

Aus der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Evaluation eines prioritätenorientierten Schockraum-
algorithmus bei polytraumatisierten Patienten**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von
Dominik Laue
aus Bad Oldesloe

Datum der Promotion: 11.12.2015

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Zusammenfassung.....	1
2 Abstract.....	3
3 Einleitung	5
3.1 Polytrauma.....	5
3.1.1 Definition	5
3.1.2 Epidemiologie.....	5
3.1.3 Unfallmechanismen und typische Verletzungen	6
3.2 Therapie des polytraumatisierten Patienten	7
3.2.1 Der Faktor Zeit	7
3.2.2 Versorgungskonzepte und Therapiealgorithmen.....	8
3.2.3 „Damage control“	11
4 Ziel der Studie.....	14
5 Material und Methodik	15
5.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien	15
5.2 Unfallursachen und Verletzungsschwere.....	16
5.3 Schockraumversorgung	16
5.4 Hämodynamik.....	17
5.5 Laborchemische Untersuchungen	19
5.6 Postoperative Phase.....	19
5.7 Letalität und Prognose	19
5.8 Statistische Analysen	20
6 Ergebnisse	21
6.1 Beschreibung des Patientenkollektivs	21
6.1.1 Einschlusskriterien und Alter	21

6.1.2 Unfallursachen	22
6.1.3 Verletzungsschwere	23
6.1.4 Hämodynamik	25
6.1.5 Laborchemische Untersuchungsergebnisse	27
6.2 Zeitmanagement der Polytraumaversorgung.....	29
6.2.1 Präklinik und Schockraumdiagnostik	29
6.2.2 „Day-one-surgery“ und „Life-saving-surgery“	30
6.2.3 Postoperative Phase	33
6.3 Letalität und Prognoseberechnung	33
7 DISKUSSION	37
7.1 Diskussion der Methodik.....	37
7.1.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien	38
7.1.2 Unfallursachen und Verletzungsschwere	38
7.1.3 Schockraummanagement	39
7.1.4 Hämodynamik	40
7.1.5 Postoperative Phase	41
7.1.6 Letalität und Prognose	41
7.2 Diskussion der Ergebnisse	42
7.2.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien	42
7.2.2 Unfallursachen und Verletzungsschwere	42
7.2.3 Schockraummanagement	43
7.2.3.1 „Day-one-surgery“ und „Life-saving-surgery“	47
7.2.4 Hämodynamik	48
7.2.5 Letalität und Prognose	49
8 Schlussfolgerung	51
9 Literaturverzeichnis	52
10Abbildungsverzeichnis	58
11Tabellenverzeichnis	60
12Lebenslauf	62

13Danksagung.....65

Eidesstattliche Versicherung VII

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a.p.	anterior posterior
ABCDE	A irway maintenance with cervical spine protection B reathing and ventilation C irculation with haemorrhage control D isability - brief neurological evaluation E xposure with environmental control
ACS-COT	American College of Surgeons´Committee on Trauma
AIS	Abbreviated Injury Scale
AP	Alkalische Phosphatase
ATLS®	Advanced Trauma Life Support
BWS	Brustwirbelsäule
CBF	Charité - Campus Benjamin Franklin
CCT	Schädel-CT
CK	Kreatinkinase
CK MB	Kreatinkinase Isoenzym Myokardtyp
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
FAST	Focused Assessment with Sonography for Trauma
GCS	Glasgow Coma Scale
GGT	Gamma-Glutamyl-Transferase
GOT (ASAT)	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (Aspartat-Aminotransferase)
GPT (ALAT)	Glutamat-Pyruvat-Transaminase (Alanin-Aminotransferase)
Hb	Hämoglobin
HF	Herzfrequenz
HST	Harnstoff
HWS	Halswirbelsäule

ICP	Intracranial pressure - Hirndruck
ICU	Intensive Care Unit - Intensivstation
INR	International Normalized Ratio
IQR	Interquartile range - Interquartilsabstand
ISS	Injury Severity Score
k.A.	keine Angabe
LDH	Laktat-Dehydrogenase
LWS	Lendenwirbelsäule
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mmol/l	Millimol pro Liter
MSCT	Multi Slice Computed Tomography
MW	Mittelwert
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NISS	New Injury Severity Score
PTT	Partielle Thromboplastinzeit
RISC	Revised Injury Severity Classification
RR	Blutdruck (Riva Rocci)
SD	Standard deviation - Standardabweichung
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SI	Schockindex
SR	Schockraum
TR	Traumaregister®
Trop T	Troponin T
TSH	Thyreoidea-stimulierendes Hormon
BGA	Blutgasanalyse
WBCT	Ganzkörper-Computertomographie

1 ZUSAMMENFASSUNG

In der Akutversorgung von polytraumatisierten Patienten sind die schnelle und effiziente Diagnostik und Therapie für die Prognose entscheidend. Aus diesem Grund müssen Traumazentren spezielle logistische und personelle Grundvoraussetzungen erfüllen. Standardisierte diagnostische Algorithmen und validierte Behandlungsstrategien sind für das Überleben vital gefährdeter schwerverletzter Patienten von essentieller Bedeutung. Die vorliegende Studie evaluiert qualitativ das Management polytraumatisierter Patienten im Schockraum in Bezug auf die zeitlichen Abläufe.

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurde das Schockraummanagement von polytraumatisierten Patienten analysiert, die von Januar 2007 bis Dezember 2009 in der Charité - Campus Benjamin Franklin behandelt wurden. Als Einschlusskriterien in das Studienkollektiv wurden die direkte Aufnahme über den Schockraum und ein Verletzungsschweregrad ISS ≥ 16 Punkte definiert. Patienten mit Monotrauma und Sekundärverletzungen wurden ausgeschlossen. Es wurden die Zeitabläufe der Diagnostik im Schockraum bis zur Notfallversorgung („damage control“) untersucht. Die Patienten wurden nach ATLS[®] mit konventioneller Röntgendiagnostik (Thorax und Beckenübersicht) und „whole-body“-Computertomographie abgeklärt. Die Überlebenschance wurde unter Zuhilfenahme der „Revised Injury Severity Classification“ (RISC) berechnet und mit der tatsächlichen Letalität verglichen.

Es wurden 277 Patienten (weiblich: $n = 73$; 26,4%; männlich: $n = 204$; 73,6%; Durchschnittsalter $48,2 \pm 21,2$ Jahre) eingeschlossen. Der durchschnittliche ISS-Wert betrug $30,9 \pm 13,0$ Punkte. Mehr als die Hälfte ($n = 157$; 56,7%) aller Patienten erlitten ein schweres Schädel-Hirn-Trauma mit einem AIS Kopf von ≥ 3 Punkte. Im Rahmen des „Primary survey“ wurden die Ultraschalluntersuchung des Abdomens (FAST) nach $3,0 \pm 1,4$ Min. und das konventionelle Röntgen $6,0 \pm 3,1$ Min. (Thorax) und $7,9 \pm 3,4$ Min. (Beckenübersicht) nach Eintreffen im Schockraum durchgeführt. Die CT-Untersuchung von Schädel und HWS erfolgte bei 93,5% ($n = 259$) der Patienten im Mittel nach $20,9 \pm 7,8$ Min., die Ganzkörper-CT-Untersuchung (bei 90,3%; $n = 250$) fand im Mittel $26,4 \pm 10,9$ Min. nach Eintreffen im Schockraum statt. Einhundertachtundsechzig (60,6%) Patienten wurden noch am Aufnahmetag operiert. Die Zeit bis zur Operation lag im Median (IQR) bei 61 (39-113) Min. Bei 20 (7,2%) Patienten „in extremis“ bestand die Indikation zum sofortigen Abbruch der Diagnostik zugunsten einer lebensrettenden Not-Operation,

die durchschnittlich 26 (22-45) Min. nach Aufnahme in den Schockraum begann. Die Letalität lag mit 15,5% deutlich unter der mittels RISC-Score berechneten zu erwartenden Letalität von $22,8 \pm 1,8\%$.

Das in unserem Traumazentrum angewendete ATLS[®]-basierte Schockraummanagement stellt ein, im Vergleich mit anderen etablierten Schockraumalgorithmen, hoch effizientes Konzept mit einer Kombination aus zwei konventionellen Röntgenaufnahmen, Abdomensonographie und „whole-body“-Computertomographie dar, um in sehr kurzer Zeit lebensbedrohliche Verletzungen zu erkennen. Der „Primary survey“ ist im Durchschnitt in weniger als 10 Min. und der „Secondary survey“ etwa 30 Min. nach Eintreffen des Patienten im Schockraum abgeschlossen. Die hohe Effizienz des prioritätenorientierten Schockraumalgorithmus wird dadurch dokumentiert, dass unsere Letalität um 32,0% niedriger als die mittels RISC errechnete Letalität ist.

2 ABSTRACT

In management of patients with multiple trauma rapid and efficient diagnostic and treatment are lifesaving. Thus, specialized trauma centers need to fulfill unique logistic requirements and human resources. Standardized diagnostic algorithms and validated treatment strategies are of particular importance for the survival of multiple trauma. The present study evaluates the trauma management of a level I trauma center, particularly with regard to time efficiency and chronological sequences of diagnostic procedures.

The data were gathered from a retrospective analysis of the management of 277 multiple trauma patients, who were treated in the emergency room of the Charité Campus Benjamin Franklin from January 2007 until December 2009. Inclusion criteria were a direct emergency admission and an Injury Severity Score (ISS) of ≥ 16 points. Patients with single trauma or secondarily transferred patients were excluded. The patients were treated according to the ATLS[®]-algorithm with conventional X-ray (thorax and pelvis) and whole-body computed tomography. The patients' probability of survival was calculated with the "Revised Injury Severity Classification" (RISC) and compared with the actual case fatality rate.

277 patients (female $n = 73$, 26.4%; male $n = 204$, 73.6%) with an average age of 48.2 ± 21.2 years complied with the inclusion criteria. The mean ISS was 30.9 ± 13.0 points. More than half ($n = 157$; 56.7%) of all patients had a severe traumatic brain injury (AIS head ≥ 3 points). As part of the "primary survey" the abdominal ultrasound (FAST) was conducted at a mean of 3.0 ± 1.4 min, the conventional radiography 6.0 ± 3.1 min (chest) and 7.9 ± 3.4 min (pelvis). CT scans of head and cervical spine were made in 93.5% ($n = 259$) of all patients and performed on average 20.9 ± 7.8 min, whole-body CT scans (90.3% of the patients, $n = 250$) 26.4 ± 10.9 min after arrival in the emergency room. One hundred sixty-eight (60.6%) patients required surgery, which was feasible 61 (39-113) min after admission. Twenty (7.2%) patients *in extremis* were in the need of urgent life saving surgery, which could be initiated 26 (22-45) min after admission. With 15.5% the actual case fatality was considerably below the calculated rate (RISC) of $22.8 \pm 1.8\%$.

The standardized ATLS[®]-based trauma management performed in our center represents a rapid and highly efficient approach to diagnose life-threatening injuries in multiple trauma patients in a very short period of time compared with other well-

established treatment algorithms. On average, the “primary survey” was finished in less than 10 min, the “secondary survey” 30 min after arrival in the emergency room. The actual case fatality rate is significantly lower than predicted by RISC, which clearly documents the high efficiency of our diagnostic algorithm of multiple injured patients in the emergency room.

3 EINLEITUNG

3.1 Polytrauma

3.1.1 Definition

Die Bezeichnung „Polytrauma“ (engl. „multiple trauma“) fasst das Vorliegen multipler, potenziell lebensbedrohlicher Verletzungen mit einem definierten Schweregrad (ISS \geq 16 Punkte) zusammen (*BUSCHMANN et al. 2010; BERNHARD et al. 2004; STÜRMER et al. 2001*). Nach *Tscherne* liegt ein Polytrauma vor, wenn gleichzeitig zwei oder mehr Körperregionen oder Organsysteme traumatisch geschädigt und die Verletzung von einem Organsystem oder die Kombination mehrerer Einzelverletzungen lebensbedrohlich sind (*MANN et al. 2010; MATTHES et al. 2001; TSCHERNE et al. 1987*). Je nach Schweregrad der initialen Verletzung („Traumaload“) kommt es nach *Trentz* posttraumatisch zu einer systemischen Immunreaktion, die Organdysfunktionen bis hin zu einem Multiorganversagen mit letalem Ausgang initiieren kann (*STAHEL et al. 2005; FLOHÉ et al. 2007; TRENTZ 2000*). Die resultierende kumulative Systembelastung nach traumatischer Gewebeschädigung mit systemischer Immunantwort macht die Mehrfachverletzung zusätzlich lebensgefährlich.

3.1.2 Epidemiologie

Unfälle sind in westlichen Industrienationen noch vor Malignomen und Herz-Kreislaufkrankungen die häufigste Todesursache für junge Menschen unter 40 Jahren (*MANN et al. 2010; MATTHES et al. 2001; PROBST et al. 2008*). Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes ereignet sich in Deutschland durchschnittlich alle 13 Sekunden ein Unfall. Fast jede Minute wird ein Mensch bei einem Verkehrsunfall verletzt, alle zwei Stunden stirbt ein Mensch im Straßenverkehr (*Statistisches Bundesamt Destatis 2011*). Bezogen auf die Verletzungsschwere bei Unfällen sind Verkehrsunfälle führend (*HAAS et al. 1997; BERNHARD et al. 2004*). Im Jahr 2010 ereigneten sich in der Bundesrepublik Deutschland 2,41 Mio. Verkehrsunfälle. Diese Zahlen haben sich in den letzten 10 Jahren in Deutschland nicht wesentlich verändert. Unfälle mit schweren Personenschäden und Verkehrstoten sind in diesem Zeitraum deutlich gesunken. Auch die unfallbedingte Letalität ist in Deutschland rückläufig (*HILBERT et al. 2010*). In den letz-

ten 20 Jahren hat sich die Zahl schwerverletzter Patienten halbiert. Waren zu Beginn der neunziger Jahre noch über 130.000 schwerverletzte Patienten durch Verkehrsunfälle in Deutschland zu verzeichnen, so lag die Anzahl 2010 bei ca. 60.000 Patienten. Dennoch wurden im Jahr 2011 bundesweit über 250.000 Menschen allein im Straßenverkehr verletzt. Fast 4.000 verstarben an ihren Verletzungen (*Statistisches Bundesamt Destatis 2011*).

3.1.3 Unfallmechanismen und typische Verletzungen

Kenntnisse über den Unfallhergang sind in der Behandlung polytraumatisierter Patienten von großer Bedeutung. Fehleinschätzungen der Verletzungsschwere im Sinne einer „Untertriagierung“ im Rahmen der Erstversorgung am Unfallort können sich negativ auf die Aufmerksamkeit im Schockraum und die Prognose des Patienten auswirken, insbesondere wenn der Patient einer nicht ausreichend spezialisierten Klinik zugeführt wird (*LACKNER et al. 2007*). Junge Patienten können einen schweren Blutverlust häufig über mehrere Stunden ohne wesentliche Veränderungen des arteriellen Blutdruckes, des zentralvenösen Druckes, des Hämoglobin- und des Hämatokritwerts kompensieren und werden deshalb häufig anfangs nicht erkannt (*ERTEL et al. 2001; PANNIKE et al. 1981*). Relevante Thoraxverletzungen wurden beispielsweise nach Angaben von *Messmer und Kollegen* in fast einem Viertel der Fälle von den erstbehandelnden Notärzten als leicht eingestuft oder übersehen (*MESSMER et al. 2001*). Häufig ergeben sich aus dem Verletzungsmechanismus wichtige Hinweise auf vorliegende Verletzungen und die Verletzungsschwere (*LACKNER et al. 2007; ZIEGENFUß 1998*). So haben diverse Studien gezeigt, dass bei PKW-Unfällen vital bedrohlichen Verletzungen von Schädel, Thorax und Abdomen insbesondere durch massive Seitenintrusionen verursacht werden. Beteiligungen der Halswirbelsäule (HWS) treten besonders im Rahmen von Auffahrunfällen, z.B. im Sinne des sogenannten „whiplash-injury“, auf (*BERNHARD et al. 2004; GEIGER & ALIYEV 2012*). Zweiradfahrer erleiden gehäuft Schädel-Hirn- und Extremitätenverletzungen (*LACKNER et al. 2007; RUCHHOLTZ et al. 1996*). Brust- und Lendenwirbelsäulenbeteiligungen häufen sich bei Stürzen aus großer Höhe (*WICK et al. 1997*), wobei deutliche Unterschiede zwischen dem akzidentellen Sturz und dem Sprung in suizidaler Absicht erkennbar sind. Akzidentelle Stürze führen regelmäßig zu Kopfverletzungen mit schwerem SHT, wohingegen es bei suizidalen Stürzen vermehrt

zu Verletzungen der unteren Extremität kommt (*BERNHARD et al. 2004*). Bei Kindern werden die parenchymatösen Organe Milz und Leber durch den physiologischen Zwerchfelltiefstand weniger durch den knöchernen Thorax geschützt. Im Kindesalter sind daher schwere abdominelle Verletzungen anteilig häufiger als beim Erwachsenen anzutreffen (*GATZKA et al. 2005*).

3.2 Therapie des polytraumatisierten Patienten

3.2.1 Der Faktor Zeit

Ziel der Polytraumaversorgung ist das Überleben des Patienten mit primärem Erhalt oder späterer Wiederherstellung wichtiger Körperfunktionen (*STAHEL et al. 2005*). Die Prognose ist direkt abhängig vom Zeitintervall zwischen Unfallereignis und der definitiven Versorgung des Patienten (*STAHEL et al. 2005*). In der aktuellen *S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung* wird eine definitive klinische Therapie polytraumatisierter Patienten binnen 90 Min. gefordert (*S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung 2011*). Gerade innerhalb der ersten Stunde, der sogenannten „golden hour of shock“ nach *Cowley (1976)*, sind Therapieverzögerungen für den Patienten prognoseverschlechternd (*HOITZ & LAMPL 2004; WUTZLER et al. 2010*). Lebensbedrohliche Verletzungen, die unbehandelt innerhalb kürzester Zeit tödlich enden würden, müssen entsprechend unverzüglich erkannt und therapiert werden („life-saving-surgery“) (*JOHN & ERTEL 2005*). Dazu gehört neben der Dekompression von Körperhöhlen auch die sofortige Stillung schwerer Blutungen sowie die Notfalltracheotomie im Falle einer irreversiblen Verlegung der Atemwege (*KÜHNE et al. 2009*). Die Relevanz des Faktors Zeit in der Schwerverletztenversorgung wurde eindrucksvoll in einer Publikation von *Clarke und Kollegen* aus dem Jahr 2002 aufgearbeitet. Demnach korrelierte eine dreiminütige Verzögerung in der Schockraumphase bis zur operativen Versorgung bei Patienten mit isoliertem Abdominaltrauma und bereits präklinischen Zeichen eines Schocks (Tachykardie > 100 / Min, Hypotension < 90 mmHg) mit einer ~1%igen Steigerung der Letalität (*CLARKE et al. 2002*). Durch die Einführung eines standardisierten Schockraumalgorithmus wurden einer Studie von *Ruchholtz und Kollegen* zufolge nicht nur die Diagnostikzeiten und das Zeitintervall für notwendige therapeutische Interventionen wesentlich verkürzt, sondern auch die Letalität polytraumatisierter Patienten deutlich gesenkt (*RUCHHOLTZ et al. 1998*).

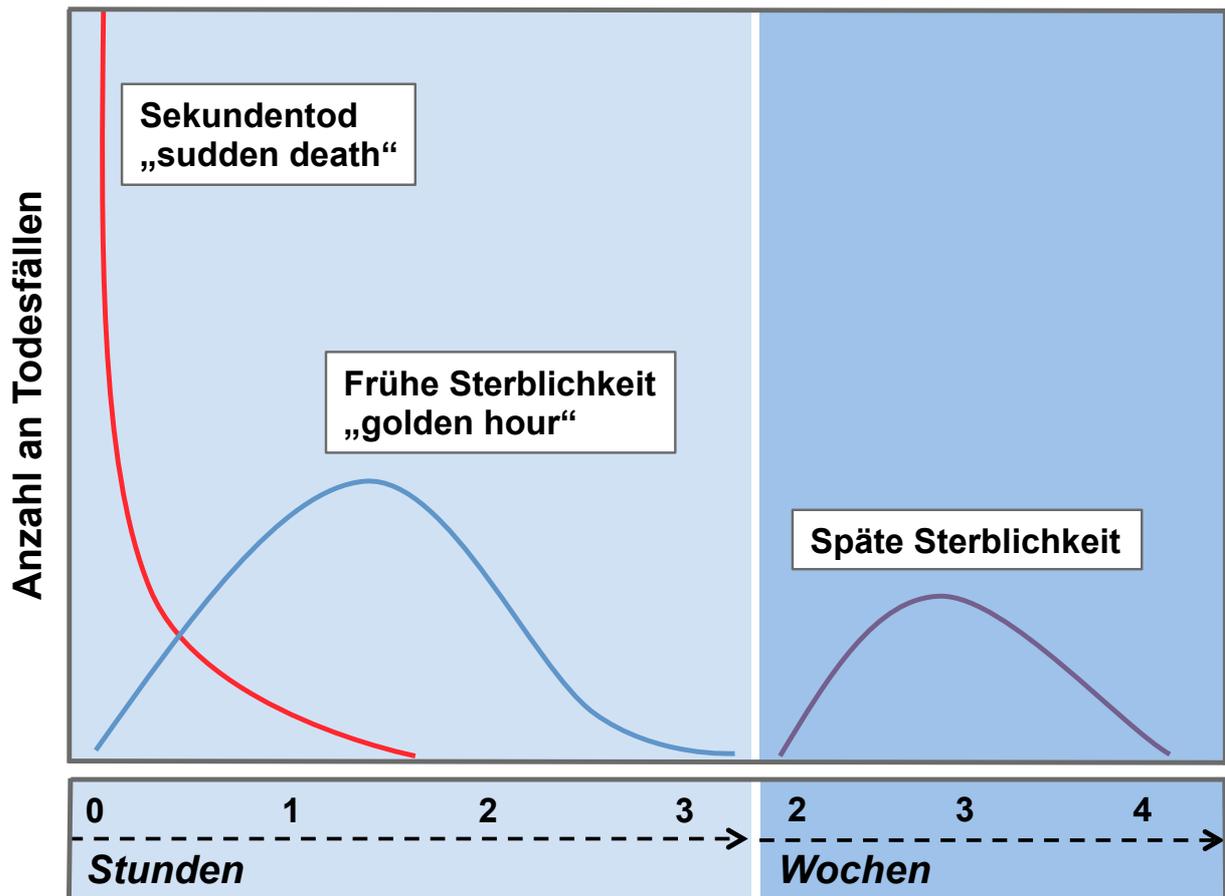


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der traumabedingten Sterblichkeit: „Sekundentod“ z.B. infolge schwerster Hirn- oder Hirnstammverletzungen sowie Verletzungen der großen Gefäße; „Frühe Sterblichkeit“ innerhalb der ersten Stunden nach Trauma z.B. durch Epi- oder Subduralhämatome, thorakoabdominelle Verletzungen mit Spannungspneumothorax und Laceration parenchymatöser Organe mit konsekutivem hämorrhagischen Schock; „Späte Sterblichkeit“ mehrere Wochen nach Trauma infolge einer Sepsis und MODF / MOF. Quelle: modifiziert nach ATLS® Student Course Manual 9th Edition, 2012 American College of Surgeons.

3.2.2 Versorgungskonzepte und Therapiealgorithmen

In den letzten Jahren sind deutschlandweit von mehreren Traumazentren verschiedene Behandlungsalgorithmen für die Versorgung polytraumatisierter Patienten vorgestellt worden (KANZ et al. 2004; HUBER-WAGNER et al. 2009; HILBERT et al. 2006; PROKOP et al. 2006; PTAK et al. 2001). Mit dem Ziel der schnellstmöglichen Erfassung und Therapie aller unmittelbar lebensbedrohlichen Verletzungen hat sich das ATLS®-Konzept des „American College of Surgeons’ Committee on Trauma“ (ACSCOT) weltweit durchgesetzt (BOUILLON et al. 2004; ERTEL & TRENTZ 1997). Nach dem Prinzip „*treat first what kills first*“ werden die wesentlichen diagnostischen und therapeutischen Schritte in der frühen klinischen Phase der Traumaversorgung definiert

(*BOUILLON et al. 2004*). In Deutschland wurde dieser prioritätenorientierte Algorithmus im Jahr 2003 durch die DGU offiziell eingeführt (*STAHEL et al. 2005*).

Im „Primary survey“ erfolgt eine systematische körperliche Untersuchung des entkleideten Patienten nach dem ABCDE-Schema (**A**irway, **B**reathing, **C**irculation, **D**isability, **E**xposure) (*BOUILLON et al. 2004*).

„Primary survey“ nach ATLS®

Sicherung der Vitalfunktionen + Ruhigstellung der HWS (Stiffneck®)

Blutabnahme inkl. BGA mit Laktatbestimmung zur Beurteilung der Hämodynamik

FAST („focused assessment with sonography for trauma“)

Röntgen Thorax a.p. und Beckenübersichtsaufnahme

Tab. 1: „Primary survey“ nach ATLS® modifiziert nach Ertel W, Trentz O. Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. Chirurg. 1997; 68:1071-75. Anhand dieser Untersuchungen werden potenziell lebensbedrohliche Verletzungen beim polytraumatisierten Patienten erkannt und unmittelbar behandelt.

Zum Basismonitoring gehören die pulsoxymetrische Messung der Sauerstoffsättigung, die nichtinvasive Blutdruckmessung, ein EKG sowie die Kapnometrie bei beatmeten Patienten (*NAST-KOLB et al. 2007*). Falls noch nicht am Unfallort durch den Notarzt geschehen, wird die HWS bis zum definitiven Ausschluss einer Halswirbelsäulenverletzung ruhiggestellt („cervical spine protection“) (*WURMB et al. 2010*). Parallel erfolgt ein standardisierter Bodycheck inklusive „en bloc“ Drehung des Patienten zur Beurteilung der Körperrückseite. Zum Ausschluss freier abdomineller Flüssigkeit wird simultan eine Ultraschalluntersuchung des Abdomens („focused assessment with sonography for trauma“ = FAST) durchgeführt (*STAHEL et al. 2005*). Die FAST-Untersuchung dient auch dem Nachweis oder Ausschluss einer Perikardtamponade und eines Hämatothorax (*KANZ et al. 2010*). Zur radiologischen Basisdiagnostik gehören ein Röntgen-Thorax a.p. sowie eine Beckenübersichtsaufnahme (*MAURER et al. 2012*). Dieser orientierende „Primary survey“ sollte binnen 20 Min. nach Übernahme des Patienten vom Notarzt abgeschlossen sein (*NAST-KOLB et al. 2007; NAST-KOLB &*

RUCHHOLTZ 1999). Ständige Re-Evaluationen der Vitalparameter lassen eine Verschlechterung sofort erkennen und lebensrettende Interventionen unmittelbar einleiten.

Zeigt sich der Patient im Rahmen des „Primary survey“ hämodynamisch stabil, erfolgt ein zweiter Untersuchungsgang („Secondary survey“) mit sorgfältiger klinischer Ganzkörperuntersuchung einschließlich einer neurologischen Stuserhebung (*WURMB et al. 2010; HEYDE et al. 2005*).

„Secondary survey“ nach ATLS®

Ganzkörperuntersuchung inkl. neurologischer Stuserhebung

„whole-body“-CT

optional Röntgendiagnostik der Extremitäten

(Fremd-) Anamnese bzgl. Vorerkrankungen, Allergien, Medikamenteneinnahme

Tab. 2: „Secondary survey“ nach ATLS®. Dieser Untersuchungsgang wird direkt im Anschluss an den „Primary survey“ ausschließlich bei hämodynamisch stabilen Patienten durchgeführt. Bei Kreislaufinstabilität: Abbruch der Schockraumdiagnostik und Initiierung lebensrettender Noteingriffe.

Das „whole-body“-CT stellt das wesentliche diagnostische Adjunct als apparatives Hilfsmittel im Rahmen des „Secondary survey“ dar. Der Umfang der apparativen Diagnostik (CCT mit HWS, „whole-body“-CT von Kopf bis Becken) ist vom Verletzungsmuster des Patienten abhängig (*STAHEL et al. 2005*). Optional können konventionelle Röntgenbilder der Extremitäten die Diagnostik komplettieren.

Sollte eine Stabilisierung der Vitalfunktionen im Schockraum, z.B. aufgrund einer intraabdominellen oder retroperitonealen Massenblutung mit persistierendem Schock, nicht möglich sein, wird der Patient ohne „Secondary survey“ umgehend einer Not-Operation (z.B. Laparotomie mit Packing, Beckenzwinge etc.) zugeführt („Life-saving-surgery“) (*LENDEMANS & RUCHHOLTZ 2012*). Erst nach Stabilisierung der Vitalfunktionen des Patienten darf die Diagnostik, mit dem Ziel das gesamte Verletzungsmuster zu erfassen, fortgesetzt werden (*HEYDE et al. 2005*). Nach den Grundprinzipien des

ATLS® darf das Fehlen einer definitiven Diagnose eine indizierte sofortige Therapie nicht verzögern (*HEYDE et al. 2005*).

Gegen diese abgestufte Vorgehensweise bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten sprechen mehrere Studien, denen zu entnehmen ist, dass mit dem frühzeitigen Einsatz der Ganzkörper-Multislice-Spiral-CT der Zeitbedarf für die Diagnostik polytraumatisierter Patienten signifikant reduziert werden konnte (*RIEGER et al. 2002; WURMB et al. 2009; PTAK et al. 2001*). Einige Autoren plädieren daher sogar für den sofortigen Einsatz der Ganzkörper-CT-Untersuchung im Rahmen des „Primary survey“ und verzichten auf eine vorangegangene Ultraschalluntersuchung des Abdomen und konventionelle Röntgendiagnostik entsprechend dem ATLS®-basierten Vorgehen (*HILBERT et al. 2007*). Die Frage, ob eine kürzere Diagnostik auch eine Reduktion der Traumaletalität zur Folge hat, wurde in der Literatur bisher nicht eindeutig geklärt (*VUGT et al. 2012*). Einer retrospektiven multicenter Studie von *Huber-Wagner und Kollegen* aus dem Jahr 2009 zufolge hatten polytraumatisierte Patienten mit stumpfem Trauma eine signifikant höhere Überlebenschance beim unmittelbaren Einsatz einer Ganzkörper-CT, verglichen mit Patienten, die nach dem konventionellen Diagnostikalgorithmus und anschließender organspezifischer CT-Diagnostik behandelt wurden (*HUBER-WAGNER et al. 2009*).

3.2.3 „Damage control“

Durch ein besseres Verständnis der Körperreaktionen auf ein vorangegangenes Trauma hat in den letzten Jahren das Prinzip der „Damage Control Orthopedic Surgery“ zunehmend Anwendung gefunden und wesentlich zur Prognoseverbesserung polytraumatisierter Patienten beigetragen (*STAHSEL et al. 2005; SCHWAB 2004*). Erste erfolgversprechende Ergebnisse dieser abgestuften Behandlungsstrategie, bezogen auf schwere abdominelle Verletzungen, fanden bereits nach einer Veröffentlichung von *Stone und Kollegen* 1983 breite Anerkennung (*STONE et al. 1983; SCHWAB 2004*). Mit dem Ziel, das „antigenic and interventional load“ als „second hit“ so gering wie möglich zu halten, werden offene Frakturen und kontaminierte Wunden heute chirurgisch débridiert und mittels Fixateur externe temporär stabilisiert („day-one-surgery“) (*GEBHARD & HUBER-LANG 2008*).

Notfalleingriffe („damage control“)	
„Life-saving-surgery“	„Day-one-surgery“
Bohrlochtrepanation	Anlage von Ventrikeldrainagen / ICP-Sonden
Kraniotomie / Kraniektomie	Versorgung von Hohlorganverletzungen
Thorakotomie zur Blutungskontrolle	Stabilisierung instabiler Wirbelsäulenverletzungen
Laparotomie und Packing zur Blutungskontrolle	Débridement von Weichteilverletzungen inkl. stammferne Amputationen
Anlage einer Beckenzwinge	Externe Fixierung von Extremitätenverletzungen
Stammnahe Amputationen bei großflächigen Extremitätenzerstörungen	Fasziotomie bei (drohendem) Kompartmentsyndrom

Tab. 3: Darstellung häufiger Notfalleingriffe. Im Gegensatz zu den lebensrettenden Notfalleingriffen (Life-saving-surgery), die einen Abbruch der Schockraumdiagnostik erfordern, können verzögerte Primäreingriffe („Day-one-surgery“) nach Abschluss der Diagnostik erfolgen.

Weitere chirurgischen Interventionen, die noch am Aufnahmetag erfolgen sollten, sind die Prophylaxe bzw. Therapie von Kompartmentsyndromen, Revaskularisierungen bei Gefäßverletzungen und die Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen mit potentieller oder bereits eingetretener Verletzung des Rückenmarks und konsekutiver Querschnittsymptomatik (STAHEL et al. 2005). Ziel dieser Vorgehensweise ist es, den Patienten mit dem geringsten zusätzlichen operativen Trauma schnellstmöglich für eine adäquate intensivmedizinische Versorgung vorzubereiten. Im weiteren Behandlungsverlauf steht das Vermeiden bzw. die adäquate Therapie der „letalen Trias“ bestehend aus metabolischer Azidose, Hypothermie und Koagulopathie im Vordergrund (HOEY & SCHWAB 2002; SAGRAVES et al. 2006; MOORE et al. 1998; SHAPIRO et al. 2000). Die fehlende Normalisierung dieser Parameter erhöht die posttraumatische Sterblichkeit signifikant (STAHEL et al. 2005). Die frühest mögliche Einleitung supportiver intensivmedizinischer

Maßnahmen ist daher von essentieller Bedeutung für das Überleben der Patienten (*STAHEL et al. 2005*).

Die bisherige Studienlage macht deutlich, dass das Schockraummanagement bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten einen prognostisch richtungsweisenden Stellenwert einnimmt. Dennoch gibt es in der Literatur nur unzureichende Evidenz, welcher Diagnostikalgorithmus für das Outcome polytraumatisierter Patienten den größten Überlebensvorteil bringt. Der Faktor Zeit scheint hierbei, insbesondere für hämodynamisch instabile Patienten, von essentieller Bedeutung zu sein. Zu letzterem fehlen ebenfalls in der Literatur größere Studien, die den Faktor Zeit im Schockraum in Hinblick auf die Prognose polytraumatisierter Patienten beleuchten.

4 ZIEL DER STUDIE

Die vorliegende Arbeit evaluiert einen prioritätenorientierten Diagnostikalgorithmus für die Polytraumaversorgung in besonderem Blick auf den Zeitfaktor und die Effizienz. Daten des Traumaregisters[®] der DGU und aus Veröffentlichungen vergleichbarer Kliniken werden unseren Ergebnissen gegenübergestellt.

Folgende Fragestellungen wurden bearbeitet:

1. Wie stellt sich der von uns angewandte Diagnostikalgorithmus im Vergleich mit anderen etablierten Algorithmen zeitlich dar?
2. Erlaubt der von uns verwendete Diagnostikalgorithmus eine Differenzierung zwischen hämodynamisch stabilen und instabilen Patienten im Schockraum?
3. Beeinflusst unser Diagnostikalgorithmus die Prognose polytraumatisierter Patienten im Vergleich mit anderen Diagnostikalgorithmen?

5 MATERIAL UND METHODIK

5.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien

Die Universitätsklinik Campus Benjamin Franklin (CBF) der Charité Universitätsmedizin Berlin ist ein Klinikum der Maximalversorgung im Südwesten Berlins. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die Daten polytraumatisierter Patienten, die von Januar 2007 bis Dezember 2009 an unserer Klinik behandelt wurden, retrospektiv ausgewertet. Als Grundlage der Datenerhebung dienten die Originalpatientenakten, die krankenhauseigene Patientendatenbank, die Traumaregister[®]-Erfassungsbögen der Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der DGU sowie Röntgenbilder und CT-Sequenzen. Die Ein- und Ausschlusskriterien sind in Tabelle 4 aufgelistet.

Ein- / Ausschlusskriterien des Studienkollektivs

<i>Einschlusskriterien</i>	<i>Ausschlusskriterien</i>
Direkte Aufnahme über den Schockraum	Sekundärverlegungen
Verletzungsschweregrad ISS \geq 16 Punkte	Patienten mit Monotrauma

Tab. 4: Ein- / Ausschlusskriterien des Studienkollektivs. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974).

Für weiterreichende Analysen wurde das Studienkollektiv unter anderem in die drei Altersgruppen *Kindes- bzw. Jugendalter (0-17 Jahre)*, *Berufsleben (18-66 Jahre)* und *Rentenalter (\geq 67 Jahre)* unterteilt. Hierbei wurde bezüglich der Altersgrenze *Rentenalter* die Regelaltersrente nach §35 Sozialgesetzbuch VI gewählt, auch wenn dies keine fixe Altersgrenze darstellt und das Rentenalter von weiteren Faktoren abhängig ist. Eine weitere Unterteilung erfolgte in Abhängigkeit von dem anatomischen Verletzungsschweregrad in die drei Gruppen *ISS 16-24*, *ISS 25-50* und *ISS 51-75*.

5.2 Unfallursachen und Verletzungsschwere

Die Unfallursachen wurden in Kategorien eingeteilt. Zusätzlich wurde zwischen stumpfen und penetrierenden Verletzungen unterschieden. Alle Einzelverletzungen der Patienten wurden ihrer morphologischen Verletzungsschwere nach mit der 1971 von der „American Medical Association and its Committee on Medical Aspects of Automotive Safety“ entwickelten AIS klassifiziert (Kurzfassung AIS-2005 für das Traumaregister® der DGU). Anschließend wurden der ISS (*BAKER et al. 1974*) und der NISS (*OSLER et al. 1997*) berechnet. Die Beurteilung der Bewusstseinslage von Patienten mit SHT erfolgte anhand der GCS (*TEASDALE & JENNETT 1974*). Ein schweres SHT wurde definiert mit einer GCS ≤ 8 Punkte.

5.3 Schockraumversorgung

Die Schockraumversorgung und Erfassung des Verletzungsmusters erfolgt nach einem standardisierten, ATLS®-basierten Schockraumalgorithmus (Abb. 2). Parallel zur Übergabe des Verletzten durch den Notarzt wird der Patient entkleidet und auf eine transportfähige Untersuchungsliege umgelagert. Die initiale Ganzkörperuntersuchung mit Bodycheck (ABCDE-Schema nach ATLS®) findet zeitgleich mit einer FAST-Ultraschalluntersuchung und einer Blutabnahme inkl. Blutgasanalyse (BGA) statt. Gemäß Algorithmus erhält jeder polytraumatisierte Patient eine a.p. Röntgenuntersuchung des Thorax und eine Beckenübersichtsaufnahme. Das hierfür verwendete mobile Röntgengerät ist das *Mobilett XP Eco* der Firma Siemens. Die weiterführende CT-Diagnostik im Rahmen des „Secondary survey“ erfolgt ausschließlich bei hämodynamisch und pulmonal stabilen Patienten. Für die Schnittbildgebung werden die Patienten in das neben der Rettungsstelle auf derselben Etage befindliche CT transportiert. Der anwesende Radiologe ist für Kontrastmittelgaben, die Überwachung des CT-Untersuchungsganges und die sofortige Befundung der CT-Sequenzen zuständig. Auch in dieser Phase werden die Vitalparameter der Patienten kontinuierlich überwacht. Bei Kreislaufinstabilität und Vorliegen akut lebensbedrohlicher Verletzungen der Körperhöhlen stellt der Traumaleader die Indikation zum Abbruch der Schockraumdiagnostik und die Patienten werden ohne „Secondary survey“ unverzüglich einer operativen Versorgung im Sinne der „damage control surgery“ zugeführt. Notfalleingriffe werden regelhaft im Zentral-OP durchge-

führt. Hierfür werden die Patienten aus dem Schockraum im Erdgeschoss direkt über den benachbarten Notfallfahrstuhl in den OP-Trakt im 6. Obergeschoss gebracht.

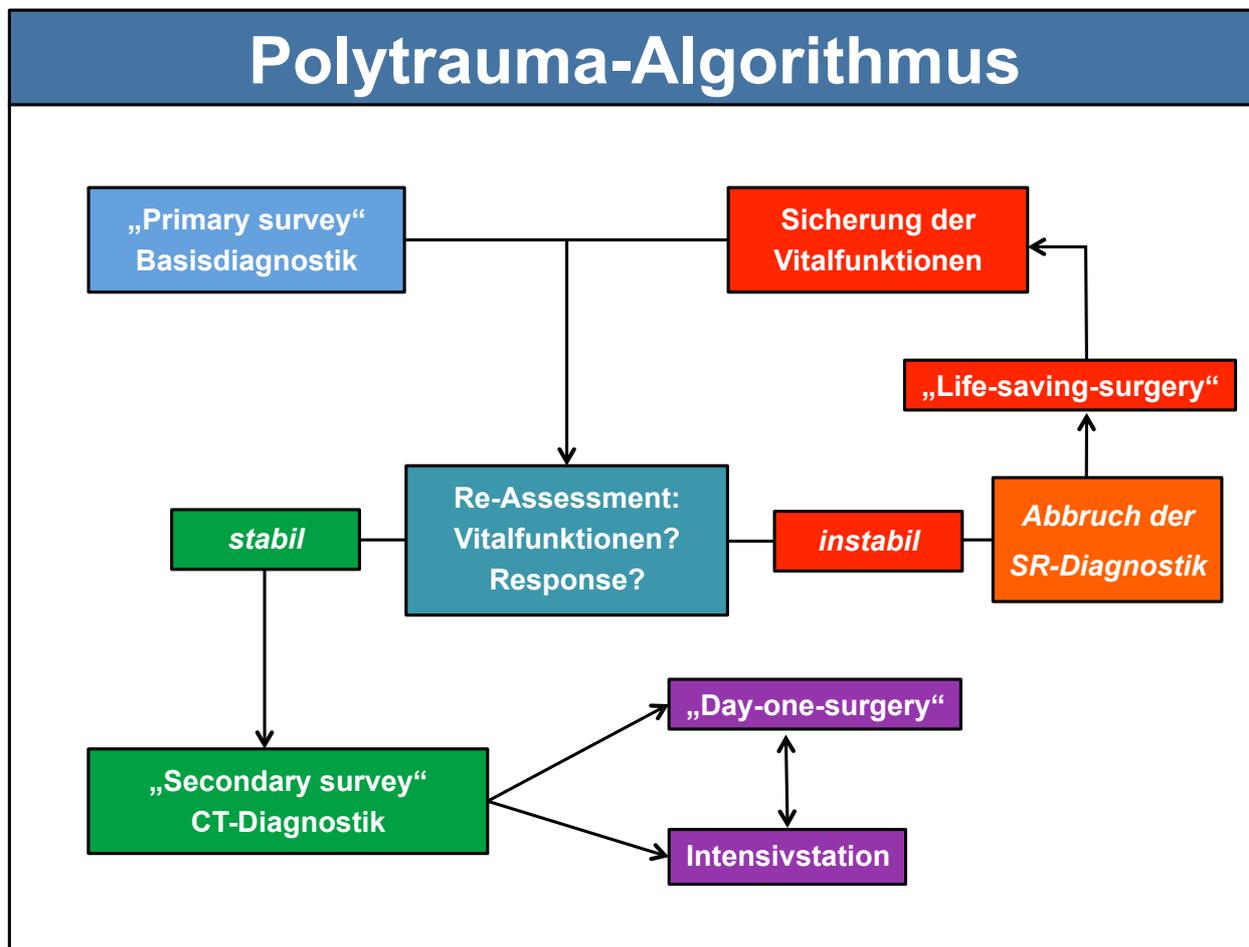


Abb. 2: Versorgungsalgorithmus beim Polytrauma. Abbruch der Schockraumdiagnostik und unmittelbarer Beginn lebenserhaltender Noteingriffe („Life-saving-surgery“) im Falle von instabilen Vitalfunktionen. Quelle: modifiziert nach Ertel W, Trentz O. Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. Chirurg. 1997; 68:1071-75.

5.4 Hämodynamik

Als wesentlicher Parameter für die Beurteilung des Schweregrades des Schockzustandes der Patienten wurde der initiale Laktatwert in der Blutgasanalyse (Radiometer Copenhagen, ABL 715, Dänemark) und dessen zeitlicher Verlauf herangezogen. Alle polytraumatisierten Patienten wurden in die Kategorien „stabil“, „persistierender Schock“ und „in extremis“ unterteilt. Patienten mit Laktatazidose und einem initialen systolischen Blutdruck ≤ 90 mmHg wurden der Kategorie „persistierender Schock“, Pa-

tienten im schweren hämorrhagischen Schock mit instabilen Kreislaufverhältnissen der Kategorie „in extremis“ zugeordnet.

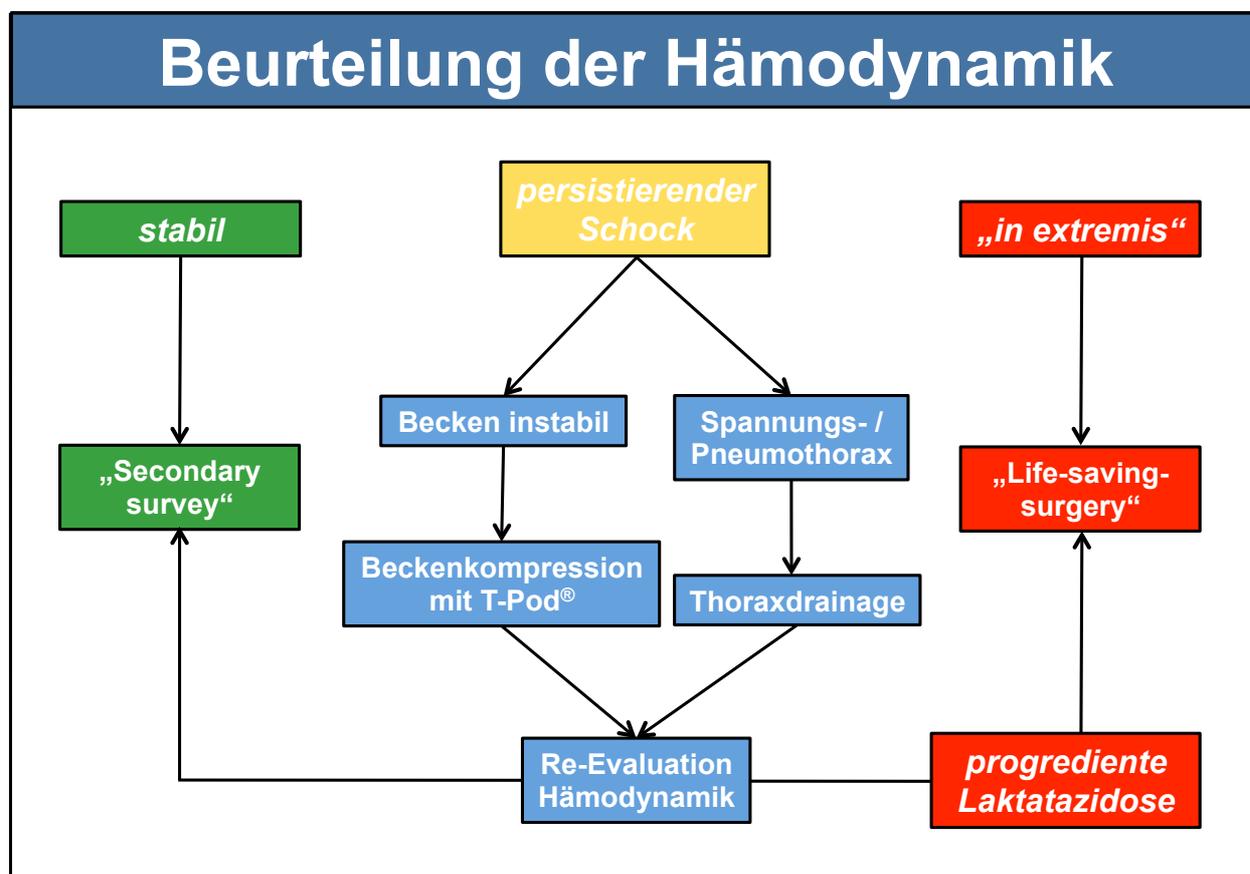


Abb. 3: Hämodynamikbeurteilung beim Polytrauma: Patienten im „persistierenden Schock“ (Laktatazidose, systolischer Blutdruck ≤ 90 mmHg) können ggf. durch Schockrauminterventionen wie z.B. Anlage eines T-Pod® bei instabilem Beckenring oder Entlastung eines Spannungspneumothorax für die weiterführende Diagnostik stabilisiert werden. Quelle: modifiziert nach John T, Ertel W. Die Beckenringzerreißung beim polytraumatisierten Patienten. Orthopäde. 2005; 34:917-930.

Der von *Allgöwer und Burri* im Jahr 1967 entwickelte Schockindex (SI = Quotient aus Herzfrequenz und systolischem Blutdruck) wurde als orientierender Parameter für das Volumendefizit im Schock verwendet (*ALLGÖWER & BURRI 1967*). Bei Vorliegen eines Volumenmangelschocks werden laut Autoren Schockindex-Werte um 1,5 erreicht (*ALLGÖWER & BURRI 1967*). Infolge einer Studie von *Burri* aus dem Jahr 1968 lag der Schockindex bei einem Blutverlust bis 25% bei Werten um 1, bei größeren Blutverlusten bis 33% wurde dieser kritische Wert deutlich überschritten (*BURRI 1968*). Im ATLS® Manual (9th Edition, Student Course Manual, American College of Surgeons´ Committee on Trauma) werden zur Abschätzung des Blutverlustes nach Trauma u.a. auch die

Herzfrequenz und der systolische Blutdruck berücksichtigt. Bezogen auf einen 70 kg Patienten wird ein Blutverlust von 30-40% (1500-2000 ml) in die Hämorrhagie-Klasse III eingestuft. Charakteristisch für diese Hämorrhagie-Klasse sind u.a. eine Pulsrate von 120-140 / Min. und ein verminderter systolischer Blutdruck. Ab dieser Klasse wird, was einen wesentlichen Unterschied zur Hämorrhagie-Klasse II darstellt, als initiale Volumentherapie neben kristalloiden Infusionslösungen auch die Gabe von Blutprodukten empfohlen.

5.5 Laborchemische Untersuchungen

Bei jedem Schockraumpatienten wurden direkt nach der notärztlichen Übergabe Blutproben abgenommen. Zur Standarddiagnostik zählten ein kleines Blutbild, der Gerinnungsstatus (Quickwert, INR und PTT), Leberwerte (GOT, GPT, Gamma-GT, AP, Bilirubin gesamt), Nierenwerte (HST, Kreatinin), TSH, Lipase, CK, Ethanol sowie eine Blutgasanalyse (BGA). Optional wurden weitere Parameter, z.B. Herzparameter (LDH, CK-MB, TropT) bestimmt und bei Bedarf ein Drogenscreening sowie bei Mädchen und Frauen im gebärfähigen Alter ein β -HCG-Serumtest zum Schwangerschaftsausschluss durchgeführt.

5.6 Postoperative Phase

Als postoperative Phase wurde die Verweildauer der schwerverletzten Patienten auf der interdisziplinär chirurgischen Intensivstation (ICU) und der peripheren Normalstation analysiert.

5.7 Letalität und Prognose

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde die Prognose der Patienten unter Zuhilfenahme der „Revised Injury Severity Classification“ (RISC) (*LEFERING 2009*) berechnet und der tatsächlichen Letalität gegenübergestellt. Bei fehlenden Variablen für die Berechnung des Scores wurden entsprechend den Empfehlungen von *Lefering 2009* Ersatzparameter verwendet (*LEFERING 2009*).

5.8 Statistische Analysen

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie am CBF unter Anwendung des SPSS® Software Paket (IBM® SPSS® Statistics Version 20, USA) und Microsoft® Excel® (für Mac 2011 Version 14.2.0). Die Ergebnisse wurden als Mittelwert (MW) \pm Standardabweichung (SD) angegeben. Bei nicht normalverteilten Werten erfolgte die Ergebnisdarstellung als Median mit IQR (25. / 75. Perzentile). Die Prüfung auf Normalverteilung erfolgte mittels Kolmogorov-Smirnov-Test. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte mittels Student's T-Test, bei nicht normalverteilten Werten mittels Mann-Whitney-U-Test mit Bonferroni-Korrektur sowie bei Vergleichen von mehr als zwei Gruppen mittels Kruskal-Wallis-Test. In Box-Plot-Diagrammen wurden die Ergebnisse unter Angabe des Median (IQR) dargestellt. Die Zusammenhänge der untersuchten Variablen wurden mittels Pearson-Korrelationsanalyse ausgewertet. Die Stärke der Zusammenhänge wurde als Korrelationskoeffizient r berechnet. Ab einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ wurden Unterschiede in den Ergebnissen als signifikant angenommen. Beim Auftreten signifikanter Unterschiede wurde keine weitere Unterscheidung hinsichtlich bestimmter Signifikanzniveaus getroffen.

6 ERGEBNISSE

6.1 Beschreibung des Patientenkollektivs

6.1.1 Einschlusskriterien und Alter

Die Einschlusskriterien Verletzungsschwere ISS ≥ 16 Punkte und direkte Schockraumaufnahme wurden in dem Zeitraum Januar 2007 bis Dezember 2009 von 277 Patienten erfüllt. Von diesen waren 26,4% ($n = 73$) weiblich und 73,6% ($n = 204$) männlich. Das Alter der polytraumatisierten Patienten variierte zwischen 6 und 97 Jahren. Das Durchschnittsalter lag bei $48,2 \pm 21,2$ Jahren.

Demographische Basisdaten			Charité CBF	Traumaregister®
Kategorie				
Patienten			$n=277$	$n=51.309$
Alter			$48,2 \pm 21,2$ Jahre	$42,6 \pm 21,1$ Jahre
Geschlecht	<i>weiblich</i>		26,4% ($n=73$)	k.A.
	<i>männlich</i>		73,6% ($n=204$)	71,9% ($n=36.999$)
Altersverteilung	≤ 17 Jahre		5,1% ($n=14$)	k.A.
	18-66 Jahre		74,0% ($n=205$)	k.A.
	≥ 67 Jahre		20,9% ($n=58$)	k.A.

Tab. 5: Demographische Basisdaten des Studienkollektivs. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010; k.A. = keine Angabe.

Die männlichen Patienten waren mit $46,9 \pm 20,3$ Jahren durchschnittlich 4,9 Jahre jünger als die weiblichen Patienten mit $51,8 \pm 23,3$ Jahren. Von den polytraumatisierten Patienten waren 5,1% ($n = 14$) zum Unfallzeitpunkt < 18 Jahre alt, 74,0% ($n = 205$) waren im Alter zwischen 18-66 Jahre und 20,9% ($n = 58$) der Patienten waren 67 Jahre oder älter (Tab. 5).

6.1.2 Unfallursachen

Die häufigsten Unfallursachen waren Verkehrsunfälle (54,9%; $n = 152$) und Stürze (34,7%; $n = 96$). Verschüttungen, Explosionstraumen und penetrierende Verletzungen waren mit 5,1% ($n = 14$) als seltene Unfallursachen zu verzeichnen. In 5,4% ($n = 15$) der Fälle war die Unfallursache nicht bekannt (Abb. 4A). Stürze aus größerer Höhe ($\geq 3\text{m}$) kamen mit 56,2% ($n = 54$) etwas häufiger vor als Stürze $< 3\text{m}$ (43,8%; $n = 42$; Abb. 4B).

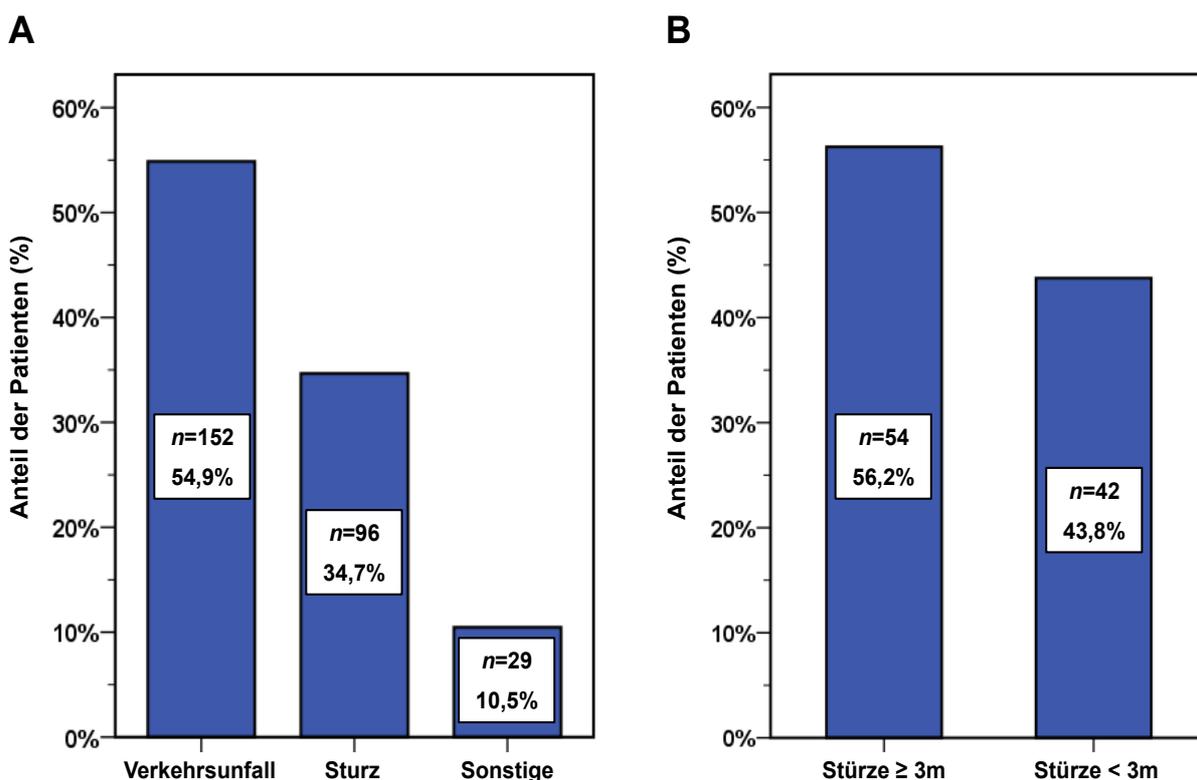


Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der Unfallursachen (A) und Stürze (B) im Studienkollektiv. Die Untergruppe „Sonstige“ beinhaltet Explosionstraumata, Verschüttungsunfälle, penetrierende Verletzungen sowie die nicht bekannten Verletzungsursachen.

Bezogen auf die Verkehrsunfälle verunfallten am häufigsten Fußgänger (27,0%; $n = 41$), gefolgt von Kraftradfahrern (23,0%; $n = 35$), PKW- bzw. LKW-Fahrern (21,0%; $n = 32$) und Fahrradfahrern (20,4%; $n = 31$). Überrollverletzungen und Ejektionstraumen waren mit 8,6% ($n = 13$) vertreten (Tab. 6). Stumpfe Traumen machten mit 271 Fällen (97,8%) den überwiegenden Teil der Verletzungen aus. In 6 Fällen (2,2%) lagen penetrierende Verletzungen vor.

Häufigkeitsverteilung an Verkehrsunfällen (n = 152) im Studienkollektiv

Unfallursache	Charité CBF	Traumaregister®
Fußgänger	27,0% (n=41)	7,6% (n=3.022)
Motorrad / Roller	23,0% (n=35)	13,6% (n=5.364)
PKW / LWK	21,0% (n=32)	28,1% (n=11.106)
Fahrrad	20,4% (n=31)	7,8% (n=3.070)
Überrolltrauma	6,6% (n=10)	k.A.
Herausschleudern aus Fahrzeug	2,0% (n=3)	k.A.

Tab. 6: Häufigkeitsverteilung der Verkehrsunfälle im Studienkollektiv. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010; k.A. = keine Angabe.

6.1.3 Verletzungsschwere

Gravierende Verletzungen des Gesichtsschädels (AIS Gesicht \geq 3 Punkte) kamen in 5,8% (n = 16) der Fälle vor. Die am häufigsten verletzte Körperregion war der Thorax (AIS Thorax / BWS \geq 3 Punkte) bei fast zwei Drittel aller eingeschlossenen Patienten (62,5%; n = 173). Schwere abdominelle Verletzungen oder eine Beteiligung der LWS (AIS Abdomen / LWS \geq 3 Punkte) machten fast ein Viertel (23,8%; n = 66) der Fälle aus. Schwere Becken- oder Extremitätenbeteiligungen (AIS Becken / Extremitäten \geq 3 Punkte) kamen in 42,2% (n = 117) der Fälle vor (Tab. 7).

Mehr als die Hälfte aller Patienten (56,7%; n = 157) hatte eine schwere Schädel-Hirn-Beteiligung (AIS Kopf / Hals \geq 3 Punkte). Bei über einem Viertel aller Patienten (26,4%; n = 73) wurde ein GCS \leq 8 Punkte bei der Aufnahme in den Schockraum dokumentiert. Der ISS-Wert betrug im Mittel $30,9 \pm 13,0$ Punkte. Der mittlere NISS $35,4 \pm 13,8$ Punkte (Tab. 8).

Verletzungshäufigkeit je ISS-Körperregion mit schwerer Verletzung (AIS ≥ 3)

Körperregion	Charité CBF	Traumaregister®
Kopf / Hals	56,7% (n=157)	58,4% (n=8.639)
Gesicht	5,8% (n=16)	k.A.
Thorax	62,5% (n=173)	56,0% (n=8.285)
Abdomen	23,8% (n=66)	19,2% (n=2.839)
Becken / Extremitäten	42,2% (n=117)	35,2% (n=5.201)

Tab. 7: Häufigkeit relevanter Verletzungen mit einem AIS ≥ 3 Punkte. AIS = Abbreviated Injury Scale (American Medical Association and its Committee on Medical Aspects of Automotive Safety); ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974); Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010; k.A. = keine Angabe.

Verletzungsschwere

Score	Charité CBF	Traumaregister®
ISS	30,9 ± 13,0 Punkte	22,3 Punkte
NISS	35,4 ± 13,8 Punkte	27,5 Punkte
GCS ≤ 8 Punkte	26,4% (n=73)	27,6% (n=11.326)
Schock (syst. RR ≤ 90 mmHg)	10,8% (n=30)	12,7% (n= 4.958)

Tab. 8: Anatomische und physiologische Verletzungsschwere; ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974); NISS = New Injury Severity Score (Osler et al. 1997); GCS = Glasgow Coma Scale (Teasdale & Jennett 1974); Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010.

Die Abbildung 5 beschreibt den Anteil polytraumatisierter Patienten in den drei ISS-Subgruppen. Neununddreißig Prozent ($n = 108$) der Patienten hatten einen ISS zwischen 16-24 Punkten. Über die Hälfte (52,0%; $n = 144$) der Patienten hatten einen Verletzungsschweregrad zwischen 25-50 Punkten. 9,0% ($n = 25$) waren mit 51-75 Punkten am gravierendsten verletzt (Abb. 5A). Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten im Median (IQR) mit 45 (34-57) Punkten einen signifikant ($p < 0,05$) höheren ISS als die überlebenden Patienten mit 25 (20-34) Punkten (Abb. 5B).

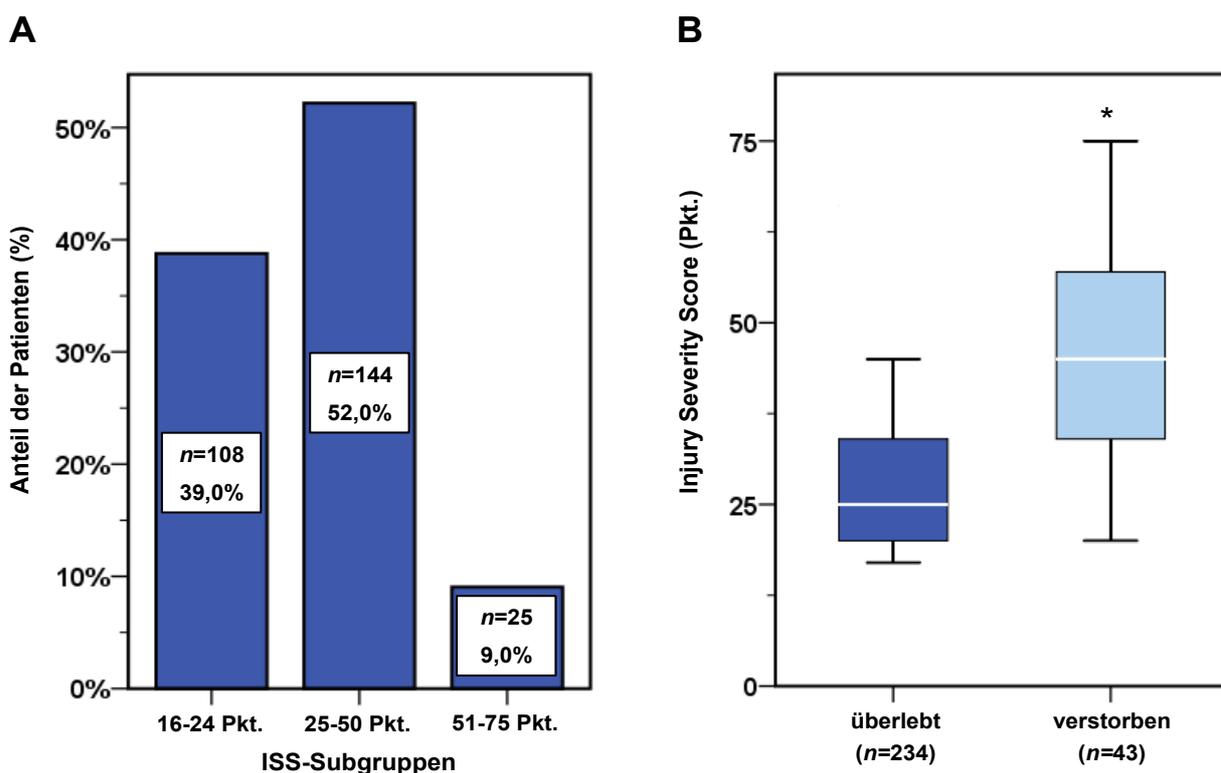


Abb. 5: Anteil polytraumatisierter Patienten in den ISS-Subgruppen (A) und Verletzungsschwere (ISS) der überlebenden und verstorbenen Patienten (B). Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974).

6.1.4 Hämodynamik

Die initialen Laktatwerte waren bei 206 (74,4%) Patienten dokumentiert. Erhöhte Laktatwerte (> 20 mg/dl) in der initialen BGA wurden bei 121 (58,7%) Patienten gemessen. Fast ein Viertel (23,1%; $n = 28$) der Verletzten mit erhöhten Laktatwerten hatten einen positiven Schockindex ($SI \geq 1$). Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten sowohl in der initialen BGA als auch in der Verlaufskontrollmessung signifikant ($p < 0,05$)

höhere Laktatwerte als die überlebenden Patienten. Bei den Verstorbenen lag der initiale Laktatwert im Median (IQR) bei 36 (25-59) mg/dl, bei den Überlebenden bei 22 (15-31) mg/dl ($p < 0,05$) (Abb. 6A). In der Verlaufskontrolle lag der Laktatwert bei den verstorbenen Patienten im Median (IQR) bei 33 (21-70) mg/dl, bei den Überlebenden bei 18 (13-25) mg/dl ($p < 0,05$). Die Ergebnisse zeigten zudem, dass sich die Laktatwerte bei den überlebenden Patienten bereits in der ersten Kontrollmessung 30-60 Min. nach Erstbestimmung wieder im Normbereich (Laktat ≤ 20 mg/dl) befanden (Abb. 6B).

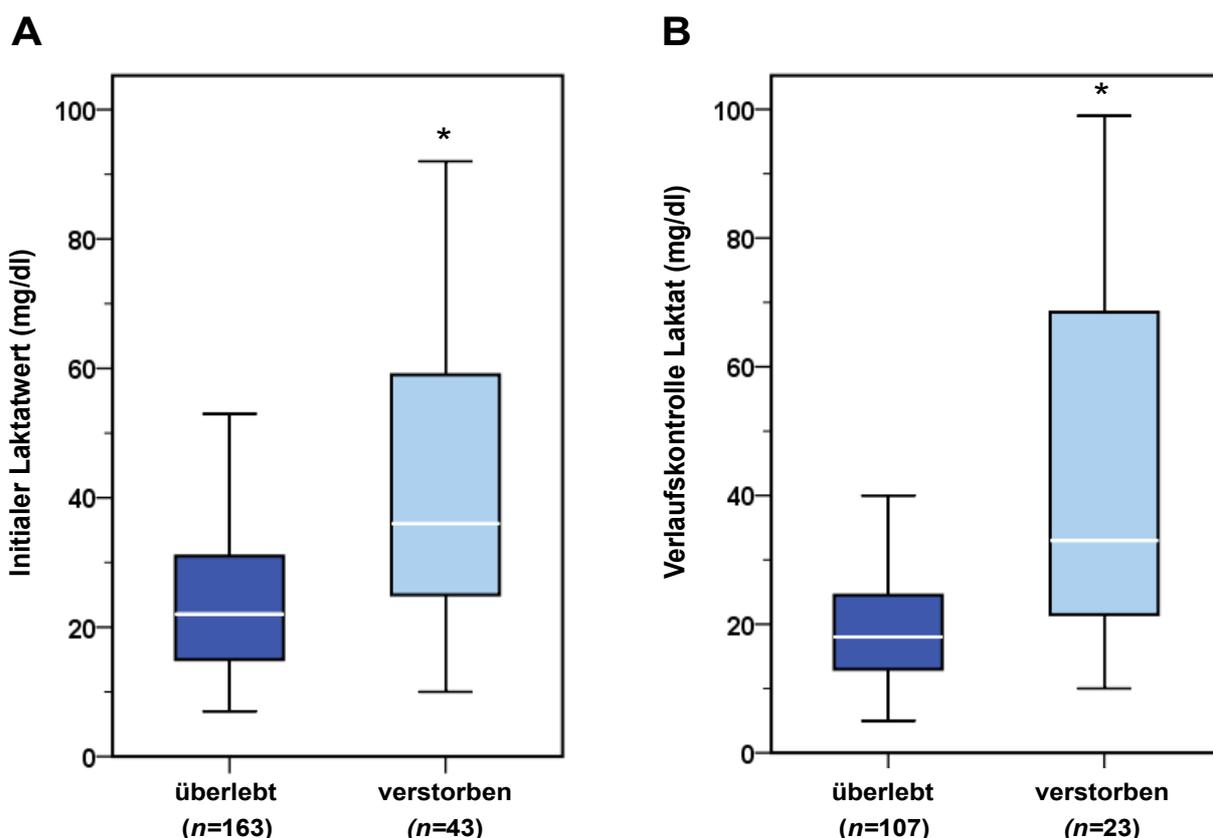


Abb. 6: Initiale Laktatmessung (A) und Verlaufskontrollmessung des Laktatwerts 30-60 Min. nach Erstbestimmung (B) der überlebenden und verstorbenen Patienten. Im Verlauf verstorbene Patienten hatten sowohl bei Eintreffen im Schockraum als auch in der Verlaufskontrolle signifikant höhere Laktatwerte als die überlebenden Patienten. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt. In der Verlaufskontrollmessung waren die Laktatwerte der überlebenden Patienten wieder im Normbereich (Laktat ≤ 20 mg/dl).

Bei 10,8% ($n = 30$) der polytraumatisierten Patienten wurde ein initialer systolischer Blutdruck von ≤ 90 mmHg gemessen. Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten bereits bei Eintreffen im Schockraum signifikant ($p < 0,05$) niedrigere systolische Blutdruckwerte als die überlebenden Patienten. Dieser betrug bei den überlebenden

Patienten im Median (IQR) 130 (120-145) mmHg und bei den verstorbenen Patienten 100 (80-140) mmHg (Abb. 7A).

Eine Tachykardie ($HF \geq 100/\text{min}$) war bei 31,4% ($n = 87$) der Patienten dokumentiert. Unterschiede der initial gemessenen Herzfrequenz zwischen überlebenden und im Verlauf verstorbenen Patienten waren statistisch nicht signifikant (Abb. 7B).

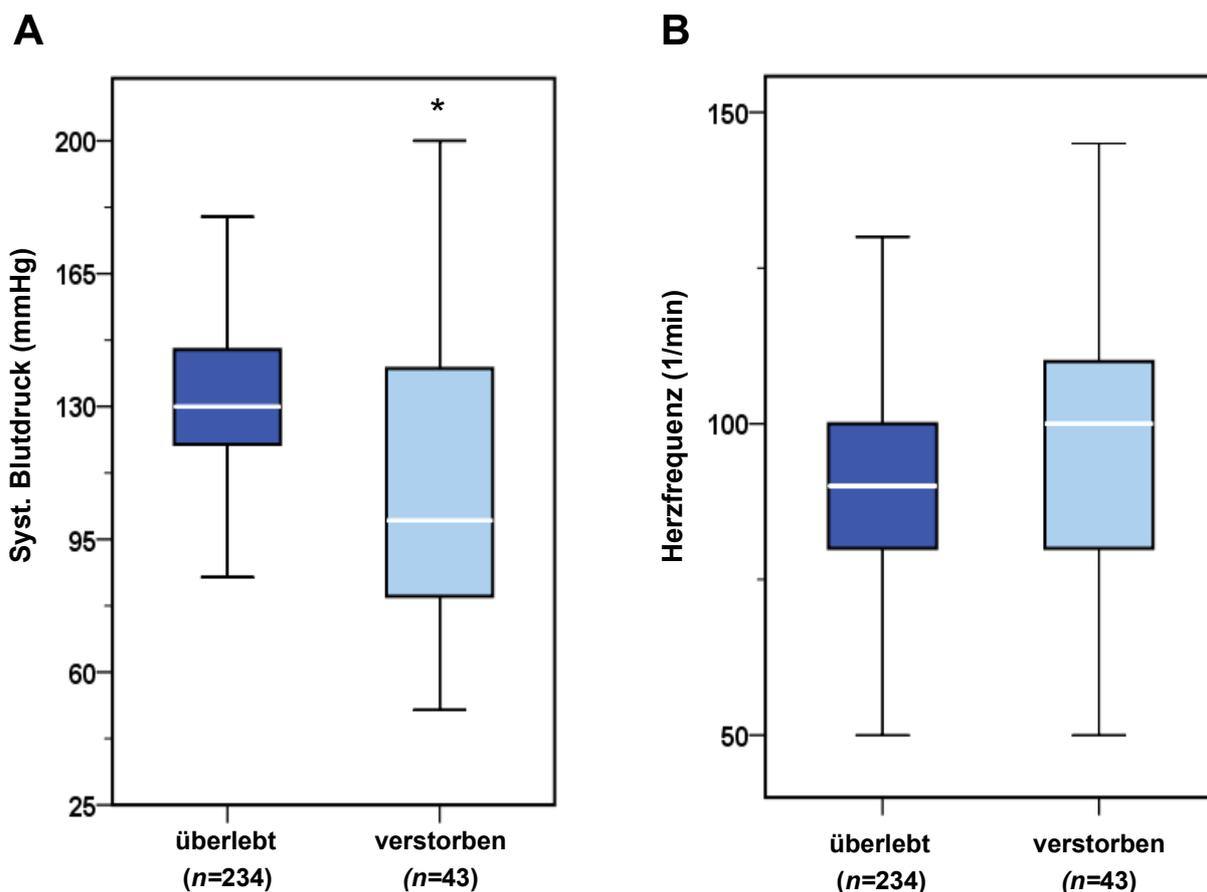


Abb. 7: Systolischer Blutdruck (A) und Herzfrequenz (B) bei Eintreffen der Patienten im Schockraum. Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten bereits initial signifikant niedrigere systolische Blutdruckwerte als die überlebenden Patienten. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt. Unterschiede der initial gemessenen Herzfrequenz von überlebenden und im Verlauf verstorbenen Patienten waren statistisch nicht signifikant.

6.1.5 Laborchemische Untersuchungsergebnisse

Deutlich erniedrigte Hämoglobinwerte von ≤ 9 g/dl wurden bei 14,8% ($n = 41$) der polytraumatisierten Patienten bei Aufnahme in den Schockraum gemessen. Im Verlauf verstorbene Patienten hatten im Median (IQR) mit 10 (7-13) g/dl signifikant ($p < 0,05$)

niedrigere initiale Hämoglobinwerte als die überlebenden Patienten mit 13 (12-14) g/dl (Abb.8A).

In einer weiteren Untersuchung wurden die im Schockraum abgenommenen Gerinnungsparameter der Patienten ausgewertet. Demnach wurden bei den überlebenden Patienten signifikant ($p < 0,05$) höhere Quickwerte als bei den im Verlauf verstorbenen Patienten gemessen.

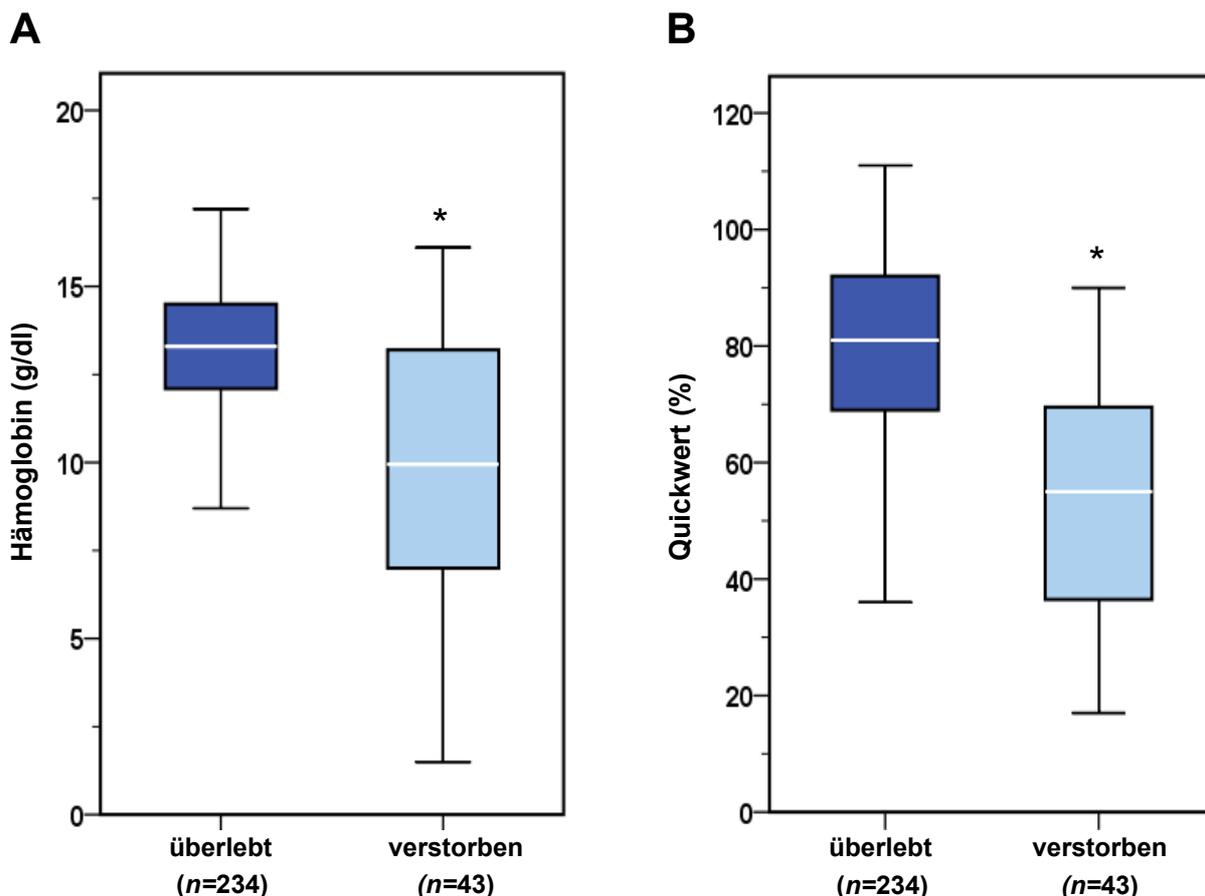


Abb. 8: Hämoglobinwert (A) und Quickwert (B) bei Eintreffen der Patienten im Schockraum. Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten signifikant niedrigere Hämoglobin- und Quickwerte als die überlebenden Patienten. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt.

Bei den Überlebenden lag der initiale Quickwert im Median (IQR) bei 81 (69-92) %, bei den Verstorbenen bei 55 (36-71) % (Abb. 8B). Die Patienten der Kategorie „in extremis“ hatten im Median (IQR) einen initialen Quickwert von 50 (34-73) %.

6.2 Zeitmanagement der Polytraumaversorgung

6.2.1 Präklinik und Schockraumdiagnostik

Die präklinische Zeit betrug im Median (IQR) 50 (42-69) Min. und variierte zwischen 24-151 Min. Der „Primary survey“ war im Durchschnitt in weniger als 10 Min. abgeschlossen. Dabei begann die FAST-Ultraschalluntersuchung im Mittel $3,0 \pm 1,4$ Min. und das konventionelle Röntgen nach $6,0 \pm 3,1$ Min. (Thorax) und $7,9 \pm 3,4$ Min. (Beckenübersicht).

Diagnostikzeiten „Primary und secondary survey“		
Untersuchungsmethode	Charité CBF	Traumaregister®
FAST	$3,0 \pm 1,4$ Min. (<i>n</i> =267; 96,4%)	7 ± 11 Min. (<i>n</i> =19.521)
Thorax	$6,0 \pm 3,1$ Min. (<i>n</i> =268; 96,8%)	14 ± 18 Min. (<i>n</i> =15.565)
Beckenübersicht	$7,9 \pm 3,4$ Min. (<i>n</i> =260; 93,9%)	18 ± 20 Min. (<i>n</i> =11.743)
CCT	$20,9 \pm 7,8$ Min. (<i>n</i> =259; 93,5%)	31 ± 22 Min. (<i>n</i> =4.331)
WBCT	$26,4 \pm 10,9$ Min. (<i>n</i> =250; 90,3%)	26 ± 19 Min. (<i>n</i> =7.365)

Tab. 9: Zeiten im Rahmen des „Primary und secondary survey“ vom Eintreffen der Patienten im Schockraum bis zum Beginn der jeweiligen Diagnostik. Angegeben ist der MW ± SD. FAST = Focused Assessment with Sonography for Trauma; CCT = Schädel-CT; WBCT = Ganzkörper-CT. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010.

Im Rahmen des „Secondary survey“ wurde die CT-Untersuchung von Schädel und HWS bei 93,5% (*n* = 259) der Patienten im Mittel nach $20,9 \pm 7,8$ Min. durchgeführt. Die Ganzkörper-CT-Untersuchung (bei 90,3%, *n* = 250) wurde im Mittel $26,4 \pm 10,9$ Min. nach Eintreffen im Schockraum angefertigt (Tab. 9).

6.2.2 „Day-one-surgery“ und „Life-saving-surgery“

Insgesamt wurden 60,6% ($n = 168$) der polytraumatisierten Patienten binnen der ersten 24 Stunden nach Aufnahme operiert. Bei Patienten mit „stabiler Hämodynamik“ (81,0%; $n = 136$) lag der Zeitbedarf für die Schockraumdiagnostik bis zur OP im Median (IQR) bei 63 (40-115) Minuten. Patienten im „persistierenden Schock“ (7,1%; $n = 12$) wurden in 45 (37-57) Min. abgeklärt. Bei Patienten „in extremis“ (11,9%; $n = 20$) wurde das reguläre Schockraummanagement entsprechend dem Diagnostikalgorithmus vorzeitig abgebrochen und die Indikation zur Not-Operation („Life-saving-surgery“) gestellt.

Dauer der Schockraumbehandlung bis OP ($n = 168$)		
Patienten der Kategorie	Charité CBF	Traumaregister®
Hämodynamik „stabil“	63 (40-115) Min. ($n=136$; 81,0%)	k.A.
Hämodynamik „pers. Schock“	45 (37-57) Min. ($n=12$; 7,1%)	76 ± 43 Min. ($n=8.885$)
Hämodynamik „in extremis“	26 (22-45) Min. * ($n=20$; 11,9%)	39 ± 31 Min. ($n=1.022$)

Tab. 10: Dauer der Schockraumbehandlung bis zum OP-Beginn in Abhängigkeit vom hämodynamischen Zustand der Patienten. Die Schockraumzeiten der Patienten „in extremis“ waren signifikant kürzer als die Schockraumzeiten der Patienten mit stabiler Hämodynamik. Angegeben ist der Median (IQR), Kruskal-Wallis-Test: * $p<0,05$ vs. Hämodynamik „stabil“. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. k.A. = keine Angabe.

In diesen Fällen betrug die Zeit von der Aufnahme im Schockraum bis zur Operation im Median (IQR) 26 (22-45) Min. (Tab. 10). Dies entspricht einer signifikanten ($p<0,05$) Reduktion der Schockraumzeit um 58,7% im Vergleich zum regulären Schockraummanagement inklusive „Secondary survey“ bei hämodynamisch stabilen Patienten (Abb. 9).

Die Zeitanalyse im ISS-Subgruppenvergleich ergab, dass die Dauer der Schockraumversorgung inklusive „Secondary survey“ nach der Ganzkörper-CT-Untersuchung bis zum OP-Beginn bei den Patienten der Gruppe *ISS 51-75* im Median (IQR) mit 44 (32-50) Min. signifikant ($p < 0,05$) kürzer war als bei den Gruppen *ISS 16-24* und *ISS 25-50* (Tab. 11).

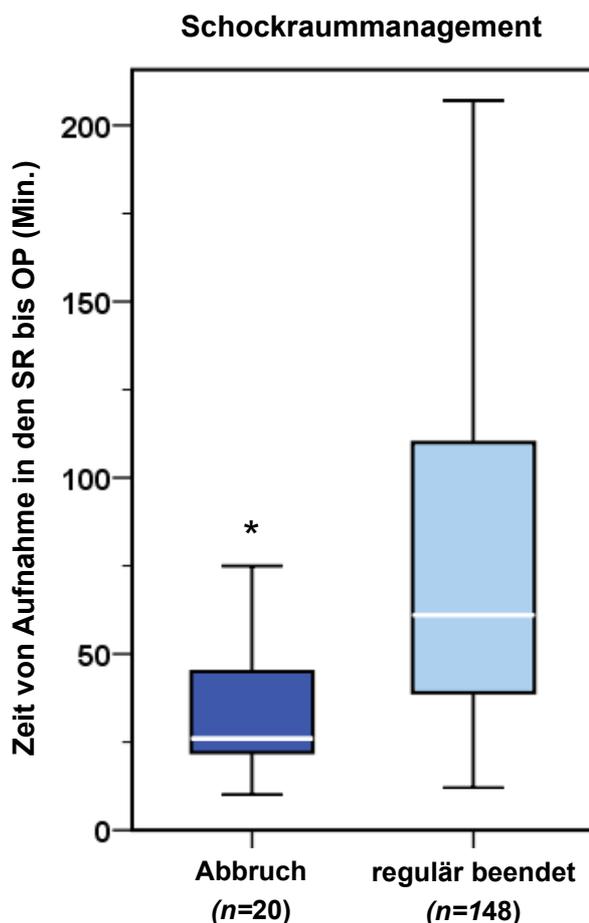


Abb. 9: Zeit von der Aufnahme in den Schockraum bis zum OP-Beginn bei Abbruch und bei regulärer Durchführung des Schockraummanagements. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. SR-Management regulär beendet.

Insgesamt erhielten 44,4% ($n = 123$) der polytraumatisierten Patienten Thoraxdrainagen. In 72,4% ($n = 89$) der Fälle wurden diese Drainagen im Rahmen des „Primary survey“ noch vor der CT-Diagnostik gelegt, 45 Patienten (36,6%) erhielten eine Thoraxdrainage im Rahmen des „Secondary survey“ oder im OP-Saal (Tab. 12).

Schockraumzeit bis OP-Beginn in Relation zur Verletzungsschwere (n = 168)

Verletzungsschweregrad	Charité CBF	Traumaregister®
ISS 16-24	62 (45-110) Min. (n=46; 27,4%)	k.A.
ISS 25-50	61 (34-115) Min. (n=101; 60,1%)	k.A.
ISS 51-75	44 (32-50) Min. * (n=21; 12,5%)	k.A.

Tab. 11: Diagnostikzeiten in Relation zum Verletzungsschweregrad (ISS). Die am schwersten verletzten Patienten (ISS 51-75) wurden signifikant schneller als die leichter verletzten Patienten abgeklärt. Angegeben ist der Median (IQR), Kruskal-Wallis-Test: * p<0,05 vs. SR-Zeit ISS 16-24 und ISS 25-50. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974)

Schockraumintervention und Operation

Art der Intervention	Charité CBF	Traumaregister®
Abbruch SR-Management	7,2% (n=20)	4,3% (n=1.509)
Thoraxdrainagen (total)	44,4% (n=123)	17,3% (n=7.036)
Thoraxdrainage „Primary survey“	72,4% (n=89)	k.A.
Reanimation	4,7% (n=13)	4,0% (n=1.614)
OP am Aufnahmetag	60,6% (n=168)	70,7% (n=36.047)

Tab. 12: Angaben zu Interventionen im Schockraum, Abbruch der Schockraumdiagnostik und Operationen am Unfalltag. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. k.A. = keine Angabe.

6.2.3 Postoperative Phase

Die polytraumatisierten Patienten wurden im Mittel $8,0 \pm 15,5$ Tage auf der Intensivstation behandelt. Nach $20,8 \pm 19,9$ Tagen konnten die Patienten entweder entlassen oder in eine Reha-Einrichtung verlegt werden (Tab. 13).

Postoperative Phase		
Liegedauer	Charité CBF	Traumaregister®
Intensivstation	$8,0 \pm 15,5$ Tage	$10,9 \pm 13,8$ Tage
Periphere Station	$20,8 \pm 19,9$ Tage	$24,5 \pm 28,2$ Tage

Tab. 13: Durchschnittliche Liegedauer der polytraumatisierten Patienten auf der Intensivstation und auf der peripheren Station. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010.

6.3 Letalität und Prognoseberechnung

Von den 277 polytraumatisierten Patienten überlebten 84,5% ($n = 234$). Die tatsächliche Letalität lag mit 15,5% ($n = 43$) deutlich unter der mittels RISC prognostizierten Letalität von $22,8 \pm 1,8\%$.

Letalität und Prognose		
Letalität	Charité CBF	Traumaregister®
Total	15,5% ($n=43$)	14,3%
Anteil bei Reanimation	92,3% ($n=12$)	k.A.
RISC-Prognose	$22,8 \pm 1,8\%$	15,8%

Tab. 14: Angaben zur Letalität im gesamten Studienkollektiv und bei Reanimation. RISC = Revised Injury Severity Classification (Lefering 2009); Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. k.A. = keine Angabe.

Die absolute Risikoreduktion bezogen auf die Letalität lag entsprechend bei $7,3 \pm 1,8\%$. Daraus resultiert eine relative Risikoreduktion von $32,0\%$. Die Letalität in der Gruppe ISS 16-24 betrug $1,9\%$, $18,1\%$ in der Gruppe ISS 25-50 und $60,0\%$ in der Gruppe ISS 51-75 (Abb. 10A).

Das Lebensalter zum Unfallzeitpunkt stellte hierbei eine wesentliche Einflussgröße für die Prognose der polytraumatisierten Patienten dar. Alle polytraumatisierten Kinder und Jugendlichen (≤ 17 Jahre) überlebten ihre Verletzungen. In der Gruppe der 18-66 jährigen Patienten starben $12,2\%$ ($n = 25$), von den Patienten ≥ 67 Jahre verstarben $31,0\%$ ($n = 18$) (Abb. 10B).

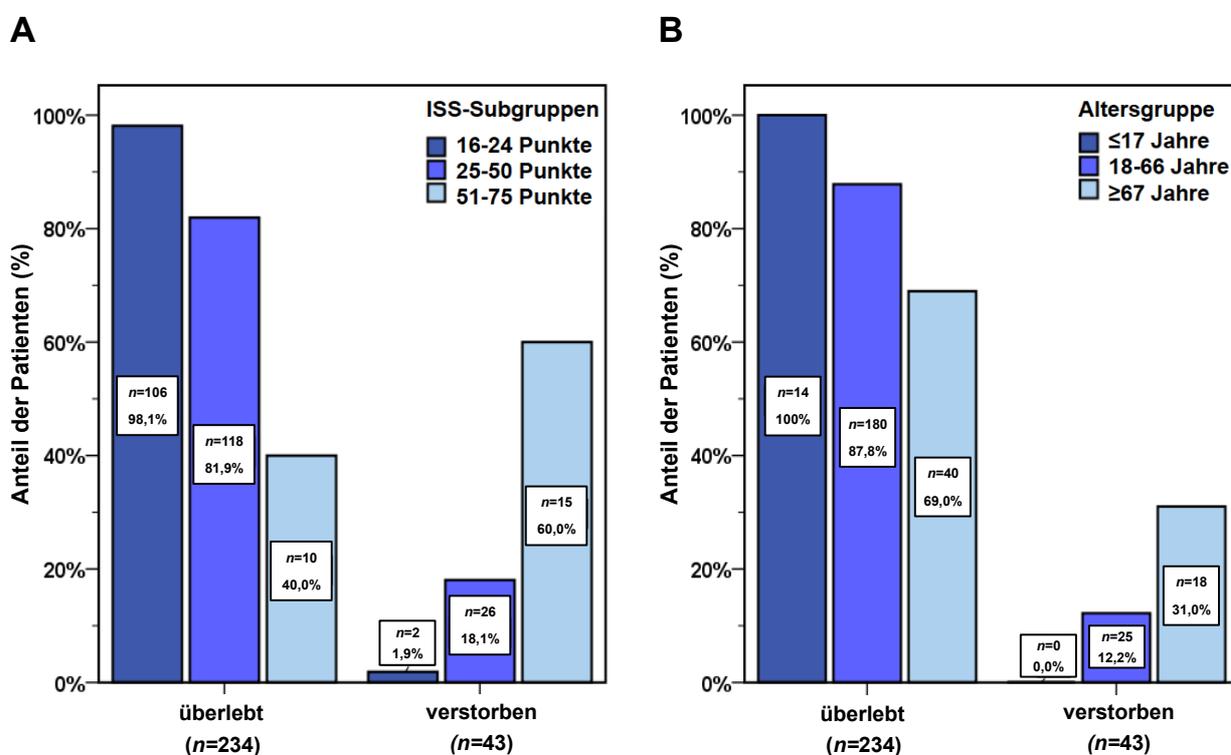


Abb. 10: Letalität in Abhängigkeit vom Verletzungsschweregrad (A) und vom Patientenalter zum Unfallzeitpunkt (B). ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974).

Die Letalität war in der Gruppe der Patienten ≥ 67 Jahre signifikant höher als bei den jüngeren Patienten < 67 Jahre (Mann-Whitney-U-Test: $p < 0,05$ vs. Letalität < 67 Jahre). Die verstorbenen Patienten waren im Median (IQR) mit 57 (45-79) Jahren signifikant älter als die überlebenden Patienten mit 46 (28-62) Jahren (Mann-Whitney-U-Test: $p < 0,05$ vs. Alter der überlebenden Patienten).

Die Analyse der berechneten Letalitätswahrscheinlichkeit (RISC) in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere (ISS-Subgruppen) ergab, dass die Wahrscheinlichkeit polytraumatisierter Patienten zu versterben mit steigender Verletzungsschwere signifikant ansteigt (Abb. 11).

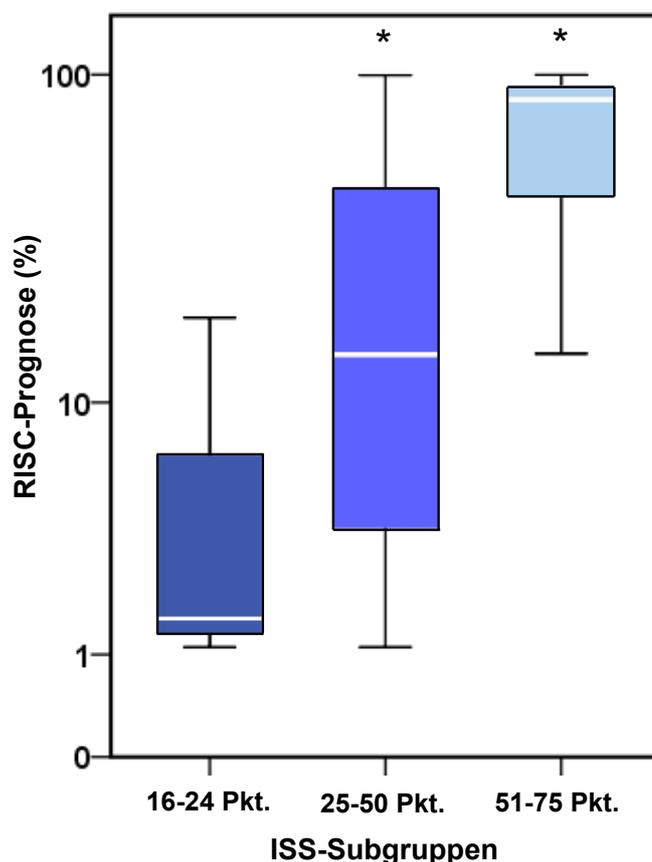


Abb. 11: Letalitätswahrscheinlichkeit (RISC-Prognose) in Relation zum Verletzungsschweregrad (ISS). Mit zunehmender Verletzungsschwere steigt die Letalitätswahrscheinlichkeit signifikant an. Angegeben ist der Median (IQR), Kruskal-Wallis-Test: * $p < 0,05$ vs. RISC-Prognose ISS 16-24 Punkte. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974), RISC = Revised Injury Severity Classification (Lefering 2009)

Die Auswertung des GCS ergab, dass die im Verlauf verstorbenen Patienten bei Eintreffen in der Klinik im Median (IQR) mit 4 (3-13) Punkten signifikant niedrigere GCS-Werte aufwiesen, als die überlebenden Patienten mit 14 (10-15) Punkten (Mann-Whitney-U-Test: $p < 0,05$ vs. GCS überlebt).

In einer weiteren Auswertung wurde das Sterberisiko der polytraumatisierten Patienten mit Reanimation untersucht. Insgesamt wurden 4,7% ($n = 13$) der Patienten aus dem Studienkollektiv reanimiert. Von diesen wurden 61,5% ($n = 8$) bereits am Unfallort

und 38,5% ($n = 5$) sowohl am Unfallort als auch im Schockraum wiederbelebt. Von den reanimierten Patienten starben 92,3% ($n = 12$), ein Patient (7,7%) überlebte (Tab. 14). Alle mehrfach reanimationspflichtig gewordenen Patienten verstarben.

Tabelle 15 gibt Aufschluss über die Korrelation zwischen der Letalität und den erhobenen Scores für die Verletzungsschwere und die Prognose, den untersuchten Laborwerten und Vitalparametern. Mäßig bis deutlich signifikante Zusammenhänge mit hohen Korrelationskoeffizienten (r) ergaben sich dabei für den ISS, den NISS und den RISC-Score. Laktat, Blutdruck, Hämoglobinwert und der Quickwert korrelierten schwach signifikant mit der Letalität. Für die Herzfrequenz konnte keine signifikante Korrelation mit der Letalität nachgewiesen werden.

Korrelation zwischen Scores / Labor- / Vitalparametern und der Letalität		
Parameter	Effektgröße r	p-Wert
RISC	0,68	< 0,001
ISS	0,54	< 0,001
NISS	0,50	< 0,001
Quick	-0,40	< 0,001
Hämoglobin	-0,36	< 0,001
Blutdruck	-0,25	< 0,001
Laktat	0,21	0,003
Herzfrequenz	0,12	0,062

Tab. 15: Die Korrelation zwischen den erhobenen Scores, Labor- und Vitalparametern und der Letalität wurde jeweils mit Hilfe des Pearson Korrelationskoeffizienten (r) getestet. Mäßig bis deutlich signifikante Korrelationen mit der Letalität ergaben sich für den RISC-Score, den ISS und den NISS.

7 DISKUSSION

7.1 Diskussion der Methodik

In dieser Studie sollte das Schockraummanagement eines überregionalen Traumazentrums in Hinblick auf seine Effizienz und das damit erzielte Outcome evaluiert werden. Im Fokus standen hierbei zum einen die zeitlichen Abläufe von der Aufnahme der polytraumatisierten Patienten in den Schockraum bis zur operativen bzw. intensivmedizinischen Behandlung und zum anderen die Prognose der Patienten, gemessen an der berechneten und der tatsächlichen Letalität.

Das Design der vorliegenden Studie ist retrospektiv angelegt. Da die Daten aus den vorhandenen Patientenakten und digitalisierten Daten des klinikinternen Computersystems entnommen wurden, waren wir auf die Richtigkeit und Vollständigkeit dieser Quellen angewiesen. Viele Autoren verwenden als Grundlage ihrer Studien Daten des Traumaregisters[®] der DGU. Diese Studien sind häufig retrospektiv und können keine konkrete Aussage über Kausalzusammenhänge erbringen. Unterschiede im angewendeten Schockraumalgorithmus, in den Ein- und Ausschlusskriterien und der Verletzungsschwere der Patienten, unterschiedliche Modelle der verwendeten Computertomographen sowie deren Lokalisation im Krankenhaus und verschiedene Scan-Protokolle seien einige Beispiele für potenzielle Ursachen diskrepanter Studienergebnisse vermeintlich ähnlicher Studienpopulationen.

In mehreren retrospektiven Studien wurde bereits über die potentiellen Vorteile der initialen Ganzkörper-CT-Diagnostik polytraumatisierter Patienten in Bezug auf die benötigte Diagnostikzeit und das Outcome berichtet (*WURMB et al. 2009; WENINGER et al. 2007; HUBER-WAGNER et al. 2009*). Prospektive Studien zu diesem Thema sind in der Literatur bisher kaum zu finden. Die im April 2011 gestartete internationale, prospektiv randomisierte Multicenterstudie „*REACT-2*“ soll in den kommenden Jahren eine definitive Aussage über einen tatsächlichen Vor- oder Nachteil der Ganzkörper-CT-Diagnostik im Vergleich mit einem konventionellen Diagnostikalgorithmus ermöglichen (*SIERINK et al. 2012*).

7.1.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien

Durch die Wahl der Ein- und Ausschlusskriterien unserer Studie sollte sichergestellt werden, dass ausschließlich polytraumatisierte Patienten (ISS \geq 16 Punkte) nach der Definition der DGU (*STÜRMER et al. 2001*) in das Patientenkollektiv eingeschlossen wurden. Auf eine Altersbegrenzung wurde verzichtet, da auch untersucht werden sollte, welchen Einfluss das Alter auf die Prognose ausübt. Durch den Ausschluss sekundär zuverlegter Patienten wurde sichergestellt, dass ausschließlich das Schockraummanagement unseres Traumazentrums betrachtet wurde.

7.1.2 Unfallursachen und Verletzungsschwere

Als Unfallursachen waren insbesondere Verkehrsunfälle (54,9%) und Sturzereignisse (34,7%) zu verzeichnen. Die Unterteilung der Verletzungsmechanismen orientierte sich zur besseren Vergleichbarkeit an der einschlägigen Literatur. Auch im Traumaregister[®] der DGU werden die Unfallursachen in ähnlicher Weise aufgeteilt.

Aussagen über innere Unfallursachen sowie Alkohol- und Drogeneinfluss konnten anhand der vorliegenden Daten nicht ausreichend evaluiert werden und wurden in der statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

Angaben über die Verletzungsschwere der Patienten variieren in den einzelnen Veröffentlichungen sehr. Als Grundlage für die Bestimmung der Verletzungsschwere wurde der weltweit verbreitete ISS verwendet (*BAKER et al. 1974*). Trotz der einfachen und sehr populären Anwendung dieses Scores muss darauf hingewiesen werden, dass insbesondere die fehlende Berücksichtigung mehrerer schwerer Verletzungen in derselben Körperregion sowie die potentielle Unterbewertung penetrierender Verletzungen eine gewisse Schwäche darstellt (*ROWELL et al. 2011*).

Eine mögliche Ursache für unterschiedliche Angaben der Verletzungsschwere polytraumatisierter Patienten in der Literatur könnte sein, dass nicht in allen Studien eine untere Grenze für die Verletzungsschwere als Einschlusskriterium festgelegt wird (*WURMB et al. 2009*) und teilweise Patienten mit penetrierenden Verletzungen nicht berücksichtigt werden (*HUBER-WAGNER et al. 2009; WENINGER et al. 2007; WURMB et al. 2009*). Darüber hinaus erfolgt die Berechnung des ISS in der Regel anhand der Befunde aus der Schnittbildgebung und den intraoperativen Befunden. Die Kategorisierung der Verletzungen nach AIS ist zwar per se festgelegt und AIS-

Codierungslisten / -büchern zu entnehmen, die Erhebung der Befunde ist jedoch untersucherabhängig. Dies kann zu einer unterschiedlichen Berechnung des ISS führen. Um diese Fehlerquelle in unserer Studie so weit wie möglich auszuschließen, wurde die Kalkulation des ISS von zwei erfahrenen Unfallchirurgen unabhängig voneinander durchgeführt und der endgültige ISS anschließend gemeinsam festgelegt.

Es sollte außerdem bedacht werden, dass durch den Einsatz der Ganzkörper-CT-Diagnostik potenziell Verletzungen detektiert werden, die im Rahmen des alleinigen konventionellen Vorgehens eventuell nicht aufgefallen wären. Dies kann im ungünstigen Fall zu einer höheren ISS Bewertung führen.

Je nachdem, welche AIS-Version (AIS-Update) Anwendung findet, können Differenzen in der ISS Berechnung entstehen. Untersuchungen von *Carroll und Kollegen* aus dem Jahr 2010 zeigten signifikante Unterschiede der Verletzungsschwere in Abhängigkeit der verwendeten AIS-Versionen (*CARROLL et al. 2010*).

Durch die Einführung des NISS konnte gezeigt werden, dass die Verletzungsschwere der Patienten im Durchschnitt höher ausfällt als mittels ISS berechnet und zugleich die Vorhersagekraft in Bezug auf die Letalität der Patienten verbessert wird (*BRENNEMAN et al. 1998; OSLER et al. 1997*). Dieser Vorteil des NISS gegenüber dem ISS wird in der Prognoseabschätzung mittels RISC berücksichtigt, da bei diesem Score der NISS verwendet wird. Der RISC-Score beinhaltet anatomische, physiologische und laborchemische Parameter der Verletzten und wird auch im Traumaregister® der DGU seit 2004 als Messinstrument für die Prognoseabschätzung verwendet. Da unser repräsentatives Studienkollektiv dem des Traumaregisters® entspricht, wurde in dieser Studie der RISC-Score zur Prognoseabschätzung ausgewählt.

7.1.3 Schockraummanagement

Die Versorgung polytraumatisierter Patienten im Schockraum der Charité Campus Benjamin Franklin erfolgt nach einem ATLS®-basierten Algorithmus. Die räumlichen, strukturellen und personellen Voraussetzungen entsprechen den Anforderungen des *Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung* für überregionale Traumazentren (*Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung der DGU 2006*). Im Jahr 2013 erfolgte die Re-Zertifizierung unseres Hauses als überregionales Traumazentrum im Traumanetzwerk

der DGU. Somit ergibt sich von Seiten des Schockraummanagements eine hohe Vergleichbarkeit mit Studien zu dieser Thematik.

7.1.4 Hämodynamik

In vielen Studien wird ein systolischer Blutdruck ≤ 90 mmHg bei Eintreffen im Schockraum als „Schockzustand“ des Patienten definiert (*SIERINK et al. 2012; HUBER-WAGNER et al. 2009*). *Tinkhoff und Kollegen* zeigten in einer 2002 publizierten Studie, dass die Letalität von Traumapatienten bei einem systolischen Blutdruck < 90 mmHg deutlich erhöht war (*TINKOFF & CONNOR 2002*). In der *S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung* gilt ein posttraumatischer systolischer Blutdruck von < 90 mmHg als Kriterium für die Alarmierung des Schockraumteams (*S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung 2011*). Als indirektes Blutungszeichen wird dieser Parameter auch in der Berechnung des RISC-Scores berücksichtigt. Der Schockindex wurde erhoben, da dieser trotz aller Limitationen eine grobe Einschätzung der aktuellen Kreislaufsituation der Patienten ermöglicht (*ALLGÖWER & BURRI 1967*).

Mehrere Studien konnten zeigen, dass insbesondere die Laktat- und Base-Excess-Werte bzw. deren posttraumatischer Verlauf innerhalb der ersten 24 Stunden als sensitive Prognosemarker bzgl. des Outcome polytraumatisierter Patienten dienen kann (*ERTEL et al. 2001; FULLER & DELLINGER 2012; ZANDER 2002*). Insbesondere für das frühzeitige Erkennen okkulten Schockzustände („*hidden shock*“), die Beurteilung der Blutungsdynamik und die Effizienz der Schocktherapie sind diese Parameter von essentieller Bedeutung (*ERTEL et al. 2001; STAHEL et al. 2005*). In einer 2007 veröffentlichten Studie zeigten *Lackner und Kollegen*, dass neben der Verletzungsschwere und dem Alter des Patienten am Unfalltag insbesondere der Quickwert, der Base-Excess und der GCS-Wert relevante Einflussgrößen für die Überlebenschance darstellen (*LACKNER et al. 2007*).

Bei jedem Patienten erfolgte direkt nach Eintreffen in unseren Schockraum eine Blutentnahme inklusive Blutgasanalyse. Die im Studienzeitraum noch fehlende digitale Speicherung der BGA-Ergebnisse erklärt die teilweise unvollständige Erfassung dieser Daten. Dies betrifft sowohl die initiale BGA als auch Verlaufskontrollen. Grundsätzlich besteht zwar die Möglichkeit die Laborwerte der BGA durch Einscannen eines Patientenaufklebers mit Barcode direkt am Radiometer ABL 715 in das digitale System zu

übertragen. Dies erfolgte jedoch nicht in jedem Fall. Aus diesen Erfahrungen heraus wird mittlerweile standardmäßig von der Möglichkeit Gebrauch gemacht. Unzureichende Angaben bezüglich des Gerinnungsstatus und der Blutgasanalyse werden auch im Traumaregister® der DGU regelmäßig bei allen Kliniken bemängelt (*Traumaregister® Jahresbericht 2010*).

7.1.5 Postoperative Phase

Alle eingeschlossenen polytraumatisierten Patienten wurden entweder direkt im Anschluss an die Schockraumdiagnostik oder postoperativ auf der interdisziplinären Intensivstation überwacht und behandelt. Informationen über den intensivmedizinischen Verlauf und das Auftreten von Komplikationen wurden den Verlegungs- bzw. Entlassungsbriefen entnommen. Diese Dokumente können nur einen Überblick über die wichtigsten Komplikationen während der postoperativen / intensivmedizinischen Phase liefern. Eine vollständige Erfassung der Komplikationen kann retrospektiv nicht immer erhoben werden.

7.1.6 Letalität und Prognose

Die Prognose der polytraumatisierten Patienten ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig. Entsprechend schwierig ist es, eine valide Aussage zur Prognose treffen zu können. Allein die Anzahl an verbreiteten Prognose-Scores deutet darauf hin, dass es nicht den einen allgemeingültigen und ubiquitär anwendbaren Score gibt.

Mehrere international anerkannte Scores, z.B. der TRISS-Score (Trauma Injury Severity Score) und der ASCOT-Score (A Severity Classification Of Trauma) basieren auf Daten der Major Trauma Outcome Study (MTOS) der 80er Jahre aus Nordamerika (*CHAMPION et al. 1990; CHAMPION et al. 1990; BOYD et al. 1987*). Diese sind für die Prognoseabschätzung heute aus mehreren Gründen nicht auf das deutsche Patientenkollektiv übertragbar. Es gibt zwischen Nordamerika und Mitteleuropa gravierende Unterschiede in der präklinischen Versorgung (Paramedics vs. Notarzt-System), einen deutlich geringeren Anteil an penetrierenden Verletzungen in Deutschland, die Unterbewertung mehrerer Verletzungen in derselben Körperregion durch den ISS und die

fehlende Berücksichtigung wichtiger physiologischer Parameter wie dem Gerinnungsstatus, dem negativen Base-Excess und der Körpertemperatur (*KULLA et al. 2005*).

Im Rahmen dieser Studie wurde der RISC-Score (*LEFERING 2009*) für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit der polytraumatisierten Patienten verwendet. Dieser Score basiert auf den Daten des Traumaregisters[®] der DGU und scheint für unser Patientenkollektiv am besten geeignet zu sein. Auswertungen der Daten des Traumaregisters[®] der letzten Jahre deuten allerdings darauf hin, dass tendenziell mehr Patienten ein Polytrauma überleben als mittels RISC prognostiziert. Der RISC-Score scheint also die Überlebenswahrscheinlichkeit teilweise falsch negativ darzustellen (*Traumaregister[®] Jahresbericht 2010*). In der vorliegenden Studie wurde als Outcomeparameter nur die Gesamtsterblichkeit der Patienten untersucht. Aussagen zu Ursachen und Häufigkeiten der Spätsterblichkeit nach dem Krankenhausaufenthalt sowie Angaben zu bereits vorbestehenden Co-Morbiditäten der Patienten wurden nicht getroffen.

7.2 Diskussion der Ergebnisse

7.2.1 Patientenkollektiv und Einschlusskriterien

Patientenkollektive von Studien, die sich mit polytraumatisierten Patienten beschäftigen, stellen immer eine heterogene Gruppe dar. Das Patientenkollektiv dieser Studie hat eine im Vergleich mit den Daten des Traumaregisters[®] der DGU und thematisch vergleichbaren Veröffentlichungen ähnliche Alters- und Geschlechtsverteilung (*HUTTER et al. 2011; HUBER-WAGNER et al. 2009; KANZ et al. 2010*). Der Anteil an Kindern und Jugendlichen ≤ 17 Jahre war in unserem Kollektiv mit 5,1% etwas niedriger als in vergleichbaren Veröffentlichungen zum Thema Polytraumaversorgung (*REICHMANN et al. 1998; GATZKA et al. 2005*). Dies ist sicherlich mitbegründet durch die Altersstruktur der Bevölkerung im Südwesten Berlins, in der der Altersdurchschnitt in Berlin am höchsten ist (*Amt für Statistik Berlin - Brandenburg 2012*).

7.2.2 Unfallursachen und Verletzungsschwere

In unserem Studienkollektiv waren Verkehrsunfälle und Stürze die häufigsten Unfallursachen. Erwartungsgemäß erlitten die Unfallopfer zu einem wesentlichen Anteil schwere Kopf-, Thorax- und Extremitätenverletzungen (AIS ≥ 3 Punkte). Ähnliche An-

gaben zu den Unfallursachen und Verletzungsmustern finden sich auch in der Literatur (*HUBER-WAGNER et al. 2009; BARDENHEUER et al. 2000; ZWINGMANN et al. 2008*). In einer 2003 veröffentlichten Studie über die Änderung des Verletzungsmusters polytraumatisierter Patienten in den letzten 30 Jahren kamen *Otte und Kollegen* zu dem Ergebnis, dass lebensbedrohliche Verletzungen heute hauptsächlich an Kopf und Brust vorkommen, schwere abdominelle Organverletzungen dagegen tendenziell rückläufig seien (*OTTE et al. 2003*). Schwere abdominelle Verletzungen waren mit 23,8% auch in unserem Studienkollektiv deutlich seltener als Verletzungen von Kopf (56,7%), Thorax (62,5%) und Extremitäten (42,2%).

Im Vergleich mit den Daten des Traumaregisters[®] von 2010 fällt in unserem urbanen Studienkollektiv ein größerer Anteil an Fahrrad- und Fußgängerunfällen (Fahrrad 20,4%, Fußgänger 27,0% gegenüber je 8% im Traumaregister[®]) auf. In der Literatur sind Angaben zu diesen Unfallursachen uneinheitlich. *Zwingmann und Kollegen* berichteten in einer Publikation von 2008 von einem Anteil von 11-30% an Fahrradunfällen und 4-9% an Fußgängerunfällen in Freiburg (*ZWINGMANN et al. 2008*). Nach Angaben von *Gatzka und Kollegen* aus dem Jahr 2005 machten in Hamburg Fahrradunfälle einen Anteil von 5-11% sowie Fußgängerunfälle einen Anteil von 12,5-42% als Unfallursachen unter den polytraumatisierten Patienten aus (*GATZKA et al. 2005*). Laut statistischem Bundesamt stieg die Anzahl an Fahrradunfällen 2011 gegenüber dem Vorjahr um 17%. Im Jahr 2010 machten Fahrradunfälle mehr als 60% der Zweiradunfälle aus (*Statistisches Bundesamt Destatis, 2011*).

Im Kollektiv des Traumaregisters[®] der DGU lag der mittlere ISS im Jahr 2010 mit 22,3 Punkten (*Traumaregister[®] Jahresbericht 2010*) deutlich unter dem ISS unseres Studienkollektivs mit durchschnittlich 30,9 Punkten. Dies erklärt sich u.a. durch die Tatsache, dass im Traumaregister[®] auch Verletzte mit niedrigeren ISS-Werten als 16 Punkten registriert werden.

7.2.3 Schockraummanagement

Die prognostische Bedeutung des Faktors Zeit in der Polytraumaversorgung wurde in den letzten Jahren immer wieder betont (*WUTZLER et al. 2010; PROKOP et al. 2006; LIBERMAN et al. 2000; JOHNSON 1991; WENINGER et al. 2007; HILBERT et al. 2007*). Die präklinische Versorgungszeit polytraumatisierter Patienten betrug nach

Angaben des Traumaregisters[®] der DGU im Jahr 2009 im Durchschnitt 72 Min. (*Traumaregister[®] Jahresbericht 2010*). *Schlechtriemen und Kollegen* analysierten 2002 retrospektiv die Qualität der präklinischen Versorgung von 1878 polytraumatisierten Patienten der Jahre 2000 und 2001 und kamen zu dem Ergebnis, dass 35,6% der Patienten die Zielklinik in weniger als einer Stunde erreichten (*SCHLECHTRIEMEN et al. 2002*). Mit durchschnittlich 50 Min. erreichten die polytraumatisierten Patienten in unserem Studienkollektiv die Klinik im Mittel 22 Min. früher als im bundesdeutschen Durchschnitt.

Im Folgenden werden die innerklinischen Versorgungszeiten unserer Studienergebnisse diskutiert und der aktuellen Literatur gegenübergestellt.

Der „Primary survey“ wurde im Durchschnitt in weniger als 10 Min. durchgeführt. *Wutzler und Kollegen* analysierten in einer Studie von 2010 den Zeitbedarf für die Routineschockraumdiagnostik und kamen im Durchschnitt auf fast doppelt so lange Diagnostikzeiten für den „Primary survey“ (*WUTZLER et al. 2010*). Der durch dieses Vorgehen gewonnene Informationsgehalt über den aktuellen Zustand des Verletzten reicht aus, um als erfahrener Traumaleader über das weitere diagnostische und therapeutische Prozedere sehr frühzeitig und individuell entscheiden zu können. Erste lebensbedrohliche Verletzungen wie der Pneumo- / Spannungspneumothorax wurden bei über 70% der Patienten in unserem Studienkollektiv bereits im Rahmen der Basisdiagnostik aufgrund der klinischen Untersuchung und des a.p. Röntgen-Thoraxbildes vor der CT-Diagnostik behandelt.

Der Vorteil unseres Algorithmus liegt darin, dass die konventionelle Radiographie und Abdomensonographie parallel zur körperlichen Untersuchung ohne nennenswerten Zeitverlust ablaufen können. Reanimationsmaßnahmen und lebenserhaltende Interventionen bei relevanten Befunden wie der Massenblutung und dem Spannungspneumothorax können sofort eingeleitet werden. Diese Vorteile des konventionellen Schockraummanagements werden auch von anderen Autoren hervorgehoben (*ALBRECHT et al. 2004*).

Darüber hinaus werden die Patienten im Rahmen des „Primary survey“ nicht nur für den folgenden Untersuchungsgang entkleidet, sondern auch Schmuck, Zahnprothesen und Hörgeräte entfernt. Hierdurch werden potentielle Artefaktquellen, die die Interpretation und Befundung der CT-Diagnostik erschweren, minimiert. *Siebers und Kollegen* berichteten 2008 von Störungen im Rahmen der Schockraumversorgung mit kon-

sekutivem Zeitverlust bei jeder vierten Körperstamm-CT (*SIEBERS et al. 2008*). Vor allem Schmuck im Strahlenfeld wurde in der genannten Studie als hauptsächliche Artefaktquelle angegeben.

Die schnelle Durchführung der Basisdiagnostik macht in unserem Studienkollektiv trotzdem eine sehr frühe CT-Diagnostik möglich. Nach Eintreffen der Patienten im Schockraum waren CT-Bilder des Schädels und der HWS in etwas über 20 Min. sowie Ganzkörper-CT-Sequenzen nach weniger als 30 Min. fertiggestellt. Diese Zeiten beinhalten auch den Transfer vom Schockraum zur CT-Abteilung. *Kanz und Kollegen* veröffentlichten in einer Studie von 2004 fast identische Ergebnisse für den Zeitbedarf des Schockraummanagements, wobei Transferzeiten aufgrund der Integration des Computertomographen in den Schockraum in der genannten Studie entfielen (*KANZ et al. 2004*).

Wurmb und Kollegen analysierten in einer retrospektiven Studie im Jahr 2009 den Zeitbedarf für das Schockraummanagement (*WURMB et al. 2009*). Verglichen wurde der alleinige initiale Einsatz der Ganzkörper-MSCT mit dem konventionellen Vorgehen mit FAST-Ultraschall Diagnostik, konventioneller Radiographie und anschließender organfokussierter CT-Diagnostik bei mehrfach verletzten Patienten. Die Ergebnisse zeigten eine signifikante Zeitersparnis von 47% durch die Anwendung der initialen Ganzkörper-CT-Diagnostik (47 Min. vs. 82 Min.). Hierbei ist anzumerken, dass im Rahmen des konventionellen Vorgehens auch eine Röntgenaufnahme der HWS erfolgte. Die Zeit bis zum Abschluss der bildgebenden Diagnostik betrug in der o.g. Studie im Median 23 Min. für die MSCT-Gruppe und 70 Min. für das konventionelle Schockraummanagement. Die Differenz von ca. 40 Min. im Vergleich zu den Ergebnissen unserer Studie ist allein durch die Röntgenaufnahme der HWS nicht zu erklären und bestätigt das äußerst zeiteffiziente und sehr präzise ausgearbeitete Schockraummanagement in unserer Klinik.

Unter der Voraussetzung, dass sich das CT in unmittelbarer Nähe zum Schockraum befindet, befürworteten *Hilbert und Kollegen* in einer Studie von 2007 die Durchführung einer Ganzkörper-CT vor jeglicher weiterer apparativer Diagnostik (*HILBERT et al. 2007*). Einhundertneununddreißig Patienten wurden nach diesem Algorithmus behandelt. Die CT-Diagnostik konnte nach Eintreffen des Patienten im Schockraum im Durchschnitt nach 8 Min. begonnen werden und dauerte im Mittel 4 Minuten. Dementsprechend war die gesamte bildgebende Diagnostik nach durchschnittlich 13 Min. ab-

geschlossen. Die Aufenthaltsdauer der Patienten im Schockraum wurde durch dieses Vorgehen von im Mittel 87 Min. auf durchschnittlich 38 Min. reduziert. Das Monitoring der Patienten inklusive invasiver Blutdruckmessung und die Anlage zentralvenöser Katheter erfolgte zeitlich mit der CT-Untersuchung, wobei nicht eindeutig beschrieben wurde, ob diese Maßnahmen während der Durchleuchtungszeit unterbrochen wurden. *Hilbert und Kollegen* halten dieses Vorgehen auch bei hämodynamisch instabilen und reanimationspflichtigen Patienten für möglich (*HILBERT et al. 2006; HILBERT et al. 2007*).

Der zusätzliche Informationsgehalt über das Verletzungsmuster polytraumatisierter Patienten macht die Computertomographie zu einem unverzichtbaren Diagnostikum in der Polytraumaversorgung. So wurden auch in unserem Studienkollektiv bei 93,5% der Patienten CT-Bilder des Schädels und der HWS und in 90,3% Ganzkörper-CT-Scans durchgeführt. 2004 verglichen *Albrecht und Kollegen* in einer Studie die Ergebnisse der Ganzkörper-Spiral-CT mit der konventionellen Radiographie und Abdomensonographie im Rahmen der Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten (*ALBRECHT et al. 2004*). Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass die CT-Diagnostik neben der deutlichen Überlegenheit bezüglich der kompletten Erfassung aller Organverletzungen von Thorax und Abdomen insbesondere für die schnelle Abklärung relevanter Wirbelsäulenverletzungen ein unverzichtbares diagnostisches Hilfsmittel in der Primärversorgung polytraumatisierter Patienten sei. Retroperitoneale Blutungen und Verletzungen der großen Gefäße wurden in der o.g. Studie sonographisch nicht erkannt. Erst die CT-Untersuchung zeigte diese wesentlichen Befunde. *Probst und Kollegen* untersuchten in einer retrospektiven Studie die Entwicklung der Polytraumaversorgung ihres Traumazentrums von 1975 bis 2004. Eine wesentliche Beobachtung war eine massive Zunahme der Anzahl an Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen (*PROBST et al. 2009*). Dies ist wahrscheinlich auch auf eine zunehmende Anwendung der Ganzkörper-CT-Diagnostik zurückzuführen. *Salim und Kollegen* untersuchten 2006 in einer prospektiven Studie den Nutzen der Ganzkörper-CT bei Patienten mit stumpfem Trauma ohne äußerlich erkennbare Verletzungszeichen. Als Ergebnis der zusätzlichen Informationen über das Verletzungsmuster wurde die Behandlung in fast 19% der Fälle aufgrund von pathologischen Befunden im CT geändert (*SALIM et al. 2006*). In einer ähnlichen, retrospektiv angelegten Studie von *Self und Kollegen* aus dem Jahr 2003 wurde das Be-

handlungskonzept der polytraumatisierten Patienten in 26% der Fälle wegen pathologischer Veränderungen im CT im Nachhinein verändert (*SELF et al. 2003*).

7.2.3.1 „Day-one-surgery“ und „Life-saving-surgery“

Ein großer Anteil der polytraumatisierten Patienten bedarf einer akuten operativen Versorgung. Das richtige Timing der indizierten operativen Maßnahmen ist dabei nicht immer eindeutig festzulegen. Lebensrettende Maßnahmen wie die Dekompression von Körperhöhlen sollten, wie in unserem Algorithmus, unmittelbar und ohne Zeitverlust durchgeführt werden. In mehr als 70% der Fälle erhielten die in unserem Zentrum behandelten Patienten eine Thoraxdrainage bereits im Rahmen des „Primary survey“ innerhalb der ersten Minuten nach Eintreffen im Schockraum. Gerade diese Interventionen führen häufig binnen kurzer Zeit zu einer kardiopulmonalen und hämodynamischen Stabilisierung der Patienten, sodass die weiterführende Diagnostik anschließend ohne unnötige Gefährdung der Patienten durchgeführt werden kann bzw. erst ermöglicht wird. Durch das konventionelle Schockraummanagement sind diese lebensrettenden Interventionen in jeder Phase der innerklinischen Erstbehandlung möglich. In seltenen Fällen muss von dem regulären Vorgehen abgewichen werden, um den Patienten direkt einer Not-Operation zuzuführen. Das Schockraummanagement wurde hierfür in unserem Studienkollektiv bei 20 von 277 Patienten (7,2%) abgebrochen. Diese Angaben entsprechen annähernd denen des Traumaregisters[®] der DGU mit 6% und anderen Veröffentlichungen zu diesem Thema (*Traumaregister[®] Jahresbericht 2010; KANZ et al. 2010*). Im Durchschnitt wurden die polytraumatisierten Patienten bei Abbruch des Schockraummanagements nach 26 Min. operativ versorgt. Dies erscheint unter Berücksichtigung des Zeitbedarfs für die Basisdiagnostik von unter 10 Min. relativ lang. Im Vergleich mit Angaben von *Wutzler und Kollegen* aus dem Jahr 2010 mit einem Zeitbedarf von durchschnittlich 42 Min. im Falle einer Not-Operation ist unser Ergebnis wesentlich schneller (*WUTZLER et al. 2010*). Eine mögliche Ursache für Verzögerungen ist, dass bei Patienten „in extremis“ häufig notfallmäßige Interventionen im Schockraum notwendig sind. So wurde in unserem Studienkollektiv bei 70% der Patienten, bei denen das reguläre Schockraummanagement abgebrochen wurde, im Schockraum eine Thoraxdrainage gelegt.

7.2.4 Hämodynamik

Das gleichzeitige Vorliegen einer Tachykardie und Hypotonie bei polytraumatisierten Patienten kann verschiedene Ursachen haben. Blutverlust mit konsekutivem hämorrhagischen Schock, ein Spannungspneumothorax oder eine Perikardtamponade seien nur einige lebensbedrohliche Pathologien. Durch die körpereigene Reaktion auf eine Verminderung des Intravasalvolumens und die häufig bereits präklinisch begonnene Behandlung der polytraumatisierten Patienten mittels Volumensubstitution und vasoaktiven Substanzen können diese Parameter positiv beeinflusst werden. Wie in mehreren Studien bereits beschrieben, sind diese Parameter zur Beurteilung des Ausmaßes eines Volumendefizits unzuverlässig (KREIMEIER *et al.* 2002; KREIMEIER *et al.* 2003; FULLER & DELLINGER 2012). Die Ergebnisse unserer Studie deuten dennoch darauf hin, dass hypotensive Kreislaufverhältnisse posttraumatisch mit einem schlechteren Outcome korrelieren. Auch in der Literatur wurde diese Beobachtung bereits mehrfach beschrieben. Tee und Kollegen gaben in einer 2013 veröffentlichten Studie neben dem Patientenalter, Gerinnungsstörungen, Hypoxie und multiplen Co-Morbiditäten auch die hämodynamische Instabilität als unabhängigen Prognosemarker bei Patienten mit Rückenmarksverletzungen an (TEE *et al.* 2013). Gabbe und Kollegen beschrieben im Jahr 2011 hypotensive Blutdruckwerte (systolischer RR < 100 mmHg) am Unfallort sowie bei Eintreffen im Schockraum bei Patienten mit schweren Beckenringverletzungen als signifikante Prognosemarker für das Outcome der verletzten Patienten (GABBE *et al.* 2011).

Die Auswertung der laborchemischen Untersuchungsergebnisse ergab, dass die verstorbenen Patienten im Vergleich zu den Überlebenden einen signifikant höheren initialen Laktatwert und einen signifikant niedrigeren initialen Hämoglobinwert bei Aufnahme in den Schockraum hatten. Auch die Verlaufskontrollen dieser Parameter zeigten signifikante Unterschiede zwischen verstorbenen und überlebenden Patienten. Diese Ergebnisse entsprechen denen anderer Veröffentlichungen in der Literatur (HUSAIN *et al.* 2003; MEREGALLI *et al.* 2004; FULLER & DELLINGER 2012; ABRAMSON *et al.* 1993). In unserem Traumazentrum ist der Laktatwert der wegweisende Parameter zur Beurteilung der Hämodynamik und zur Erkennung eines „*hidden shock*“ bei polytraumatisierten Patienten.

Maegle und Kollegen berichteten in einer Übersichtsarbeit aus dem Jahr 2011, dass trauma-assoziierte Gerinnungsstörungen bei jedem vierten polytraumatisierten

Patienten vorkommen und mit einer signifikant erhöhten Morbidität und Letalität einhergehen (*MAEGELE et al. 2011*). Die Sterblichkeit von Patienten mit Trauma bedingter Koagulopathie ist nach den Ergebnissen von *Frith und Kollegen* aus dem Jahr 2010 um mehr als das vierfache erhöht (*FRITH et al. 2010*). Auch in unserem Studienkollektiv hatten die im Verlauf verstorbenen Patienten signifikant niedrigere initiale Quickwerte als die überlebenden Patienten. Ob eine frühzeitige Optimierung der Gerinnung bereits in der Schockraumphase, z.B. durch die Substitution von Gerinnungsfaktoren, die Sterblichkeit der polytraumatisierten Patienten senken kann, sollte in einer weiteren Studie untersucht werden. Wichtig erscheint insbesondere, dass blutungsgefährdete Patienten möglichst frühzeitig erkannt werden. Laktatwertbestimmungen und Gerinnungsschnelltest können hierfür eine entscheidende Orientierungshilfe geben.

7.2.5 Letalität und Prognose

Ursächlich für die frühe Sterblichkeit innerhalb von Stunden nach dem Unfallereignis sind der traumatisch-hämorrhagische Schock sowie das schwere SHT mit akutem Hirnödem und intrakraniellen Massenverschiebungen (*STAHEL et al. 2005; KEEL & TRENTZ 2005; ACOSTA et al. 1998*). Der Faktor Zeit ist hierbei essentiell. Nur durch sehr kurze Diagnostikzeiten und ein schnelles Erkennen, wann die Diagnostik zugunsten einer Not-Operation abgebrochen werden muss, haben diese Patienten eine Chance ihre schweren Verletzungen zu überleben.

Eine besonders schlechte Prognose hatten alle reanimationspflichtigen Patienten, die in mehr als 90% an ihren Verletzungen verstarben. Auch in der Literatur werden für das stumpfe Trauma derartige Zahlen beschrieben (*GRIES et al. 2003*). Das Sterberisiko bei Reanimationspflicht ist signifikant erhöht. Entsprechend den Angaben der *S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung* haben Patienten mit einem posttraumatischen Herzkreislaufstillstand eine deutlich schlechtere Prognose als Patienten mit einem Herzkreislaufstillstand anderer Genese. Die durchschnittliche Überlebensrate bei Reanimation ohne gravierende neurologische Defizite wird in der Literatur mit rund 2% angegeben (*S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung 2011*).

Mit 84,5% der in unserem Traumazentrum behandelten polytraumatisierten Patienten überlebte der größte Anteil die schweren Verletzungen. Die tatsächliche Letalität lag deutlich unter der mittels RISC-Score prognostizierten Letalität. Dieses Ergebnis

bestätigt die hohe Effizienz unseres Schockraumalgorithmus, insbesondere in Zusammenschau mit der deutlich höheren Verletzungsschwere in unserem Studienkollektiv verglichen mit dem Gesamtkollektiv des Traumaregisters[®].

8 SCHLUSSFOLGERUNG

Das Schockraummanagement hat bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten einen prognostisch richtungsweisenden Stellenwert. Kurze Diagnostikzeiten und das schnelle Erkennen hämodynamisch instabiler Patienten, bei denen die Diagnostik zugunsten einer Not-Operation abgebrochen werden muss, haben übergeordnete Bedeutung für das Überleben. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie ist der an unserem Standort angewendete Diagnostikalgorithmus ein hocheffizientes Vorgehen, um Patienten mit lebensbedrohlichen Verletzungen schnell zu erkennen und erfolgreich lebensbedrohliche Pathologien zu behandeln. Durch die Aufteilung in einen „Primary und secondary survey“ werden die polytraumatisierten Patienten bereits in den ersten Minuten nach Eintreffen im Schockraum entsprechend ihrer Hämodynamik triagiert und die weitere Diagnostik und Therapie prioritätenorientiert festgelegt. Lebensrettende Maßnahmen werden ohne nennenswerten Zeitverlust eingeleitet.

Der Laktatwert ist über die Blutgasanalyse schnell verfügbar und im Schockraum der wesentliche Parameter für die Einschätzung eines Patienten im traumatisch-hämorrhagischen Schock. Hohe Laktatwerte mit steigender Tendenz stehen für einen persistierenden Blutverlust und gehen mit einer schlechteren Prognose einher. Der Quickwert sollte als zusätzlicher Prognosemarker über Gerinnungsschnelltests bereits im Schockraum bestimmt und bei Vorhandensein einer Koagulopathie eine adäquate Therapie eingeleitet werden.

Der Zeitbedarf für die Polytraumadiagnostik ist an unserem Standort kürzer als in vergleichbaren Traumazentren mit ähnlichen Schockraumalgorithmen. Trotz der deutlich höheren Verletzungsschwere in unserem Studienkollektiv ist die Gesamtleblichkeit mit den Angaben aus dem Traumaregister[®] der DGU vergleichbar und deutlich niedriger als durch den RISC-Score berechnet.

9 LITERATURVERZEICHNIS

Abramson D, Scalea TM, Hitchcock R, Trooskin SZ, Henry SM, Greenspan J. Lactate clearance and survival following injury. *J Trauma*. 1993; 35:584-88.

Acosta JA, Yang JC, Winchell RJ, Simons RK, Fortlage DA, Hollingsworth-Fridlund P, Hoyt DB. Lethal injuries and time to death in a level I trauma center." *J Am Coll Surg*. 1998; 186:528-33.

Albrecht T, Schlippenbach J von, Stahel PF, Ertel W, Wolf KJ. Die Rolle der Ganzkörper-Spiral-CT bei der Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten - Vergleich mit konventioneller Radiographie und Abdomensonographie. *Fortschr Röntgenstr*. 2004; 176:1142-50.

Allgöwer M, Burri C. Schockindex. *Dtsch. med. Wochenschr*. 1967; 92:1947-50.

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg - www.statistik-berlin-brandenburg.de. Statistischer Bericht A I 5 - hj 1 / 12 - Berlin. Einwohnerinnen und Einwohner im Land Berlin am 30.06.2012.

ATLS® Student Course Manual 9th Edition, 2012 American College of Surgeons.

Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*. 1974; 14:187-96.

Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D, AG Polytrauma der DGU. Epidemiologie des Schwerverletzten. *Unfallchirurg*. 2000; 103:355-63.

Bernhard M, Helm M, Aul A, Gries A. Präklinisches Management des Polytraumas. *Anaesthesist*. 2004; 53:887-904.

Bouillon BB, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J. Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) im Schockraum. *Unfallchirurg*. 2004; 107:844-50.

Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma*. 1987; 27:370-78.

Brenneman FD, Boulanger BR, McLellan BA, Redelmeier DA. Measuring injury severity: time for a change. *J Trauma*. 1998; 44: 580-82.

Burri C. Arterieller Blutdruck, Puls, "Schockindex" und zentraler Venendruck bei 30 hypovolämischen Patienten. *Langenbecks Arch klin Chir*. 1968; 320:1-7.

Buschmann CT, Gahr P, Tsokos M, Ertel W, Fakler JK. Clinical diagnosis versus autopsy findings in polytrauma fatalities. *Scand J Trauma, Resusc Emerg Med*. 2010; 18:55-63.

Carroll CP, Cochran JA, Price JP, Guse CE, Wang MC. The AIS-2005 revision in severe traumatic brain injury: mission accomplished or problems for future research? *Ann Adv of Automot Med*. 2010; 54:233-38.

Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Bain LW, Gann DS, Gennarelli T, Mackenzie E, Schwaitzberg S. A new characterization of injury severity." *J Trauma*. 1990; 30:539-45.

Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW Jr, Flanagan ME, Frey CF. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *J Trauma*. 1990; 30:1356-65.

Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma*. 2002; 52:420-25.

Ertel W, Trentz O. Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. *Chirurg*. 1997; 68:1071-75.

Ertel W, Keel M, Eid K, Platz A, Trentz O. Control of severe hemorrhage using C-clamp and pelvic packing in multiply injured patients with pelvic ring disruption. *J Orthop Trauma*. 2001; 15:468-74.

- Flohé S, Buschmann C, Nabring J, Merguet P, Luetkes P, Lefering R, Nast-Kolb D, Ruchholtz S. Polytraumadefinition im G-DRG-System 2006. *Unfallchirurg*. 2007; 110:651-58.
- Frith D, Goslings JC, Gaarder A, Maegele M, Cohen MJ, Allard S, Johansson PI, Stanworth S, Thiemermann C, Brohi K. Definition and drivers of acute traumatic coagulopathy: clinical and experimental investigations. *J Thromb Haemost*. 2010; 8:1919-25.
- Fuller BM, Dellinger RP. Lactate as a hemodynamic marker in the critically ill. *Curr Opin Crit Care* 2012; 18: 267-272.
- Gabbe, BJ, Steiger R de, Esser M, Bucknill A, Russ MK, Cameron PA. Predictors of mortality following severe pelvic ring fracture: results of a population-based study. *Injury*. 2011; 42:985-91.
- Gatzka C, Begemann PGC, Wolff A, Zörb J, Rueger JM, Windolf J. Verletzungsmuster und klinischer Verlauf polytraumatisierter Kinder im Vergleich mit Erwachsenen. *Unfallchirurg*. 2005; 108:470-80.
- Gebhard F, Huber-Lang M. Polytrauma - pathophysiology and management principles. *Langenbecks Arch Surg*. 2008; 393:825-31.
- Geiger G, Aliyev RM. Beschleunigungsverletzung der Halswirbelsäule in Abhängigkeit vom Unfallmechanismus. *Unfallchirurg*. 2012; 115: 629-34.
- Gries A, Bernhard M, Aul A. Interdisziplinäres Polytraumamanagement Teil 1: präklinisches Polytraumamanagement. *Notfall Rettungsmed*. 2003; 6:489-500.
- Haas NP, Fournier C von, Tempka A, Südkamp NP. Traumazentrum 2000. Wieviele und welche Traumazentren braucht Europa um das Jahr 2000? *Unfallchirurg*. 1997; 100:852-58.
- Heyde CE, Ertel W, Kayser R. Die Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen beim Polytrauma. *Orthopäde* 2005; 34: 889-905.
- Hilbert P, Nieden K zur, Hofmann GO, Hoeller I, Koch R, Stuttmann R. New aspects in the emergency room management of critically injured patients: a multi-slice CT-oriented care algorithm. *Injury*. 2007; 38:552-58.
- Hilbert P, Nieden K zur, Hoeller I, Koch R, Hofmann GO, Stuttmann R. Der Schockraum - Diagnostik-, Therapie- und Managementzentrale. Ein neues Versorgungskonzept. *Notfall Rettungsmed*. 2006; 9:547-52.
- Hilbert P, Lefering R, Stuttmann R. Traumaversorgung in Deutschland. *Dtsch Arztebl Int*. 2010; 107: 463-69.
- Hoey BA, Schwab CW. Damage Control Surgery. *Scand J Surg*. 2002; 91:92-103.
- Hoitz J, Lampl L. Polytrauma: präklinische Versorgung. *Notfall Rettungsmed*. 2004; 7:589-603.
- Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, Reiser M, Mutschler W, Kanz KG, AG Polytrauma der DGU. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*. 2009; 373:1455-61.
- Husain FA, Martin MJ, Mullenix PS, Steele SR, Elliott DC. Serum lactate and base deficit as predictors of mortality and morbidity. *Am J Surg*. 2003; 185:485-91.
- Hutter M, Woltmann A, Hierholzer C, Gärtner C, Bühren V, Stengel D. Association between a single-pass whole-body computed tomography policy and survival after blunt major trauma: a retrospective cohort study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2011; 19:73.
- John T, Ertel W. Die Beckenringzerreiung beim polytraumatisierten Patienten. *Orthopäde*. 2005; 34:917-30.
- Johnson JC. Prehospital care: the future of emergency medical services. *Ann Emerg Med*. 1991; 20:426-30.

- Kanz KG, Körner M, Linsenmaier U, Kay MV, Huber-Wagner SM, Kreimeier U, Pfeifer KJ, Reiser M, Mutschler W. Prioritätenorientiertes Schockraummanagement unter Integration des Mehrschichtspiralcomputertomographen. *Unfallchirurg*. 2004; 107:937-44.
- Kanz KG, Paul AO, Lefering R, Kay MV, Kreimeier U, Linsenmaier U, Mutschler W. Trauma management incorporating focused assessment with computed tomography in trauma (FACTT) - potential effect on survival. *J Trauma Manag Outcomes*. 2010; 4:4.
- Keel M, Trentz O. Pathophysiology of polytrauma. *Injury*. 2005; 36: 691-709.
- Kreimeier U, Lackner CK, Prückner S, Ruppert M, Peter K. Permissive Hypotension beim schweren Trauma. *Anaesthesist*. 2002; 51:787-99.
- Kreimeier U, Lackner CK, Prückner S, Ruppert M, Peter K. Neue Strategien in der Volumenersatztherapie beim Polytrauma. *Notfall Rettungsmed*. 2003; 6:77-88.
- Kühne CA, Müller T, Ruchholtz S, Roewer N, Wurmb T. Interdisziplinäres Schockraummanagement und prioritätenadaptiertes Behandlungsmanagement Schwerverletzter. *Notf. med. up2date* 2009; 4:285-98.
- Kulla M, Fischer S, Helm M, Lampl L. Traumascores für den Schockraum - eine kritische Übersicht. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2005; 40:726-36.
- Lackner CK, Burghofer K, Lazarovici M, Stolpe E, Mutschler WE. Verletzungsmuster verunfallter PKW-Insassen mit Polytrauma. *Notfall Rettungsmed*. 2007; 10:23-31.
- Lackner CK, Burghofer K, Stolpe E, Schleichriemen T, Mutschler WE. Prognostischer Wert von Routineparametern und -laborparametern nach schwerem Trauma. Eine prospektive präklinisch-klinische Studie mit Patienten des RTH Christoph 1. *Unfallchirurg*. 2007; 110:307-19.
- Lefering R. Development and validation of the Revised Injury Severity Classification Score for severely injured patients. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2009; 35:437-447.
- Lendemans S, Ruchholtz S. S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung. *Unfallchirurg*. 2012; 115:14-21.
- Liberman M, Mulder D, Sampalis J. Advanced or basic life support for trauma: meta-analysis and critical review of the literature. *J Trauma*. 2000; 49:584-99.
- Maegele M, Paffrath T, Bouillon B. Akute trauma-assoziierte Gerinnungsstörung beim Schwer-verletzten. Inzidenz, Risikostratifizierung und aktuelle Therapieansätze. *Dtsch Arzteblatt Int*. 2011; 108:827-35.
- Mann V, Mann S, Szalay G, Hirschburger M, Röhrig R, Dictus C, Wurmb T, Weigand MA, Bernhard M. Polytraumaversorgung auf der Intensivstation. *Anaesthesist*. 2010; 59:739-64.
- Matthes G, Seifert J, Ostermann PAW, Ekkernkamp A, Wich M. Die Frühletalität des Schwerst-verletzten. *Zentralbl Chir*. 2001; 126:995-99.
- Maurer MH, Winkler A, Wichlas F, Powerski MJ, Elgeti F, Huppertz A, Röttgen R, Marnitz T. Kosten und Stellenwert von Ultraschallverlaufskontrollen bei polytraumatisierten Patienten nach initialer Computertomografie. *Fortschr Röntgenstr*. 2012; 184:53-8.
- Meregalli A, Oliveira RP, Friedman G. Occult hypoperfusion is associated with increased mortality in hemodynamically stable, high-risk, surgical patients. *Crit Care*. 2004; 8:60-5.
- Messmer P, Löw R, Jacob AL. Interdisziplinäres Management von polytraumatisierten Patienten: Beitrag der Radiologie. *Radiol up2date*. 2001; 3:275-97.
- Moore EE, Burch JM, Franciose RJ, Offner PJ, Biffi WL. Staged physiologic restoration and damage control surgery. *World J Surg*. 1998; 22:1184-91.
- Nast-Kolb D, Waydhas C, Ruchholtz S, Täger G. Schockraummanagement. *Chirurg*. 2007; 78:885-893.

- Nast-Kolb D, Ruchholtz S. Qualitätsmanagement der frühen klinischen Behandlung schwerverletzter Patienten. *Unfallchirurg*. 1999; 102:338-346.
- Osler T, Baker SP, Long W. A modification of the Injury Severity Score that both improves accuracy and simplifies scoring. *J Trauma*. 1997; 43:922-926.
- Otte D, Pohlemann T, Wiese B, Krettek C. Änderung des Verletzungsmusters Polytraumatisierter in den zurückliegenden 30 Jahren. *Unfallchirurg*. 2003; 106:448-55.
- Pannike A, Siebert H, Kron H, Weidner R. Behandlungsgrundsätze und Prioritäten des Polytraumas in der Unfallchirurgie. *Unfallchirurg*. 1981; 7:76-85.
- Probst C, Richter M, Hübner T, Haasper C, Lefering R, Otte D, Oestern HJ, Krettek C, Hübner T. Trauma- und Unfalldokumentation in Deutschland. *Chirurg*. 2008; 79:650-656.
- Probst C, Pape HC, Hildebrand F, Regel G, Mahlke L, Giannoudis P, Krettek C, Grotz MRW. 30 years of polytrauma care: an analysis of the change in strategies and results of 4849 cases treated at a single institution. *Injury*. 2009; 40:77-83.
- Prokop A, Hötte H, Krüger K, Rehm KE, Isenberg J, Schiffer G. Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma. *Unfallchirurg*. 2006;109:545-50.
- Ptak T, Rhea JT, Novelline RA. Experience with a continuous, single-pass whole-body multi-detector CT protocol for trauma: the three-minute multiple trauma CT scan. *Emerg Radiol*. 2001; 8:250-256.
- Reichmann I, Aufmkolk M, Neudeck F, Bardenheuer M, Schmit-Neuerburg KP, Obertacke U. Vergleich schwerer Mehrfachverletzungen im Kindes- und Erwachsenenalter. *Unfallchirurg*. 1998; 101:919-927.
- Rieger M, Sparr H, Esterhammer R, Fink C, Bale R, Czermak B, Jaschke W. Moderne CT-Diagnostik des akuten Thorax- und Abdominaltraumas. *Radiologe*. 2002; 42:556-563.
- Rowell SE, Barbosa RR, Diggs BS, Schreiber MA. Specific abbreviated injury scale values are responsible for the underestimation of mortality in penetrating trauma patients by the Injury Severity Score. *J Trauma*. 2011; 71:384-388.
- Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D, Waydhas C, Lewan U, Kanz KG, Schwender D, Pfeifer KJ, Schweiberer L. Improvement in the therapy of multiply injured patients by introduction of clinical management guidelines. *Injury*. 1998; 29:115-29.
- Ruchholtz S, Nast-Kolb D, Waydhas C, Schweiberer L. Das Verletzungsmuster beim Polytrauma. *Unfallchirurg*. 1996; 99:633-41.
- Sagraves SG, Toschlog EA, Rotondo MF. Damage Control Surgery - The intensivist's role. *J Intensive Care Med*. 2006; 21:5-16.
- Salim A, Sangthong B, Martin M, Brown C, Plurad D, Demetriades D. Whole body imaging in blunt multisystem trauma patients without obvious signs of injury. *Arch Surg*. 2006; 141:468-75.
- Schlechtriemen T, Schaefer S, Stolpe E, Altemeyer KH. Präklinische Versorgung von Trauma-patienten in der Luftrettung. Ergebnisse des medizinischen Qualitätsmanagements bei Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma und Polytrauma der Jahre 2000 und 2001. *Unfallchirurg*. 2002; 105:974-85.
- Schwab CW. Introduction: damage control at the start of 21st century. *Injury*. 2004; 35:639-641.
- S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletztenbehandlung. *AWMF-Register Nr. 012/019*, 2011.
- Self ML, Blake AM, Whitley M, Nadalo L, Dunn E. The benefit of routine thoracic, abdominal, and pelvic computed tomography to evaluate trauma patients with closed head injuries. *Am J Surg*. 2003; 186:609-14.
- Shapiro MB, Jenkins DH, Schwab CW, Rotondo MF. Damage Control: Collective Review. *J Trauma*. 2000; 49:969-78.

- Siebers C, Stegmaier J, Kirchhoff C, Wirth S, Körner M, Kay MV, Pfeifer KJ, Kanz KG. Analyse von Verzögerungen der Schockraumdiagnostik bei Einsatz der Mehrschicht-Spiral-Computertomografie. *Fortschr Röntgenstr.* 2008; 180:733-39.
- Sierink JC, Saltzherr TP, Beenen LFM, Luitse JSK, Hollmann MW, Reitsma JB, Edwards MJR, Hohmann J, Beuker BJA, Patka P, Suliburk JW, Dijkgraaf MGW, Goslings JC. A multicenter, randomized controlled trial of immediate total-body CT scanning in trauma patients (REACT-2). *BMC Emerg Med.* 2012; 12:4.
- Stahel PF, Heyde CE, Wyrwich W, Ertel W. Aktuelle Konzepte des Polytraumamanagements: von ATLS zu „Damage Control“. *Orthopäde.* 2005; 34:823-36.
- Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden. Zahl der Verkehrstoten 2011 um 9,7% gestiegen. Internet 2011. <http://www.destatis.de>.
- Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden. Verkehrsunfälle - Zweiradunfälle im Straßenverkehr. Internet 2011; <http://www.destatis.de>.
- Stone HH, Strom PR, Mullins RJ. Management of the major coagulopathy with onset during laparotomy. *Ann Surg.* 1983; 197:532-35.
- Stürmer KM, Dresing K, Blauth M, Bonnaire F, Braun W, Meenen NM, Siebert H, Suren EG, Wittner B. Recommended guidelines for diagnostics and therapy in trauma surgery. *Eur J Trauma.* 2001; 27:137-50.
- Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet.* 1974; 2:81-4.
- Tee JW, Chan PCH, Gruen RL, Fitzgerald MCB, Liew SM, Cameron PA, Rosenfeld JV. Early predictors of mortality after spine trauma. *Spine.* 2013; 38:169-77.
- Tinkoff GH, O'Connor RE. Validation of new trauma triage rules for trauma attending response to the emergency department. *J Trauma.* 2002; 52:1153-59.
- Traumaregister® Jahresbericht 2010 der Sektion NIS. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Sektion Intensiv- & Notfallmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS) 2010.
- Trentz O. Polytrauma: pathophysiology, priorities, and management. In Rüedi TP, Murphy WM (Eds.). *AO Principles of Fracture Management.* Stuttgart, New York, Thieme 2000:661-73.
- Tscherne H, Regel G, Sturm JA, Friedl HP. Schweregrad und Prioritäten bei Mehrfachverletzungen. *Chirurg* 1987; 58:631-40.
- Vugt R van, Kool DR, Deunk J, Edwards MJR. Effects on mortality, treatment, and time management as a result of routine use of total body computed tomography in blunt high-energy trauma patients. *J Trauma.* 2012; 72:553-59.
- Weninger P, Mauritz W, Fridrich P, Spitaler R, Figl M, Kern B, Hertz H. Emergency room management of patients with blunt major trauma: evaluation of the multislice computed tomography protocol exemplified by an urban trauma center. *J Trauma.* 2007; 62:584-91.
- Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung. Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. 2006.
- Wick M, Ekkernkamp A, Muhr G. Epidemiologie des Polytraumas. *Chirurg.* 1997; 68:1053-58.
- Wurmb T, Balling H, Frühwald P, Keil T, Kredel M, Meffert R, Roewer N, Brederlau J. Polytraumamanagement im Wandel. Zeitanalyse neuer Strategien für die Schockraumversorgung. *Unfallchirurg.* 2009; 112:390-99.

Wurmb TE, Frühwald P, Hopfner W, Keil T, Kredel M, Brederlau J, Roewer N, Kuhnigk H. Whole-body multislice computed tomography as the first line diagnostic tool in patients with multiple injuries: the focus on time. *J Trauma*. 2009; 66:658-65.

Wurmb T, Müller T, Jansen H, Roewer N, Kühne CA. Schockraummanagement. Übergang von der Präklinik zur Klinik. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2010; 45:390-97.

Wutzler S, Westhoff J, Lefering R, Laurer HL, Wyen H, Marzi I. Zeitintervalle während und nach Schockraumversorgung. *Unfallchirurg*. 2010; 113:36-43.

Zander R. Diagnostische und therapeutische Bedeutung von Base Excess und Laktatkonzentration. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2002; 37:343-46.

Ziegenfuß T. Polytrauma. Präklinische Erstversorgung und Schockraummanagement. *Anaesthesist*. 1998; 47:415-31.

Zwingmann J, Schmal H, Südkamp NP, Strohm PC. Verletzungsschwere und -lokalisationen polytraumatisierter Kinder im Vergleich zu Erwachsenen und deren Bedeutung für das Schockraummanagement. Eine retrospektive 3-Jahres-Studie. *Zentralbl Chir*. 2008; 133:68-75.

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der traumabedingten Sterblichkeit: „Sekudentod“ z.B. infolge schwerster Hirn- oder Hirnstammverletzungen sowie Verletzungen der großen Gefäße; „Frühe Sterblichkeit“ innerhalb der ersten Stunden nach Trauma z.B. durch Epi- oder Subduralhämatome, thorakoabdominelle Verletzungen mit Spannungspneumothorax und Laceration parenchymatöser Organe mit konsekutivem hämorrhagischen Schock; „Späte Sterblichkeit“ mehrere Wochen nach Trauma infolge einer Sepsis und MODF / MOF. Quelle: modifiziert nach ATLS® Student Course Manual 9 th Edition, 2012 American College of Surgeons.....	8
Abb. 2: Versorgungsalgorithmus beim Polytrauma. Abbruch der Schockraumdiagnostik und unmittelbarer Beginn lebenserhaltender Noteingriffe („Life-saving-surgery) im Falle von instabilen Vitalfunktionen. Quelle: modifiziert nach Ertel W, Trentz O. Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. Chirurg. 1997; 68:1071-75.....	17
Abb. 3: Hämodynamikbeurteilung beim Polytrauma: Patienten im „persistierenden Schock“ (Laktatazidose, systolischer Blutdruck ≤ 90 mmHg) können ggf. durch Schockrauminterventionen wie z.B. Anlage eines T-Pod® bei instabilem Beckenring oder Entlastung eines Spannungspneumothorax für die weiterführende Diagnostik stabilisiert werden. Quelle: modifiziert nach John T, Ertel W. Die Beckenringzerreiung beim polytraumatisierten Patienten. Orthopäde. 2005; 34:917-930.....	18
Abb. 4: Häufigkeitsverteilung der Unfallursachen (A) und Stürze (B) im Studienkollektiv. Die Untergruppe „Sonstige“ beinhaltet Explosionstraumata, Verschüttungsunfälle, penetrierende Verletzungen sowie die nicht bekannten Verletzungsursachen.....	22
Abb. 5: Anteil polytraumatisierter Patienten in den ISS-Subgruppen (A) und Verletzungsschwere (ISS) der überlebenden und verstorbenen Patienten (B). Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974).....	25
Abb. 6: Initiale Laktatmessung (A) und Verlaufskontrollmessung des Laktatwerts 30-60 Min. nach Erstbestimmung (B) der überlebenden und verstorbenen Patienten. Im Verlauf verstorbene Patienten hatten sowohl bei Eintreffen im Schockraum als auch in der Verlaufskontrolle signifikant höhere Laktatwerte als die überlebenden Patienten. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt. In der Verlaufskontrollmessung waren die Laktatwerte der überlebenden Patienten wieder im Normbereich (Laktat ≤ 20 mg/dl).....	26
Abb. 7: Systolischer Blutdruck (A) und Herzfrequenz (B) bei Eintreffen der Patienten im Schockraum. Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten bereits initial signifikant niedrigere systolische Blutdruckwerte als die überlebenden Patienten. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt. Unterschiede der initial gemessenen Herzfrequenz von überlebenden und im Verlauf verstorbenen Patienten waren statistisch <u>nicht</u> signifikant.....	27
Abb. 8: Hämoglobinwert (A) und Quickwert (B) bei Eintreffen der Patienten im Schockraum. Die im Verlauf verstorbenen Patienten hatten signifikant niedrigere Hämoglobin- und Quickwerte als die überlebenden Patienten. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. überlebt.	28
Abb. 9: Zeit von der Aufnahme in den Schockraum bis zum OP-Beginn bei Abbruch und bei regulärer Durchführung des Schockraummanagements. Angegeben ist der Median (IQR), Mann-Whitney-U-Test: * $p < 0,05$ vs. SR-Management regulär beendet.....	31
Abb. 10: Letalität in Abhängigkeit vom Verletzungsschweregrad (A) und vom Patientenalter zum Unfallzeitpunkt (B). ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974).....	34

Abb. 11: Letalitätswahrscheinlichkeit (RISC-Prognose) in Relation zum Verletzungsschweregrad (ISS). Mit zunehmender Verletzungsschwere steigt die Letalitätswahrscheinlichkeit signifikant an. Angegeben ist der Median (IQR), Kruskal-Wallis-Test: * $p < 0,05$ vs. RISC-Prognose ISS 16-24 Punkte. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974), RISC = Revised Injury Severity Classification (Lefering 2009)..... 35

11 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: „Primary survey“ nach ATLS® modifiziert nach Ertel W, Trentz O. Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. Chirurg. 1997; 68:1071-75. Anhand dieser Untersuchungen werden potenziell lebensbedrohliche Verletzungen beim polytraumatisierten Patienten erkannt und unmittelbar behandelt. . 9	9
Tab. 2: „Secondary survey“ nach ATLS®. Dieser Untersuchungsgang wird direkt im Anschluss an den „Primary survey“ ausschließlich bei hämodynamisch stabilen Patienten durchgeführt. Bei Kreislaufinstabilität: Abbruch der Schockraumdiagnostik und Initiierung lebensrettender Noteingriffe. 10	10
Tab. 3: Darstellung häufiger Notfalleingriffe. Im Gegensatz zu den lebensrettenden Notfalleingriffen (Life-saving-surgery), die einen Abbruch der Schockraumdiagnostik erfordern, können verzögerte Primäreingriffe („Day-one-surgery“) nach Abschluss der Diagnostik erfolgen. 12	12
Tab. 4: Ein- / Ausschlusskriterien des Studienkollektivs. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974). 15	15
Tab. 5: Demographische Basisdaten des Studienkollektivs. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010; k.A. = keine Angabe. 21	21
Tab. 6: Häufigkeitsverteilung der Verkehrsunfälle im Studienkollektiv. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010; k.A. = keine Angabe. 23	23
Tab. 7: Häufigkeit relevanter Verletzungen mit einem AIS \geq 3 Punkte. AIS = Abbreviated Injury Scale (American Medical Association and its Committee on Medical Aspects of Automotive Safety); ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974); Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010; k.A. = keine Angabe. 24	24
Tab. 8: Anatomische und physiologische Verletzungsschwere; ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974); NISS = New Injury Severity Score (Osler et al. 1997); GCS = Glasgow Coma Scale (Teasdale & Jennett 1974); Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. 24	24
Tab. 9: Zeiten im Rahmen des „Primary und secondary survey“ vom Eintreffen der Patienten im Schockraum bis zum Beginn der jeweiligen Diagnostik. Angegeben ist der MW \pm SD. FAST = Focused Assessment with Sonography for Trauma; CCT = Schädel-CT; WBCT = Ganzkörper-CT. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. 29	29
Tab. 10: Dauer der Schockraumbehandlung bis zum OP-Beginn in Abhängigkeit vom hämodynamischen Zustand der Patienten. Die Schockraumzeiten der Patienten „in extremis“ waren signifikant kürzer als die Schockraumzeiten der Patienten mit stabiler Hämodynamik. Angegeben ist der Median (IQR), Kruskal-Wallis-Test: * $p < 0,05$ vs. Hämodynamik „stabil“. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. k.A. = keine Angabe. 30	30
Tab. 11: Diagnostikzeiten in Relation zum Verletzungsschweregrad (ISS). Die am schwersten verletzten Patienten (ISS 51-75) wurden signifikant schneller als die leichter verletzten Patienten abgeklärt. Angegeben ist der Median (IQR), Kruskal-Wallis-Test: * $p < 0,05$ vs. SR-Zeit ISS 16-24 und ISS 25-50. ISS = Injury Severity Score (Baker et al. 1974) 32	32
Tab. 12: Angaben zu Interventionen im Schockraum, Abbruch der Schockraumdiagnostik und Operationen am Unfalltag. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. k.A. = keine Angabe. 32	32
Tab. 13: Durchschnittliche Liegedauer der polytraumatisierten Patienten auf der Intensivstation und auf der peripheren Station. Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. 33	33
Tab. 14: Angaben zur Letalität im gesamten Studienkollektiv und bei Reanimation. RISC = Revised Injury Severity Classification (Lefering 2009); Angaben des Traumaregister® der DGU aus dem Jahresbericht 2010. k.A. = keine Angabe. 33	33

Tab. 15: Die Korrelation zwischen den erhobenen Scores, Labor- und Vitalparametern und der Letalität wurde jeweils mit Hilfe des Pearson Korrelationskoeffizienten (r) getestet. Mäßig bis deutlich signifikante Korrelationen mit der Letalität ergaben sich für den RISC-Score, den ISS und den NISS..... 36

12 LEBENS LAUF

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

13 DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Wolfgang Ertel, dem Direktor der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie der Charité Universitätsmedizin Berlin am Campus Benjamin Franklin, für die Überlassung des Themas und die stets kollegiale Unterstützung sowie seine konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken. Weiterhin danke ich Herrn Dr. med. Patrick Gahr, meinem Betreuer aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Campus Benjamin Franklin, der mir als Mentor mit Ratschlägen, Kritik und motivierendem Zuspruch zur Seite stand. Herrn Klaus Lens aus dem Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie danke ich für die Einweisung in die Statistik und die vielen Ratschläge bei der Anwendung von SPSS®.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem großen Bruder Dr. med. Fabian Laue, der mir durch seinen unermüdlichen Ansporn, seine konstruktiven Ratschläge und vor allem Freundschaft und Brüderlichkeit eine unendliche Hilfe war und ist. Auch möchte ich meinen lieben Eltern für ein zu jeder Zeit offenes Ohr und die Ermöglichung des Medizinstudiums herzlich danken.

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

„Ich, Dominik Laue, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: *„Evaluation eines prioritätenorientierten Schockraumalgorithmus bei polytraumatisierten Patienten“* selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

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

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

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

Datum

Unterschrift

Anteilerklärung an etwaigen erfolgten Publikationen

Keine Publikationen.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers

Unterschrift des Doktoranden