsch

Die Bedeutung der Rettungszeit auf das Überleben von polytraumatisierten Patienten und das Konzept der „golden hour of shock“ sind ein kontrovers diskutiertes Thema. Ziel dieser Dissertation war daher die Untersuchung des Einflusses der Rettungszeit auf das Überleben des Schwerverletzten mit Hilfe des TraumaRegister DGU. Es konnten bei 139 beteiligten deutschen Kliniken im Zeitraum von 1999 bis 2008 Daten von 20.078 Patienten (73% männlich, durchschnittliches Alter 42 ± 21 Jahre, mittlere Verletzungsschwere ISS 26 ± 14 Punkte) eingeschlossen werden.

Die Rettungszeit wurde in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl als Surrogatparameter für die Infrastruktur und Krankenhausedichte untersucht. Hierfür erfolgte eine Einteilung der Städte in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl, dabei zeigten sich bezüglich der traumatischen Letalität in den Kliniken deutliche Unterschiede. So lag die Letalität in Millionenstädten ($\geq 1.000.000$) bei 13,7 %, in Großstädten (500.000-1.000.000) bei 15,8 %, in mittelgroßen Städten (150.000-500.000) bei 18,1 % und in Kleinstädten (< 150.000) bei 14,2 %. Ein linearer Zusammenhang zwischen der Einwohnerzahl und der Klinikletalität konnte jedoch nicht nachgewiesen werden ($p 0,96$).

Die Auswertung der Dauer der Rettungszeit (unterteilt in 4 Gruppen) und der Letalität erbrachte ebenfalls keinen linearen Zusammenhang ($p 0,58$). So lag die Letalität in Gruppe I (< 30 min) bei 14,3 %, Gruppe II (30-60 min) bei 16 %, Gruppe III (61-90 min) bei 15,4 % und Gruppe IV (> 90 min) bei 14,4 %. Durch multivariate Regressionsanalyse wurde die Outcome-Relevanz der Rettungszeit in Bezug zu unten genannten präklinisch verfügbaren Prognosefaktoren gesetzt. Nach Adjustierung der Parameter, initialer Glasgow Coma Scale, Verletzungsschwere, Art der Verletzung (stumpf vs. penetrierend), Reanimation und erster systolischer Blutdruck am Unfallort, konnte kein klinisch relevanter Effekt (OR 0,99) der Dauer der Rettungszeit auf das Überleben nachgewiesen werden.

Zusammenfassend scheint die Rettungszeit in Deutschland keinen wesentlichen Einfluss auf das Überleben der Traumapatienten zu haben. Konzepte die kategorisch an der „golden hour of shock“ festhalten sind aus unserer Sicht nicht evidenzbasiert und zulässig. Unsere Daten implizieren vielmehr die differenzierte Betrachtung des

Traumapatienten in Abhängigkeit von seiner Verletzung und dem Verletzungsmechanismus. Wir schlagen diesbezüglich eine „golden period of trauma“ als einsatztaktisches Prinzip vor. Dabei steht nicht die Länge der Rettungszeit, sondern deren Anpassung an das jeweilige Verletzungsmuster, die pathophysiologischen Probleme und die Gegebenheiten am Notfallort im Vordergrund. Präklinisch notwendige und durchführbare medizinische Maßnahmen zur Stabilisierung des Patienten vor Ort dürfen nicht zu Gunsten des Faktors Zeit unterlassen werden sollten. Notfallsituationen, welche präklinisch nicht beherrschbar sind, sollten hingegen mit Transportpriorität behandelt werden.

0.2. English Abstract

The effect of the rescue time on the survival of polytraumatized patients and the term "golden hour of shock" is a controversy. The aim of this study was to investigate influence of the rescue time on the survival. The rescue time was examined depending on the number of inhabitants as surrogate parameter for infrastructure and hospital density. Relevant outcome parameters and pre-hospital quality markers were analyzed with regard to the in-hospital mortality rate.

The TraumaRegister DGU with 139 German hospitals delivered the data for the analyses and 20.078 patients (73 % male, average age 42 ± 21 years, mean ISS 26 ± 14 points) were included. The analyses of infrastructure and number of inhabitants revealed significant differences referring the trauma lethality. The lethality in metropolis ($\geq 1,000,000$) was 13.7 %, in huge cities (500.000-1.000.000) 15.8 %, in medium-sized towns (150.000-500.000) 18.1 % and in provincial towns ($<150,000$) 14.2 %. A linear connection between the number of inhabitants and the in-hospital mortality rate could not be proven (p 0.96).

The evaluation of the duration of the rescue time (partitioned in 4 groups) and the lethality delivered no linear connection (p 0.58). The lethality in group I (< 30 min) was 14.3 %, group II (30-60 min) 16 %, group III (61-90 min) 15.4 % and group IV (> 90 min) 14.4 %. The outcome relevance of the rescue time was investigated by multivariate regression analysis in relation to the following factors: initial GCS, injury severity score, mechanism of trauma (blunt vs. penetrating), resuscitation and first systolic blood pressure. After adjustment no clinically relevant effect (OR 0.99) of the rescue time on the survival in relation to these parameters could be detected.

The rescue time in Germany seems to have no clinical relevant influence on the survival of the trauma patients. The categorically application of "golden hour of shock" is no longer evidence-based and allowed for German conditions. The analysis of our data implies rather the differentiated consideration of the trauma patient depending on the injury pattern and trauma mechanism. We suggest an individual management, based on the recent pathophysiological problems of our patients and called it a new "golden period of trauma". Practicable medical measures, which are necessary for stabilization of the trauma patient have to be performed and should not be delayed in favor of the

factor time. Emergencies which are preclinical not controllable should be managed with transport priority.

1. Einleitung

1.1. Epidemiologie und sozioökonomische Bedeutung des Traumas

Der Unfall stellt weltweit die Haupttodesursache des Menschen unter dem 40. Lebensjahr dar [33, 78]. In Industrieländern ist das Trauma nach kardiovaskulären und tumorösen Erkrankungen die dritthäufigste Todesursache, jedoch Hauptursache für den Verlust an Lebensjahren [5, 8, 19, 45].

In Deutschland passieren laut Angaben des statistischen Bundesamtes ca. 7-8 Millionen Unfälle und 2,4 Millionen Verkehrsunfälle pro Jahr (www.destatis.de). Dabei kommt es zu ca. 580.000 Verletzten und 33-38.000 Schwerstverletzten mit Notwendigkeit der stationären Behandlung. Die klinische Mortalität beträgt nach Angaben des Jahrbuch des TraumaRegisters von 2014 10%, wobei die präklinische Sterblichkeit nicht erfasst wird [22, 37]. Dies unterstreicht neben der medizinischen auch die hohe sozioökonomische Bedeutung des Schwerstverletzten [28, 67].

Dabei verursachen Personen- und Sachschäden bei Straßenverkehrsunfällen volkswirtschaftliche Kosten von über 30 Milliarden Euro (circa 2 % des deutschen Bruttoinlandsprodukts) [32]. Im Jahre 1995 wurde die Unfallkostenrechnung weiter ergänzt durch Punkte wie "Reproduktionskosten", "Ressourcenausfallkosten", "humanitäre Kosten" und "außermarktliche Kosten"[32]. Als Reproduktionskosten bezeichnet man dabei die Aufwendungen, die notwendig sind um zur Ausgangssituation vor dem Unfall zurückzukehren [32]. Diese können medizinischer, juristischer oder sonstiger Art sein [32]. Ressourcenausfallkosten entstehen dadurch, dass Unfallopfer und Sachgüter, beispielsweise Fahrzeuge, vorübergehend oder dauerhaft nicht mehr in der Lage sind, am Produktionsprozess teilzunehmen [32]. Des Weiteren entstehen Schäden die nicht direkt wirtschaftlich erfasst werden können, wie z.B. in der häuslichen Tätigkeit [32]. Humanitäre Kosten sind Folgen von Schäden an den Personen selbst, die direkt zum Ressourcenverlusten führen [32]. Das Unfallereignis kann dabei neben den physischen auch zu psychischen Beeinträchtigungen bei Unfallbeteiligten und Angehörigen führen. Als Folge kann eine eingeschränkte Belastbarkeit bis hin zur Arbeitsunfähigkeit entstehen. Die Unfallkosten werden durch die „Bundesanstalt für Straßenwesen“ in Abhängigkeit vom Verletzungsgrad berechnet: Todesfälle, Schwerverletzte und Leichtverletzte. Der Personenschadenkosten je verunglückter Person im Jahr 2003 betrug bei den

getöteten Unfallopfern mit fast 1,2 Millionen Euro den höchsten Kostenanteil [32]. Hauptsächlich sind dabei die hohen Ressourcenausfallkosten mit über 0,8 Millionen € [32]. Bei den Schwerstverletzten betragen die Personenschadenkosten 83.972 €, bei den Leichtverletzten 3.755 € [32].

1.2. Das TraumaRegister und die Definition Polytrauma

In Anbetracht zunehmender ökonomischer Zwänge im Gesundheitssystem und des ständigen medizinischen Fortschrittes, rückt das Qualitätsmanagement der Versorgung von Schwerverletzten erneut in den Vordergrund [21].

Daher wurde 1993 von der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie das TraumaRegister DGU ins Leben gerufen [30]. Ziel ist dabei durch die Sammlung der Behandlungsdaten eine externe und interne Qualitätskontrolle mit Benchmarking zur Verbesserung der Versorgungsqualität polytraumatisierter Patienten. Die Teilnahme der Kliniken am TraumaRegister war bis zur Einführung der TraumaNetzwerke und Zertifizierung nach DioCert 2010 freiwillig. Seit 1993 ist die Zahl der teilnehmenden Kliniken auf 614 im Jahr 2013 gestiegen [22]. Neben deutschen Kliniken sind auch Krankenhäuser aus Österreich, Schweiz, Finnland, Luxemburg, Niederlanden, Slowenien, Belgien, China und den Vereinigten Arabischen Emiraten beteiligt (www.traumaregister.de). Das TraumaRegister DGU stellt mit weit über 100.000 dokumentierten Schwerverletzten das größte Register der Welt dar. Weiterhin werden anhand der Daten des Registers pro Jahr ca. 30 wissenschaftliche Arbeiten publiziert [22].

Die Definition des Polytraumas ist bis heute weltweit uneinheitlich [12]. Ein Polytrauma stellt nach Harald Tscherne (1966) „mehrere gleichzeitig erlittene Verletzungen verschiedener Körperregionen“ dar, „wobei mindestens eine Verletzung oder die

Kombination aus mehreren Verletzungen lebensbedrohlich ist“ [29]. Weiterhin sollten „mindestens zwei schwere Verletzungen des Kopfes, Brustkorbes oder Abdomens in Kombination mit einer Extremitätenverletzung“ vorliegen [29]. Dies ist der wesentliche Unterschied zu einem „Mehrfachverletzten“, bei dem trotz einer Vielzahl an

Verletzungen keine Lebensgefahr besteht. Das Vorliegen einer einzelnen lebensbedrohlichen Verletzung wurde von Hans-Jörg Oestern als Barytrauma definiert [48]. Um den Schweregrad einer Verletzung und deren Prognose bezüglich des Überlebens abzuschätzen und wissenschaftlich vergleichbare Patientengruppen zu erhalten, wurden unterschiedliche Scoring-Systeme entwickelt. Als anatomischer Score der Verletzungsschwere wurde der ISS und später dessen Novellierung der New ISS (NISS) veröffentlicht [7, 52]. Der ISS setzt sich dabei aus der Summe der 3 höchsten Abbreviated Injury Scale (AIS)- Quadrate der führenden Verletzungen von 6 unterschiedlichen Körperregionen (Kopf/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten, Weichteil/Verbrennung) zusammen [3, 7, 66]. Der AIS aus dem Jahr 1971 basiert auf der Expertenmeinung der „Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM)“. Die graduierte Einteilung der Verletzungen von 1 (leicht) bis zu 6 (tödlich) Punkten korreliert dabei mit der Letalität [49, 66]. Bei Vorliegen eines AIS-Punktwertes von 6 liegt automatisch der höchst möglich ISS von 75 Punkten vor. Nachteil dieses Scores ist die Vernachlässigung simultan vorliegender schwerer Verletzungen einer Körperregion [50]. Dies wurde mit Einführung des NISS versucht zu eliminieren, da nun die Summe der 3 höchsten Quadrate der AIS-Verletzungen verwendet wurden [52]. Als weiterer anatomischer Score steht der Hannoveraner Polytrauma-Schlüssel (PTS) zur Verfügung. Dessen Vorteile liegen in der Berücksichtigung des Alters und der Anzahl der Einzelverletzungen im Rahmen des Gesamtpunktwertes [48, 49, 50, 51]. Die Verletzungsschwere wird in Abhängigkeit des Punktwertes in 4 Gruppe (I-IV) unterteilt [49, 50, 51]. Nachteilig ist die weniger starke Gewichtung einer schweren Einzelverletzung und das Fehlen physiologischer Parameter, wie typischerweise bei anatomischen Scores.

Als wesentliche physiologische Scores sind die Glasgow Coma Scale (GCS), der Revised Trauma Score (RTS) und der Revised Injury Severity Classification (RISC)-Score zu nennen. Von allen Scores hat sich der GCS zur Beurteilung der neurologischen Funktion und der Bewusstseinslage im Rahmen des Schädel- Hirn-Traumas weltweit durchgesetzt und findet heute Anwendung in Leitlinien, z.B. zur Indikationsstellung einer Intubation. Weiterhin ist der GCS prognoserelevant und stellt eine wesentliche Diskriminante zur Berechnung der Überlebenschancen nach Trauma dar [21, 72]. Bekanntermaßen ist der GCS dabei anfällig gegenüber dem

Einfluss von Drogen, Sedativa, Alkohol und internistischen Erkrankungen [48]. Der RTS ist ebenfalls ein weit verbreiteter und einfach zu berechnender Score, welcher in Anlehnungen an den Trauma Score von Champion et. al. (GCS, Rekapillarierungszeit, Atemmechanik) die Atemfrequenz, den systolischen Blutdruck und die GCS von 0-4 Punkten berücksichtigt [15]. Es besteht jedoch keine Korrelation des Scores mit der Letalität [48]. Als aktuell bester Score zur Berechnung der Überlebenschancen nach Trauma gilt der RISC [41]. Unter Berücksichtigung des Alters, GCS am Unfallort, PTT, BE, stattgehabten Herz-Kreislaufstillstand, Hb bei Aufnahme, Massentransfusion und Hypotonie kann mit einer Sensitivität von 95% und Spezifität von 94% das Überleben des Unfallverletzten berechnet werden [40, 41]. Zur wissenschaftlichen Klassifikation des Polytraumas wurde nun ein Punktwert $\geq 16-25$ des Injury Severity Score (ISS) definiert [12]. Diese Tatsache limitiert die wissenschaftliche Vergleichbarkeit der Studien und Verwendung von Metaanalysen. Ein Übersichtsartikel konnte 2009 8 unterschiedliche Definitionen anhand über 1.600 internationaler Publikationen nachweisen [12]. Somit bestand die Notwendigkeit der Bildung einer internationalen Expertenkommission mit dem Ziel eine international gültige und evidenzbasierte Klassifikation der Verletzungsschwere eines Polytraumas zu entwickeln [13, 55]. Nach 5 Jahren Entwicklung und Konsentierungsphase konnte 2014 die Berlin-Klassifikation des Polytraumas vorgestellt werden [55]:

- 2 Verletzungen mit Abbreviated Injury Scale (AIS) ≥ 3 Punkte und
- mindestens einen nachfolgenden Parameter:
 - Alter ≥ 70 Jahre
 - Hypotension mit systolischem Blutdruck ≤ 90 mmHg
 - Bewusstlosigkeit (GCS ≤ 8 Punkte)
 - Azidose (Basendefizit ≤ -8)
 - Koagulopathie (PTT ≥ 40 sec, INR $\geq 1,4$)

1.3. Entwicklung des deutschen Rettungssystems

Das deutsche Rettungssystem genießt heute weltweites Ansehen und ist v.a. durch sein flächendeckendes Luftrettungssystem bekannt [59, 70]. Aus medizingeschichtlicher Sicht gehört die Notfallmedizin zu den ältesten Teilgebieten der Medizin [59]. Einzelne Maßnahmen der Ersten Hilfe und Wiederbelebung wie z.B. die Mund- zu- Mund- Beatmung wurden bereits 100 v. Chr. im alten Testament und ca. 200 n. Chr. im hebräischen Talmud erwähnt [59].

Vor allem waren kriegerische Auseinandersetzungen die Triebfedern für die Weiterentwicklung der Notfallmedizin. Im 15. Jahrhundert gründete Kaiser Maximilian I das erste Heeressanitätswesen, dessen Aufgabe die Rettung Verwundeter aus dem Schlachtfeld waren [70]. Ambroise Paré (1510-1590) entwickelte im 16. Jahrhundert das Konzept der Frontlazarette, um Verwundete im Bereich der Schlachtfelder medizinisch versorgen zu können [59]. Dies stellt vermutlich die erste dokumentierte präklinische Behandlung von Verletzten dar. Aufgrund fehlender Abkommen der Kriegsgegner hinsichtlich eines möglichen Angriffes der Lazarette, konnten diese jedoch ausschließlich im Hinterland der Schlachtfelder eingerichtet werden [59]. Das erste überlieferte Abkommen dieser Art wurde 1743 in der Schlacht von Dettlingen zwischen John Dalrymple 2. Earl of Stair (1673-1747) und Adrien-Maurice de Noailles in Aschaffenburg (1678-1766) geschlossen [59]. Diese politische Weiterentwicklung ermöglichte es Dominique Jean Larrey (1766-1842), Leibarzt und 1. Herreschirurg Napoleons, am Übergang zum 19. Jahrhundert seine berühmten fliegenden Ambulanzen („Ambulance volante“) in das Schlachtfeld zu senden, um die Zeit bis zur medizinischen Therapie nach Verwundung zu minimieren und damit die Mortalität zu senken [59, 70]. Diese Überlegungen sollten später im 20. Jahrhundert von Herrn von Esmarch und Kirschner erneut aufgegriffen werden und den Grundstein für unser heutiges Notarztsystem legen. Weiterhin war eine dynamische Anpassung der Behandlungskapazität an die jeweiligen Gegebenheiten der kriegerischen Auseinandersetzung möglich. Larrey gilt heute als Urvater der Notärzte [9, 70]. Gemeinsam mit Pierre Francois Percy (1754-1825) entwickelten sie einen pferdegezogenen vierrädrigen Wagen, welcher medizinisches Material und Personal zu den Verwundeten auf das Schlachtfeld brachte [6]. Dies stellt den ersten Rettungswagen der Medizingeschichte dar und dieses Konzept findet heute noch Anwendung im Rahmen des „Behandlungsplatzes“ im zivilen Katastrophenschutz [59].

Percy entwickelte das Rettungskonzept durch Etablierung des ersten Sanitätsdienst zur Rettung Verwundeter mittels Klapptragen aus dem Schlachtfeld weiter [59]. Weiterhin gilt Percy als Begründer des heutigen Sichtungssystems im Rahmen eines Massenanstalles von Verletzten (MANV) wobei Verwundete erstmals nicht nach ihrem militärischen Rang, sondern ihrer Verletzungsschwere behandelt wurden [6]. Die Großfürstin von Russland, Charlotte von Württemberg entwickelte 1854 einen überdachten Wagen, die „Regimentsfourgonen“, welcher mit einem Arzt, Feldscher und 2 Krankenschwestern besetzt war und als Vorläufer des Notarztwagens gilt [59].

Nach dem Vorbild der ersten Rettungsgesellschaft in Amsterdam 1767 wurde 1769 die erste deutsche Rettungsgesellschaft in Hamburg gegründet [70]. Ziel war die Rettung von im Wasser verunglückter Personen mittels z.B. damaliger Praxis der Kopf - tieflagerung, Auslösen von Erbrechen, Aderlass, Insufflation von Rauch in Anus und Nase [70]. 1776 wurde das „Erste- Hilfe- Patent von Sachsen- Weimar“ veröffentlicht indem auf die Methode der Atemspende hingewiesen wurde [70]. Im Jahr 1799 wurde durch Verordnung von Franz II die Lebensrettung zur universitären Pflichtvorlesung im Fach Medizin [70]. 1881 wurde zur Verbesserung der zivilen medizinischen Versorgung und Organisation des Rettungsdienstes der Deutsche Samariterverein durch Friedrich von Esmarch (1823-1908) gegründet [70]. Der Verein bot erstmals Erste- Hilfe- Kurse unter ärztlicher Aufsicht zur Verbesserung der notfallmedizinischen Versorgung der deutschen Bevölkerung für freiwillige Helfer an [59, 70]. Die Beteiligung von Ärzten am Rettungsdienst wurde damals abgelehnt, wenn gleich sich im Rahmen des Deutschen Ärztetages im Jahr 1900 explizit für die Beteiligung von Ärzten am Rettungsdienst ausgesprochen wurde [70]. 1908 veranstaltet der Samariterverein den 1. internationalen Kongress für Rettungswesen in Frankfurt [70]. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde erstmals die Bestrebung der Professionalisierung des Rettungswesens deutlich. In einem Tagungsbericht hieß es: “ Das Rettungswesen ist in seiner fortschreitenden technischen und sozialhygienischen Entwicklung zu einer umfangreichen Sonderwissenschaft geworden, zu deren Kenntnis und praktischen Verwertung durch die Ärzte ein systematischer Unterricht erforderlich ist“. Mit Einführung der gesetzlichen Kranken- und Unfallversicherung 1883/84 durch Otto von Bismarck (1815-1998) erfuhr der Rettungsdienst in Deutschland eine weitere Novellierung [59, 70]. So sprachen sich Friedrich von Esmarch und Martin Kirschner (1879-1942) für die Verbesserung der präklinischen Versorgung und Optimierung des

Transportes durch den Rettungsdienst aus [70]. Im 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Rettungsdienst ausschließlich durch freiwillige Helfer der Hilfsorganisationen oder einzelne Rettungsgesellschaften, wie z.B. 1897 in Berlin durchgeführt [70]. In Folge dessen wurde 1888 der Deutsche Arbeiter-Samariter Bund (ASB), 1921 das Deutsche Rote Kreuz (DRK), 1952 die Johanniter-Unfall-Hilfe (JUH) und 1953 der Malteser Hilfsdienst (MHD) gegründet [59, 70]. Durch den 1. Weltkrieg kam es zu einer Unterbrechung der Weiterentwicklung des zivilen Rettungsdienstes, welcher mit Gründung des Zentralverbandes für Rettungswesen 1910 und des Zentralkomitees 1930 eine Renaissance erfuhr bevor der 2. Weltkrieg die Weiterentwicklung erneut unterbrechen sollte [70]. 1942 wurde durch einen Erlass von Adolf Hitler dem DRK der gesamte Bereich des zivilen Gesundheitswesens übertragen [70]. Im Rahmen des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland von 1949 erhielten erstmals die Länder den Rettungsdienst als öffentliche Aufgabe [70].

In den Nachkriegsjahren wurde primär das Konzept des schnellstmöglichen Transportes des Verletzten in eine Klinik verfolgt [70]. Ärzte der damaligen Zeit sprachen sich 1958 noch gegen die Durchführung erweiterter präklinischer Maßnahmen, wie z.B. die Anlage von Infusionen aus und forderten weitere Bemühung in diese Richtung zu unterlassen [70]. Fritz Wechselberger entwickelte 1954 den ersten Werksnotarztwagen für die österreichischen Stahl- und Eisenwerke [59]. Mit dem medizinischen Fortschritt, der Etablierung von Verfahren zur Schockbekämpfung, der Reanimation, Intubation, künstlichen Beatmung, Herzdruckmassage und Defibrillation wurde die Ausstattung des Notarztwagens (NAW) 1961 durch ein EKG mit Defibrillator und 1971 durch ein Herz-Lungen-Rettungsgerät mit automatischer externer Herzdruckmassage und Beatmungsgerät erweitert [59, 70]. In Deutschland wurde 1957 der erste Kölner NAW und in Heidelberg das „Klinomobil“ als fahrender Operationssaal in Dienst gestellt [59, 70]. Aufgrund der mangelnden Praktikabilität erfolgte in München und Köln ab 1964 die Erprobung neuer „Rendezvous-Systeme“ [70]. Dabei wurde der Notarzt unabhängig vom Rettungswagen (RTW) mittels Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) zum Unfallort gebracht. Rudolf Frey konnte 1964 als erster Lehrstuhlinhaber für Anästhesie in Deutschland das erste Notarztssystem in Mainz etablieren [70]. Eine flächendeckende rettungsdienstliche Versorgung bestand jedoch nicht. Durch das deutsche Wirtschaftswunder ab den 1960iger Jahren kam es zu einer zunehmenden Motorisierung der Bevölkerung mit steigenden Verkehrsofferzahlen. Mitverantwortlich

waren auch unzureichende Sicherheitsmaßnahmen, wie z.B. die fehlende Geschwindigkeitsbegrenzung innerorts bis 1957 und die Gurtpflicht bis 1976. Dies hatte eine Explosion der Verkehrsunfallverletzten und -opfer zur Folge, im Rekordjahr 1970 ca. 600.000 Verletzte und 21.000 Todesopfer [10]. Harald Tscherne, der erste Ordinarius für Unfallchirurgie an der Medizinischen Hochschule in Hannover, konstatierte ein „präklinisches therapeutisches Vakuum“, welches umgehend geschlossen werden müsse [30]. Auf Druck der Bevölkerung und durch die berufsgenossenschaftliche Vereinheitlichung des Rettungswesens wurde der Weg für eine gesetzliche Regelung der Organisation des Rettungsdienstes, der Ausbildung des Rettungspersonals und der flächendeckende Einführung von Rettungsleitstellen durch die Bundesländer geebnet [30, 59, 70]. Exemplarisch für die rasante Entwicklung des Rettungssystems dieser Zeit stellt auch die Inbetriebnahme des ersten deutschen Rettungshubschraubers, Christoph 1, in München 1970 durch den ADAC dar [30, 70]. Heute gilt das deutsche Luftrettungssystem als eines der besten der Welt mit einer flächendeckenden Versorgung der Notfallpatienten an über 90 Luftrettungsstützpunkten. Auch die Ausbildung des Rettungsdienstpersonals wurde sukzessive verbessert. Nach Einführung des Rettungssanitäters, Rettungsassistenten wurde 2013 das Gesetz für den Notfallsanitäter mit erweiterter medizinischer Kompetenz verabschiedet. Bezüglich der ärztlichen Ausbildung wurde 1983 erstmals der Fachkundenachweis Rettungsdienst durch die Bundesärztekammer eingeführt. Seit 2008 wurde dieser durch die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin erweitert, welche heute die Fachkunde nahezu ersetzt.

Das Notarztsystem in Deutschland wird im wesentlichen in zwei Formen, dem „Stationssystem“ in Ballungszentren mittels NAW und „Rendezvous-System“ in ländlich-strukturierten Gegenden durch NEF und RTW durchgeführt [70]. Durch die Fortentwicklung des Notarztsystems und der Einsatzindikationen kam es zu einem Wandel von primär traumatologischen zu heute v.a. internistischen Notfällen. Das initial unfallchirurgisch geprägt Feld der Notfallmedizin ist heute interdisziplinär mit den wesentlichen Fachdisziplinen Anästhesie, Chirurgie und Innere Medizin.

1.4. Die Traumaletalität und der Brennpunkt präklinische Traumversorgung

Die erfolgreiche notfallmedizinische Behandlung von schwerverletzten Patienten stellt trotz Weiterentwicklung der Medizin, Verbesserung der Management-Konzepte und zunehmender Kenntnisse hinsichtlich der pathophysiologischen Zusammenhänge weiterhin eine schwierige Aufgabe dar. So starben 1963 noch ca. 80%

aller Verkehrsoffer binnen 12 h nach Unfall [77]. In den letzten Jahrzehnten konnte jedoch durch eine Verbesserung der Infrastruktur, Standardisierung der personellen und apparativen Voraussetzungen, Schaffung von interdisziplinären Behandlungsleitlinien, Traumanetzwerken und Qualitätskontrollen durch Zertifizierung und wissenschaftliche Analysen des TraumaRegisters eine einheitliche organisatorische Struktur geschaffen werden. In Zusammenhang mit der verbesserten Diagnostik und der neu entwickelten chirurgischen und intensivmedizinischen Behandlungsstrategien, wie z.B. das Damage-Control-Prinzip und der Advanced Trauma Life Support (ATLS[®]), konnte die Qualität der Versorgung polytraumatisierten Patienten gesteigert werden [21, 74]. Probst et. al. berichtet eine Reduktion der Traumletalität an der Medizinischen Hochschule Hannover seit 1975 von 37% auf 18% in Jahr 2004 [60]. Eine Untersuchung des TraumaRegister der DGU von 1993 bis 2005 bestätigte die Reduktion der Traumaletalität von 22,8 auf 18,7% bei gleicher Verletzungsschwere und Prognose [63]. Heute liegt die Traumasterblichkeit nach Aufnahme in eine Klinik in Deutschland bei ca. 10% [22]. Eine Untersuchung unserer Arbeitsgruppe konnte mit 13 Traumatodesfällen / 100.000 Einwohner in Berlin die niedrigste bis dato publizierte Sterblichkeit nach Trauma nachweisen [36].

Hinsichtlich der Traumaletalität im zeitlichen Verlauf konnte 1983 eine trimodale Verteilung durch Trunkey et. al. gezeigt werden [73]. Im Rahmen des „sudden death“ versterben demnach ca. 50 % der Patienten aufgrund der Verletzungen bereits am Unfallort, 30 % erlagen ihren Verletzungen innerhalb von Minuten bis 4 Stunden und 20 % verstarben binnen Wochen nach Unfall zumeist an septischen Komplikationen im Multiorganversagen [73]. Das trimodale Modell der Traumaletalität ist als Lehrmeinung weit verbreitet, wird jedoch auch kontrovers diskutiert [36, 54]. In den neueren Studien konnte keine typische Verteilung der Letalität im Sinne einer Trimodalität nachgewiesen werden [36, 54]. Eine australischen Studie von Pang et. al. zeigte eine prädominante präklinische Sterblichkeit von 81% [54]. Eine Studie unserer Arbeitsgruppe ergab eine

neue bimodale Verteilung der Traumasterblichkeit ohne die Phase der Spätletalität, welche wir als Folge der verbesserten intensivmedizinischen Therapie mit Organersatzverfahren und Reduktion der septischen Komplikationen seit 1983 im Vergleich zu Trunkey et. al. werteten [37]. Ähnlich den Ergebnissen von Pang et. al. konnten auch wir eine Verschiebung der Traumaletalität in die präklinische Versorgungsphase nachweisen [36, 54].

Weitere internationale epidemiologische Untersuchungen zeigten, dass sich 21-80% aller traumatischen Todesfälle vor Aufnahme in eine Klinik ereignen [5, 16, 19, 20, 37, 45]. Dies unterstützt die Ergebnisse unserer Arbeitsgruppe bezüglich der traumatischen Todesfälle in Berlin, die zu ca. 60% in der Präklinik liegen [37]. Die notfallmedizinische Therapie des Schwerverletzten stellt somit einen absoluten Brennpunkt der Rettungskette und des erfolgreichen Managements polytraumatisierter Patienten dar.

Trotz der Verbesserung der Traumaversorgung und Reduktion der Traumasterblichkeit in den letzten Jahrzehnten ist die Vermeidung von traumassozierten Todesfällen Schwerpunkt verschiedener Untersuchungen [35]. Unterschieden wird hierbei zwischen nicht vermeidbaren, potentiell vermeidbaren und definitiv vermeidbaren Todesfällen [35]. Als nicht vermeidbar gelten Verletzung, die nicht mit dem Leben vereinbar oder heilbar sind [35]. Potentiell vermeidbare Todesfälle zeichnen sich durch Verletzungen aus, die unter optimaleren Versorgungsbedingungen reversibel wären [35]. Definitiv vermeidbar sind Todesfälle, deren Verletzungen unter den zu diesem Zeitpunkt bestehenden Versorgungsbedingungen behandelbar gewesen wären und z.B. nicht richtig erkannt wurden [35]. Die Rate der vermeidbaren Todesfälle zeigt in der Literatur abhängig von verschiedenen Faktoren, wie dem Studiendesign, der vorhandenen Infrastruktur, dem Rettungssystem eine starke Schwankungsbreite und liegt durchschnittlich bei ca. 22% [35]. Anhand einer Untersuchung unserer Arbeitsgruppe in Berlin konnten wir eine Vermeidbarkeit der traumatischen Todesfälle von 15% für das Land Berlin 2010 nachweisen, wobei die Todesfälle meist in der Präklinik vermeidbar gewesen wären [35].

1.5. Die „golden hour of shock“ und einsatztaktische Konzepte der Schwerstverletztenversorgung

Als Urvater der „golden hour of shock“ kann Jean Dominique Larrey genannt werden [6]. Bereits im 18. Jahrhundert hatte er die Notwendigkeit der zeitkritischen Versorgung verwundeter Soldaten und Durchführung von notfallchirurgischen Maßnahmen, wie z.B. der Notamputation, verstanden und den protrahierten Schock als Haupttodesursache ausgemacht [59]. Der Begriff der „golden hour“ wurde mutmaßlich in 1980iger Jahren geprägt, wobei widersprüchliche Angaben über den Erstbeschreiber vorliegen [43]. Einige Autoren verweisen auf R. A. Cowley (1917-1991) einem amerikanischen Chirurgen der in den 1980iger Jahren folgenden Satz geprägt haben soll: "There is a golden hour between life and death. If you are critically injured you have less than 60 minutes to survive. You might not die right then; it may be three days or two weeks later - but something has happened in your body that is irreparable." [17]. Cowley et. al. beschrieben nachfolgend das Konzept der Notwendigkeit der definitiven medizinischen Therapie binnen 60 Minuten nach Unfall [17]. Diese Aussage lässt sich jedoch nicht auf direkte wissenschaftliche Erkenntnisse zurückführen und entspricht eher Erfahrungswerten [43]. Andere Autoren wiesen die Erfindung des Begriffs D. D. Trunkey zu, wobei in der zitierten Originalarbeit der Begriff „golden hour“ nicht erwähnt wird [43]. Trotz obig genannter Limitation hatte die Prägung des Begriffes „golden hour of shock“ weitreichende Folgen für die einsatztaktischen Überlegungen hinsichtlich des präklinischen Managements von Traumapatienten. Aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung der Notwendigkeit der präklinischen Therapie und des schnellen Transports in eine Klinik entwickelten sich im wesentlichen zwei unterschiedliche Versorgungsstrategien oder Philosophien, das „Scoop and Run“ und das „Stay and Play“ Konzept. Das „Scoop und Run“ Konzept bedeutet eine auf die Rettungszeit optimierte präklinische Therapie des Traumapatienten. Die Rettung, Lagerung und der Transport in eine nächstgelegene Klinik sollen in möglichst kurzer Zeit erfolgen. Präklinisch sollte nur eine Basisversorgung mit lebensrettenden Sofortmaßnahmen durchgeführt werden, weshalb der Einsatz von Notärzten nicht notwendig sei. Dieses Konzept entsprach dem primären Konzept eines Paramedic-basierten Rettungssystems. Hier erfolgt die primäre Rettung von Schwerverletzten durch speziell ausgebildete Rettungssanitäter-/assistenten. Diese werden als Emergency Medical Technician (EMT) bezeichnet und es wird anhand der Vorgaben z.B. des U.S.

Department of Transportation und der Abteilung Emergency Medical Services des National Highway Traffic Safety Administration zwischen einem EMT-Basic, EMT-Intermediate und dem höchstqualifizierten EMT-Paramedic unterschieden (<http://www.ems.gov>). Die genauen Ausbildungsrichtlinien und die Festlegung der entsprechenden Handlungsbefugnisse unterliegen dabei jedoch ständiger Reformationen und können von Bundesstaat zu Bundestaat differieren. Nachteile dieses Systems sind die mangelnde Untersuchung, Lagerung und Schienung der Unfallopfer mit eventuellen Sekundärschäden durch den Transport, sowie die Verzögerung der adäquaten Schocktherapie und v. a. der Atemwegssicherung.

Demgegenüber steht das „Stay and Play“ Konzept, welches die schnellst möglich notfallmedizinische Therapie in den Fokus stellt, mit dem Ziel die Vitalfunktionen des Patienten vor Transport wiederherzustellen und/oder diese während des Transports aufrecht zu erhalten. Die initiale Idee war dabei entsprechend dem Satz von Martin Kirschner: „Nicht der Patient muss zum Arzt kommen, sondern der Arzt zum Patienten“ [59, 70]. Die Voraussetzungen für dieses Rettungskonzept ist allerdings gut ausgebildetes, meist notärztliches, Personal und eine entsprechend gute Infrastruktur. Aufgabe des Notarztes ist es dabei, eine Stabilität der Vitalfunktionen zu erreichen, eine Schmerztherapie einzuleiten und damit die Transportfähigkeit bis in die nächste geeignete Klinik zu gewährleisten. Wegen der dadurch eventuell verlängerter Rettungszeit wird dieses Konzept v.a. im anglo-amerikanischen Raum kritisiert.

In den Nachkriegsjahren galt in Deutschland das durch die alliierten Besatzungsmächte geprägte Prinzip, ähnlich dem „Scoop and Run“, des schnellst möglichen Transportes des Verletzten in eine Klinik. Aufgrund negativer Ereignisse und der steigenden Anzahl an Verkehrstodesopfern in den 1970iger Jahren besann man sich in Deutschland auf die Überlegung von Jean Dominique Larrey und Martin Kirschner [59, 70]. Das deutsche Rettungssystem nahm obig genannte medizingeschichtliche Entwicklung und wurde zu einem Notarzt-basierten Rettungssystem, wohingegen sich im amerikanischen Raum das Paramedic- System durchsetzte. Weiterhin entwickelten sich analog zu klinischen Konzepten wie dem ATLS® präklinische Algorithmen zur strukturierten Versorgung schwerverletzter Patienten. Dabei stellen auch diese neuen Therapiekonzepte wie das Pre Hospital Trauma Life Support (pHTLS®), TraumaManagement® oder International Trauma Life Support (ITLS®) die zeitkritische präklinische Versorgung des Schwerverletzten immer mehr in den Vordergrund [25].

1.6. Die Rettungszeit und das Überleben

Dabei ist der Einfluss der Rettungszeit auf das Outcome des Traumapatienten Gegenstand aktueller wissenschaftlicher Diskussionen.

So konnte eine Vielzahl wissenschaftlicher Studien keine Evidenz für die „golden hour of shock“ oder den Einfluss der Rettungszeit auf das Überleben und Outcome der Patienten nachweisen [23, 24, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 71]. Sampalis et. al. untersuchte das Paramedic- System in Montreal und konnte zeigen, dass eine Rettungszeit > 60 min mit einer OR von 3,0 mit dem Versterben assoziiert war [65]. Eine ähnliche Studie von Lerner et. al. aus dem Bundestaat New York / USA widerlegte diese Ergebnisse ebenfalls an einem Paramedic- System (OR 0,987) [42]. Eine prospektive multizentrische Studie von Newgard et. al. in Nordamerika konnte ebenfalls keinen Effekt der Rettungszeit auf das Überleben in einem Paramedic-System nachweisen [47]. Eine Studie aus Ontario verglich das Überleben von Traumapatienten mit basic- und advanced-life-support in einem Paramedic-System und konnte keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Endpunktes Mortalität nachweisen [71]. Dies steht im Widerspruch zu einer deutschen Studie, welche eine Senkung der Traumaletalität durch den Einsatz eines Notarztes von 37% auf 22% zeigen konnte [61]. Es konnte in über 50% der Patienten ein medizinischer Nutzen durch den Notarzt bei Aufnahme in einer Klinik gezeigt werden [61]. Weiterhin rechtfertigt die Abwehr eines späteren volkswirtschaftlichen Schadens die durch einen Notarzteinsatz entstehenden Kosten [62].

Seamon et. al. untersuchte den Einfluss der Rettungszeit auf das Überleben bei penetrierendem Thoraxtrauma und konnte einen negativen Effekt auf das Überleben mit Zunahme der Rettungszeit zeigen [68]. Im Gegensatz dazu zeigte Pepe et. al. für Patienten mit penetrierender Verletzung und hämorrhagischen Schock, dass nicht die Dauer der Rettungszeit, sondern die Wahl der Zielklinik entscheidend für den Patienten ist [56]. Längere Transportzeiten hatten keinen negativen Einfluss auf das Outcome [56].

Van der Velden et. al. untersuchte die Unterschiede der Anzahl der präklinischen Maßnahmen in einem Paramedic und HEMS-System und konnte ebenfalls zeigen, dass durch die Luftrettung signifikant häufiger Maßnahmen durchgeführt wurden, ohne jedoch zwangsläufig die Versorgungszeit zu verlängern [75]. So konnten Studien einen Überlebensvorteil für Traumapatienten, welche durch die Luftrettung behandelt wurden

im Vergleich zur bodengebundenen Rettung zeigen [2, 46]. Weiterhin konnten wir in einer Studie unserer Arbeitsgruppe keine vermeidbaren Todesfälle bei Patienten nachweisen, die durch die Luftrettung behandelt wurden [35].

Zusammenfassend herrscht aktuell keine wissenschaftlicher Konsens bezüglich des Einflusses der Rettungszeit auf das Überleben des Schwerstverletzten. Es ist unklar inwiefern die Rettungszeit oder „golden hour of shock“ im Vergleich zu anderen prognoserelevanten Faktoren, wie z.B. Alter, GCS, eine klinische Rolle spielt und ob deshalb die Adjustierung präklinischer einsatztaktischer Überlegungen und Therapiekonzepte für unsere schwerverletzten Patienten gerechtfertigt ist.

Eine deutsche Studie, welche den Einfluss der Rettungszeit und Infrastruktur auf das Überleben in unserem Notarzt - basierten System untersuchte, existiert bis dato nicht. Weiterhin stellt sich die Frage nach der präklinischen Versorgungsqualität Unfallverletzter Patienten in Deutschland.

1.7. Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist die Erhebung der regionalen Traumaversorgung in der Region Berlin- Brandenburg im Vergleich zu Deutschland unter Berücksichtigung großstadtspezifischer und infrastruktureller Voraussetzungen. Weiterhin soll der Einfluss der Rettungszeit auf das Überleben und dessen Gewichtung im Vergleich zu anderen prognoserelevanten Faktoren untersucht werden.

Diesbezüglich formulierten wir folgende Fragestellungen:

- Gibt es Unterschiede der Rettungszeit in Abhängigkeit von der Infrastruktur?
- Beeinflusst die Infrastruktur die Traumaletalität?
- Gibt es Unterschiede bezüglich der eingesetzten Rettungsmittel in Abhängigkeit von der Infrastruktur?
- Beeinflusst das Rettungsmittel die Rettungszeit?
- Was ist der Hauptzeitfaktor der Rettungszeit: Anfahrt, Versorgung oder Transport?
- Welche Unterschiede gibt es bei Patienten mit kurzer und langer Rettungszeit?
- Gibt es Unterschiede der Rettungszeit in Abhängigkeit des Traumamechanismus?
- Welchen Einfluss hat die Rettungszeit auf die Traumaletalität?
- Wie ist die Gewichtung der Outcome- Relevanz der Rettungszeit im Vergleich zu anderen prognoserelevanten Faktoren?
- Gibt es Unterschiede des Patientenkollektives und der Rettungszeit in der Region BB- Brandenburg im Vergleich zu Deutschland?
- Wie ist die präklinische Versorgungsqualität der Schwerverletzten im Bundesvergleich?

2. Material und Methoden

Zur Beantwortung obig genannter Fragestellungen führten wir eine Untersuchung anhand des TraumaRegister DGU durch.

2.1. Studiendesign und TraumaRegister DGU

Die Durchführung dieser Studie wurde nach Prüfung durch ein Review-Komitee des TraumaRegisters der DGU befürwortet und nach der Richtlinie zur Publikation von Ergebnissen aus dem TraumaRegister der DGU (Stand: März 2010) durchgeführt.

Als Datenbasis für diese retrospektive Registerstudie diente das TraumaRegisters der DGU (TR-DGU) [38].

Es wurden 2 getrennte Auswertungen durchgeführt:

Als erste Auswertung erfolgte die Analyse der Traumaversorgung der Region Berlin-Brandenburg im Vergleich zu Deutschland ohne die Region Berlin-Brandenburg im Zeitraum von 1999-2007.

Nachdem wir in der ersten Auswertung metropolenspezifische Unterschiede detektieren konnten, wurde die Analyse auf ganz Deutschland ausgeweitet. Aus dem seit 1993 geführten Register wurde die Daten aller zum jeweiligen Zeitpunkt beteiligten 139 deutschen Kliniken im Zeitraum von 1999-2008 betrachtet. Das TR-DGU erfasst dabei verblindet und standardisiert die Daten von Schwerverletzten zu vordefinierten Zeitpunkten (Stammdatenblatt, Präklinik, Schockraum, Intensivstation, Entlassung). Im Folgenden wird der Erhebungsbogen des TraumaRegisters der DGU detailliert beschrieben.

Die im Weiteren verwendeten Abbildungen entsprechen dem Originallayout des Dokumentationsbogen zum Studienzeitpunkt

(Quelle: http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/tr-dgu%20standardbogen%20mit%20leitfaden%20v03_09.pdf) (Abb. 1-5).

S: Stammdaten (Unfall-Anamnese, Patientencharakter.)		Index _ _ - _ _ - 20 - _ _ - _ _ <small>Land PLZ Buchstabe Jahr Patienten-ID</small>	
Patient:		Geburtsdatum _ . _ . _	M <input type="checkbox"/> W <input type="checkbox"/>
Unfall-Anamnese:		Unfalldatum _ . _ . 20 _	Unfallzeit _ : _ Uhr
Ursache: Unfall <input type="checkbox"/> V. a. Gewaltausübung <input type="checkbox"/> V. a. Suizid <input type="checkbox"/> Trauma: stumpf <input type="checkbox"/> penetrierend <input type="checkbox"/>		Unfallart: <u>Verkehr:</u> PKW / LKW-Insasse <input type="checkbox"/> Motorradfahrer <input type="checkbox"/> Fahrradfahrer <input type="checkbox"/> Fußgänger <input type="checkbox"/> andere (Zug, Schiff,...) <input type="checkbox"/> <u>Sturz:</u> über 3 m Höhe <input type="checkbox"/> unter 3 m Höhe <input type="checkbox"/> <u>Sonstige:</u> Schlag (Gegenstand, Ast...) <input type="checkbox"/> Schuss <input type="checkbox"/> Stich <input type="checkbox"/> Anderer _____ <input type="checkbox"/>	
ASA vor Unfall gesund 1 <input type="checkbox"/> leichte Einschränkungen 2 <input type="checkbox"/> schwere system. Einschr. 3 <input type="checkbox"/> lebensbedr. Allgemeinerkr. 4 <input type="checkbox"/>			

Abb.1: Stammdatenblatt des TR-DGU: Erhebung der demographischen Daten wie Geburtsdatum, Geschlecht, Datum, Unfallzeit, sowie genauere Umstände der Ursache und Art des Unfalls. Quelle: www.traumaregister.de

Zeitpunkt A: Präklinik (Erstbefund, Therapie)		Alarmzeit _____:_____:_____ Uhr	
		Eintreffen des Notarztes _____:_____:_____ Uhr	
		Abfahrt vom Unfallort _____:_____:_____ Uhr	
Vitalzeichen		Transportmittel	
RR systolisch	_____ mm Hg	bodengebunden mit NA	<input type="checkbox"/> RTH <input type="checkbox"/>
Puls	_____ /min	bodengebunden ohne NA	<input type="checkbox"/> selbst / privat <input type="checkbox"/>
Atemfrequenz	_____ /min		
Sauerstoffsättigung (Sp O ₂)	_____ %		
Glasgow Coma Scale		Verletzungen (Verdachtsdiagnosen Notarzt)	
Augenöffnen	Verbale Antwort	Motorische Antwort	
④ spontan	⑤ orientiert	⑥ Aufforderung	
③ Aufforderung	④ verwirrt	⑤ gezielt (Schmerz)	
② Schmerz	③ inadäquat	④ ungezielt (Schmerz)	
① keine	② unverständl.	③ Beugekrämpfe	
	① keine	② Streckkrämpfe	
		① keine	
Summe:			
_____ + _____ + _____			= GCS _____
Pupillengröße		Lichtreaktion	
	rechts links		rechts links
eng	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	prompt	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
mittel	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	träge	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
weit	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	keine	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
NACA-Index (I-VII): <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		Therapie bis zur Klinikaufnahme	
		Kristalloide _____ ml	Intubation nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
		Kolloide _____ ml	Analgesedierung nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
		hyperonkotische / hyperosmolare Lösungen _____ ml	Herzmassage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
			Katecholamine nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
			Thoraxdrainage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>

Abb.2: Datenerhebung Präklinik TR-DGU: Dokumentiert werden die Vitalzeichen (Blutdruck systolisch in mmHg, Puls/min, Atemfrequenz/min, Sauerstoffsättigung (SpO₂ in %), die Glasgow Coma Scale, die Pupillengröße, die Lichtreaktion und der NACA-Index. Zusätzlich wird die Alarmzeit, der Zeitpunkt des Eintreffens des Notarztes und die Abfahrt vom Unfallort, sowie das Transportmittel erhoben. Weitere wichtige Punkte sind die erfolgten präklinischen Maßnahmen, wie die Verwendung von Kristalloiden, Kolloiden, hyperonkotischen/hyperosmolaren Lösungen, die Intubation, die Analgesedierung, die Herzmassage, Gabe von Katecholaminen und/oder Anlage von Thoraxdrainagen. Quelle: www.traumaregister.de

Zeitpunkt B: Notaufnahme
(Aufnahmebefund, Primärdiagnostik, Therapie)

Index _____ - _____ - 20 _____ - _____
Land PLZ Buchstabe Jahr Patienten-ID

Eintreffen Datum ____ . ____ . 20 _____ Uhrzeit ____ : ____ Uhr

Optionale klinikinterne Zusatz-ID: _____
Zuverlegung aus anderem KH: nein **→ Zeitpunkt A** ja **→ Zeitpunkt B**
Wenn ja: Welches KH? _____ **KH-Code:** _____

Vitalparameter + Atmung

RR systolisch _____ mm Hg
Puls _____ /min
Atemfrequenz (spontan) _____ /min
Sauerstoffsättigung (Sp O₂) _____ %
Bereits bei Ankunft intubiert? nein ja
- wenn ja FiO₂ _____
PaO₂ _____ mm Hg

Diagnostik bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station

	durchgeführt	Uhrzeit
Sono-Abdomen.	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr
Röntgen Thorax	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr
Röntgen Becken	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr
Röntgen Wirbelsäule	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr
CCT	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr
CT-Ganzkörper	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr
Rotem / Rotec	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	____ : ____ Uhr

Glasgow Coma Scale

Augenöffnen	Verbale Antwort	Motorische Antwort
④ spontan	⑤ orientiert	⑥ Aufforderung
③ Aufforderung	④ verwirrt	⑤ gezielt (Schmerz)
② Schmerz	③ inadäquat	④ ungezielt (Schmerz)
① keine	② unverständl.	③ Beugekrämpfe
	① keine	② Streckkrämpfe
		① keine

Summe: _____ + _____ + _____ = **GCS** _____

Labor bei Aufnahme

Hb _____ g/dl INR _____
Thrombozyten _____ /µl BE [+/-] [] _____ mmol/l
TPZ (Quick) _____ % Laktat _____ mmol/l
PTT _____ sec Temperatur _____ °C

Pupillengröße

	rechts	links
eng	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
weit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lichtreaktion

	rechts	links
prompt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
träge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
keine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Erster operativer Notfalleingriff:

Craniotomie (dekompressive Craniotomie)
 Thorakotomie (ohne Thoraxdrainage/Mini-Thorakotomie)
 Laparotomie
 Revaskularisation
 Embolisation
 Stabilisierung Becken
 Stabilisierung Extremität

Beginn der OP: _____
Schnitt: ____ : ____ Uhr

Weiterversorgung

SR-Diagnostik regulär beendet? nein ja

- wenn ja:
Weiterverlegung: Früh-OP
Intensiv
andere(s)
Uhrzeit: ____ : ____ Uhr

- wenn nein:
Abbruch wegen: Not-OP
sonstiges
Uhrzeit: ____ : ____ Uhr

Kompletzierung der Diagnostik vor ICU? nein ja

Therapie bis zur Aufnahme auf die (Intensiv-) Station

Kristalloide _____ ml
Kolloide _____ ml
Hyperonk. / Hyperosmol. Lösung _____ ml
Blut _____ EKs
FFP / Frischplasma _____ Einheiten
Thrombozyten _____ Einheiten
Intubation nein ja
Herzmassage nein ja
Katecholamine nein ja
Thoraxdrainage nein ja
Embolisation nein ja
Akute externe Frakturstabilisierung nein ja
(außerhalb des OP)

Hämostase – Therapie

rFVIIa	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	Fibrinogen	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
PPSB	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	andere hämost. Medikamente	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>
Antifibrinolytika	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		

Abb.3: Datenerhebung Notaufnahme TR-DGU: Zu diesem Zeitpunkt werden alle Daten von Aufnahme bis zur Verlegung auf die Intensivstation inklusive der notfallchirurgischen Therapie erhoben. Die notwendige Diagnostik wird in Form (Sonographie, Computertomografie, Röntgen) und mit Zeitpunkt erfasst. Die laborchemischen Ergebnisse umfassten Hämoglobin, Thrombozyten, Quick, PTT, INR, BE, Laktat und Temperatur. Die Therapie beinhaltet Art und Beginn von operativen Notfalleingriffen, wie Craniotomie, Thorakotomie, Laparotomie, Revaskularisation, Embolisation, Stabilisierung von Becken oder Extremitäten. Sowie die Gabe von Kristalloiden, Kolloiden, hyperonkotischen/hyperosmolaren Lösungen, Blut, Frischplasma, Thrombozyten, Katecholaminen, die Intubation und die Herzdruckmassage, die Embolisation und externe Frakturstabilisierung im Schockraum.
Quelle: www.traumaregister.de

Zeitpunkt C: Intensivstation (Aufnahmebefund, Verlauf)		Index ____ - ____ - ____ - 20 ____ - ____ <small>Land PLZ Buchstabe Jahr Patienten-ID</small>	
Eintreffen		Datum ____ . ____ . 20 ____ Uhrzeit ____ : ____ Uhr	
SAPS II – Score (1. Tag) ____ Punkte		Labor bei Aufnahme	
Organversagen (SOFA-Score > 2)		Hb ____ g/dl INR ____	
1. Atmung nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		Thrombozyten ____ / μ l BE [+/-] [] ____ mmol/l	
2. Koagulation nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		TPZ (Quick) ____ % Laktat ____ mmol/l	
3. Leber nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		PTT ____ sec Temperatur ____ °C	
4. Herz-Kreislauf nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		Therapie	
5. ZNS nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		FFP ____ Einheiten in den ersten 48h nach Intensiv-Aufnahme	
6. Niere nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		EK ____ Einheiten in den ersten 48h nach Intensiv-Aufnahme	
MOV nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		Nierenersatzverfahren nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
Sepsis nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>		Hämostase – Therapie	
Aufenthaltsdauer / Beatmungstherapie		rFVIIa nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
Intensivtage nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> ____ Tage		PPSB nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
Dauer mech. Beatmung nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> ____ Tage		Antifibrinolytika nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
		Fibrinogen nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
		andere hämost. Medikamente nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	

Abb. 4: Datenerhebung Intensivmedizin TR-DGU: Erhoben werden physiologischen Parameter, die Dauer des Aufenthalts, der mechanischen Beatmung und Inzidenz eines

Organversagen anhand des SOFA-Score [31]. Der SOFA-Score berücksichtigt dabei die

- Atmung: Horovitz-Index ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) < 200 mmHg
- Koagulation: Thrombozyten < 50.000 /mm³
- Leber: Bilirubin \geq 6,0 mg/dl
- Herz-Kreislauf: Katecholamin-Dosis Dopamin > 5µg/kg/min oder jegliche Adrenalin-/ Noradrenalin-Applikation
- ZNS: GCS < 9 Punkte
- Niere: Kreatinin \geq 3,5 mg/dl oder Ausführungsmenge pro Tag < 500ml

Quelle: www.traumaregister.de.

Zeitpunkt D: Abschluss (1) (Outcome, Prognosefaktoren, Thromboembolische Ereignisse)															
Datum ____ . ____ . 20 ____															
<input type="checkbox"/> verstorben Uhrzeit ____ : ____ Uhr															
<input type="checkbox"/> überlebt	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 5px;">Entlassung/Verlegung</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">nach Hause</td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Reha-Klinik</td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Krankenhaus</td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> Welches KH : _____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">sonstiges</td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Entlassung/Verlegung		nach Hause	<input type="checkbox"/>	Reha-Klinik	<input type="checkbox"/>	Krankenhaus	<input type="checkbox"/> Welches KH : _____	sonstiges	<input type="checkbox"/>				
Entlassung/Verlegung															
nach Hause	<input type="checkbox"/>														
Reha-Klinik	<input type="checkbox"/>														
Krankenhaus	<input type="checkbox"/> Welches KH : _____														
sonstiges	<input type="checkbox"/>														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 5px;">Glasgow Outcome Scale</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">gut erholt</td> <td style="padding: 5px;">5 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">mäßig behindert</td> <td style="padding: 5px;">4 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">schwer behindert</td> <td style="padding: 5px;">3 <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">nicht ansprechbar</td> <td style="padding: 5px;">2 <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		Glasgow Outcome Scale		gut erholt	5 <input type="checkbox"/>	mäßig behindert	4 <input type="checkbox"/>	schwer behindert	3 <input type="checkbox"/>	nicht ansprechbar	2 <input type="checkbox"/>				
Glasgow Outcome Scale															
gut erholt	5 <input type="checkbox"/>														
mäßig behindert	4 <input type="checkbox"/>														
schwer behindert	3 <input type="checkbox"/>														
nicht ansprechbar	2 <input type="checkbox"/>														
(Nur für Deutschland) DRG-Nr.: _____ Aufwandpunkte Intensivmedizin: _____	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: left; padding: 5px;">Klinisch relevante thromboembolische Ereignisse</th> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> keine</td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> Herzinfarkt</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> Lungenembolie</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> Tiefe Beinvenenthrombose</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> Apoplex</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;"><input type="checkbox"/> Andere thromboembolische Ereignisse</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 5px;">Bestand Thromboseprophylaxe: nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Klinisch relevante thromboembolische Ereignisse		<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> Herzinfarkt		<input type="checkbox"/> Lungenembolie		<input type="checkbox"/> Tiefe Beinvenenthrombose		<input type="checkbox"/> Apoplex		<input type="checkbox"/> Andere thromboembolische Ereignisse	Bestand Thromboseprophylaxe: nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	
Klinisch relevante thromboembolische Ereignisse															
<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> Herzinfarkt														
	<input type="checkbox"/> Lungenembolie														
	<input type="checkbox"/> Tiefe Beinvenenthrombose														
	<input type="checkbox"/> Apoplex														
	<input type="checkbox"/> Andere thromboembolische Ereignisse														
Bestand Thromboseprophylaxe: nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>															
<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Verletzung: _____</td> <td style="width: 50%;">Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>AIS: _____ offen <input type="checkbox"/> Grad (I-IV): ____</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Operation:</td> <td style="text-align: center;">OPS 301 Datum</td> </tr> <tr> <td>1. _____</td> <td style="text-align: center;">_____ . ____ . 20 ____</td> </tr> <tr> <td>2. _____</td> <td style="text-align: center;">_____ . ____ . 20 ____</td> </tr> <tr> <td>Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/></td> <td>Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen): _____</td> </tr> </table>		Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	AIS: _____ offen <input type="checkbox"/> Grad (I-IV): ____		Operation:	OPS 301 Datum	1. _____	_____ . ____ . 20 ____	2. _____	_____ . ____ . 20 ____	Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen): _____		
Verletzung: _____	Diagnosestellung nach Intensiv-Aufnahme? nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>														
AIS: _____ offen <input type="checkbox"/> Grad (I-IV): ____															
Operation:	OPS 301 Datum														
1. _____	_____ . ____ . 20 ____														
2. _____	_____ . ____ . 20 ____														
Initiales Therapiekonzept: Damage Control-OP ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>	Anzahl weiterer OPs (z.B. Revisionen): _____														

Abb. 5: Datenblatt zur Erhebung des Behandlungsabschlusses TR-DGU:

Der Abschluss der Behandlung ist dabei als entweder Tod oder Entlassung/Verlegung gekennzeichnet. Dabei sind sämtliche Verletzungen festzuhalten, deren Folgen oder Vorerkrankungen werden nicht berücksichtigt. Die Angabe des jeweiligen AIS ist obligat. Zusätzlich sind die zwei vordergründigen Operationen zu erfassen und ob die erste Notfalloperation unter dem Ziel „Damage Control“ durchgeführt wurde. Quelle: www.traumaregister.de.

Die Klassifikation der Verletzungsschwere erfolgt anhand der Abbreviated Injury Severity Scale (AIS) und des Injury Severity Scores (ISS) [3, 7].

2.2. Ein- und Ausschlusskriterien

Die Ein- und Ausschlusskriterien waren für beide durchgeführten Studien (Region Berlin-Brandenburg vs. Deutschland und gesamt) gleich. Einschlusskriterien für diese Studien waren eine

- Verletzungsschwere von ISS \geq 9 Punkten
- Eine Primärversorgung in der aufnehmenden Klinik
- Deutsche Klinik
- Dokumentation der Rettungszeiten (Anfahrt, Versorgung, Transport)
- Rettungszeit \leq 180 min

Ausschlusskriterien waren

- Sekundärverletzung des Patienten
- Keine deutsche Klinik

Zur Eliminierung internationaler Unterschiede der präklinischen und klinischen Therapie wurden ausschließlich deutsche Kliniken in die Datenanalyse einbezogen.

2.3. Gruppeneinteilung und Definitionen

Als zentraler Parameter wurde die Rettungszeit analysiert. Dabei wurde die Rettungszeit definiert als Zeitraum von Unfallzeitpunkt (Abb. 1) bis zum Eintreffen im Schockraum (Abb. 3).

Die Rettungszeit wurde weiterhin unterteilt in:

- Anfahrt: Zeit von Unfall bis Eintreffen des Notarztes (Abb. 2)
- Versorgung: Zeit zwischen Ankunft des Notarztes und Abfahrt vom Unfallort (Abb. 2)
- Transport in Klinik: Zeitraum von Abfahrt vom Unfallort bis zum Eintreffen im Schockraum (Abb. 3)

Die zuvor genannten Zeiträume wurden als Mittelwerte mit Standardabweichung angegeben.

Die Anzahl der präklinisch durchgeführten Maßnahmen wurde als Einheit zur Beurteilung der Dauer der Versorgungszeit vor Ort angewendet. Unsere Hypothese diesbezüglich lautete, dass die Anzahl der präklinischen Maßnahmen mit Zunahme der Versorgungsdauer ansteigt. Als präklinische Maßnahmen wurden beschrieben:

- Intubation
- Volumenapplikation
- Katecholamingabe
- Sedierung
- Anlage einer Thoraxdrainage
- Reanimation

Abbreviated Injury Scale (AIS), Injury Severity Score (ISS) und New Injury Severity Score (NISS)

Die Abbreviated Injury Scale (AIS) stellt ein anatomisches Bewertungssystem der Verletzungsschwere dar [3]. Dabei wird jede Einzelverletzung mit einer Bewertungszahl der Verletzungsschwere von 1 bis 6 bewertet, wobei 1 eine „minor“ und 6 eine mit dem Leben nicht vereinbare Verletzung darstellt [3]. Zur Berechnung des Injury Severity Scores und des New Injury Severity Scores wird nun der AIS (Revision 1990/98) für 6 definierte Körperregionen, Kopf/Nacken, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und

Weichteil, bestimmt [7]. Die höchsten AIS-Werte der 3 am stärksten verletzten Körperregionen werden beim ISS quadriert und summiert [7]. Der ISS reicht von 0 bis 75, erhält eine Körperregion ein AIS von 6, wird der ISS automatisch mit 75 bewertet [7]. Da dabei jedoch mehrfache Verletzungen in einer Körperregion vernachlässigt werden, erfolgte 1997 eine Revision des ISS [52].

Hierbei werden die 3 höchsten AIS-Werte unabhängig der Organregion ebenfalls quadriert und addiert [52].

Glasgow Coma Scale (GCS) nach Teasdale und Jennett

Die Glasgow Coma Scale ist wohl das am häufigsten benutzte Scoringssystem zur Einschätzung des Schweregrades eines Schädel-Hirn-Traumas [72]. Dabei werden Punkte für die beste Augenreaktion (1-4 Punkte), die beste verbale (1-5 Punkte) und motorische Reaktion (1-6 Punkte) vergeben [72]. Die maximal erreichbare Punktezahl ist dabei 15. Eine Score von 13 oder mehr bedeutet eine leichtes SHT, 9 bis 12 ein moderates SHT und 8 oder weniger eine schweres SHT [72].

Gruppeneinteilung:

Zur Analyse der Versorgungsunterschiede und metropolenspezifischen Unterschiede der Rettungszeit wurde die Daten der aufnehmenden Kliniken nach Postleitzahl in die Gruppen

- BB: Berlin und Brandenburg
- D-BB: Deutschland ohne den Raum Berlin-Brandenburg

unterteilt.

Zur weiteren differenzierten Auswertung der Studienpopulation wurden folgende Gruppen und Unterteilungen durchgeführt und bekannte prognoserelevante Faktoren berücksichtigt:

- Rettungsmittel: bodengebundener Transport (RTW, NAW, NEF) vs. Luftrettung (RTH, ITH). Mit dieser Unterscheidung sollten die Unterschiede der Versorgung und Rettungszeit in Abhängigkeit des Rettungsmittels gezeigt werden.

- Größe der Stadt anhand der Einwohnerzahl:
 - Millionenstadt: $\geq 1.000.000$
 - Großstädte: 500.000 - 1.000.000
 - Mitttelgroße Städte: 150.000 - 500.000
 - Kleinstädte: < 150.000 Einwohner

Anhand dieser Variable sollte der Einfluss der Infrastruktur (gemessen an der Einwohnerzahl), als indirekte Diskriminante für die Krankenhausdichte einer Region, analysiert werden. Grundlage für die Einteilung der Kliniken waren die Angaben der Einwohnerzahlen des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2008.

Analyse der präklinischen Versorgungsqualität

In Anlehnung an die S3-Leitlinienempfehlungen zur Versorgung von Schwerverletzten wurde die präklinische Versorgungsqualität der Region BB im Vergleich zu D-BB anhand der Kriterien

- präklinischen Intubation bei schwerem SHT mit GCS < 9 Punkten
- präklinische Intubation bei schwerer Verletzungen gemessen anhand eines ISS ≥ 25 Punkten (Polytrauma) und
- Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage bei Vorliegen eines schwersten Thoraxtraumas (AIS- Thorax ≥ 5)

analysiert [21].

2.4. Gruppeneinteilung anhand Prognosefaktoren

Zur Analyse der Prognoserelevanz der Rettungszeit, Einwohnerzahl und anderer einzelner Faktoren wurde eine Gewichtung unter Berücksichtigung der prognoserelevanten Faktoren des RISC-Score durchgeführt [39]:

- Alter: ≤ 54 , 55 - 64, 65 - 74 und ≥ 75 Jahre
- Schädelhirntrauma anhand AIS-Kopf: ≤ 3 , 4, 5 - 6 Punkte
- Glasgow Coma Scale (GCS): 3 - 5, 6 - 15 Punkte
- Schock präklinisch anhand systolischen Blutdruck: ≤ 90 mmHg, ≥ 91 mmHg
- Stumpfes oder penetrierendes Trauma

- Unfallhergang: PKW/LKW-Insasse, Motorradfahrer, Fahrradfahrer, Fußgänger, Sturz > 3 m, Sturz < 3 m, Sonstiges
- Notwendigkeit einer präklinischen Reanimation
- Präklinische Intervention: Intubation, Katecholamingabe, Thoraxdrainage, Reanimation, Sedierung, Volumengabe
- Dauer der Rettungszeit in 4 Gruppen:
 - I < 30 min
 - II 30-60 min
 - III 61-90 min
 - IV > 90 min

Mit Hilfe der Daten des deutschen Traumregisters vom Zeitraum 1993-2000 wurde der „ Revised Injury Severity Classification Score“ entwickelt. Dabei werden 11 Daten, die bereits kurz nach Aufnahme des Patienten zur Verfügung stehen, zur Berechnung der Prognose verwendet: Alter, NISS, Kopfverletzung, schwere Beckenverletzung, GCS, PTT, BE, Herzstillstand, indirekte Zeichen einer Blutung (Schock, Massentransfusion, niedriger Hämoglobinwert) [39]. Dabei werden von der Zahl 5 die entsprechenden Koeffizienten der jeweiligen Variablen abgezogen um den endgültigen RISC-Score zu erhalten. Der so bestimmte Punktwert wird mithilfe einer logistischen Funktion in eine Überlebenschance umgerechnet [39]:

$$\text{RISC-Score} = \text{Probability of survival } P(s) = 1 / (1 + e^{-x}) = e^x / (1 + e^x)$$

2.5. Statistik

Die statistischen Auswertungen wurde nach den Richtlinien des TraumaRegister der DGU unter Supervision und Validierung gemeinsam mit dem Diplom-Mathematiker Univ.-Prof. Dr. rer. medic. Rolf Lefering am Institut für Forschung in der Operativen Medizin (IFOM), Universität Witten/Herdecke durchgeführt [38].

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS (SPSS IBM Inc., Version 15.0). Die deskriptive statistische Auswertung erfolgte mittels Häufigkeiten in Prozent (%) und stetige Variablen wurden mit Mittelwerten und Standardabweichung (\pm) dargestellt. Die Zeitintervalle der Rettungszeit (Anfahrt, Versorgung, Transportzeit) wurden als Mittelwerte der einzelnen Daten berechnet. Der Einfluss der Rettungszeit auf den Parameter Überleben wurde mittels multivariater logistischer Regression berechnet [38]. Dabei wurde neben der Rettungszeit die präklinisch verfügbaren Variablen (Alter, SHT, erster GCS am Unfallort, Verletzungsschwere, Art der Verletzung (stumpf vs. penetrierend), Reanimation am Unfallort, initialer systolischer Blutdruck) untersucht [38, 76]. Gruppenunterschiede (Rettungszeit I-IV; ordinal) wurden bei stetigen Variablen mittels Varianzanalyse (ANOVA) und bei kategorialen Variablen mittels χ^2 - Test analysiert [38]. Als Signifikanzniveau wurde ein $p < 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1. Studienpopulation

Grundlage des ersten Teils der Studie sind die Daten der im Zeitraum von 1999 bis 2008 am TraumaRegister DGU beteiligten 139 deutschen Kliniken. Unter Berücksichtigung aller Einschluss- und Ausschlusskriterien konnten die Daten von 20.078 Patienten ausgewertet werden. Das durchschnittliche Alter lag bei $42,3 \pm 20,5$ Jahre. 73 % der Verletzten waren männlichen Geschlechts. Die mittlere Verletzungsschwere gemessen anhand des ISS lag bei $26,3 \pm 14,2$ Punkten.

3.2. Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl

Nach Gruppeneinteilung der deutschen Kliniken entfielen 10,8 % (n=15) der Kliniken auf Millionenstädte, 12,9 % (n=18) auf Großstädte, 23 % (n=33) auf mittelgroße Städte und 53,2 % (n=74) auf Kleinstädte.

Die traumatische Letalität in den Kliniken zeigte deutliche Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl. So lag die Letalität in Millionenstädten bei 13,7 %, in Großstädten bei 15,8 %, in mittelgroßen Städten bei 18,1 % und in Kleinstädten bei 14,2 %. Ein linearer Zusammenhang zwischen der Einwohnerzahl und der Klinikletalität konnte jedoch nicht nachgewiesen werden (p 0,96) (Abb. 6).

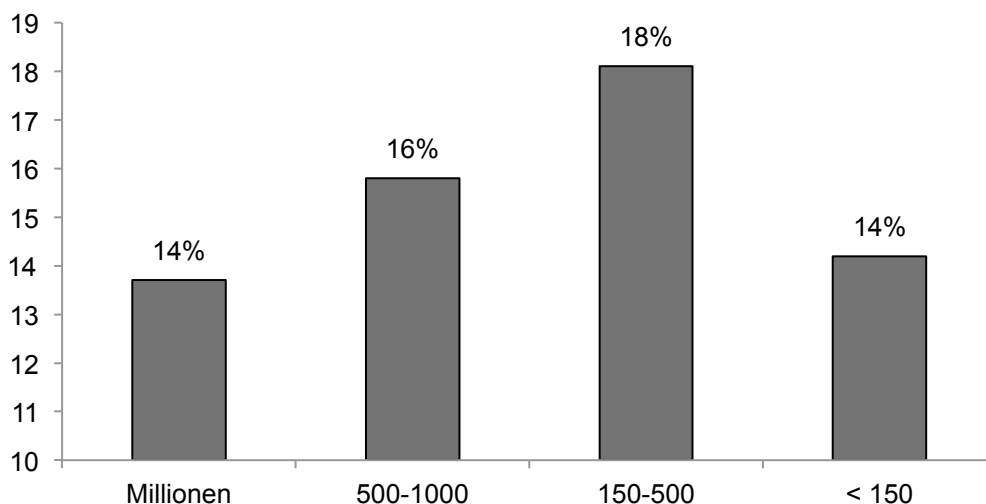


Abb. 6: Abhängigkeit der Klinikletalität von der Einwohnerzahl: Die niedrigste Letalität wurde in Kleinstädten, gefolgt von Millionen- und Großstädten, sowie mittelgroßen Städten beobachtet. x-Achse: Gruppierung der Einwohnerzahl; y-Achse: Letalität in Prozent (%) [38].

Auch die Verletzungsschwere gemessen anhand des ISS zeigte Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl. So waren Patienten, welche in mittelgroßen Städten (ISS 28 Punkte) und Millionenstädte (ISS 27,2 Punkte) eingeliefert wurden schwerer verletzt als in Groß- (ISS 25,3 Punkte) und Kleinstädten (ISS 25,7 Punkte) (Abb. 7).

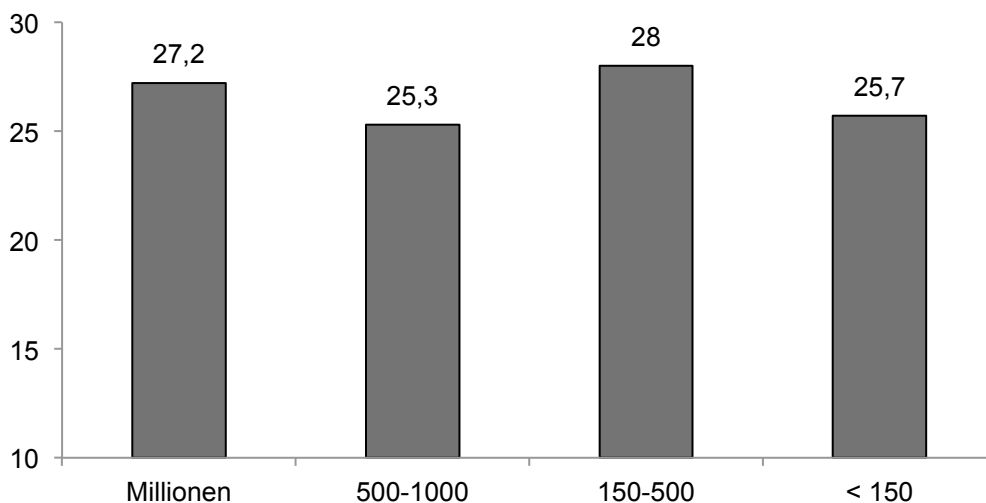


Abb. 7: Abhängigkeit der Verletzungsschwere und der Einwohnerzahl: Die höchste Verletzungsschwere zeigten Patienten, welche in mittelgroßen Städten gefolgt von Millionenstädten, Klein- und Großstädten behandelt wurden. x-Achse: Gruppierung der Einwohnerzahl; y-Achse: Verletzungsschwere anhand ISS in Punkten [38].

Die Auswertung der Anzahl der präklinisch durchgeführten Maßnahmen in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl konnte keinen klinisch relevanten Unterschied zeigen. In Millionenstädten wurden durchschnittlich 2,3, in Großstädten 2,4, in mittelgroßen Städten 2,6 und in Kleinstädten 2,5 präklinische Maßnahmen durchgeführt.

Das Alter als Outcome-relevanter Parameter zeigte keine statistisch signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl (p 0,31). So waren die Unfallopfer in Millionenstädten durchschnittlich 42,9 Jahre, in Großstädten 42,1 Jahre, in mittelgroßen Städten 42,3 Jahre und in Kleinstädten 42,2 Jahre alt.

Bezüglich des Rettungsmittels wurden in mittelgroßen Städten prozentual am häufigsten Patienten mittels Luftrettung eingeliefert (46 %), gefolgt von Groß- (39,8 %), Klein- (37,6 %) und Millionenstädten (34,2 %) (Abb. 8).

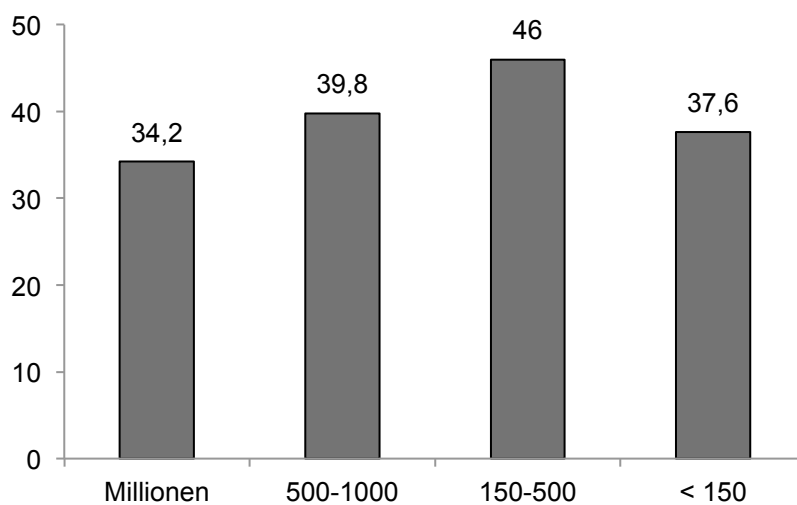


Abb. 8: Prozentualer Anteil der Einlieferung von Patienten mittels Luftrettung in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl: In mittelgroßen Städten gefolgt von Groß-, Klein- und Millionenstädten werden Patienten häufiger mittels Luftrettung in die Klinik eingeliefert. x-Achse: Gruppierung der Einwohnerzahl; y-Achse: Anteil der Patienten welche mittels Luftrettung eingeliefert wurden in Prozent (%) [38].

3.3. Unterschiede der Rettungszeit in Abhängigkeit von dem Rettungsmittel

Unter Berücksichtigung der Art des Rettungsmittels, boden- vs. luftgebunden, konnten signifikant kürzere Rettungszeiten für die bodengebundene Rettung nachgewiesen werden ($p < 0,001$). Die Luftrettung benötigte mit durchschnittlich 75,5 min (Range Gruppe I-IV: 76,1-79,6 min), unabhängig von der Einwohnerzahl, eine 10-20 min längere Rettungszeit als die bodengebundene Rettung mit 65,2 min (Range Gruppe I-IV: 55,4-64,5 min) (Abb. 9).

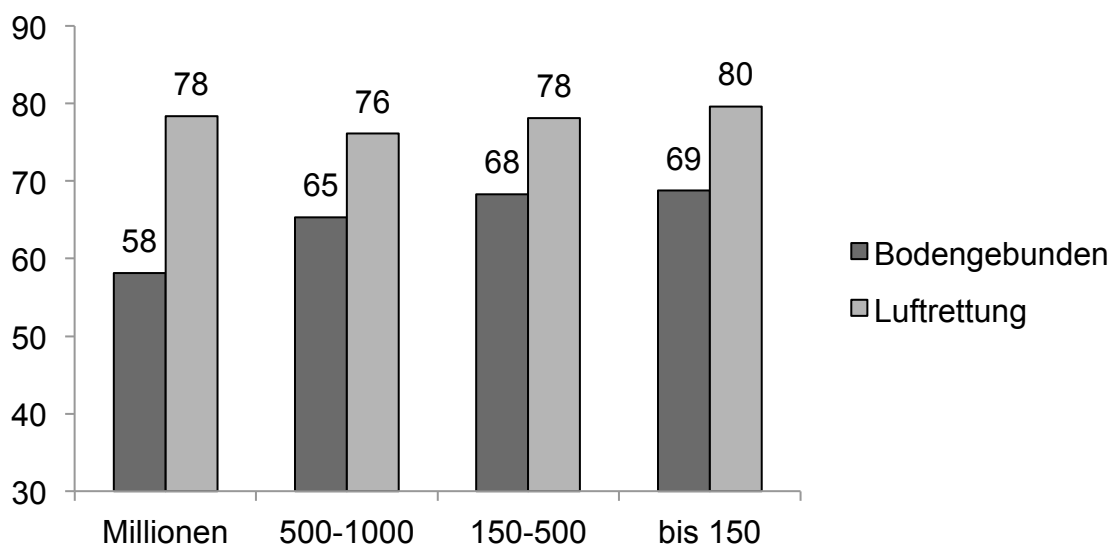


Abb. 9: Darstellung der Rettungszeit in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl und des Rettungsmittels: Nachweis längerer Rettungszeiten unabhängig von der Einwohnerzahl für Luft- im Vergleich zur bodengebundenen Rettung. x-Achse: Einwohnerzahl, y-Achse: Rettungszeit in Minuten.

3.4. Die Rettungszeit

Die Analyse der Rettungszeit erbrachte, dass die Fahrt- /Flugzeit (Anfahrt + Transport) zum Unfallort und der Transport in die Klinik unabhängig von der Einwohnerzahl und der Art des Rettungsmittels der Hauptzeitfaktor war (Abb. 10). Weiterhin zeigten sich eine signifikant längere Versorgungszeit für die Luftrettung (38 min) im Vergleich zur bodengebundenen Rettung (26-28 min; $p < 0,001$). Zudem fand sich ein Trend hin zu längeren Fahrt-/Flugzeiten mit Abnahme der Einwohnerzahl.

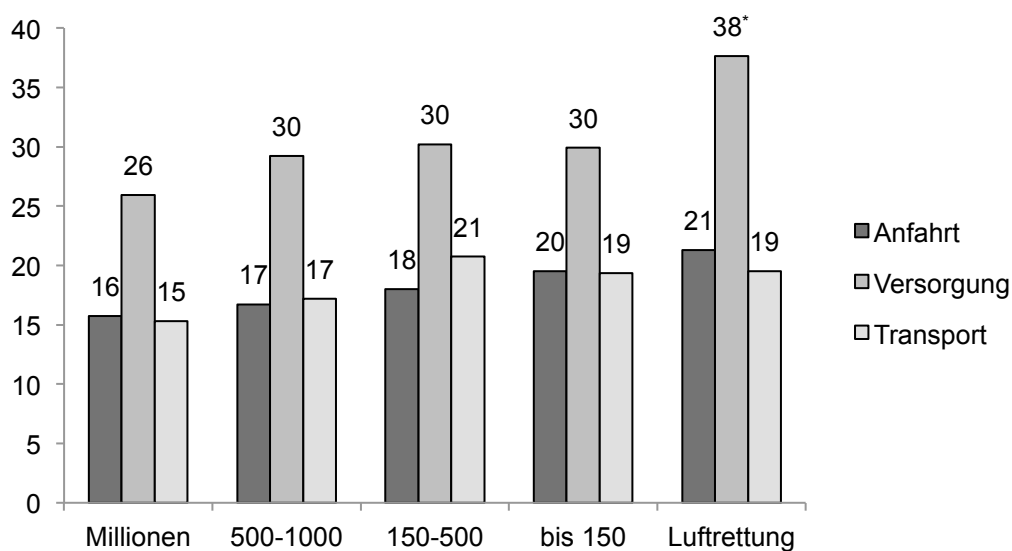


Abb. 10: Unterteilung der Rettungszeit in Minuten getrennt nach Art des Transportmittels und in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl: Die Fahrtzeit (Anfahrt + Transport) stellt dabei den Hauptzeitfaktor noch vor der Versorgungszeit dar. Signifikant längere Versorgungszeiten für die Luftrettung (* $p < 0,001$) im Vergleich zur bodengebundenen Rettung (unabhängig von der Einwohnerzahl). x-Achse: Unterteilung nach Einwohnerzahl und Luftrettung; y-Achse: Zeit in min [38].

Diese Beobachtung zeigte sich unabhängig von der Dauer der Rettungszeit (Gruppe I-IV) (Abb. 11).

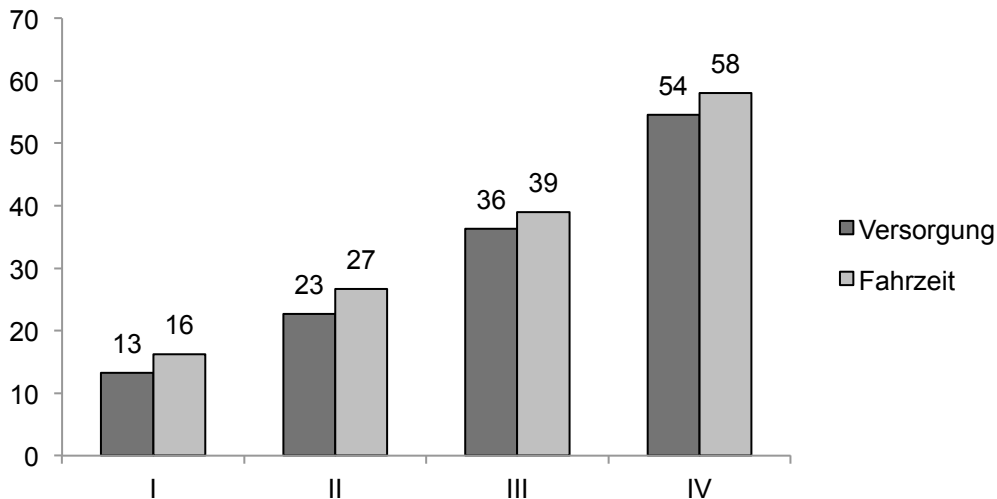


Abb. 11: Unterteilung in Versorgungs- und Fahrzeit in Abhängigkeit der Gesamtdauer der Rettungszeit: Die Fahrzeit (Anfahrt + Transport) stellt dabei den Hauptzeitfaktor noch vor der Versorgungszeit dar. x-Achse: Dauer der Rettungszeit: Gruppe I (< 30 min), Gruppe II (30-60 min), Gruppe III (61-90 min) und Gruppe IV (> 90 min); y-Achse: Zeit in min [38].

Eine längere Rettungszeit war dabei signifikant mit einer längeren Versorgungszeit und Anzahl der präklinisch durchgeführten Maßnahmen assoziiert ($p < 0,001$). Eine Ausnahme stellte die präklinische Reanimation dar (Abb. 12).

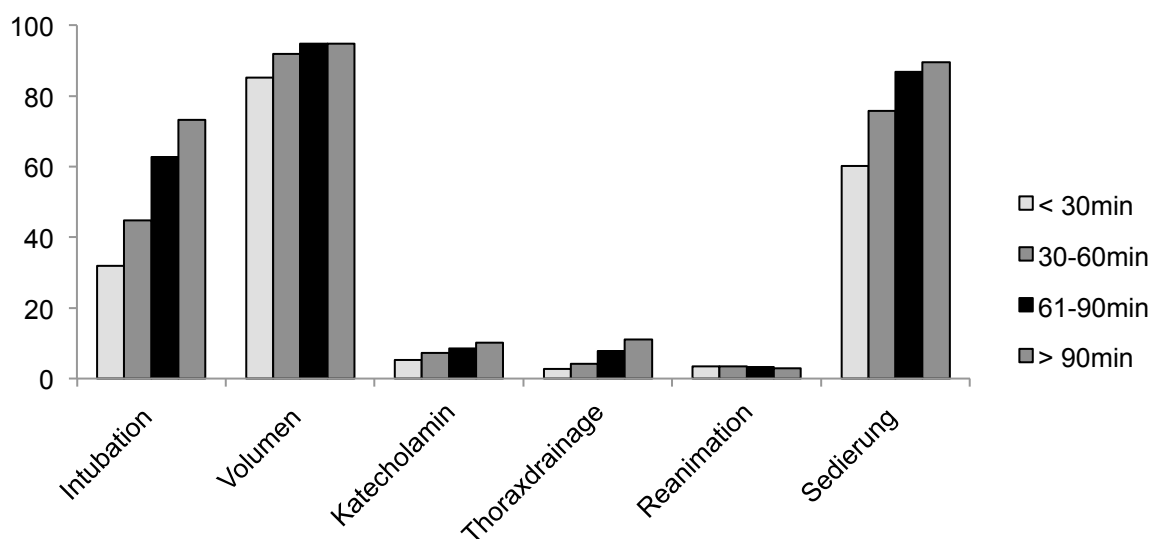


Abb. 12: Anteil präklinisch durchgeführter Maßnahmen in Abhängigkeit von der Dauer der Rettungszeit: Mit Zunahme der Rettungszeit wurden prozentual signifikant häufiger präklinische Maßnahmen durchgeführt ($p < 0,001$). Eine Ausnahme stellt die präklinische Reanimation dar. x-Achse: präklinische Maßnahmen; y-Achse: Anteil der durchgeführten Maßnahmen in Prozent (%) [38].

Zudem stieg die Verletzungsschwere gemessen anhand des ISS mit Zunahme der Rettungszeit. So lag die Verletzungsschwere in der Gruppe I bei $24,6 \pm 14,3$, der Gruppe II bei $25,9 \pm 14,4$, der Gruppe III bei $26,7 \pm 14,1$ und der Gruppe IV bei $27,5 \pm 13,7$ Punkten.

Signifikant häufiger waren dabei PKW- und LKW-Insassen Opfer der Unfälle mit den langen Rettungszeiten der Gruppe III und der Gruppe IV ($p < 0,01$; Abb. 13).

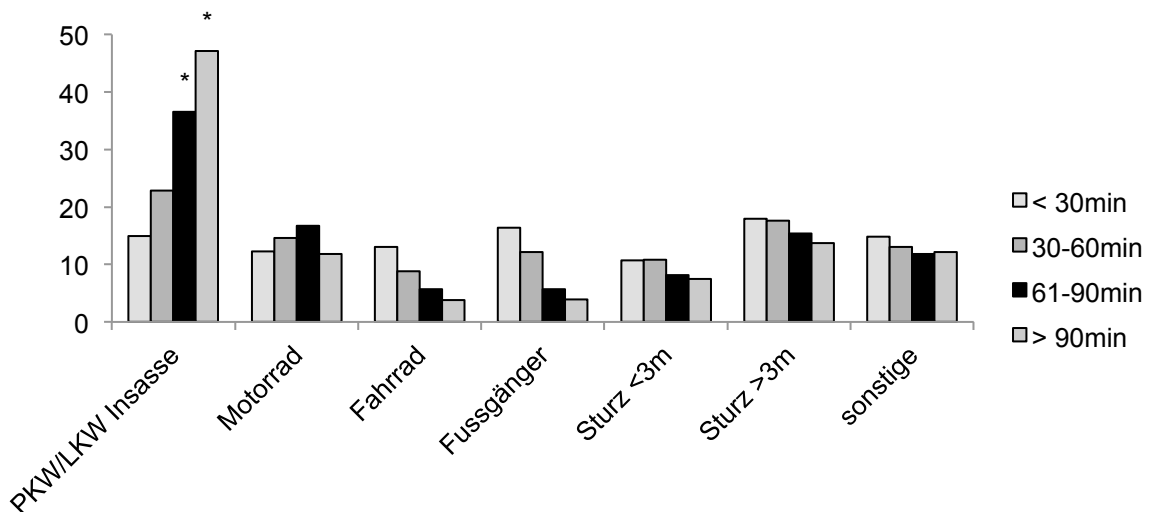


Abb. 13: Inzidenz der Unfallmechanismen in Abhängigkeit von der Dauer der Rettungszeit: Signifikante Zunahme des Verletzungsmechanismus PKW-/LKW-Insasse mit der Dauer der Rettungszeit (* $p < 0,01$). x-Achse: Unfallmechanismus; y-Achse: Prozentualer Anteil des Unfallmechanismus (%).

Die Rettungszeit ist hinsichtlich der Verletzungsart bei penetrierenden Verletzungen (63,3 min) im Vergleich zu stumpfen Traumata (67,1 min) signifikant kürzer ($p < 0,001$). Die Inzidenz penetrierender Verletzungen sinkt dabei mit Zunahme der Rettungszeit: Gruppe I (< 30 min) 7,7 %, Gruppe II (30-60 min) bei 5,4 %, Gruppe III (61-90 min) 4,2 % und Gruppe IV (> 90 min) 4,4 % (Abb. 14).

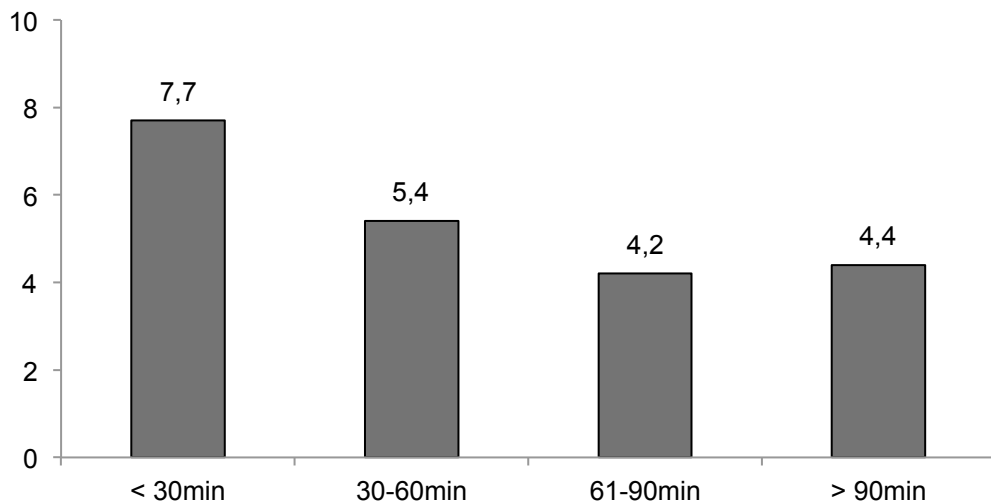


Abb. 14: Inzidenz penetrierender Verletzungen in Abhängigkeit von der Dauer der Rettungszeit: Sinkende Inzidenz an penetrierenden Verletzungen mit Zunahme der Rettungszeit. x-Achse: Gruppierung der Rettungszeit in min; y-Achse: Prozentualer Anteil an penetrierenden Verletzungen (%).

3.5. Einfluss der Rettungszeit auf die Letalität

Im Rahmen der Auswertung der Dauer der Rettungszeit (Gruppe I-IV) und der Letalität konnte kein linearen Zusammenhang ($p 0,58$) nachgewiesen werden. So lag die Letalität in Gruppe I <30 min bei 14,3 %, Gruppe II 30-60 min bei 16 %, Gruppe III 61-90 min bei 15,4 % und Gruppe IV > 90 min bei 14,4 % (Abb. 15).

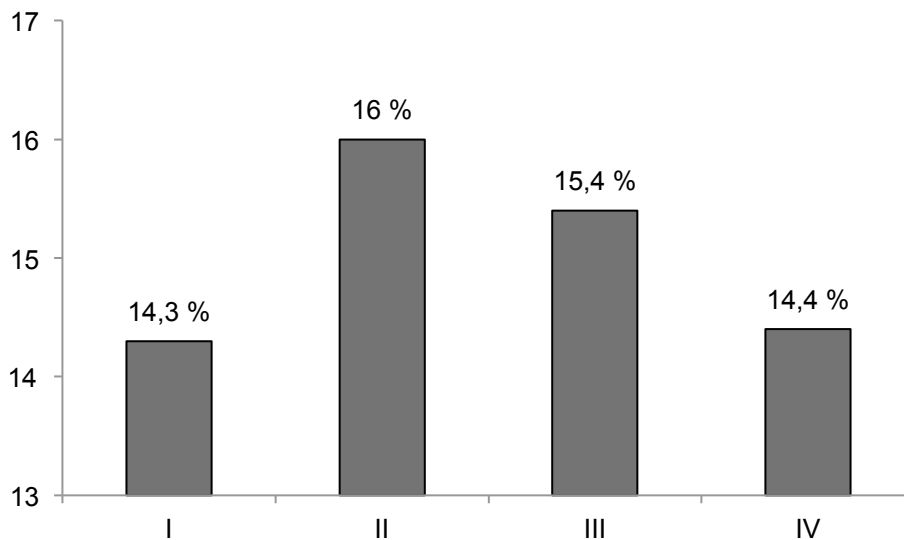


Abb. 15: Abhängigkeit der Klinikletalität von der Rettungszeit: Anstieg der Letalität in Abhängigkeit von der Rettungszeit bis Gruppe II, dann Abnahme der Letalität. x-Achse: Gruppeneiteilung der Rettungszeit in Minuten I: < 30 min, II: 30-60 min, III 61-90 min, IV: > 90 min; y-Achse: Klinikletalität in Prozent (%) [38].

3.6. Prognoserelevanz der Rettungszeit

Mit der Zielvariable Klinikletalität wurde durch multivariate Regressionsanalyse die Outcome-Relevanz der Rettungszeit in Vergleich zu bekannten präklinisch verfügbaren Prognosefaktoren gesetzt.

Die Auswertung zeigte nach Adjustierung der Prognosefaktoren initialer GCS am Unfallort, Verletzungsschwere, Art der Verletzung (stumpf vs. penetrierend), Reanimation vor Ort und erster systolischer Blutdruck am Unfallort keinen klinisch relevanten Effekt (OR 0,99; Tab. 1).

Variable	Wert	Koeffizient	p-Wert	OR	95% KI
Alter	0-54	0*		1*	
	55-64	0,77	<0,001	2,17	1,84 - 2,56
	65-74	1,45	<0,001	4,25	3,64 - 4,97
	75+	2,33	<0,001	10,24	8,80 - 11,9
ISS	pro Punkt	0,05	<0,001	1,05	1,04 – 1,05
AIS Kopf	0-3	0*		1*	
	4	-0,16	0,032	0,85	0,74 – 0,99
	5	1,32	<0,001	3,74	3,28 – 4,28
GCS	≤6	0*		1*	
	≤5	1,42	<0,001	4,14	3,68 – 4,65
Schock (RR< 90mmHg)	nein	0*		1*	
	ja	1,11	<0,001	3,03	2,66 – 3,44
Mechanismus	penetrierend	0*		1*	
	stumpf	-0,48	<0,001	0,62	0,49 – 0,78
Luftrettung	nein	0*		1*	
	ja	-0,05	0,39	0,95	0,85 – 1,06
Einwohnerzahl	Million	0*		1*	
	ab 500.000	0,35	<0,001	1,41	1,19 – 1,67
	ab 150.000	0,38	<0,001	1,46	1,23 – 1,73
	< 150.000	0,28	0,001	1,32	1,12 – 1,56
Rettungszeit	pro 10 min	-0,014	0,17	0,99	0,97 – 1,01
Konstante		-4,49	<0,001		

Tab. 1: Multivariate logistische Regression bekannter Prognosefaktoren unter Einfluss der Rettungszeit für die Zielgröße Klinikletalität^a: Die Rettungszeit (OR 0,99) hat im Vergleich zu bekannten prognoserelevanten Faktoren keine klinisch relevanten Einfluss auf die Zielgröße Klinikletalität. Die Analyse basiert auf 18.241 Patienten mit vollständigen Angaben zu allen Variablen. * Referenzklasse bei kategorialen Variablen; KI: Konfidenzintervall; OR: Odds-Ratio [38].

Die nachfolgenden Auswertungen beziehen sich auf das zweite Kollektiv von 1999-2007 zum Vergleich der Region Berlin-Brandenburg (BB) mit Deutschland ohne BB (D-BB).

3.7. Unterschiede im Vergleich der Region Berlin-Brandenburg mit Deutschland

Diese Auswertung erfasste insgesamt 166 Kliniken, wobei zum Untersuchungszeitraum 7 Kliniken auf die Region Berlin-Brandenburg (BB) fielen (4,2%). Insgesamt konnten die Daten von 23.958 Patienten ausgewertet werden, wobei 4,6% der Patienten (n=1112) aus der Region BB stammten. In Tab. 2 sind die Charakteristika beider Kollektive abgebildet.

Parameter	D-BB	BB
N=	22.846	1112
Alter (Jahre)	42,5	40,3
Nebenerkrankungen (%)	28,9	34,9
Männlich (%)	73	71
ISS (Punkte)	25,7	28,3
Krankenhaustage	27,1	28,3
Intensivtherapie (d)	10,6	10,8
Beatmungstage	6,7	6
Letalität < 24h (%)	7	6,4
Letalität (%)	14,8	12,9

Tab. 2: Charakteristika der Kollektive Region Berlin-Brandenburg (BB) und Deutschland ohne Berlin-Brandenburg (D-BB): Vergleichbare Kollektive mit Unterschieden in der Inzidenz der Nebenerkrankungen, Verletzungsschwere und Klinikletalität.

Die Analyse des ursächlichen Traumamechanismus zeigte ein großstadttypisches Verletzungsmuster für die Region BB mit erhöhter Inzidenz an verletzten Fußgängern, Suiziden und erniedrigten Inzidenz an verletzten PKW-Insassen (Tab. 3).

Unfallmechanismus	D-BB	BB
PKW-Insasse (%)	30,6	21
Motorradfahrer (%)	14,3	15
Fahrradfahrer (%)	7,1	8,1
Fußgänger (%)	7,1	16,3
Sturz > 3 m (%)	15,2	18,7
Sturz < 3 m (%)	11,2	7,3
Suizid	5	9,3
Sonstige	13,9	13,5

Tab. 3: Häufigkeit der Unfallmechanismen in Abhängigkeit von der Region: großstadt-spezifische Häufung an verletzten Fußgängern und Suiziden in BB, dafür erhöhte Inzidenz an Verletzten durch PKW-Unfälle im Kollektiv Deutschland ohne Brandenburg.

Bezüglich der Inzidenz an lebensbedrohlichen Verletzungen (AIS > 4) zeigten sich nachfolgend aufgeführte Unterschiede in den beiden Kollektiven (Tab. 4):

AIS > 4	D-BB	BB
Kopf (%)	48,9	47,5
Thorax (%)	49,6	60,5
Abdomen (%)	18,8	22
Becken (%)	39,3	47,8

Tab. 4: Inzidenz an lebensbedrohlichen Verletzungen in Abhängigkeit von der Körperregion anhand der Abbreviated Injury Scale (AIS): Höhere Inzidenz im BB-Kollektiv an lebensbedrohlichen Thorax- und Beckenverletzungen.

Die Analyse hinsichtlich der Art des Rettungsmittels zeigte einen deutlich niedrigeren Einsatz der Luftrettung in der Region BB im Vergleich zu D-BB (Abb. 16).

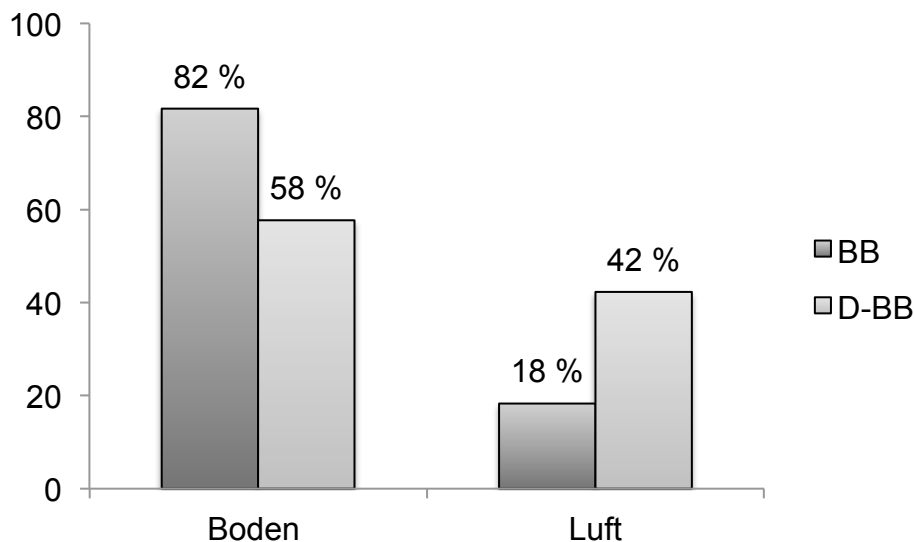


Abb. 16: Häufigkeit des eingesetzten Rettungsmittels: Deutlich niedrigere Häufigkeit an Patienten welche mittels Luftrettung in der Region BB eingeliefert wurden im Vergleich zu D-BB. x-Achse: Unterscheidung Rettungsmittel in Boden (RTW, NEF, NAW) und Luft (RTH, ITH); y-Achse Häufigkeit in Prozent (%).

Die Klinikletalität binnen 24h nach Trauma betrug in BB 6,4 %, insgesamt ergab sich eine Letalität von 12,9 %. Eine Analyse der Letalität in Abhängigkeit des Rettungsmittels zeigt eine deutlich höhere Letalität bei den Transporten mit NEF/NAW (13,7 %) und Luftrettung (RTH/ITH; 16,5 %) gegenüber denjenigen mit RTW (5,2 %) (Abb. 17).

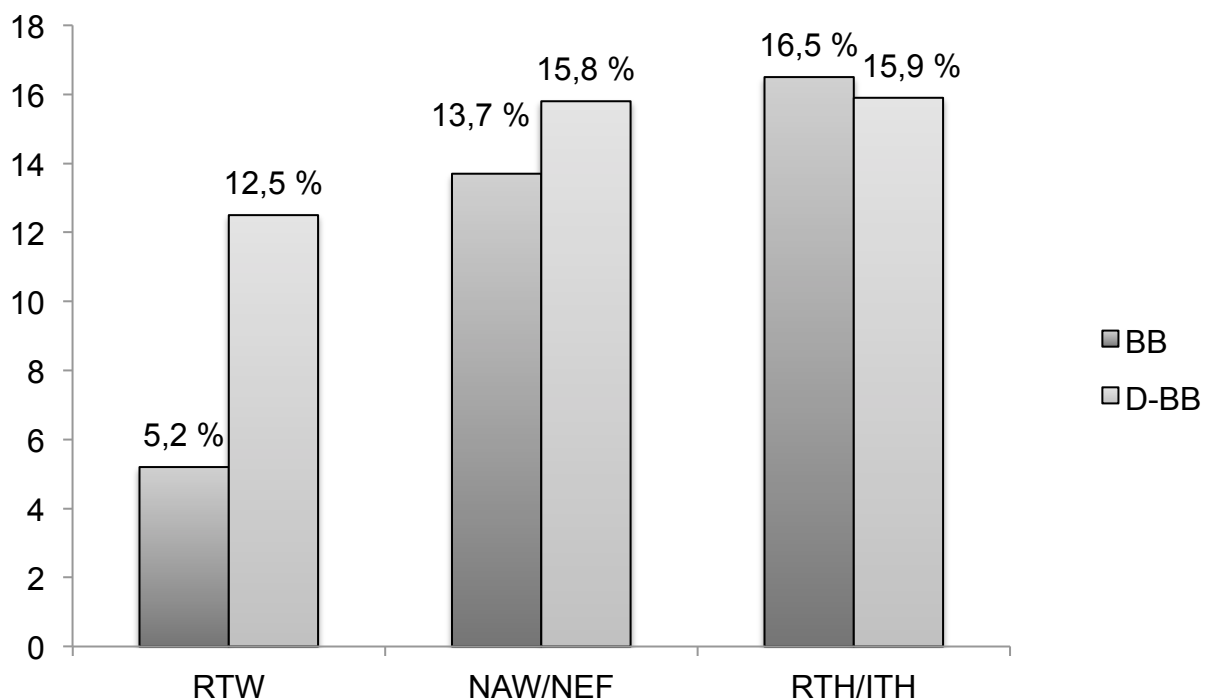


Abb. 17: Abhängigkeit der Klinikletalität vom Rettungsmittel: Steigende Klinikletalität von RTW zu den mit Notarzt besetzten Rettungsmitteln (NEF, NAW) und Luftrettung. Mit Ausnahme der Luftrettung höhere Klinikletalität in D-BB im Vergleich zu BB. x-Achse: Rettungsmittel; y-Achse: Klinikletalität in Prozent (%).

Hinsichtlich der Verletzungsschwere konnte eine Zunahme dieser von den Einsätzen mit RTW, hin zu den bodengebundenen Notarzt (NAW, NEF) - und Luftrettungseinsätzen (RTH, ITH) beobachtet werden (Abb. 18).

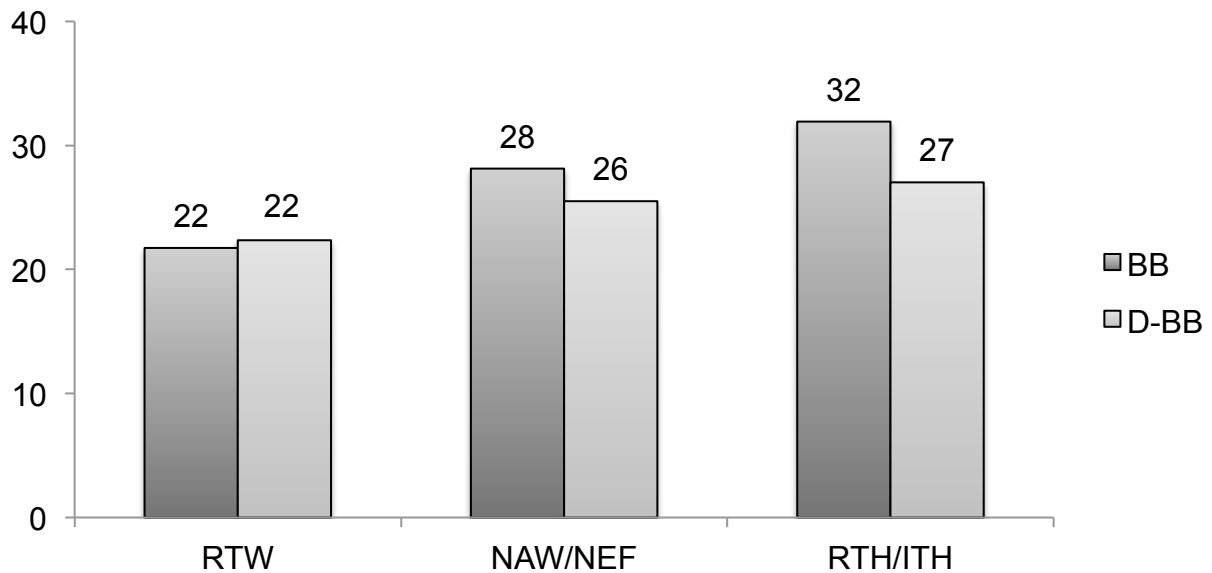


Abb. 18: Abhängigkeit der Verletzungsschwere gemessen anhand des ISS und dem Rettungsmittel: Zunahme der Verletzungsschwere von RTW, hin zu dem bodengebundenen Notarzt und der Luftrettung. x-Achse: Rettungsmittel; y-Achse: Verletzungsschwere anhand ISS in Punkten.

Die höhere Letalität für die Luftrettung lässt sich durch eine höhere Verletzungsschwere anhand des ISS gegenüber den anderen Rettungsmittel erklären.

Bezüglich der Analyse der Rettungszeit in Abhängigkeit von dem Rettungsmittel zeigte sich eine deutlich kürzer Rettungszeit für den bodengebundenen Rettungsdienst in BB im Vergleich zu D-BB, wohingegen die Luftrettung durchschnittlich 10 min längere Rettungszeiten in der Region BB aufzeigte (Abb. 19).

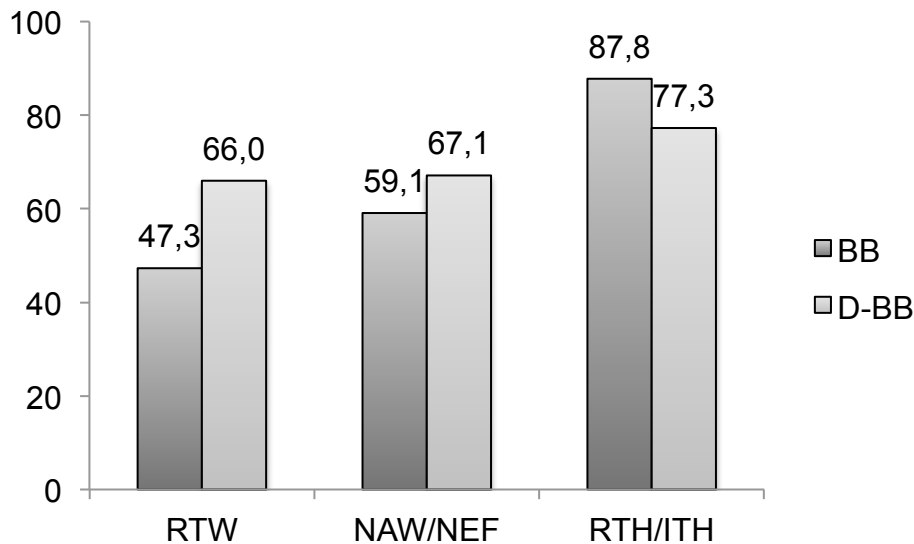


Abb. 19: Abhängigkeit der Rettungszeit vom Rettungsmittel: Kürzer Rettungszeiten in der Region Berlin-Brandenburg für bodengebundenen Rettungsdienst (RTW, NEF, NAW) im Vergleich zu D-BB. Längere Rettungszeiten für Luftrettung in BB. x-Achse: Rettungsmittel; y-Achse: Rettungszeit in min.

Eine weitere Auswertung der Rettungszeit unterteilt nach Anfahrt, Versorgung und Transport zeigte kürzere Anfahrtszeiten in der Region BB im Vergleich zu D-BB (Abb. 20).

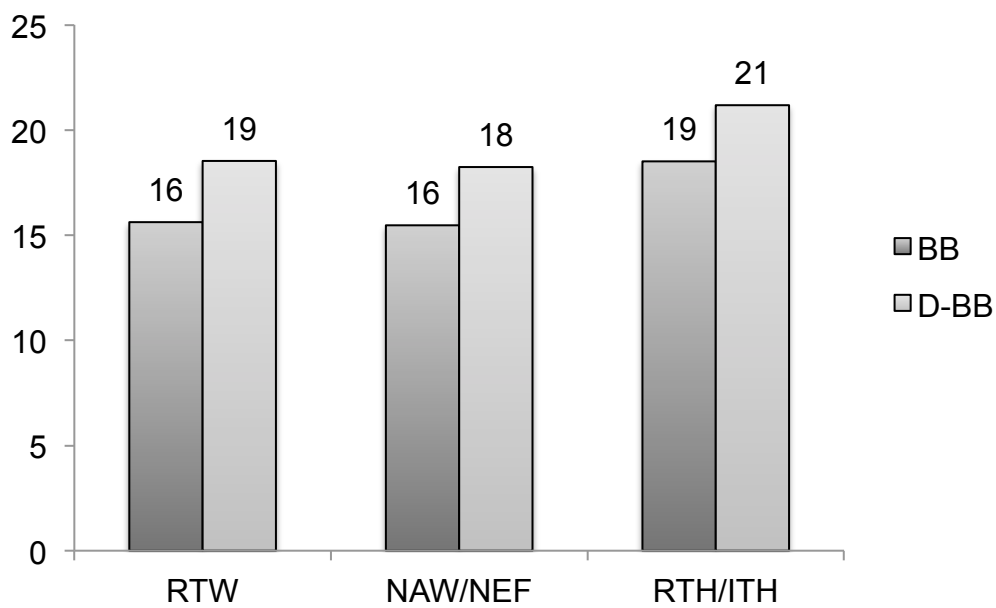


Abb. 20: Anfahrtszeit in Abhängigkeit von dem Rettungsmittel: Deutlich kürzere Anfahrtszeiten in der Region BB im Vergleich zu D-BB. x-Achse: Rettungsmittel; y-Achse: Anfahrtszeit in min.

Die Versorgungszeiten am Unfallort fielen für den bodengebundenen Rettungsdienst in BB kürzer und für den Luftrettungsdienst in BB im Vergleich zu D-BB tendenziell länger aus (Abb. 21).

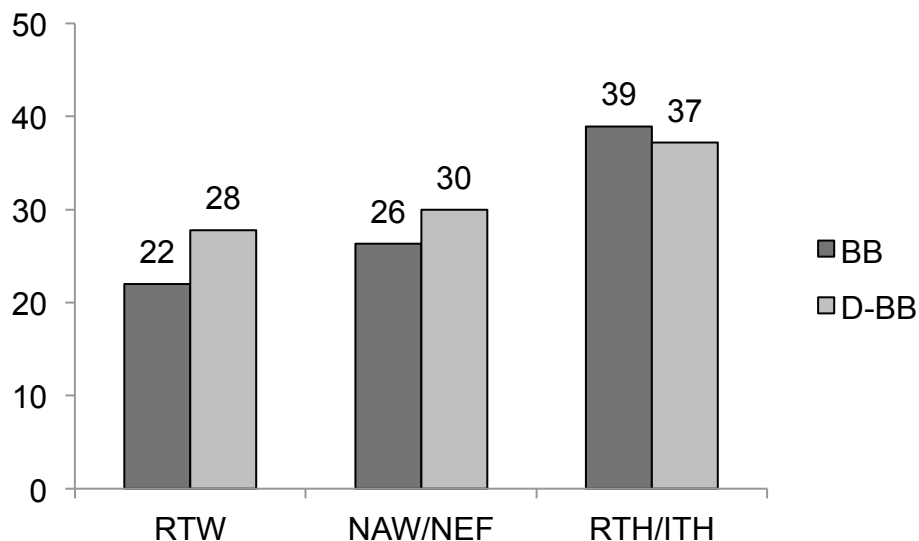


Abb. 21: Versorgungszeit am Unfallort in Abhängigkeit von dem Rettungsmittel: Kürzere Versorgungszeit am Unfallort für den bodengebundenen Rettungsdienst und längere Versorgungszeit für den Luftrettungsdienst in der Region BB im Vergleich zu D-BB. x-Achse: Rettungsmittel; y-Achse: Versorgungszeit in min.

Während bei den o.g. Punkten keine wesentlichen Unterschiede der Region BB zu den Zeiten im Vergleich zu D-BB zu sehen sind, fallen in der Analyse der Transportzeiten vom Unfallort in die Klinik kürzere Zeiten für den bodengebundenen Rettungsdienst und längere Zeiten für die Luftrettung der Region BB im Vergleich zu D-BB auf. Dabei benötigte der Luftrettungsdienst durchschnittlich 7 Minuten länger (Abb. 22).

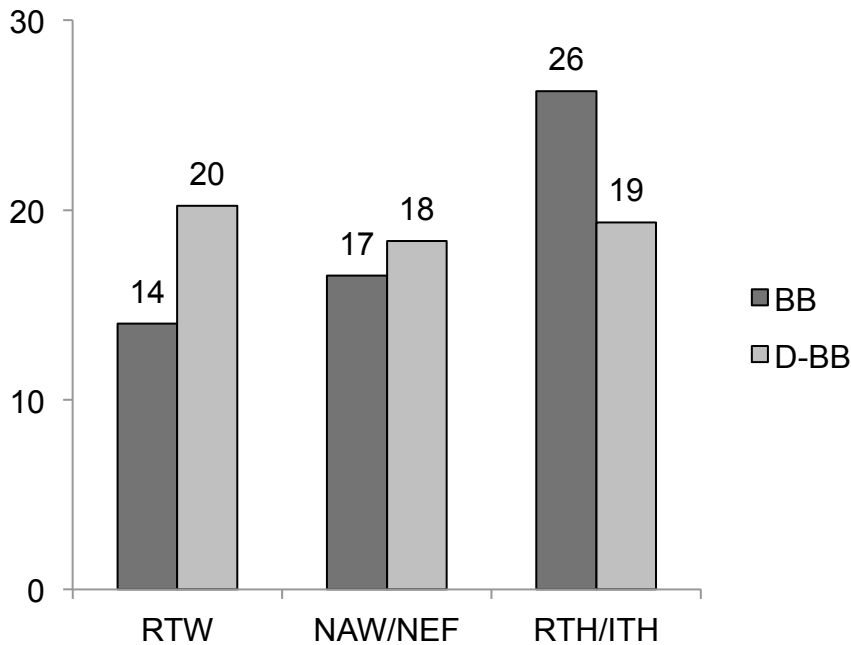


Abb. 22: Transportzeit in Abhängigkeit von dem Rettungsmittel: Kürzere Transportzeit für den bodengebundenen Rettungsdienst und längere Transportzeit für den Luftrettungsdienst in der Region BB im Vergleich zu D-BB. x-Achse: Rettungsmittel; y-Achse: Transportzeit in min.

Bezüglich der Häufigkeit präklinischer Maßnahmen gab es in Abhängigkeit von der Region BB oder D-BB keine wesentlichen Unterschiede mit Ausnahme der Häufigkeit der präklinischen Intubation und Anlage einer Thoraxdrainage (47 vs. 57 %; $p < 0,001$). Die am häufigsten durchgeführten präklinischen Maßnahmen in beiden Kollektiven waren die Volumengabe, Sedierung und Intubation (Abb. 23).

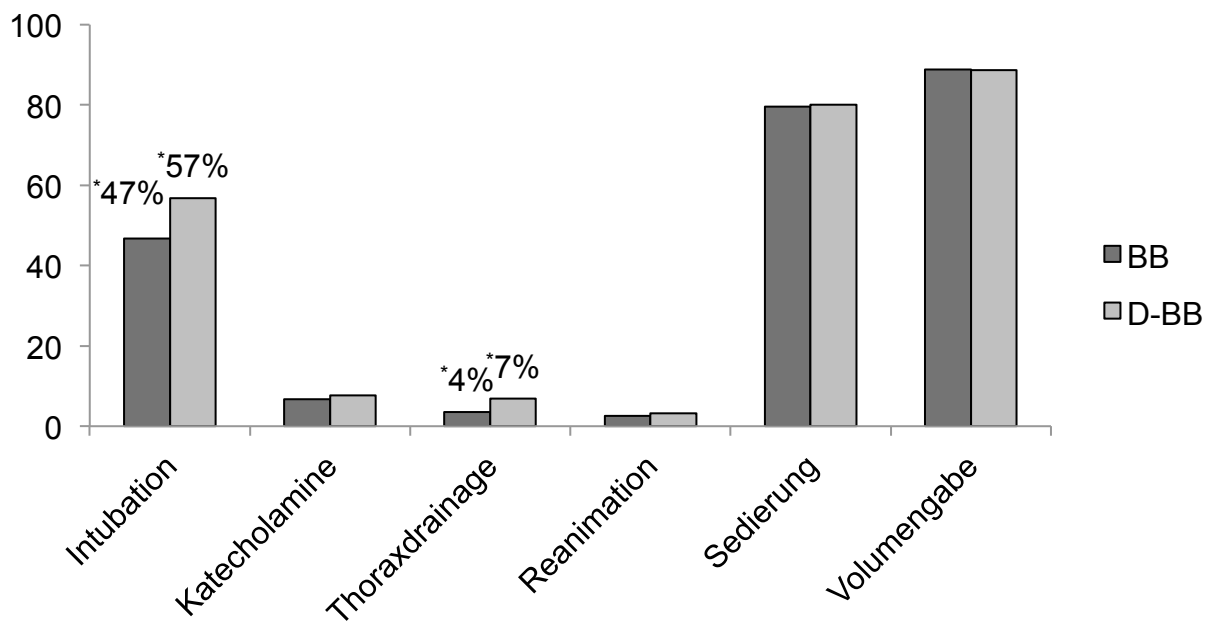


Abb. 23: Häufigkeit präklinisch durchgeführter Maßnahmen in Abhängigkeit von der Region: Keine wesentlichen Unterschiede der Häufigkeit der präklinischen Maßnahmen in der Region BB im Vergleich zu D-BB mit Ausnahme der signifikant häufigeren präklinischen Intubation und Anlage einer Thoraxdrainage in D-BB im Vergleich zu BB (* $p < 0,001$). Volumengabe, Sedierung und Intubation waren die häufigsten Maßnahmen. x-Achse: präklinische Maßnahmen; y-Achse: Anteil der durchgeführten Maßnahmen in Prozent (%).

Die Inzidenz eines Schocks, gemessen mittels systolischem Blutdruck ≤ 90 mmHg, lag in der Region BB mit 17,7 % seltener vor als im Deutschlandvergleich (19,8 %). Die systolischen Blutdruckwerte bei Aufnahme im Schockraum lagen in BB durchschnittlich bei 125 mmHg im Vergleich zu 122 mmHg in D-BB, wohingegen Patienten der Region D-BB mit deutlich schlechteren Parametern in Bezug auf eine metabolische Azidose in die Kliniken aufgenommen wurden (Abb. 24 und 25).

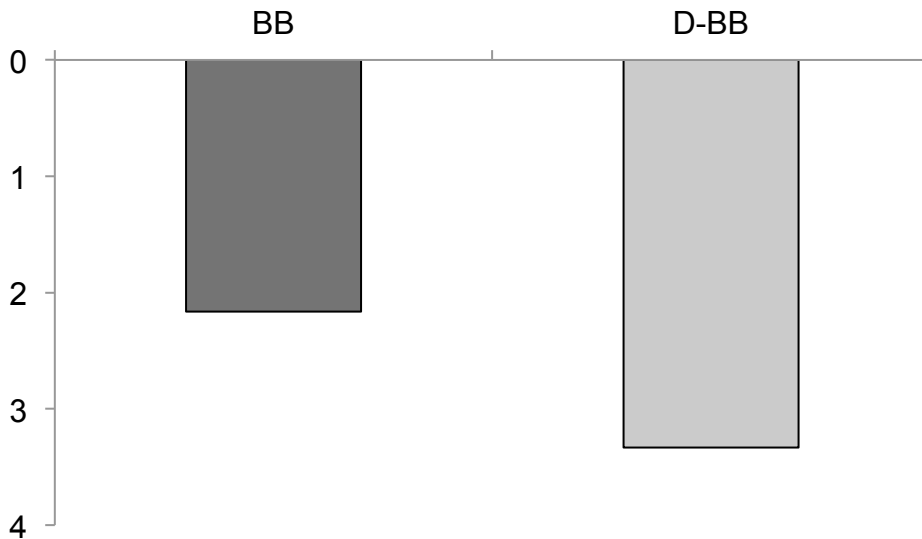


Abb. 24: Basendefizit bei Aufnahme im Schockraum im Vergleich BB zu D-BB: Erniedrigter BE in D-BB (-3,33) im Vergleich zu BB (2,2). x-Achse: Vergleich Region Berlin-Brandenburg (BB) vs. D-BB (Deutschland ohne BB); y-Achse: mmol/l.

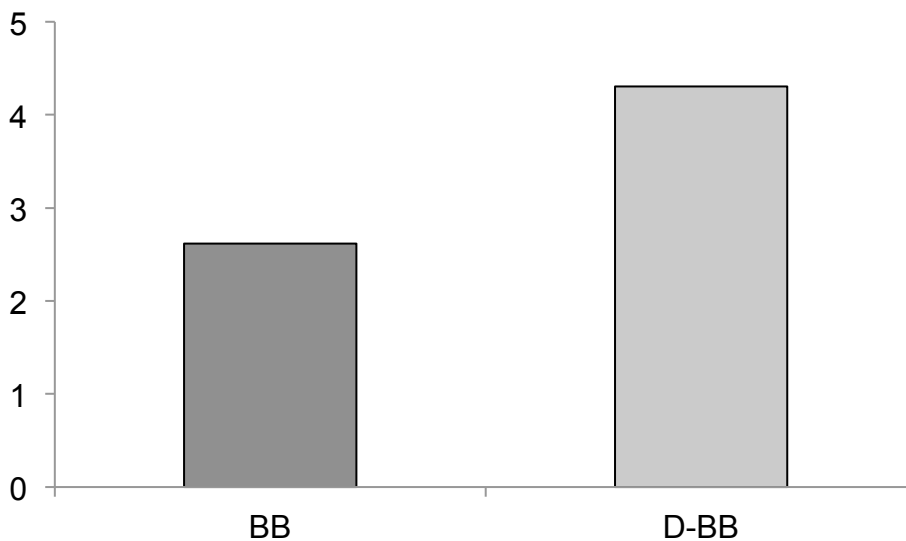


Abb. 25: Laktat bei Aufnahme im Schockraum im Vergleich BB zu D-BB: Erhöhtes Laktat in D-BB (4,3) im Vergleich zu BB (2,6). x-Achse: Vergleich Region Berlin-Brandenburg (BB) vs. D-BB (Deutschland ohne BB); y-Achse: mmol/l.

3.8. Präklinische Versorgungsqualität im Vergleich der Region Berlin-Brandenburg mit Deutschland

Zur Analyse der präklinischen Versorgungsqualität wurde in Anlehnung an die Leitlinienempfehlungen die Kriterien präklinische Intubation (bei schwerem SHT mit GCS < 9 Punkten) und Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage (bei Vorliegen eines Spannungspneumothorax gemessen anhand eines AIS- Thorax von 5) ausgewertet [21].

Eine präklinische Intubation erfolgte bei schwerem SHT mit GCS < 9 Punkten in BB in 94,3 % und in D-BB in 93,7 % der Fälle. Patienten ohne schweres SHT und GCS < 9 Punkten wurden häufiger im Kollektiv D-BB im Vergleich zu BB präklinisch intubiert (Abb. 26).

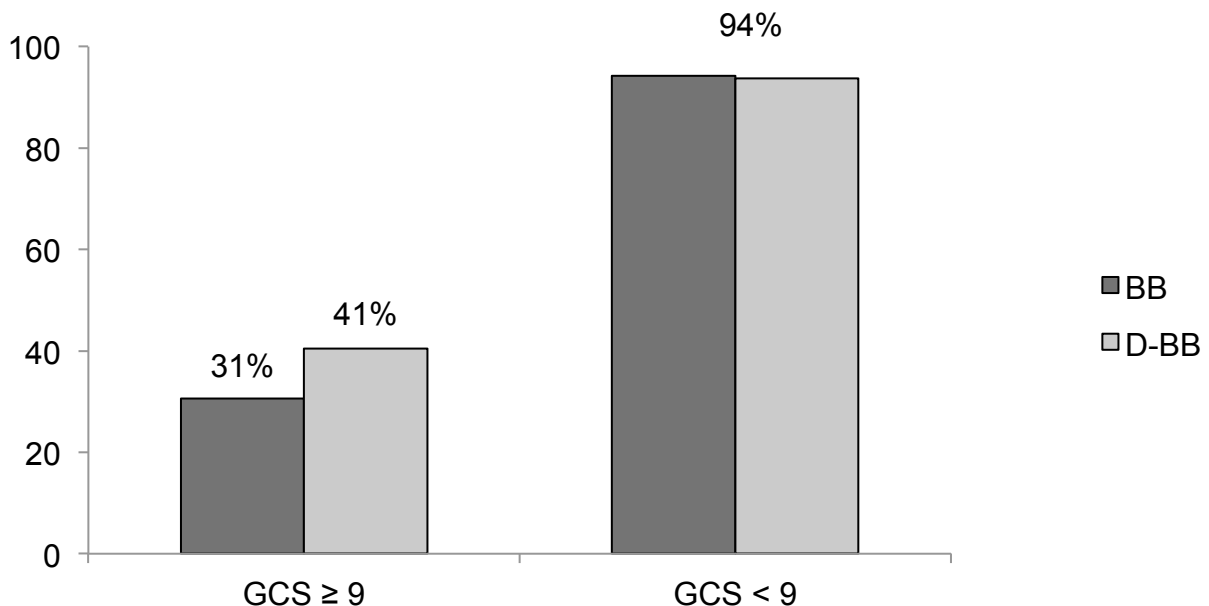


Abb. 26: Qualitätsindikator präklinische Intubation bei schwerem SHT mit GCS < 9 Punkten: In 94% der Fälle erfolgte eine leitlinienkonforme präklinische Intubation. Häufigere präklinische Intubation in D-BB im Vergleich zu BB in Gruppe mit GCS ≥ 9 Punkten ohne schweres SHT. x-Achse: Gruppierung GCS < 9 und ≥ 9 Punkte; y-Achse: Häufigkeit der präklinischen Intubation in Prozent (%).

Weiterhin zeigte sich eine häufigere präklinische Intubation in der Gruppe D-BB im Vergleich zu BB in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere. Polytraumatisierte Patienten gemessen anhand eines ISS ≥ 25 Punkten wurden in BB zu 66 % und in D-BB zu 71 % präklinisch intubiert. Überraschenderweise erfolgte bei moderater Verletzungsschwere (ISS < 25 Punkte) in 43% der Fälle in der Region D-BB eine präklinische Intubation (Abb. 27).

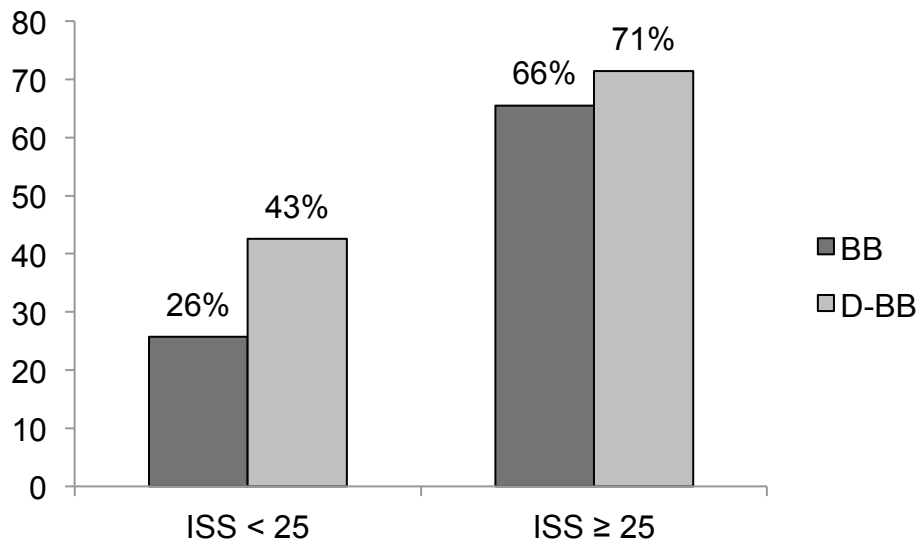


Abb. 27: Präklinische Intubation in Abhängigkeit der Verletzungsschwere: Über 1/3 der Patienten mit Polytrauma gemessen anhand des ISS > 25 Punkten wurden präklinisch intubiert. Immerhin wurden 43 % der Patienten mit einer moderaten Verletzungsschwere (ISS < 25 Punkte) in D-BB ebenfalls präklinisch intubiert. x-Achse: Gruppierung Verletzungsschwere ISS < 25 und Polytrauma mit ISS ≥ 25 Punkten; y-Achse: Häufigkeit der präklinischen Intubation in Prozent (%).

Als abschließenden Qualitätsparameter untersuchten wir die Häufigkeit der Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage bei schwerstem Thoraxtrauma (AIS ≥ 5) als Indikator für das Vorliegen eines Spannungspneumothorax: in BB erhielten 18,3 % und in D-BB 22 % eine Drainage (Abb. 28).

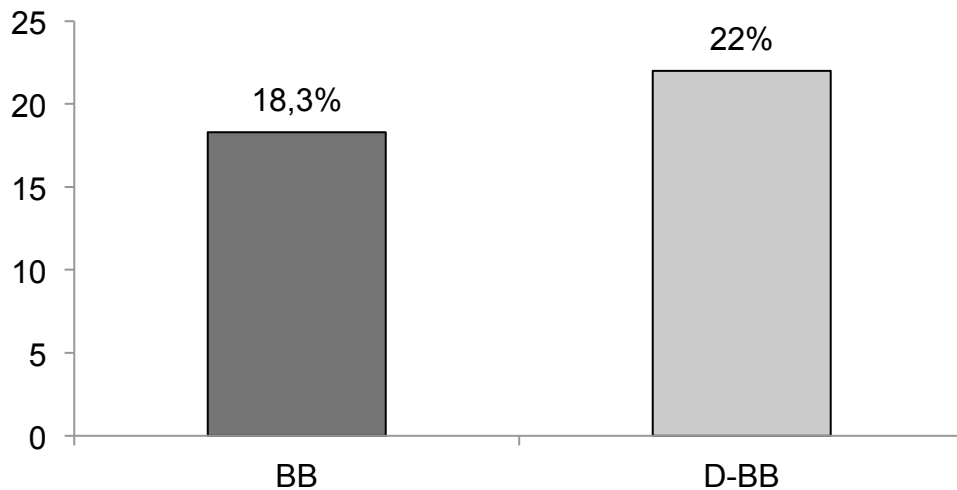


Abb. 28: Qualitätsindikator präklinische Anlage einer Thoraxdrainage bei schwerstem Thoraxtrauma (AIS \geq 5): In 18,3 % der Fälle erfolgte die präklinische Anlage in BB und zu 22 % in D-BB. x-Achse: Vergleich Region Berlin-Brandenburg (BB) vs. D-BB (Deutschland ohne BB); y-Achse: Häufigkeit der präklinischen Anlage einer Thoraxdrainage in Prozent (%).

4. Diskussion

Die vorliegende Dissertationsschrift untersuchte systematisch den Einfluss der Rettungszeit und der Infrastruktur (anhand der Einwohnerzahl) im notarztbasierten deutschen Rettungssystem bezüglich des Outcomes von Schwerverletzten. Weiterhin wurde mittels verschiedener Qualitätsindikatoren ein Status quo der Traumversorgung in der Region Berlin-Brandenburg und Deutschland erhoben.

Wir konnten dabei in unserer Studie keinen klinisch relevanten Einfluss der Rettungszeit auf das Überleben nachweisen. Weiterhin zeigte sich die Wertigkeit der Rettungszeit in einer multivariaten logistischen Regression im Vergleich zu anderen prognoserelevanten Faktoren als vernachlässigbar. Die niedrigere Letalität von Traumapatienten in Ballungszentren gegenüber mittelgroßen Städten scheint durch infrastrukturelle Voraussetzungen, gemessen anhand der Einwohnerzahl, beeinflusst zu sein. Die Analyse der Qualitätsindikatoren zeigte eine tendenziell zu liberale Indikationsstellung zur präklinischen Intubation und zu restriktive Indikationsstellung bezüglich der Anlage einer präklinischen Thoraxdrainage.

Wir schlussfolgerten, dass einsatztaktische Konzepte und Überlegungen die kategorisch an eine Rettungszeit unter 1 Stunde festhalten, entsprechend der „golden hour of shock“, nicht evidenzbasiert und zulässig sind. Wir schlagen daher eine neue „golden period of trauma“ als einsatztaktisches Prinzip der präklinischen Traumaversorgung vor. Dabei steht nicht die Länge der Rettungszeit, sondern deren Anpassung an das jeweilige Verletzungsmuster, die pathophysiologischen Probleme und die Gegebenheiten am Notfallort im Vordergrund.

4.1. Unterschiede in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl

Die Letalität in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl bot keinen linearen Verlauf. Sie stieg von Millionenstädten zu mittelgroßen Städten an (14-18 %) und lag bei Kleinstädten erneut bei 14 %. Eine Erklärung dafür könnte die Gewichtung der Kleinstädte mit 53 % der Gesamtdaten sein. Dies bestätigt die Betrachtung der Verletzungsschwere, die bei Patienten, welche in Kleinstädten behandelt wurden, gemessen anhand des ISS signifikant niedriger war. Die höchste Verletzungsschwere wurde in Millionenstädten und mittelgroßen Städten nachgewiesen. Die Auswertung der präklinisch durchgeführten Maßnahmen zeigte mit durchschnittlich 2,3-2,6 Maßnahmen

keinen klinisch relevanten Unterschied in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl der aufnehmenden Klinik. Auch das Alter als einer der wesentlichen prognoserelevanten Faktoren bot keinen signifikanten Unterschied.

Es konnte jedoch ein deutlicher Zusammenhang bezüglich dem eingesetzten Rettungsmittel und der Einwohnerzahl der aufnehmenden Klinik nachgewiesen werden. So kam die Luftrettung erwartungsgemäß seltener in Millionenstädten (34 %) zum Einsatz als in Groß- (40 %) und mittelgroßen Städten (46 %). Noch deutlicher konnten wir dies in der zweiten Auswertung für die Region Berlin-Brandenburg herausarbeiten, wobei in BB nur 18% im Vergleich zu 42 % in D-BB mittels Luftrettung in die Kliniken eingeliefert wurden. Dies lässt sich aus unserer Sicht durch die infrastrukturellen Voraussetzungen und Probleme des Landeplatzes der Luftrettung in Millionenstädten erklären. Metropolen wie Berlin und Hamburg mit regulärem Einsatz der Luftrettung auch innerhalb der Millionenstadt stellen eher die Ausnahme dar [37]. Weiterhin ist das Netz bodengebundener Rettungsmittel in Metropolen meist so dicht (z.B. 26 notarzt-besetzte Rettungsmittel), dass sich der Einsatz der Luftrettung mit im Vergleich längeren Vorlaufzeiten nicht lohnt [37]. Das primäre Einsatzgebiet der Luftrettung sind aus unserer Sicht die Randbezirke der Millionen- und Großstädte und der ländliche Bereich. Dies verdeutlicht der Anteil an Patienten von knapp 50 %, welche in mittelgroßen Städten durch die Luftrettung eingeliefert wurden. Bei den Kleinstädten lag die Häufigkeit der Einlieferung von Patienten mit der Luftrettung bei 38 %. Dies könnte dadurch begründet sein, dass Städte < 150.000 Einwohner meist nicht über ein überregionales Traumazentrum verfügen und somit Patienten mit schweren Verletzungen dort seltener eingeliefert werden.

Erwartungsgemäß konnten wir kurze Rettungszeiten für die bodengebundene Rettung in Millionenstädten vor Groß-, mittelgroßen und Kleinstädten nachweisen. Signifikant längere Rettungszeiten wurden hingegen in der Luftrettung mit 73,9-76,6 Minuten festgestellt. Dies stimmt mit den Ergebnissen anderer Studien überein, die ebenfalls für die Luftrettung längere Rettungszeiten aufzeigten [2, 27, 46]. Dabei waren diese in Millionenstädten mit ca. 77 Minuten am längsten. Ursächlich könnte der Einsatz der Luftrettung v.a. im Umland der Millionenstädte sein. Beispielhaft sind Patienten nach Verkehrsunfall auf den Bundesstraßen oder Autobahnen genannt, welche aufgrund ihrer hohen Verletzungsschwere in ein urbanes überregionales Traumazentrum gebracht werden müssen.

4.2. Die Rettungszeit

Unabhängig von der Einwohnerzahl bestätigte sich das Ergebnis der signifikant kürzeren Rettungszeiten (65,2 min) der bodengebundenen Rettung im Vergleich zur Luftrettung (76 min) ($p < 0,001$). Die von Cowley et. al. und Trunkey et. al. propagierte „golden hour“ wurde nur durch die bodengebundene Rettung in Millionenstädten (58 min) eingehalten. Der Hauptzeitfaktor unabhängig vom Rettungsmittel und der Dauer der Rettungszeit war die Fahrt- oder Flugzeit, die sich aus Anfahrt-/flug und Transport in die Klinik zusammensetzt.

Die Versorgungszeiten lagen zwischen 26-30 Minuten für die bodengebundene Rettung. Feero et. al. veröffentlichte Rettungszeiten in einem amerikanischen Paramedic-System von 25-30 Minuten bei Versorgungszeiten von 8 -12 Minuten [24]. Hier gilt es zu berücksichtigen, dass Paramedic-Systeme eher nach dem „Scoop and Run“-Prinzip arbeiten und deshalb weniger präklinische Maßnahmen durchgeführt werden, was wiederum die Versorgungszeit minimiert. Eine weitere Studie eines Paramedic-Systems in Ontario von Stiell et. al. unterschied die Versorgungszeit in Abhängigkeit von dem präklinischen Konzept [71]. In der Gruppe mit Basic Life Support (BLS) lagen Rettungszeiten von 30 Minuten, Versorgungszeiten von 15 Minuten und in der Advanced Life Support (ALS)-Gruppe Rettungszeiten von 34 Minuten und Versorgungszeiten von 17 Minuten vor [71]. Der Unterschied zwischen der BLS- und ALS-Gruppe von 2 min erscheint dabei sehr kurz und weist auf nur bedingt erweiterte präklinische Maßnahmen hin. Zusammenfassend sind die Versorgungszeiten in unserem bodengebundenen deutschen Rettungssystem ca. doppelt so lange wie im nordamerikanischen Paramedic-System.

Pons et. al. konnte keinen Mortalitätsunterschied für Traumapatienten in einem urbanen Paramedic-System in Abhängigkeit von der Anfahrtszeit (± 8 min), also der Zeit von Unfall bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes nachweisen [58]. Eine Erklärung könnte hier ein Selektionsbias sein, da diese retrospektive Untersuchung anhand einer monozentrischen Traumadatenbank durchgeführt wurde [58]. Patienten, welche die Klinik nicht erreichten, wurden nicht erfasst. Somit ist aus unserer Sicht obig genannter Rückschluss nicht unreflektiert auf unser deutsches System anwendbar [58].

Weiterhin zeigte sich ein Trend zu längeren Fahrt- /Flugzeiten mit Abnahme der Einwohnerzahl als Hinweis auf die infrastrukturellen Voraussetzungen und klassischen Einsatzgebiete der Luftrettung im ländlichen Raum. Die Analyse der Rettungszeiten in

unserer Arbeit konnte signifikant längere Versorgungszeiten von 38 min für die Luftrettung nachweisen und damit die Ergebnisse weiteren Studien bestätigen [2, 27, 46]. Diese konnten jedoch einen Überlebensvorteil gerade für Patienten mit schweren Verletzungen (ISS 25-50 Punkte) nachweisen, welche den Einsatz und die langen Versorgungszeit zu rechtfertigen scheinen [1, 27, 46]. Weiterhin ist der Einsatz eines notarztbesetzten Rettungsmittels entsprechend unserer Daten nicht unbedingt mit einer Verlängerung der Rettungszeit vergesellschaftet. Van der Velden et. al. untersuchte die Unterschiede der Anzahl der präklinischen Maßnahmen in einem Paramedic- und HEMS-System und konnte ebenfalls zeigen, dass durch die Luftrettung signifikant häufiger Maßnahmen durchgeführt wurden, ohne jedoch zwangsläufig die Versorgungszeit zu verlängern [75]. Dabei lag die Versorgungszeit bei Paramedics durchschnittlich bei 28 Minuten und bei HEMS bei 35 Minuten [75]. Mit Zunahme der Verletzungsschwere (ISS \geq 16 Punkte) verlängerte sich die Versorgungszeit in der Paramedic-Gruppe von durchschnittlich 27 auf 30 min [75]. Weiterhin ist der Einsatz eines Luftrettungsmittels nicht automatisch mit einer Verlängerung der Rettungszeit assoziiert. Dies konnte eine niederländische Studie im Vergleich HEMS vs. Paramedic-System nachweisen [75]. Die Spezialisierung von Rettungsmitteln auf bestimmte Verletzungen, am Beispiel der niederländischen „Lifeline“ (HEMS spezialisiert für Traumaversorgung) oder des London-HEMS, biete das Potential die Letalität spezifischer Verletzungsmuster zu senken [18, 75].

Ein Hinweis für längere Versorgungszeiten aufgrund der Notwendigkeit präklinischer invasiver Therapie, ist die signifikante Zunahme der präklinischen Maßnahmen mit Zunahme der Rettungszeit ($p < 0,001$). Eine Ausnahme stellt dabei die präklinische Reanimation dar. Eine Ursache längerer Rettungszeiten stellt die Tatsache dar, dass diese proportional zur Anzahl präklinisch durchgeführter medizinischer Maßnahmen steigt. Zudem waren die längeren Rettungszeiten mit einer Zunahme der Verletzungsschwere assoziiert, was die erhöhte Notwendigkeit von multiplen präklinischen Maßnahmen erforderte. Die Rettungszeit bei Unfällen mit Beteiligung von PKW- und LKW- Insassen war mit signifikant längeren Rettungszeiten (> 60 min) verbunden ($p < 0,01$). Als Einschränkung muss jedoch angemerkt werden, dass im TR-DGU nur ausgewählte präklinische Maßnahmen erfasst werden und somit keine ganzheitliche Aussage zu den präklinischen Maßnahmen getroffen werden kann.

Weiterhin ist die Beurteilung der Angemessenheit präklinisch durchgeführter Maßnahmen nur bedingt möglich (siehe 4.3.).

In Zusammenhang mit dem Verletzungsmechanismus zeigte sich eine signifikant kürzere Rettungszeit für penetrierende (63 min) im Vergleich zu stumpfen Verletzungen (67 min; $p < 0,001$). Die Inzidenz von penetrierenden Verletzungen sank dabei mit Zunahme der Rettungszeit. Dies ist aus unserer Sicht hinweisgebend auf das Verständnis der penetrierenden Verletzungen als zeitkritischen Einsatz, meist bedingt durch präklinisch nicht beherrschbare innere Blutungen. Eine andere Erklärung könnte der Selektionsbias sein, da Patienten mit innerer Blutung nach penetrierender Verletzung bei längeren Rettungszeiten keine Klinik mehr erreichen und somit nicht in die klinische Datenbank des TR-DGU eingeschlossen werden. Eine Untersuchung unserer Arbeitsgruppe zeigte für Berlin 72 Fälle von tödlichen penetrierenden Verletzungen im Jahr 2010, welche niemals eine Klinik erreichten. Penetrierende Verletzungen waren signifikant häufiger in der Gruppe der vermeidbaren Todesfälle zu finden [35].

Die Analyse der Letalität in Abhängigkeit von der Rettungszeit bot keinen linearen Zusammenhang. In der Gruppe mit 30-60 min Rettungszeit zeigte sich die höchste Letalität mit 16%. Diese Tatsache könnte auf einen Selektionseffekt (Selektionsbias) hindeuten. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass in das TR-DGU nur Patienten registriert werden, welche eine Klinik erreichen. In unserer Studie zur Traumaletalität in Berlin verstarben 60% aller Traumatodesfälle in der Präklinik [37]. Somit könnten v.a. Patienten mit Eintreffen in der Klinik binnen 60 min enthalten sein, welche aufgrund ihrer Verletzungsschwere unmittelbar nach Eintreffen in der Klinik verstarben. Andererseits könnte durch diesen Effekt die Letalität in der Gruppe der langen Rettungszeiten (> 60 min) falsch niedrig sein. Patienten versterben trotz präklinischer Maßnahmen noch an der Unfallstelle. In unserer Studie zur Traumaletalität betraf dies 25 % aller Todesfälle präklinische Maßnahmen durchgeführt [37]. Um diesen Effekt zu minimieren wurden Rettungszeiten > 180 min von unserer Studie ausgeschlossen. Eine weitere Erklärung für die niedrige Letalität in der Gruppe der langen Rettungszeiten könnte die Notwendigkeit einer technischen Rettung sein, ohne dass dies mit einer Erhöhung der Verletzungsschwere und damit Letalität einhergeht. Auch Di Bartolomeo et. al. konnte paradoxerweise eine niedrigere Mortalität bei Rettungszeiten > 120 min

nachweisen [23]. Dies ist ebenfalls hinweisgebend auf einen Selektionsbias. Eine weitere Auswertung dieses potentiellen Bias ist aufgrund der mangelnden Datenerhebung des TR-DGU nicht möglich.

Eine Studie aus Ontario verglich das Überleben von Traumapatienten mit BLS und ALS in einem Paramedic-System und konnte keine signifikanten Unterschiede nachweisen [71]. Interessanterweise zeigte sich in der ALS-Gruppe eine erhöhte Mortalität bei Patienten mit einem GCS < 9 Punkten [71]. In den Ergebnissen gab es jedoch keinen signifikanten Unterschied der Häufigkeit der beamteten Patienten in beiden Gruppen [71]. Eine Intubation wurde nur in 7 % der Patienten mit ALS durchgeführt [71]. 16% mussten hingegen in der Klinik in beiden Gruppen intubiert werden [71]. McNicholl et. al. untersuchte 1994 die Notwendigkeit erweiterter präklinischer Maßnahmen in Nordirland und konnte zeigen, dass ca. 50 von 239 schwerverletzten Patienten pro Jahr einer endotrachealen Intubation bedürften [44]. Damals äußerte sich Mc Nicholl et. al. noch skeptisch über die Umsetzbarkeit und Notwendigkeit des Trainings der Paramedics [44]. Heute zählt die präklinische Intubation bei Patienten mit signifikanter Einschränkungen der neurologischen Funktionen im Rahmen des SHT (GCS < 9 Punkte) zu einem der führenden Qualitätsindikatoren der präklinischen Traumaversorgung [21].

In einer multivariaten logistischen Regression untersuchten wir den Effekt der Rettungszeit auf die Zielgröße Klinikletalität und konnten mit einer Odds-Ratio von 0,99 einen vernachlässigbaren Effekt nachweisen. Wesentliche prognoserelevante Faktoren waren das Alter, GCS, Verletzungsschwere des SHT (AIS Kopf), Schock und stumpfes Trauma (Tab. 5):

Variable	Wert	Koeffizient	p-Wert	OR	95% KI
Alter	55-64	0,77	<0,001	2,17	1,84 - 2,56
	65-74	1,45	<0,001	4,25	3,64 - 4,97
	75+	2,33	<0,001	10,24	8,80 - 11,9
GCS	≤5	1,42	<0,001	4,14	3,68 – 4,65
AIS Kopf	5	1,32	<0,001	3,74	3,28 – 4,28
Schock (RR< 90mmHg)	ja	1,11	<0,001	3,03	2,66 – 3,44
Mechanismus	stumpf	-0,48	<0,001	0,62	0,49 – 0,78

Tab. 5: Wesentliche Prognoserelevante Faktoren für das Outcome von Schwerverletzten. OR: Odds-Ratio.

Dies bestätigt die Ergebnisse bereits veröffentlichter Studien aus der Schweiz und dem anglo-amerikanischen Raum und stehen im Widerspruch zu den Ergebnissen von Sampalis et al. [23, 24, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 71]. Sampalis et. al. untersuchte das Paramedic-System in Montreal und konnte zeigen, dass eine Rettungszeit > 60 min mit einer OR von 3,0 mit dem Versterben assoziiert war [65]. Eine ähnliche Studie von Lerner et. al. aus dem Bundestaat New York/USA widerlegte jedoch diese Ergebnisse ebenfalls an einem Paramedic-System und konnte keinen Effekt der Rettungszeit auf das Überleben (OR 0,987) nachweisen [42]. Eine prospektive multizentrische Studie von Newgard et. al. in Nordamerika konnte ebenfalls keinen Effekt der Rettungszeit auf das Überleben in einem Paramedic-System nachweisen [47]. Feero et. al. hingegen untersuchten den Einfluss der Rettungszeit in einem Paramedic-System auf unerwartete überlebende oder versterbende Patienten kalkuliert anhand des TRISS-Score und konnten signifikante Unterschiede in beiden Gruppen nachweisen [24]. Sie schlussfolgerten einen möglichen positiven Effekt der kurzen Rettungszeit auf das Überleben [24]. Jedoch zeigte der Vergleich beider Gruppen einen signifikanten Unterschied bezüglich des Alters mit durchschnittlich 30 Jahren in der unerwarteten Überlebensgruppe und 51 Jahren in der verstorbenen Gruppe [24]. Das Alter stellt einen der wesentlichen Prognosefaktoren dar und könnte somit die Erklärung für die signifikanten Unterschiede beider Gruppen sein [24, 41].

Lerner et. al. zeigte in einer Übersichtsarbeit die mangelnde Evidenz und widersprüchlichen Angaben des Erstbeschreibers der „golden hour“ [43]. Cowley bezieht sich auf ein Interview dass Robert J. Baker 1969 dem Medical World News gab

und davon sprach, dass sich die Traumasterblichkeit alle 30 min verdoppeln würde [43]. Weiterhin geben unterschiedliche Autoren divergierende Quellen an [43].

Die Analyse unserer Daten konnte keine Evidenz für den Zusammenhang der Notwendigkeit einer Rettungszeit < 60 min oder Einfluss der Dauer der Rettungszeit auf das Überleben zeigen. Eine potentielle Erklärung dafür könnte sein, dass das notarztbasierte Rettungssystem mit längeren Rettungszeiten und signifikant häufigeren medizinischen Maßnahmen einen positiven oder zumindest keinen negativen Effekt für den Patienten hat. So könnten gerade präklinische Maßnahmen z.B. bei eingeklemmten Personen mit langen Rettungszeiten einen positiven Einfluss auf das Überleben haben. Ein weiteres Indiz dafür sind längere Rettungszeiten bei schwereren Verletzungen gemessen anhand des ISS, ohne dass ein Anstieg der Letalität zu verzeichnen ist, wohl aber eine höhere Anzahl an präklinisch durchgeführten Maßnahmen.

Sampalis et. al. konnte weiterhin zeigen dass die Standardisierung der präklinischen Traumaversorgung zu einer Verkürzung der Rettungszeit führen kann und somit das Outcome positiv beeinflusst [64]. In seiner Studie waren weitere Faktoren die direkte Einlieferung und Behandlung in einem überregionalen Traumazentrum [64]. Diese Daten bestätigen die Beobachtung des Rückganges der Traumaletalität in Deutschland nach Einführung der TraumaNetzwerke DGU und Standardisierung der Schwerverletztenversorgung durch die S3-Leitlinie [21, 63]. Somit ist die Reduktion der Rettungszeit in der Studie von Sampalis et. al. als sekundärer Effekt einer Standardisierung und Verbesserung der generellen Traumaversorgung zu sehen, nicht jedoch als Effekt der Senkung der Rettungszeit.

4.3. Versorgungs- und Qualitätsunterschiede im Vergleich der Region Berlin-Brandenburg mit Deutschland

Im Vergleich zu Deutschland lag in der Region Berlin-Brandenburg eine moderat erhöhte Verletzungsschwere, eine höhere Inzidenz an Nebenerkrankungen und eine niedrigere Klinikletalität vor. Der Unfallmechanismus zeigte eine typische urbane Verteilung mit prädominant verletzten Fußgängern, Höhenstürzen und einer hoher Inzidenz an Suiziden. Die Daten des TR-DGU konnten wir anhand unserer epidemiologischen Studien zur Traumaletalität in Berlin bestätigen [37]. Als Erklärung für die höhere Verletzungsschwere im Kollektiv BB fällt eine deutliche Häufung an lebensbedrohlichen Verletzungen im Bereich des Thorax, Abdomen und der Beckenregion auf. Dies könnte durch die Unterschiede hinsichtlich des Traumamechanismus, v.a. durch die Höhenstürze und Suizide bedingt sein [11].

Einen weiteren interessanten Aspekt zeigte die Analyse der Klinikletalität in Abhängigkeit von dem einliefernden Rettungsmittel. Prinzipiell stieg die Letalität von RTW zu bodengebundenen Notarzt (NEF, NAW) bis zur Luftrettung an. Für die Luftrettung zeigten sich hier keine nennenswerten Unterschiede im Vergleich BB vs. D-BB (16,5 vs. 15,9 %). Eine 2 % höhere Letalität konnte jedoch beim bodengebundenen Notarzt im Vergleich von D-BB zu BB nachgewiesen werden. Die längere Rettungszeit kann hier nicht als kausaler Faktor angeführt werden, da wir in der multivariaten Analyse keinen relevanten Effekt der Rettungszeit nachweisen konnten. Somit betrachteten wir die Verletzungsschwere und konnten eine höhere durchschnittliche Verletzungsschwere gemessen anhand des ISS für BB (28 Punkte) im Vergleich zu D-BB (26 Punkte) nachweisen. Überraschenderweise lag die Inzidenz des hämorrhagischen Schockes (systolischer Blutdruck < 90mmHg) trotz höherer anatomischen Verletzungsschwere in BB (18 %) niedriger als in D-BB (20 %). Dies wird auch durch die erhöhten metabolischen Azidoseparameter (BE, Laktat) der ersten

Blutgasanalyse in der aufnehmenden Kliniken für die Region D-BB widerspiegelt. Durch diese Tatsache wird die Problematik und Limitationen der Interpretation rein anatomischer Scores wie dem ISS verdeutlicht [55]. Eine korrekte Einschätzung ist nur unter Berücksichtigung physiologischer und prognoserelevanter Faktoren zulässig [55].

Die genaue Ursache obig genannter Beobachtung bleibt rein spekulativ und muss Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. So sind die Patienten in BB schwerer verletzt und kränker (Häufigkeit Nebenerkrankungen), haben jedoch eine niedrigere Inzidenz an präklinischen hämorrhagischen Schock und Letalität.

In der Region BB lag die Klinikletalität bei durch den RTW eingelieferten Patienten bei 5% im Vergleich zu 13 % in D-BB. Der durchschnittliche ISS lag in beiden Gruppen bei 22 Punkten. Die Einlieferung von Schwerverletzten ohne Notarzt sollte in Deutschland jedoch in Anlehnung an den Notarztindikationskatalog der Bundesärztekammer eine absolute Ausnahme darstellen. Eine Rechtfertigung für ein solches Vorgehen wäre eine kürzere Wegstrecke in die Klinik als es Wartezeit auf den eintreffenden Notarzt bedeuten würde, sodass unter strenger Risiko-Nutzen-Abwägung ein Transport vor notärztlicher Versorgung präferiert werden könnte. Dies würde für das BB-Kollektiv mit durchschnittlicher Rettungszeit von 47 min zutreffen, jedoch erscheint dieses bei Szenario 26 notarztbesetzten Rettungsmitteln in Berlin und hoher Krankenhausdichte als eher unwahrscheinliches. Für das Kollektiv in D-BB mit einer Rettungszeit von durchschnittlich 66 min durch den RTW kann dieses Argument sicher nicht vorgebracht werden. Eine andere Möglichkeit stellt die Tatsache dar, dass die Verletzungsschwere primär weder durch die Rettungsleitstelle noch durch den Rettungsdienst erkannt wurde. Hier verweisen wir auf die Problematik und Unsicherheit der klinischen Einschätzung der Verletzungsschwere und des Blutverlustes speziell im präklinischen Feld [4, 14]. Schwerste innere Verletzungen können dabei ohne äußerlich ersichtliche Verletzungen auftreten und ohne dezidierte klinische Untersuchung dem Notarzt in seiner Wahrnehmung entgehen. In der Rechtsmedizin heißt dieses Phänomen das „Casper-Zeichen“ [14]. Die klinische Einschätzung des Blutverlustes durch Rettungsassistent und Notärzte zeigte in einer Studie von Frank et.al. keine Übereinstimmung mit dem tatsächlichen Blutverlust [26]. Kleine externe Blutverluste wurden über- und große Blutverluste unterschätzt [26]. Eine weitere Untersuchung unserer Arbeitsgruppe zeigte ebenfalls eine nur 50%ige Detektionsrate instabiler Beckenverletzungen [35].

In Bezug auf die durchgeführte präklinische Therapie konnten wir zeigen, dass in der Region BB tendenziell seltener präklinische Maßnahmen als im Deutschlandvergleich durchgeführt werden. Die präklinische Intubation wurde dabei signifikant seltener in BB

(47 %) als in D-BB durchgeführt (57 %; $p < 0,001$). Somit stellte sich die Frage, ob in BB zu wenig oder in D-BB zu viel intubiert wird. Diese Antwort kann anhand einer Registerstudie nur sehr vorsichtig beantwortet werden. Wir untersuchten die Qualitätsfaktoren für präklinisches Traumamanagement entsprechend der aktuellen Leitlinienempfehlung [21]. So wurden sowohl in BB als auch in D-BB 94 % aller Patienten mit einem GCS < 9 Punkten präklinisch intubiert. Dies stellt ein exzellentes Ergebnis für beide Kollektive mit einer hohen Leitlinien-treue dar. Patienten mit einem GCS ≥ 9 Punkten wurden dabei in D-BB (41 %) häufiger intubiert als in BB (31 %). Ergänzend untersuchten wir ein weiteres leitliniengerechtes Intubationskriterium, die Schwere der Verletzung. Hier zeigte sich das polytraumatisierte Patienten (ISS ≥ 25 Punkten) in beiden Kollektiven nahezu gleichhäufig jedoch tendenziell häufiger in der D-BB Gruppe, präklinisch intubiert wurden (66 vs. 71 %). Ein wesentlicher Unterschied fiel hingegen bei den Patienten mit moderater Verletzung gemessen anhand des ISS (< 25 Punkte) auf. In D-BB wurden 43 % im Vergleich zu 26 % in BB präklinisch intubiert. Somit werden die Patienten mit schwerem SHT und GCS < 9 Punkten in beiden Kollektiven gleich und polytraumatisierte Patienten tendenziell häufiger in D-BB intubiert. Wesentliche Unterschiede zeigen sich jedoch in der Häufigkeit der präklinischen Intubation von Patienten mit relativ moderater Verletzungsschwere und Einschränkung des GCS. Zusammenfassend weisen unsere Daten auf eine liberale Indikationsstellung der präklinischen Intubation bei Schwerverletzten in Deutschland hin. Die Atemwegssicherung stellt hingegen bei einer hohen Leitlinien-treue ein eher untergeordnetes medizinisches Problem im Vergleich zu Publikationen der 1990iger und 2000er Jahre dar. Seekamp et. al. publizierte 1999 noch eine mangelnde Intubation bei 17 % aller Schwerverletzten [69]. Unsere Daten zeigen eine hohe Leitlinien-treue bezüglich der Intubation bei einem GCS < 9 Punkten. Weiterhin bestätigen dies auch die Daten zur Vermeidbarkeit von traumatischen Todesfällen mit Nachweis lediglich eines Patienten im Jahr 2010, welcher aufgrund einer Asphyxie verstorben war [35]. Demgegenüber stand der nicht dekomprimierte Spannungspneumothorax als häufigste definitiv vermeidbare Todesursache der Präklinik [35]. So konnten wir eine Häufigkeit der präklinischen Anlage einer Thoraxdrainage von 7 % in D-BB und 4 % in BB nachweisen. Die retrospektive Auswertung des Vorliegens eines Spannungspneumothorax ist nur schwer möglich und wenig valide, sodass wir den Qualitätsindikator „Anlage einer Thoraxdrainage bei schwerstem Thoraxtrauma AIS Thorax ≥ 5 “ verwendeten.

Dies erfolgte in lediglich 18,3 % (BB) und 22 % (D-BB) der Fälle. Unter Berücksichtigung unserer Ergebnisse für die Vermeidbarkeit traumatischer Todesfälle und der traumatischen Reanimation muss ein liberalerer Einsatz v.a. bei schwersten Thoraxverletzungen oder vor Abbruch der Reanimationsmaßnahmen ohne sicheren Ausschluss der definitiv vermeidbaren Todesursache Spannungspneumothorax zu fordern [34, 35]. Problematisch ist auch hier die präklinische Einschätzung der Verletzungsschwere und v.a. des Thoraxtraumas. So gelang präklinisch nur in 50 % der Fälle die Diagnosestellung eines schweren Thoraxtraumas [4].

Sicherlich existieren Patienten welche von einem schnellst möglichen Transport in eine geeignete Klinik profitieren, dies betrifft v.a. Patienten mit inneren Blutungen. Pepe et. a. konnte jedoch für Patienten mit penetrierenden Verletzung und hämorrhagischen Schock zeigen, dass die Entscheidung der Zielklinik wichtiger für das Überleben des Patienten ist als eine schnelle Rettungszeit [56]. Hingegen hatten längere Transportzeit in seinem Kollektiv keine negativen Auswirkungen [56]. Pepe et. al. argumentieren, dass bei penetrierenden Verletzung nicht die Rettungszeit, sondern die Zeit bis zur chirurgischen Blutstillung essentiell und determinierend für den Patienten ist [56]. Die Wahl der Zielklinik ist also wesentlich für das Outcome des Patienten. Somit sollten schwerverletzte Patienten in dafür vorgesehene, geübte und ausgestattete Traumazentren eingeliefert werden.

4.4. Limitationen

Diese Studie unterliegt allen Registerstudien typischen Limitationen. Aufgrund der hohen Fallzahl liegt ein Overpowern der Gruppenvergleiche vor. Kleine Unterschiede erlangen wissenschaftliche Signifikanz ohne dass diese eine klinische Relevanz hat (z.B. Anzahl präklinischer Maßnahmen in Abhängigkeit der Einwohnerzahl). Diesbezüglich wurden Signifikanzen nur angegeben, wenn aus unserer Sicht ein klinisch relevanter Unterschied vorlag. Als Einschränkung muss ebenfalls angemerkt werden, dass im TR-DGU nur ausgewählte präklinische Maßnahmen erfasst werden und somit keine ganzheitliche Aussage zu den präklinischen Maßnahmen getroffen werden kann. Generell ist die Auswertung auf die im TR-DGU erfassten Parameter limitiert. Bezüglich der Angabe des Unfallzeitpunktes ergibt sich aus unserer Sicht eine gewisse Unschärfe. Die Unfallzeit ist meist nicht genau bekannt, sodass die Alarmierungszeit des Rettungsmittels als Unfallzeitpunkt angenommen oder der Unfallzeitpunkt geschätzt wird. Um diesen Bias zu minimieren verwendeten wir eine Kategorisierung der präklinischen Zeit.

4.5. Zusammenfassung

Die Rettungszeit scheint im deutschen notarztbasierten Rettungssystem keinen wesentlichen Einfluss auf das Überleben der Traumapatienten zu haben. Diesbezüglich sind einsatztaktische Konzepte und Überlegungen die, entsprechend der „golden hour of shock“, kategorisch an einer Rettungszeit von unter 1 Stunde festhalten nicht evidenzbasiert und zulässig. Die detaillierte Analyse unserer Daten impliziert vielmehr die differenzierte Betrachtung des Traumapatienten in Abhängigkeit von seiner Verletzung und dem Verletzungsmechanismus. So sind Patienten mit mutmaßlichen inneren Blutungen, egal ob verursacht durch einen penetrierenden oder stumpfen Traumamechanismus, sicher als zeitkritischer Einsatz einzuordnen, da eine Kontrolle der Blutungen in der präklinischen Situation nicht möglich ist. Andere Patienten hingegen, z.B. Patienten mit schwerem SHT, profitieren nachgewiesenermaßen von einer Sicherstellung der Oxygenierung und Ventilation. Somit sollten alle präklinischen Maßnahmen einer strengen Nutzen-Risiko-Abwägung unterliegen.

Verallgemeinernde Algorithmen zur Behandlung von Traumapatienten, die die individuelle Patienten- und Verletzungssituation nicht berücksichtigen, sind aus unserer Sicht nicht mehr Stand der aktuellen Wissenschaft und sollten zwingend überarbeitet werden. Wir schlagen diesbezüglich eine neue „golden period of trauma“ als einsatztaktisches Prinzip der präklinischen Traumaversorgung vor. Dabei steht nicht die Länge der Rettungszeit sondern deren Anpassung an das jeweilige Verletzungsmuster, die pathophysiologischen Probleme und die Gegebenheiten am Notfallort im Vordergrund. Präklinisch notwendige und durchführbare medizinische Maßnahmen zur Stabilisierung dieser Patienten vor Ort dürfen nicht zu Gunsten des Faktors Zeit unterlassen werden. Notfallsituationen, welche präklinisch nicht beherrschbar sind, sollten jedoch mit Transportpriorität behandelt werden.

5. Literaturverzeichnis:

1. Andruszkow H, Fischer J, Sasse M et al. (2014) Interleukin-6 as inflammatory marker referring to multiple organ dysfunction syndrome in severely injured children. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 22:16
2. Andruszkow H, Lefering R, Frink M et al. (2013) Survival benefit of helicopter emergency medical services compared to ground emergency medical services in traumatized patients. *Crit Care* 17:R124
3. Anonymous (1971) Rating the severity of tissue damage. I. The abbreviated scale. *Jama* 215:277-280
4. Aufmkolk M, Ruchholtz S, Hering M et al. (2003) [The value of subjective estimation of the severity of thoracic injuries by the emergency surgeon]. *Unfallchirurg* 106:746-753
5. Baker CC, Oppenheimer L, Stephens B et al. (1980) Epidemiology of trauma deaths. *Am J Surg* 140:144-150
6. Baker D, Cazalaa JB, Carli P (2005) Resuscitation great. Larrey and Percy--a tale of two barons. *Resuscitation* 66:259-262
7. Baker SP, O'neill B, Haddon W, Jr. et al. (1974) The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma* 14:187-196
8. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C et al. (2000) [Epidemiology of the severely injured patient. A prospective assessment of preclinical and clinical management. AG Polytrauma of DGU]. *Unfallchirurg* 103:355-363
9. Brandt L (2012) Historische Einführung. *Notfallmedizin*. Hrsg. Scholz J, Seifrin P, Böttiger BW, et .al. 2. Auflage; Georg Thieme Verlag Stuttgart:4-11
10. Bundesamt S (2011) Unfallentwicklung auf den Deutschen Strassen 2010.
11. Buschmann C LS, Tsokos M, Kleber C (2013) Tödliche Höhenstürze in Berlin von 1989 bis 2004 – Verletzungsmuster und Sturzhöhe. *Rechtsmedizin* 24:91-102
12. Butcher N, Balogh ZJ (2009) The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury* 40 Suppl 4:S12-22

13. Butcher NE, Enninghorst N, Sisak K et al. (2013) The definition of polytrauma: variable interrater versus intrarater agreement--a prospective international study among trauma surgeons. *J Trauma Acute Care Surg* 74:884-889
14. Byard RW (2012) How reliable is external examination in identifying internal injuries - Casper's sign revisited. *Journal of forensic and legal medicine* 19:419-421
15. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS et al. (1989) A revision of the Trauma Score. *J Trauma* 29:623-629
16. Cothren CC, Moore EE, Hedegaard HB et al. (2007) Epidemiology of urban trauma deaths: a comprehensive reassessment 10 years later. *World J Surg* 31:1507-1511
17. Cowley RA, Hudson F, Scanlan E et al. (1973) An economical and proved helicopter program for transporting the emergency critically ill and injured patient in Maryland. *J Trauma* 13:1029-1038
18. Davies GE, Lockey DJ (2011) Thirteen survivors of prehospital thoracotomy for penetrating trauma: a prehospital physician-performed resuscitation procedure that can yield good results. *J Trauma* 70:E75-78
19. Demetriades D, Kimbrell B, Salim A et al. (2005) Trauma deaths in a mature urban trauma system: is "trimodal" distribution a valid concept? *J Am Coll Surg* 201:343-348
20. Demetriades D, Murray J, Sinz B et al. (1998) Epidemiology of major trauma and trauma deaths in Los Angeles County. *J Am Coll Surg* 187:373-383
21. Dgu (2011) S3 Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung. AWMF, Reg.Nr.012/019
22. Dgu T (2014) Jahresbericht. Sektion NIS der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) / AUC - Akademie der Unfallchirurgie GmbH
23. Di Bartolomeo S, Valent F, Rosolen V et al. (2007) Are pre-hospital time and emergency department disposition time useful process indicators for trauma care in Italy? *Injury* 38:305-311
24. Feero S, Hedges JR, Simmons E et al. (1995) Does out-of-hospital EMS time affect trauma survival? *The American journal of emergency medicine* 13:133-135
25. Flohe S, Nast-Kolb D (2009) [Surgical management of life-threatening injuries]. *Unfallchirurg* 112:854-859

26. Frank M, Schmucker U, Stengel D et al. (2010) Proper estimation of blood loss on scene of trauma: tool or tale? *J Trauma* 69:1191-1195
27. Frink M, Probst C, Hildebrand F et al. (2007) [The influence of transportation mode on mortality in polytraumatized patients. An analysis based on the German Trauma Registry]. *Unfallchirurg* 110:334-340
28. Grotz M, Schwermann T, Lefering R et al. (2004) [DRG reimbursement for multiple trauma patients -- a comparison with the comprehensive hospital costs using the German trauma registry]. *Unfallchirurg* 107:68-75
29. H. T (1966) The treatment of the seriously injured at an emergency ward. *Chirurg* 37:249-252
30. J. Probst HS, H. Zwipp (10/2010) 60 Jahre Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie nach Wiedergründung.
31. Janssens U, Graf C, Graf J et al. (2000) Evaluation of the SOFA score: a single-center experience of a medical intensive care unit in 303 consecutive patients with predominantly cardiovascular disorders. *Sequential Organ Failure Assessment*. *Intensive Care Med* 26:1037-1045
32. Karl-Josef Höhenscheid MS (2010) Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland 2003. Bundesanstalt für Straßenwesen/Fachthemen/Unfallforschung
33. Kleber C, Giesecke M, Buschmann C (2013) 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* 37:475
34. Kleber C, Giesecke MT, Lindner T et al. (2013) Requirement for a structured algorithm in cardiac arrest following major trauma: Epidemiology, management errors, and preventability of traumatic deaths in Berlin. *Resuscitation*
35. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M et al. (2013) Trauma-related Preventable Deaths in Berlin 2010: Need to Change Prehospital Management Strategies and Trauma Management Education. *World J Surg*
36. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M et al. (2012) Overall distribution of trauma-related deaths in Berlin 2010: advancement or stagnation of German trauma management? *World J Surg* 36:2125-2130
37. Kleber C, Giesecke MT, Tsokos M et al. (2012) Overall Distribution of Trauma-related Deaths in Berlin 2010: Advancement or Stagnation of German Trauma Management? *World J Surg*

38. Kleber C, Lefering R, Kleber AJ et al. (2013) [Rescue time and survival of severely injured patients in Germany]. *Unfallchirurg* 116:345-350
39. Lefering R (2009) Development and validation of the Revised Injury Severity Classification (RISC) score for severely injured patients. *Europ. J. Trauma Emerg. Surg.* 35:437-447
40. Lefering R (2002) Trauma score systems for quality assessment. *Europ. Journal Trauma* 28:52-63
41. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U et al. (2014) Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care* 18:476
42. Lerner EB, Billittier AJ, Dorn JM et al. (2003) Is total out-of-hospital time a significant predictor of trauma patient mortality? *Acad Emerg Med* 10:949-954
43. Lerner EB, Moscati RM (2001) The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? *Acad Emerg Med* 8:758-760
44. Mcnicholl BP (1994) The golden hour and prehospital trauma care. *Injury* 25:251-254
45. Meislin H, Criss EA, Judkins D et al. (1997) Fatal trauma: the modal distribution of time to death is a function of patient demographics and regional resources. *J Trauma* 43:433-440
46. Mommsen P, Bradt N, Zeckey C et al. (2012) Comparison of helicopter and ground emergency medical service: a retrospective analysis of a German rescue helicopter base. *Technol Health Care* 20:49-56
47. Newgard CD, Schmicker RH, Hedges JR et al. (2010) Emergency medical services intervals and survival in trauma: assessment of the "golden hour" in a North American prospective cohort. *Ann Emerg Med* 55:235-246 e234
48. Oestern H-J (2008) *Das Polytrauma - Präklinisches und Klinisches Management.* Urban und Fischer
49. Oestern HJ, Kabus K (1997) [The classification of the severely and multiply injured--what has been established?]. *Chirurg* 68:1059-1065
50. Oestern HJ, Kabus K (1994) [Comparison of various trauma score systems. An overview]. *Unfallchirurg* 97:177-184
51. Oestern HJ, Tscherne H, Sturm J et al. (1985) [Classification of the severity of injury]. *Unfallchirurg* 88:465-472

52. Osler T, Rutledge R, Deis J et al. (1996) ICISS: an international classification of disease-9 based injury severity score. *J Trauma* 41:380-386; discussion 386-388
53. Osterwalder JJ (2002) Can the "golden hour of shock" safely be extended in blunt polytrauma patients? Prospective cohort study at a level I hospital in eastern Switzerland. *Prehosp Disaster Med* 17:75-80
54. Pang JM, Civil I, Ng A et al. (2008) Is the trimodal pattern of death after trauma a dated concept in the 21st century? Trauma deaths in Auckland 2004. *Injury* 39:102-106
55. Pape HC, Lefering R, Butcher N et al. (2014) The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *J Trauma Acute Care Surg* 77:780-786
56. Pepe PE, Wyatt CH, Bickell WH et al. (1987) The relationship between total prehospital time and outcome in hypotensive victims of penetrating injuries. *Ann Emerg Med* 16:293-297
57. Petri RW, Dyer A, Lumpkin J (1995) The effect of prehospital transport time on the mortality from traumatic injury. *Prehosp Disaster Med* 10:24-29
58. Pons PT, Markovchick VJ (2002) Eight minutes or less: does the ambulance response time guideline impact trauma patient outcome? *J Emerg Med* 23:43-48
59. Povacz F (2007) *Geschichte der Unfallchirurgie*. Springer Verlag
60. Probst C, Pape HC, Hildebrand F et al. (2009) 30 years of polytrauma care: An analysis of the change in strategies and results of 4849 cases treated at a single institution. *Injury* 40:77-83
61. Regel G, Lobenhoffer P, Grotz M et al. (1995) Treatment results of patients with multiple trauma: an analysis of 3406 cases treated between 1972 and 1991 at a German Level I Trauma Center. *J Trauma* 38:70-78
62. Riediger G (1983) Was leistet eine schnelle und qualifizierte Notfallhilfe? *Notfallmed*:198-220
63. S Ruchholtz RL, T. Paffrath, Hj Oestern, E Neugebauer, D Nast-Kolb, Hc Pape, B Bouillon (2008) Rückgang der Traumaletalität. *Dtsch Arztebl* 105:225-231
64. Sampalis JS, Denis R, Lavoie A et al. (1999) Trauma care regionalization: a process-outcome evaluation. *J Trauma* 46:565-579; discussion 579-581

65. Sampalis JS, Lavoie A, Williams JI et al. (1993) Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients. *J Trauma* 34:252-261
66. Scaling COI (1990) Abbreviated injury scale 1990 revision. Association for the Advancement of Automovement Medicine, Des Plains, Illinois
67. Schmelz A, Ziegler D, Beck A et al. (2002) [Costs for acute, stationary treatment of polytrauma patients]. *Unfallchirurg* 105:1043-1048
68. Seamon MJ, Fisher CA, Gaughan J et al. (2007) Prehospital procedures before emergency department thoracotomy: "scoop and run" saves lives. *J Trauma* 63:113-120
69. Seekamp A RG, Pohlemann T, Schmidt U, Koch C, Tscherne H (1999) Kann der Notarzt zum Risiko werden? *Notfall & Rettungsmedizin* 2:3-17
70. Sefrin P (2004) Geschichte der Notfallmedizin und des Notarztdienstes in Deutschland. *Notfall&Hausarztmedizin* 30:215-222
71. Stiell IG, Nesbitt LP, Pickett W et al. (2008) The OPALS Major Trauma Study: impact of advanced life-support on survival and morbidity. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne* 178:1141-1152
72. Teasdale G, Jennett B (1974) Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet* 2:81-84
73. Trunkey DD (1983) 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* 249:28-35
74. Unfallchirurgie DDGF (September 2006) Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung. Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland.
75. Van Der Velden MW, Ringburg AN, Bergs EA et al. (2008) Prehospital interventions: time wasted or time saved? An observational cohort study of management in initial trauma care. *Emerg Med J* 25:444-449
76. Visser T, Pillay J, Koenderman L et al. (2008) Postinjury immune monitoring: can multiple organ failure be predicted? *Curr Opin Crit Care* 14:666-672

77. Wechselberger F (1963) Erweiterte erste Hilfe am Unfallort und während des Transportes. Actes du I Congrès International de l'Association Internationale de Medicine des Accidents et du Traffic; Rome
78. Wick M, Ekkernkamp A, Muhr G (1997) [The epidemiology of multiple trauma]. Chirurg 68:1053-1058

6. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Andrea Jutta Kleber, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Die Rettungszeit und das Überleben von Schwerverletzten in Deutschland: Analyse prognoserelevanter Faktoren und der präklinischen Versorgungsqualität“ 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 Betreuer, 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.“

Berlin, den 31.08.2015

Unterschrift

Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen

Andrea Jutta Kleber hatte Anteil an den folgenden Publikationen:

Publikation 1:

Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, Haas NP, DGU
TraumaRegister

Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland

Unfallchirurg 2013; DOI 10.1007/s00113-011-2132-5

Beitrag im Einzelnen: Studiendesign, Dateneingabe TraumaRegister DGU für das Campus Virchow Klinikum Charité - Universitätsmedizin, Planung der Diskriminanten zur Auswertung des TraumaRegisters, Formulierung von Hypothesen, statistische Auswertung des TraumaRegisters gemeinsam mit R. Lefering, Erstellung der Abbildungen, Schreiben von Teilen des Fachzeitschriften-Manuskripts.

Publikation 2:

Kleber C, Kleber AJ

Opiatintoxikation beim älteren Notfallpatienten

Notfall Rettungsmed 2009; DOI 10.1007/s10049-008-1119-4

Beitrag im Einzelnen: Datensammlung Fallberichte, Erstellung von Teilen des Fachzeitschriften-Manuskripts.

Publikation 3:

Kleber C, Kleber AJ

Opiat-Intoxikation wird leicht übersehen

Medical Tribune; 44. Jahrgang Nr.13, 27. März 2009

Beitrag im Einzelnen: Datensammlung Fallberichte, Erstellung von Teilen des Fachzeitschriften-Manuskripts.

Berlin, den 31.08.2015

Unterschrift

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.

8. Publikationsverzeichnis

8.1. Zeitschriftenartikel

1. Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, Haas NP, DGU TraumaRegister
Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland
Unfallchirurg 2013 Apr;116(4):345-50. DOI: 10.1007/s00113-011-2132-5
2. Kleber C, Kleber AJ
Opiatintoxikation beim älteren Notfallpatienten
Notfall Rettungsmed 2009 Jan;12:40-44; DOI: 10.1007/s10049-008-1119-4
3. Kleber C, Kleber AJ
Opiat-Intoxikation wird leicht übersehen
Medical Tribune; 44. Jahrgang Nr.13, 27. März 2009

8.2. Kongressbeiträge

1. Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Schaser KD, Haas NP, DGU TraumaRegister
Rettungszeit und Überleben von Schwerverletzten in Deutschland
Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie (DKOU 2011); Berlin 25.-28. Oktober 2011
2. Kleber C, Kleber AJ, TraumaRegister DGU, Lefering R
Qualität der präklinischen Traumaversorgung der Region Berlin/Brandenburg anhand des TraumaRegisters der DGU
10. Berliner Rettungsdienstsymposium 27.-29. November 2009

9. Danksagung

Mein Dank gilt allen Personen, die mich auf unterschiedlichste Art und Weise beim Verfassen dieser Dissertation unterstützt haben. Besonders zu erwähnen sind:

Prof. Dr. med. Dr. h.c. N.P. Haas (Direktor des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité – Universitätsmedizin Berlin)

Prof. Dr. med. K.-D. Schaser (Direktor des Universitätszentrums für Orthopädie und Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Dresden, ehemals stellv. Klinikdirektor des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité – Universitätsmedizin Berlin)

Priv.-Doz. Dr. med. Philipp Schwabe (Leitender Oberarzt, Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité – Universitätsmedizin Berlin)

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der AG Polytrauma (Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie, Charité – Universitätsmedizin Berlin)

Meiner Familie, die mir immer zur Seite stand.