

---

Aus der  
Klinik für Allgemeine, Unfall- und Wiederherstellungs chirurgie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. med. W. Böcker  
vormals Direktor: Prof. Dr. med. W.E. Mutschler

Zusammenhang zwischen Letalität und Patientenmindestmenge  
an deutschen Traumazentren - Eine Analyse des TraumaRegisters DGU®

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

vorgelegt von  
Martina Zacher  
aus Vilshofen an der Donau

2016



---

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät

der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Karl-Georg Kanz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Christian Schinkel

Prof. Dr. Ulrich Mansmann

Prof. Dr. P. Conzen

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: PD. Dr. med. Stefan Huber-Wagner

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

Tag der mündlichen Prüfung: 13.10.2016

Meiner Familie gewidmet

---

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>1. Einführung</b>	<b>7</b>
1.1. Polytrauma	10
1.1.1. Definition	10
1.1.2. Scoring Systeme	10
1.1.2.1. Glasgow Coma Scale (GCS)	10
1.1.2.2. Revised Trauma Score (RTS)	11
1.1.2.3. Abbreviated Injury Scale (AIS)	13
1.1.2.4. Injury Severity Score (ISS)	14
1.1.2.5. Trauma and Injury Severity Score (TRISS)	15
1.1.2.6. Revised Injury Severity Classification (RISC)	15
1.1.2.7. Revised Injury Severity Classification (RISC-II)	16
1.1.2.8. Sequential Trauma Score (STS)	17
1.1.3. Organisation von Traumazentren in Deutschland	18
1.1.3.1. Lokale Traumazentren (Level-III)	18
1.1.3.2. Regionale Traumazentren (Level-II)	18
1.1.3.3. Überregionale Traumazentren (Level-I)	18
1.1.4. Traumanetzwerk DGU®	18
1.2. Patientenmindestmengenforderung in Deutschland	19
<b>2. Zielsetzung</b>	<b>20</b>
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>21</b>
3.1. Datenerfassung	21
3.1.1. TraumaRegister DGU®	21
3.1.2. Patienten	22
3.2. Statistische Analyse	22
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>24</b>
4.1. Deskriptive Analyse	24
4.1.1. Eingeschlossenes Patientenkollektiv	24
4.1.2. Patientencharakteristika	25
4.1.3. Kliniklevel	27
4.2. Ergebnisanalyse	28
<b>5. Diskussion</b>	<b>33</b>
5.1. Vergleich eigener Ergebnisse mit anderer Literatur	33
5.2. Methodenkritik	37

<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>38</b>
<b>7. Anhang</b>	<b>40</b>
7.1. Abkürzungsverzeichnis	40
7.2. Abbildungsverzeichnis	41
7.3. Tabellenverzeichnis	41
<b>8. Literatur und Quellen</b>	<b>42</b>
<b>9. Lebenslauf</b>	<b>46</b>
<b>10. Abstract (Englische Version)</b>	<b>47</b>
<b>11. Danksagung</b>	<b>48</b>

## 1. Einführung

In der vorliegenden Arbeit wird der mögliche Zusammenhang zwischen der Vorgabe einer Patientenmindestmenge und der Patientenletalität im Bereich der Polytraumaversorgung an deutschen Traumazentren analysiert. Im Fokus der Untersuchung standen schwerverletzte Patienten mit einem Injury Severity Score (ISS)  $\geq 16$ .

Das Polytrauma ist eines der wohl anspruchsvollsten Krankheitsbilder der Medizin und stellt an alle Beteiligten besondere Herausforderungen. Das behandelnde Schockraumteam, der schwerverletzte Patient selbst, aber auch dessen Angehörige werden mit Problemen konfrontiert, die das persönliche Vorstellungsvermögen und die eigenen Grenzen in vielen Fällen überschreiten mögen. Die Schwerverletztenversorgung erfordert zielgerichtete und strukturierte Abläufe, eine adäquate materielle wie personelle Ausstattung sowie die Vorbereitung auf mögliche „worst case“ Szenarien. Um bestmögliche Behandlungsbedingungen für den schwerverletzten Patienten zu schaffen, bedarf es der kontinuierlichen Analyse und Reevaluation präklinischer und innerklinische Rahmenbedingungen der Polytraumaversorgung.

Trauma stellt in den westlichen Industriestaaten nach kardiovaskulären und malignen Erkrankungen die dritthäufigste Todesursache dar (1-7). Nach der World Health Organization (WHO) ereignen sich weltweit jährlich rund 3,5 Millionen Unfälle mit Todesfolge. Die durch Trauma assoziierten Kosten umfassen jährlich rund 500 Millionen US Dollar (1, 8). In Deutschland ereignen sich jährlich über 7 Millionen Unfälle mit bis zu 38.000 Schwerverletzten mit einem ISS  $\geq 16$  (1, 9-12). 1982 wurde erstmals die zeitliche Verteilung der Todesfälle nach Traumata als trimodale Verteilungskurve beschrieben. Danach versterben 45% der Patienten am Unfallort, also innerhalb der ersten Sekunden bis Minuten nach Unfallhergang. Häufigste Todesursachen innerhalb dieses Zeitabschnittes umfassen schwere Verletzungen des Zentralnervensystems sowie unstillbare Blutverluste. 24% der Patienten versterben innerhalb von Minuten bis Stunden nach Trauma. Typische Verletzungsmuster umfassen sub- und epidurale Hämatome sowie Verletzungen, die mit hohem Blutverlust assoziiert sind (Milzruptur, Beckenringfraktur etc.). Rund 20% der Patienten erliegen Tage bis Wochen nach dem Unfallereignis an den Folgen ihrer Verletzungen. Bei den Ursachen handelt es sich meistens um Tod infolge Multiorganversagen und Sepsis (13, 14). Es existieren allerdings auch Studien, die von anderen zeitlichen Verteilungen ausgehen (15).

Im Mittelpunkt der Versorgung von Schwerverletzten steht eine strukturierte und systematisch organisierte Herangehensweise an die Einschätzung der Verletzungsschwere des Patienten. Mit dem Ziel einer einheitlichen und evidenzbasierten Versorgungsqualität werden weltweit enorme Bemühungen unternommen. Die Triage des Polytraumapatienten stellt eine besondere Herausforderung dar: im Fokus steht das schnelle Erkennen des „life-threatening“ Problems sowie die Fähigkeit, lebensrettende Entscheidungen treffen zu können. 1976 riefen eine Gruppe von Chirurgen in Nebraska, die Lincoln Medical Education Foundation und die Lincoln Area Mobile Heart Team Nurses mit Unterstützung des University of Nebraska Medical Center, das Nebraska State Committee on Trauma (COT) des American College of Surgeons (ACS) und die Southeast Nebraska Emergency Medical Services das Konzept des Advanced Trauma Life Support (ATLS) ins Leben. Ziel dieses medizinischen Fortbildungsprogramms war es, auf Basis einer einheitlichen Ausdrucksweise, strukturiertem Skillstraining und evidenzbasiertem Unterricht eine schnelle sowie gezielte initiale Schwerstverletztenversorgung zu gewährleisten. 1978 wurde der erste ATLS Kurs durchgeführt und ein Jahr später übernahm die ACS COT den Kurs in ihr Weiterbildungsprogramm (16-24).

Trotz der erfolgreichen Etablierung von Weiterbildungsprogrammen im Bereich der Polytraumaversorgung weist die initiale Einschätzung der Verletzungsschwere teils erhebliche Defizite auf. Diesen Umstand verdeutlicht eine Untersuchung des St. George Hospital Department of Trauma Services. Im Zeitraum über 8 Jahren zwischen 1992 und 2000 wurde prospektiv das Outcome von Trauma Bypass Patienten des St Georges Krankenhauses analysiert, eines des führenden Trauma Services im Südosten von Sydney. Ein „Trauma Bypass System“ wurde im Jahr 1992 durch das New South Wales (NSW) Health Department in Australien etabliert. Das vorrangige Ziel dieses Systems war es, den Zustand schwerverletzter Patienten durch eine strukturierte präklinische Traumatriage adäquat einschätzen und bereits im Vorfeld die passende Traumaversorgungseinheit wählen zu können. 1.990 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien. Das durchschnittliche Alter betrug 32 Jahre, 70% der Patienten waren männlich, 66% erlitten einen Verkehrsunfall. Die Untersuchung ergab einen sehr niedrigen positiven prädiktiven Wert. Er betrug bei Schwerverletzten 18,6% (KI95% 16,9-20,4%), ein Wert weit unter dem von dem NSW Health Department Trauma System Advisory Committee festgelegten Zielwertes. Die Gesamtsterblichkeitsrate lag bei 2,5 % (KI95% 1,9-3,3). Die Untersuchung kam zu dem Ergebnis, dass die präklinische Traumatriage angesichts des weit unterschrittenen Zielwertes erhebliche Defizite aufwies. Diese Tatsache stellte die geltenden Triagerichtlinien und

Zielwerte lokaler Traumazentren in Frage (25). Doch nicht nur die präklinische Patientensichtung, sondern auch die innerhospitale Versorgung von Polytraumapatienten ist Gegenstand momentaner Diskussionen. Es stellt sich die Frage, welcher Einfluss auf die Polytraumaversorgung gewichtiger ist: die Fachkenntnis und Routine der initial behandelnden Personen oder die jährliche Fallzahl der Traumapatienten pro Klinik. Die Antwort könnte entscheidende Auswirkungen auf die zukünftige Struktur der Polytraumazentren haben, angefangen von der Auswahl der geeigneten Klinik bis hin zur Finanzierung und nötigen Ressourcenausstattung der Traumazentren.

## 1.1. Polytrauma

### 1.1.1. Definition

Der medizinische Begriff Polytrauma definiert nach Tscherne eine gleichzeitige Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wobei wenigstens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich sind (26-28).

Die Versorgung Schwerverletzter ist Gegenstand zahlreicher gegenwärtiger Diskussionen. Als Schwerverletzte gelten Personen definitionsgemäß ab einem ISS  $\geq 16$ , Schwerverletzte werden in der Literatur auch als „major trauma“ bezeichnet, wohingegen „multiple trauma“ „mehrfachverletzte Patienten definiert (1, 10, 11, 28-31).

### 1.1.2. Scoring Systeme

Für die genaue Einschätzung des Zustandes von Polytraumapatienten ist die aquaute Klassifikation der Verletzungsschwere unerlässlich. Um den Verletzungsgrad des betroffenen Patienten fundiert zu charakterisieren und dessen akute Gefährdung adäquat einzuschätzen zu können, haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Scoringssysteme etabliert. Diese erlauben es, durch ein strukturiertes Vorgehen den aktuellen Gesundheitszustand des Patienten zu quantifizieren, dessen Prognose abzuschätzen und danach gerichtet die für den Patienten geeignete Therapiemöglichkeit zu wählen. Klassifikationssysteme dienen sowohl der Prognoseabschätzung als auch der Entscheidungsfindung. Darüber hinaus tragen sie zur Vergleichbarkeit verschiedener Verletzungen, der klinischen Qualitätssicherung sowie der wissenschaftlichen Analyse bei. Bei der Therapie des polytraumatisierten Patienten liegt der Fokus auf der Summe der Verletzungen.

#### 1.1.2.1. Glasgow Coma Scale (GCS)

1974 entwickelten Teasdale und Jennett die *Glasgow-Coma-Scale (GCS)* zur genaueren Einschätzung sowie Vergleichbarkeit der Bewusstseinslage von Patienten. Im Fokus dieses Klassifikationssystems stehen die Reaktionsfähigkeit der Augen, sowie die jeweils beste motorische und verbale Funktion bei Ansprache. Bei uneingeschränkter Bewusstseinslage ist 15 die maximal zu erreichende Punktzahl. Bei einem errechneten Wert von 12 bis 14 liegt ein leichtes Defizit der Bewusstseinslage vor. Ein Wert von 9 bis 12 weist auf das Vorliegen

eines höhergradigen Schädel-Hirn-Traumas hin. Ab einem Wert  $\leq 8$  ist von einer schweren Funktionsschädigung des Gehirns auszugehen, und dient oftmals als Indikationsstellung zur Schutzintubation. Die minimal zu erreichende Score ist 3 (Tab. 1) (32-35).

Augen öffnen	Motorische Reaktion	Verbale Reaktion	Punkte
	Befolgt Aufforderung		6
	Gezielte Schmerzabwehr	Orientiert	5
Spontan	Ungezielte Schmerzabwehr	Verwirrt	4
Auf Anforderung	Beugt auf Schmerzreize	Inadäquat	3
Auf Schmerzreize	Streckt auf Schmerzreize	Unverständlich	2
Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion	1

Tabelle 1: Glasgow Coma Scale aus (32)

### 1.1.2.2. Revised Trauma Score (RTS)

Der 1989 entwickelte Revised Trauma Score (RTS) beurteilt Zirkulation, Respiration und Bewusstsein anhand von 3 Parametern: der Glasgow Coma Scale (GCS), dem systolischen Blutdruck und der Atemfrequenz. Kritischen Werte umfassen eine Af  $> 29$  oder  $< 10$ , RR  $< 90$  mmHg, GCS  $< 13$  sowie SO<sub>2</sub>  $< 90\%$ . Jedem der Parameter werden Punkte von 0 bis 4 zugeordnet und anschließend die Summe der Punkte gebildet. Die Summe ergibt den unkorrigierten RTS-Wert (Tab. 2). Der Score kann Werte von 0 bis 12 einnehmen. Er kommt vor allem im Bereich der präklinischen Traumatriage als Triage Revised Trauma Score (TRTS) zum Einsatz. Potentiell Schwerverletzte weisen einen TRTS  $\leq 11$  auf. Erreicht ein Patient nicht in allen drei Parametern 4 Punkte, wird der Transport in ein Traumazentrum empfohlen. Um die Überlebenswahrscheinlichkeit zu berechnen, müssen die einzelnen Punkte des RTS mit Korrekturfaktoren gewichtet werden. Der jeweilige korrigierte Wert kann einen Wert von 0 bis 0,8404 erreichen (Tab. 2). Diese Gewichtung erhöht die Zuverlässigkeit der Überlebenswahrscheinlichkeitsprognose, welche sigmoidal mit den erhobenen Werten korreliert (Abb. 1) (36).

Berechnung RTS:

- $RTS = 0,9368 \times \text{Punktwert (GCS)} + 0,7326 \times \text{Punktwert (RR)} + 0,2908 \times \text{Punktwert (Af)}$
- $RTS = \text{Punktwert (GCS)} + \text{Punktwert (RR)} + \text{Punktwert (Af)}$

Glasgow Coma Scale	Systolischer (mmHG)	Blutdruck	Atemfrequenz/min	Punktwert
13-15	>89		10-29	4
9-12	76-89		>29	3
6-8	50-75		6-9	2
4-5	1-49		1-5	1
3	0		0	0

Tabelle 2: Revised Trauma Score aus (36)

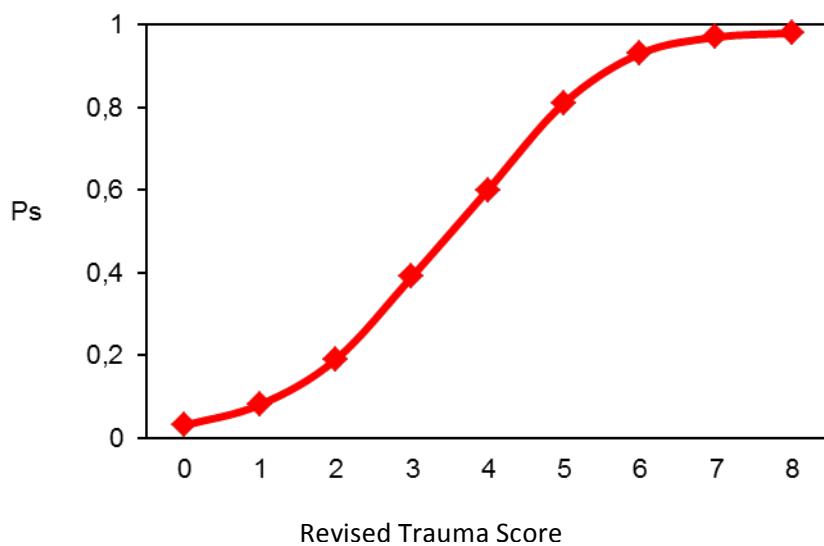


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Revised Trauma Score und Überlebenswahrscheinlichkeit (Ps) aus (36).

### 1.1.2.3. Abbreviated Injury Scale (AIS)

Die Abbreviated Injury Scale (AIS) dient der fundierten Beschreibung von stumpfen und penetrierenden Verletzungen. Sie wurde 1971 entwickelt und ist nach 6 Körperregionen gegliedert: Schädel/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Becken/Extremitäten und Weichteile. Verletzungen werden auf einer Skala von 1 bis 6 kodiert, wobei einer geringgradigen Verletzung der Wert 1, einer tödlichen Verletzung der Wert 6 zugeordnet wird (Tab. 3) (32, 37).

AIS-Kode		Beispiel
1	Gering	Kopfplatzwunde $\leq 10$ cm lang, Sprunggelenksdistorsion, multiple Weichteilkontusionen
2	Mäßig	2–3 Rippenfrakturen ohne Pneumothorax, Leberruptur $\leq 3$ cm tief mit Blutverlust $< 20\%$ , Humerusfraktur nicht disloziert, 3°-ige Verbrennung von 10–19 % der Körperoberfläche
3	Ernst, nicht lebensbedrohlich	Kopfplatzwunde mit Blutverlust $> 20\%$ , Pneumothorax, Pankreasruptur mit Gangbeteiligung, offene Femurschaftfraktur, Stromverletzung mit Nekrose der Muskulatur
4	Schwer, lebensbedrohlich	Subdurales Hämatom $\leq 1$ cm, Lungenkontusionen beidseits, Blasenruptur, Beckenfraktur mit Dislokation und Blutverlust $\leq 20\%$ , LWS-Verletzung mit inkomplettem Querschnitt
5	Kritisch, Überleben fraglich	Epidurales Hämatom $> 1$ cm, Hirnödem mit Verlust der Ventrikel, Perikardtamponade, Spannungspneumothorax, Milzruptur mit Hilusabriß, Beckenfraktur mit Dislokation und Blutverlust $> 20\%$
6	Tödlich, derzeit nicht behandelbar	Massive Zerstörung des Gehirns, HWS-C3-Fraktur mit Rückenmarksläsion und Atemstillstand, Aortenruptur mit Blutung in die Pleurahöhle, zentrale Leberzerreissung mit Beteiligung der V. cava

Tabelle 3. Schweregradeinteilung nach der Abbreviated Injury Scale – AIS aus (32)

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

Der Injury Severity Score (ISS) wurde 1974 entwickelt und ist eines der weltweit am häufigsten benutzten Klassifikationssysteme. Er bewertet den Schweregrad einer Verletzung auf Grundlage des Abbreviated Injury Scale (AIS). Die Berechnung des ISS erfolgt dadurch, dass die Quadrate der höchsten überlebbaren AIS-Werte der drei am schwersten verletzten Regionen addiert werden. Da lebensgefährlichen Verletzungen ein AIS von 4 zugeordnet wird, definiert ein  $\text{ISS} \geq 16$  ( $4 \times 4 = 16$ ) einen zunächst schwerverletzten Patienten.

Eine Kombination einer Kopfplatzwunde mit Blutverlust  $> 20\%$  (AIS 3) und eines Pneumothorax (AIS 3) ergibt einen ISS von 18:

$$\text{ISS} = (3 \times 3) + (3 \times 3) = 9 + 9 = 18$$

Die Kombination einer weniger als 3 cm tiefen Leberruptur mit Blutverlust  $< 20\%$  (AIS 2) und eines subduralen Hämatom  $\leq 1$  cm (AIS 4) ergibt einen ISS von 20:

$$\text{ISS} = (2 \times 2) + (4 \times 4) = 4 + 16 = 20$$

Der höchste quadrierte Wert einer Region beträgt 25, der ISS der drei am schwersten verletzten Regionen beträgt demzufolge 75 und kann insgesamt also Werte zwischen 0 und 75 erreichen:

$$\text{ISS} = (5 \times 5) + (5 \times 5) + (5 \times 5) = 25 + 25 + 25 = 75$$

Eine tödliche Verletzung mit einem AIS von 6 ist als ISS von 75 definiert. Als schwerverletzt gelten Patienten, die einen  $\text{ISS} \geq 16$  aufweisen (32, 38, 39).

### 1.1.2.5. Trauma and Injury Severity Score (TRISS)

Der 1987 entwickelte *Trauma and Injury Severity Score* dient der Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit auf Grundlage des GCS, des Blutdruckes, der Atemfrequenz entsprechend RTS, des ISS sowie des Alters.

Er wird wie folgt berechnet:

$$\text{Überlebenswahrscheinlichkeit (Ps)} = 1/(1 + e^{-b})$$

$$\text{mit } b = b_0 + (b_1 \times \text{RTS}) + (b_2 \times \text{ISS}) + (b_3 \times A)$$

Für  $\leq 54$  Jahre erhält der Alterskoeffizient A den Wert 0, für  $>54$  Jahre den Wert 1. Penetrierenden und stumpfen Verletzungen werden unterschiedliche Werte für die Korrekturfaktoren  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  und  $b_3$  zugewiesen. Bei der Kalkulation der Überlebenswahrscheinlichkeit ergibt sich leider häufig das Problem, dass keine Angaben zur Atemfrequenz dokumentiert wurden. Demzufolge kann der TRISS in vielen Fällen nicht berechnet werden (40).

### 1.1.2.6. Revised Injury Severity Classification (RISC)

2003 entwickelte das TraumaRegisters DGU<sup>®</sup> der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zur strukturierten Bewertung von Polytraumapatienten die Revised Injury Severity Classification (RISC). Die Kalkulation des RISC-Scores basiert auf den Parametern Alter, initialer Glasgow Coma Scale (GCS), Durchführung einer Herzdruckmassage, Angaben über RR  $< 90$  mmHg, einem Hb-Wert  $< 9$  mg/dl, einer Anzahl der Blutkonserven  $> 9$ , Base exzess und Quick-Werte sowie erfasste AIS-Werte. Vorteil des RISC-Scores ist seine Berechenbarkeit bei fehlenden Parametern wie Atemfrequenz und Blutdruck. Darüber hinaus unterscheidet sich der Score von anderen Klassifikationssystemen durch seine höhere Genauigkeit (Tab. 4) (9, 32, 41-43).

Er wird wie folgt berechnet:

$$\text{Überlebenswahrscheinlichkeit (Ps)} = 1 / [1 + \exp(-X)]$$

Parameter	Wert	Koeffizient
Alter	55-64	-1,0
	65 – 74	-2,0
	Ab 75	-2,3
New ISS	Score	-0,03
AIS Kopf	4	-0,5
	5/6	-1,8
AIS Extremitäten	5	-1,0
GCS	3-5	-0,9
Gerinnung (PTT)	40-49	-0,8
	50-79	-1,0
	80	-1,2
Base excess	-9 bis -19,9	-0,8
	≤ -20	-2,7
Herzstillstand ja /RR = 0	Ja	-2,5
Indirekte Blutungszeichen	1	-0,4
	2	-0,8
	3	-1,6
Konstante	...	5,0

Tabelle 4: Revised Injury Severity Classification aus (9, 32, 41, 42, 44). ISS = Injury Severity Score, AIS = Abbreviated injury scale, GCS = Glasgow Coma Scale, PTT = partielle Thromboplastinzeit, RR = Riva Rocci

### 1.1.2.7. Revised Injury Severity Classification (RISC-II)

Seit 2003 benutzte das TraumaRegister DGU® den Revised Injury Severity Classification (RISC) Score zur Ergebnisadjustierung. Die letzten Jahre offenbarten jedoch die begrenzte Aussagekraft des RISC Scores. Der Score setzt sich aus 10 verschiedenen Prädiktorvariablen zusammen. In vielen Fällen lagen diese nicht vollständig vor und folglich konnte der RISC

Score aufgrund fehlender Daten nicht berechnet werden. Der Anteil von Patienten mit zur Verfügung stehender RISC-Prognose lag mehrmals unter dem gewünschten Wert von 90%. Folglich konnte eine beträchtliche Anzahl von Patienten nicht in vergleichende Analysen miteinbezogen werden. Die Entwicklung des RSIC-Scores basierte darüber hinaus auf Daten von 1993 bis 2000, was in den letzten Jahren mit einer Überbewertung des Sterblichkeitsrisikos einherging. Seit 2006 lag die beobachtete Sterblichkeit 2% unter der berechneten (43). Aus diesen Gründen wurde ein neues Bewertungssystem entwickelt: der überarbeitete RISC-II Score. Er besteht aus folgenden Variablen: schwerwiegenste und zweit schwerwiegenste Verletzung, Kopfverletzung, Alter, Geschlecht, Pupillenreaktion sowie Pupillengröße, Gesundheitszustand vor Verletzung, Blutdruck, Azidose (Basendefizit), Gerinnung, Hämoglobin und kardiopulmonale Reanimation. Fehlende Werte wurden in Form einer getrennten Kategorie für jede einzelne Variable erfasst. In dem Entwicklungs- (n = 30.866 Patienten von 2010 und 2011) und dem Validierungsdatensatz (n = 21.918 Patienten von 2012) übertraf der neue RISC-II den ursprünglichen RISC Score. Die Diskriminanz, Genauigkeit und Kalibrierung verbesserten sich signifikant. Die Fläche unter der ROC-Kurve – AUC bezeichnet – betrug beispielsweise 0,953 (Diskriminanz), die Genauigkeit war hoch (11,0% berechnete vs. 10,7% beobachtete Sterblichkeit) und die Kalibrierung (Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit Statistik) betrug 38,3%. Zusammenfassend ist der RISC-II Score eines der präzisesten Punktesysteme zur Vorhersage des Sterblichkeitsrisikos von Polytraumapatienten (43).

#### 1.1.2.8. Sequential Trauma Score (STS)

2010 wurde der Sequential Trauma Score auf Grundlage von Routineparametern eingeführt. Dieser dynamische Score berücksichtigt zur Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit zu verschiedenen Zeitpunkten erhobene Parameter: Initialphase (Alter), präklinische Phase (Blutdruck, Herzfrequenz, GCS, Pupillenreaktion), Frühphase im Schockraum (Sauerstoffsättigung, Base Excess, Quick-Wert, Pupillenreaktion), Spätphase Schockraum (Transfusion, Herzdruckmassage, AIS). Der Score dient als Werkzeug, um die Überlebenswahrscheinlichkeit und damit Gefährdung eines individuellen Patienten bereits sehr früh, schnell und einfach sowie reproduzierbar, rational und valide abzuschätzen zu können. Er erleichtert somit vor allem die frühe Identifikation von Hochrisikopatienten (45).

### **1.1.3. Organisation von Traumazentren in Deutschland**

Traumazentren sind in Deutschland in drei Kategorien eingeteilt: Level-I, Level-II und Level-III Traumazentren (46-48).

#### **1.1.3.1. Lokale Traumazentren (Level-III)**

Die Hauptaufgabe von lokalen Traumazentren (Level-III) liegt in der flächendeckenden Versorgung der häufigsten Verletzungen. Diese Zentren stellen meist die erste Anlaufstelle für die Versorgung von Polytraumapatienten dar, vor allem wenn der Transport zu regionalen oder überregionalen Traumazentren nicht möglich ist. Um eine einheitliche medizinische Versorgung zu garantieren, müssen lokale Traumazentren definierte Anforderungen hinsichtlich Infrastruktur- und Prozessqualität erfüllen (48).

#### **1.1.3.1. Regionale Traumazentren (Level-II)**

Regionale Traumazentren (Level-II) gewährleisten die notfallmäßige und definitive medizinische Versorgung Schwerverletzter. Die permanente Anwesenheit von Spezialisten mit weiterführender Ausbildung in spezieller Unfallchirurgie stellt ein notwendiges Kriterium dar (48).

#### **1.1.3.2. Überregionale Traumazentren (Level-I)**

Überregionale Traumazentren (Level-I) nehmen eine besondere Rolle in der Versorgung von Polytraumapatienten ein. Ihr Fokus liegt auf der Behandlung komplexer oder seltener Verletzungsmustern (48).

### **1.1.4. TraumaNetzwerk DGU®**

Zur Organisation deutscher Traumazentren gründete die DGU das deutsche TraumaNetzwerk DGU®, bestehend aus lokalen Netzwerken der Kliniken der Polytraumaversorgung. Diese Kliniken sind verpflichtet, am TraumaRegister DGU® teilzunehmen. Kliniken, welche

Mitglieder eines regionalen Traumanetzwerkes sind, aber in Traumaforschung nicht engagiert sind, können sich für eine reduzierte Datenerfassung entscheiden mit nur 40 Eintragungen pro Fall, wohingegen die Standarddatensammlung ungefähr 100 Eintragungen umfasst. Beide Datenformen stehen im Einklang mit der Europäischen Core Dataset. Alle teilnehmenden Kliniken erhalten einen jährlichen Datenbericht. Zur Datendokumentation ist keine schriftliche Zustimmung der betroffenen Patienten nötig, weil die Datenerfassung auf Grundlage routinemäßig verfügbarer Daten basiert, wie beispielsweise Patientenakten (42, 46-51).

## 1.2. Patientenmindestmengenforderungen in Deutschland

Seit ihrer Einführung 1999 wird die Vorgabe einer Mindestpatientenanzahl für amerikanische Traumazentren intensiv diskutiert. Das Committee on Trauma American College of Surgeons (ACS COT) fordert pro Jahr eine Mindestanzahl von 1.200 Patientenaufnahmen für jedes der 110 akkreditierten amerikanischen Level-1-Traumazentren. Dabei müssen 20% der Patienten einen Injury Severity Score (ISS)  $\geq 16$  aufweisen. Wenn diese Zahl von 240 Schwerverletzten nicht erreicht wird, muss der einzelne Chirurg mindestens 35 Patienten mit einem ISS  $\geq 16$  pro Jahr versorgen (52, 53).

In Deutschland existiert bereits in einigen klinischen Bereichen die Forderung einer Mindestmenge, zum Beispiel im Bereich der Endoprothetik oder Karotischirurgie (54). Von Seiten der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) existiert die Forderung einer Mindestmenge nicht. Im Gegensatz dazu fordert die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) im Rahmen der Beteiligung am Schwerstverletzungsartenverfahren (SAV) von Krankenhäusern die Erfüllung bestimmter Voraussetzungen und Pflichten. Für gewisse Versorgungsarten legen die SAV-Anforderungen eine bestimmte Anzahl an relevanten Verletzungen fest, beispielsweise die Durchführung von mindestens 250 operativen Eingriffen an Wirbelsäule und Becken. Auch Strukturmerkmale werden zum Teil detailliert gefordert, zum Beispiel das Vorhandensein einer Notaufnahme inklusive Schockraum mit einer Mindestgröße von 50 qm. Ziel der Festlegung einer Mindestmenge stellt die Verbesserung der Versorgungsqualität sowie die Sicherstellung einer flächendeckenden medizinischen Versorgung dar (47, 48, 50, 55, 56).

## **2. Zielsetzung**

Der Nutzen einer Mindestmenge in der Schwerverletztenversorgung ist nicht geklärt und konkrete Schlussfolgerungen können weder gezogen noch Empfehlungen ausgesprochen werden (52, 53, 57-75).

Ziel dieser Studie war die Analyse eines möglichen Zusammenhangs zwischen einer klar definierten Mindestmenge und der Letalität von Polytraumapatienten (ISS $\geq$ 16). Ausgehend von der Hypothese, ein hohes Patientenvolumen hätte einen positiven Einfluss auf das Überleben der Patienten, wurde der mögliche Einfluss des Patientenvolumens auf die Überlebensrate analysiert. Das Ergebnis dieser Untersuchung könnte mit relevanten Veränderungen der zukünftigen Struktur und Organisation deutscher Traumazentren assoziiert sein.

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

#### **3.1 Datenerfassung**

##### **3.1.1 TraumaRegister DGU®**

1993 gründete die Arbeitsgruppe „Polytrauma“ der DGU® das TraumaRegister DGU®. Seit diesem Zeitpunkt werden prospektiv multizentrische Daten von Polytraumapatienten des deutschsprachigen anonymisiert erfasst. Daten von Patienten, welche über die Notaufnahme bzw. den Schockraum aufgenommen und anschließend intensivmedizinisch behandelt wurden oder von Patienten, welche die Klinik mit Vitalzeichen erreicht, jedoch vor intensivmedizinischer Betreuung verstorben sind, werden kontinuierlich erfasst. Das Verzeichnis umfasst Parameter wie den ISS, Verletzungsmuster, Komorbiditäten, Laborbefunde sowie diagnostische oder epidemiologische Daten. Die Daten werden nach vier Phasen des klinischen Verlaufs dokumentiert: (A) die prähospitale Phase, (B) Notaufnahme und Notfalleingriffe, (C) Intensivstation und (D) Entlassung und Ergebnis.

Die Daten werden durch die teilnehmenden Kliniken auf fünf separaten Bögen dokumentiert und durch die zentrale Datenbank der Universität Witten/Herdecke erfasst. Seit der Gründung des Registers wurden 122.742 Patienten aus den teilnehmenden Ländern Deutschland, Slowenien, Österreich, Niederlande, die Schweiz, Luxemburg, Belgien, China sowie die Vereinigten Emirate erfasst. Spezifische Parameter werden gesammelt, um die medizinische Versorgung Schwerverletzter zu beschreiben, wie zum Beispiel die Versorgung in der Notaufnahme oder dem Schockraum. Schließlich werden die Daten in einem web-basierten Server zusammengeführt und ausgewertet. Die Akademie der Unfallchirurgie GmbH (AUC), eine der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zugehörigen Gesellschaft, ist für die Organisation der Dokumentation verantwortlich. Die wissenschaftliche Leitung hingegen obliegt dem Committee für Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung – der Sektion NIS – der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Seit 2009 sind die 614 teilnehmenden Kliniken des deutschen TraumaNetzwerkes DGU® verpflichtet, ihre Daten im TraumaRegister DGU® festzuhalten (42, 46-48, 76-78).

### 3.1.2. Patienten

In einer retrospektiven multizentrischen Kohortenstudie wurde die Sterblichkeit der Patienten hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl der Patienten, die in einer Klinik pro Jahr behandelt wurden (Patientenvolumen) analysiert. Hierfür wurde im Zeitraum von 2009 bis 2013 die 103.335 deutsche Patienten umfassende Datenbank des TraumaRegisters DGU® untersucht. Die Einschlusskriterien umfassten Polytraumapatienten mit einem ISS  $\geq 16$  und mit verfügbaren Daten des RISC-II Scores. Patienten, die früh zu- oder weiter verlegt wurden (innerhalb der ersten 48 Stunden) wurden aufgrund fehlender Daten des RISC-II Scores sowie des Outcomes ausgeschlossen. Für jedes Traumazentrum wurde die durchschnittliche Anzahl der Fälle pro Jahr berechnet. Kliniken mit einer Differenz von mehr als 50% zwischen ihrer jährlich berichteten Fallzahl und ihrer durchschnittlichen Fallzahl seit 2009 wurden ausgeschlossen. Hätte eine partizipierende Klinik im Zeitraum von 2009 bis 2013 durchschnittlich 43 Fälle pro Jahr dokumentiert, 2010 jedoch lediglich 7 Fälle, dann wären die Patienten dieses betreffenden Jahres und dieser Klinik ausgeschlossen worden. Intention dieses Vorgehens war es, ein Biasrisiko durch Underreporting zu verhindern.

## 3.2. Statistische Analyse

Zunächst erfolgte eine deskriptive Datenanalyse. Für jedes Traumazentrum wurde die durchschnittliche Anzahl der behandelten polytraumatisierten Patienten pro Jahr ermittelt und anschließend 6 Subgruppen für den betrachteten Zeitraum zwischen 2009 und 2013 auf der Basis der beobachteten jährlichen Patientenanzahl gebildet (1-19, 20-39, 40-59, 60-79, 80-99 oder mehr als 100 Schwerverletzte pro Jahr). Diese konnten dann im Hinblick auf die tatsächliche und die erwartete Sterblichkeit analysiert werden. Die Gruppen wurden nicht auf Grundlage der durchschnittlichen Fallzahl innerhalb der gesamten Periode gebildet. Folglich konnte eine bestimmte Klinik in einem Jahr der Kategorie “20-39” zugehörig sein, in einem anderen Jahr hingegen beispielsweise der Kategorie “40-59”.

Das Ergebnis wurde mit Hilfe der Berechnung des RISC-II Scores sowie der standardisierten Mortalitätsrate (SMR, beobachtete/erwartete Sterblichkeit) analysiert. Die Krankenhaussterblichkeit stellte den primären Endpunkt dar. Das Outcome der Klinik wurde mit dem kalkulierten Ergebnis (RISC-II- Prognose) verglichen. Für jede Subgruppe erfolgte die Berechnung der standardisierten Mortalitätsrate mit einem KI95% auf Basis der Poisson-Verteilung.

Schließlich wurde eine logistische Regressionanalyse mit der Überlebensrate als abhängige Variable vorgenommen. Die unabhängigen Prädiktoren umfassten den RISC-II Score (kontinuierliche Variabel), die Patientenfallzahl pro Jahr (kontinuierliche Variabel) sowie das jeweilige Level der Klinik (kategoriale Variabel).

Zur statistischen Analyse diente SPSS Version 22, IBM, Deutschland.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Deskriptive Analyse

#### 4.1.1. Eingeschlossenes Patientenkollektiv

N = 39.289 von 103.335 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien. Patienten mit einem ISS<16 wurden ausgeschlossen (50.084), genauso wie Patienten die innerhalb 48 Stunden zuverlegt (5.883) oder verlegt wurden (3.878). Außerdem wurden Traumazentren mit einer Differenz von mehr als 50% zwischen ihrer jeweilig berichteten jährlichen Patientenfallzahl und ihrer durchschnittlichen Fallzahl seit 2009 ausgeschlossen (760). Schließlich umfasste die Auswertung 39.289 Traumapatienten (Abb 2).

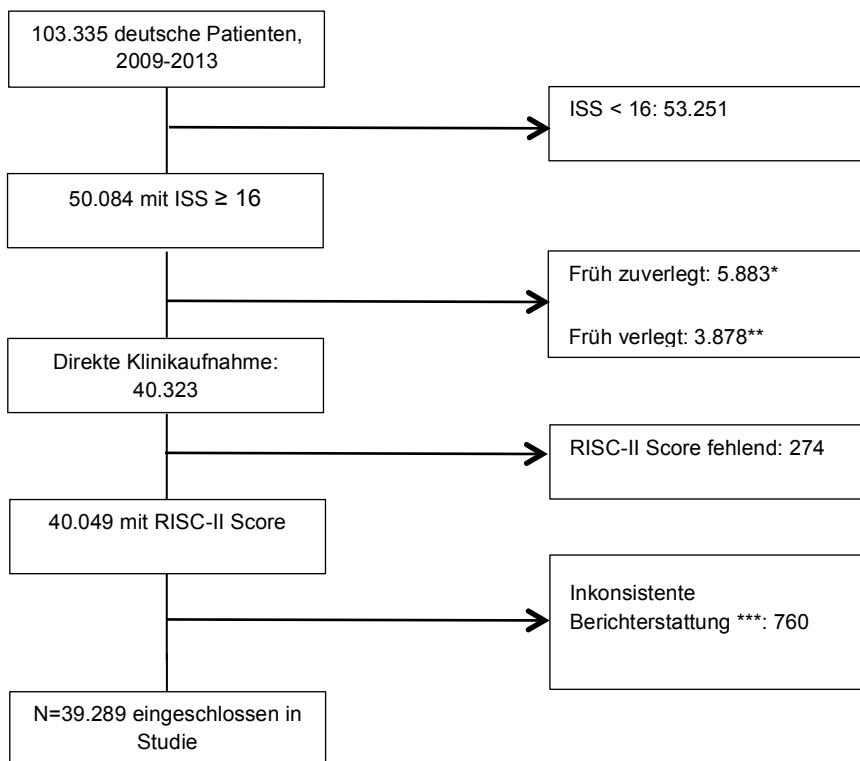


Abbildung 2: STROBE Diagramm der Studienteilnehmer und Einschlusskriterien. ISS = Injury Severity Score, RISC-II = Revised Injury Severity Classification Score, \*Früh zuverlegte Patienten wurden aufgrund fehlender Daten der prähospitalen Phase ausgeschlossen, für sie war der RISC-II Score nicht berechenbar; \*\*Früh weiter verlegte Patienten (<48 Stunden) wurden aufgrund fehlender finaler Daten ausgeschlossen; \*\*\*Inkonsistente Berichterstattung: Für jedes Traumazentrum wurde die durchschnittliche Anzahl der Patienten pro Jahr berechnet. Kliniken mit einer Differenz von mehr als 50% zwischen ihrem jährlich berichteten Fallzahl und ihrer durchschnittlichen Fallzahl seit 2009 wurden ausgeschlossen (Underreporting). In diesem Fall wurde lediglich das betroffene Jahr ausgeschlossen (siehe Methodenteil).

#### 4.1.2. Patientencharakteristika

Tabelle 5 zeigt die Hauptmerkmale der untersuchten Patienten. Das durchschnittliche Alter betrug  $49,9 \pm 21,8$  Jahre, 71,3% (27.824) waren männlich, der durchschnittliche ISS war  $27,2 \pm 11,6$ , und 95,8% (35.684) wiesen stumpfe Verletzungen auf. 16,9% (5.880) erlitten einen prähospitalen Schock, 29,2% (10.826) Patienten hatten einen Glasgow Coma Scale < 8. 92,0% (36.138) der Patienten wurden im weiteren klinischen Verlauf auf die Intensivstation verlegt (Tab. 5). Hinsichtlich des Alters, des Geschlechts und der Verletzungsmechanismen existierten keine relevanten Unterschiede zwischen Kliniken mit niedrigen und hohen jährlichen Patientenfallzahlen.

Fallzahl (%)	1-19	20-39	40-59	60-79	80-99	$\geq 100$	Total
<b>Epidemiologie</b>							
<b>Alter (Jahre)</b>	53,2 $\pm$ 22,1	50,2 $\pm$ 21,7	49,3 $\pm$ 21,7	48,4 $\pm$ 21,4	47,3 $\pm$ 21,6	49,2 $\pm$ 21,8	49,9 $\pm$ 21,8
<b>Männer (n)</b>	5.339	5.850	4.906	4.173	3.378	4.178	27.824
	(69,9%)	(71,3%)	(71,1%)	(73,1%)	(72,7%)	(70,3%)	(71,3%)
<b>GCS <math>\leq</math> 8</b>	1.170	2.118	2.075	1.951	1.559	1.953	10.826
	(16,3%)	(27,1%)	(31,4%)	(36,0%)	(34,9%)	(34,9%)	(29,2%)
<b>Stumpfe Verletzung</b>	6.794	7.438	6.385	5.309	4.348	5.410	35.684
	(95,9%)	(95,9%)	(95,8%)	(96,4%)	(95,8%)	(94,6%)	(95,8%)
<b>Prähospitaler Schock</b>	928 (13,9%)	1.197 (16,1%)	1.074 (17,4%)	943 (18,7%)	783 (18,3%)	955 (18,0%)	5.880 (16,9%)
<b>Helicopter Transport</b>	446	1.780	1.950	2.248	1.903	2.528	10.855
	(6,0%)	(22,1%)	(29,0%)	(40,5%)	(41,5%)	(44,0%)	(28,5%)
<b>Notaufnahme</b>							
<b>Schock in der Notaufnahme</b>	816 (12,0%)	1.014 (13,7%)	937 (15,0%)	833 (15,9%)	695 (15,7%)	845 (15,6%)	5.140 (14,4%)
<b>Zeit in der Notaufnahme (min)</b>	68,9 $\pm$ 43,4	63,5 $\pm$ 41,4	64,1 $\pm$ 42,2	59,5 $\pm$ 40,0	56,3 $\pm$ 36,9	59,7 $\pm$ 38,7	61,3 $\pm$ 40,3
<b>WBCT</b>	5.466	6.751	5.744	4.967	3.957	5.036	31.921
	(71,9%)	(82,4%)	(83,2%)	(86,9%)	(84,6 %)	(84,9 %)	(81,8%)

<b>Zeitspanne zwischen Krankenaufnahme und WBCT (min)</b>	27,1±20,0	23,0±16,0	21,3±14,9	21,5±14,3	20,2±13,1	18,8±12,2	22,1±15,7
<b>Ankunft nachts (20:00- 5:59)</b>	1.796 (23,9%)	2.040 (25,3%)	1.763 (25,8%)	1.322 (23,5%)	1.136 (24,4%)	1.353 (22,8%)	9.410 (24,4%)
<b>AIS Kopf ≥3</b>	2.812 (36,7%)	4.158 (50,3%)	3.864 (55,5%)	3.203 (55,6%)	2.700 (57,5%)	3.468 (58,2%)	20.205 (51,4%)
<b>AIS Thorax ≥3</b>	4.660 (60,9%)	4.930 (59,7%)	3.805 (54,7%)	3.209 (55,7%)	2.669 (56,9%)	3.297 (55,4%)	22.570 (57,4%)
<b>AIS Abdomen ≥ 3</b>	1.375 (18,0%)	1.389 (16,8%)	1.117 (16,0%)	952 (16,5%)	752 (16,0%)	890 (14,9%)	6.475 (16,5%)
<b>AIS Extremitäten ≥ 3</b>	2.525 (33,0%)	2.734 (33,1%)	2.255 (32,4%)	1.946 (33,8%)	1.585 (33,8%)	1.860 (31,2%)	12.905 (32,8%)
<b>ISS (Punkte)</b>	24,9±9,9	27,0±11,4	27,5±11,7	27,9±11,7	28,7±12,2	28,1±12,4	27,2±11,6
<b>Outcome</b>							
<b>Krankenaufenthalt (Tage)</b>	18,7 ± 17,6	21,5 ± 21,5	22,2 ± 23,4	22,0 ± 23,1	21,9 ± 20,9	22,4 ± 23,2	21,3 ± 21,6
<b>Intensivstation-aufenthalt</b>	6.839 (89,4%)	7.652 (92,6%)	6.498 (93,3%)	5.356 (93,0%)	4.330 (92,2%)	5.463 (91,7%)	36.138 (92,0%)
<b>Zeit auf Intensivstation(Tage)</b>	7,3 ± 10,8	9,4±12,5	9,7 ± 12,6	10,1 ± 13,1	10,6 ± 13,2	10,7 ± 14,4	9,5 ± 12,8
<b>Beatmungszeit n (Tage)</b>	3,2.±7,8	4,9±9,8	5,3±9,5	5,8±10,0	6,6±10,8	6,2±11,2	5,2±9,9
<b>24h Sterblichkeit</b>	695 (9,1%)	822 (9,9%)	724 (10,4%)	649 (11,3%)	488 (10,4%)	597 (10,0%)	3.975 (10,1%)

Tabelle 5: Charakteristika der Studienkohorte: GCS = Glasgow Coma Scale, WBCT = Whole-Body CT, AIS = Abbreviated Injury Scale, ISS = Injury Severity Score; Daten werden in Form von Patientenanzahlen (in % der gesamten Patientenanzahl) oder als Mittelwert ± SD angegeben, sofern keine abweichende Angaben bestehen; Aufgrund fehlender Werte können die absoluten Zahlen variieren.

#### 4.1.3. Kliniklevel

Von 587 Krankenhäusern waren 98 überregionale Traumazentren (Level-I), 235 regionale (Level-II) und 254 lokale Traumazentren (Level-III). Die durchschnittliche Anzahl an jährlich behandelten Polytraumapatienten in Level-I Kliniken betrug 58,9, 15,6 in Level-II Kliniken und 3,3 in Level-III Kliniken (Tabelle 6).

Characteristika	Level-I	Level-II	Level-III
<b>Anzahl Patienten</b>	24.945	12.184	2126
<b>Anzahl Kliniken</b>	98	235	254
<b>Durchschnittliche Fallzahl/Jahr seit 2009</b>	58,0±31,3	15,6±13,2	3,3±3,6
<b>1-19 Fälle pro Jahr</b>	421 (5,5%)	5.219 (68,2%)	2.014 (26,3%)
<b>20-39 Fälle pro Jahr</b>	3.492 (42,3%)	4.626 (56,0%)	145 (1,8%)
<b>40-59 Fälle pro Jahr</b>	5.518 (79,3%)	1.443 (20,7%)	0 (0,0%)
<b>60-79 Fälle pro Jahr</b>	5.132 (89,1%)	629 (10,9%)	0 (0,0%)
<b>80-99 Fälle pro Jahr</b>	4.427 (94,3%)	267 (5,7%)	0 (0,0%)
<b>≥100 Fälle pro Jahr</b>	5.955 (100,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<b>Gesamte Fallzahl pro Jahr</b>	24.945 (63,5%)	12.184 (31,0%)	2.160 (5,5%)

Tabelle 6: Anzahl der Kliniken, durchschnittliche Fallzahl pro Krankenhaus pro Jahr entsprechend des Kliniklevels; Daten werden in Form von Patientenanzahlen (in % der gesamten Patientenanzahl) oder als Mittelwert ± SD angegeben, sofern keine abweichende Angaben bestehen.

Ausgehend von der gesamten Anzahl der Polytraumapatienten pro Jahr versorgten Level-I Kliniken 63,5% (24.945) Patienten, Level-II Kliniken 31,0% (12.184) und Level-III 5,5% (2.160). Die Mehrheit der Level-III Kliniken behandelte nicht mehr als 20 Schwerverletzte pro Jahr, Level-II Kliniken nicht mehr als 40 Traumapatienten pro Jahr. Level-I Kliniken versorgten durchschnittlich mehr als 40 Polytraumapatienten pro Jahr.

## 4.2. Ergebnisanalyse

Die Ergebnisse: allgemeine Sterblichkeitsrate, RISC-II Prognose sowie standardisierte Mortalitätsrate sind in Tabelle 7 veranschaulicht (Tab. 7).

Innerhalb der Kategorien mit 40-59, 60-79 und 80-99 Patienten pro Jahr war kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der tatsächlichen und der erwarteten Mortalität zu verzeichnen ( $p > 0,05$ ). Innerhalb der Untergruppen mit 1-19 und 20-39 Patienten pro Jahr war die tatsächliche Sterblichkeit höher als die erwartete. Die SMRs sowie die untere Grenze des KI95% lagen über dem Wert 1. Die Ergebnisse waren somit statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ) und die beobachtete Sterblichkeit in diesen Kategorien übertraf signifikant die berechnete Sterblichkeit.

Innerhalb der Kategorie mit  $\geq 100$  Patienten pro Jahr war die beobachtete Sterblichkeit um - 0,2% niedriger als die erwartete ( $SMR < 1$ ) ( $p > 0,05$ ) (Tab. 7). Basierend auf diesen Ergebnissen konnte kein eindeutiger Schwellenwert identifiziert werden. Allerdings scheint sich eine jährliche Patientenfallzahl mit  $\geq 40$  Patienten pro Klinik günstig auf das Überleben nach Polytrauma auszuwirken. Der Effekt ist jedoch geringer als vermutet.

Fallzahl pro Klinik pro Jahr	1-19	20-39	40-59	60-79	80-99	≥100	Gesamt
<b>Gesamte Patientenanzahl</b>	7.654	8.264	6.961	5.761	4.694	5.955	39.289
<b>Verstorben</b>	1.235	1.544	1.361	1.159	951	1.195	7.445
<b>Mortalitätsrate</b>	16,1	18,7	19,6	20,1	20,3	20,1	18,9
(%, KI95%)	(15,3 – 17,0)	(17,8 – 19,5)	(18,6 – 20,5)	(19,1 – 21,2)	(19,1 – 21,4)	(19,0 – 21,1)	(18,6-19,3)
<b>(beobachtet)</b>							
<b>RISC-II-Prognose (berechnet)</b>	15,2	17,7	19,4	19,1	19,7	20,3	18,3
<b>Differenz zwischen beobachteter und erwarteter Sterblichkeit</b>	0,9	1,0	0,2	1,0	0,6	-0,2	0,6
<b>SMR (KI95%)</b>	1,06	1,06	1,01	1,05	1,03	0,98	1,04
	(1,01–1,12)	(1,01-1,11)	(0,96–1,06)	(0,99-1,11)	(0,97–1,09)	(0,93 –1,04)	(1,01-1,06)

Tabelle 7: Outcome und standardisierte Mortalitätsrate – SMRs: RISC-II = Revised Injury Severity Classification Score, Version II, SMR = standardisierte Mortalitätsrate (beobachtete/erwartete Sterblichkeit); KI95% = 95% Konfidenzintervall; Wenn die untere Grenze des KI95% der SMR über 1 liegt, sind die Ergebnisse statistisch signifikant ( $p<0,05$ ) (Subgruppe 1-19 und 20-39); Daten werden in Form von Patientenanzahlen (in % der gesamten Patientenanzahl) oder als Mittelwert  $\pm$  SD angegeben, sofern keine abweichende Angaben bestehen. Aufgrund fehlender Werte können die absoluten Zahlen variieren.

Abbildung 3 veranschaulicht graphisch den Unterschied zwischen beobachteter und erwarteter Sterblichkeit innerhalb der Patientensubgruppen. In Kliniken mit <100 Patienten pro Jahr ist die beobachtete Sterblichkeit 0,2 bis 1,0% höher als die erwartete Sterblichkeit (Abbildung 3).

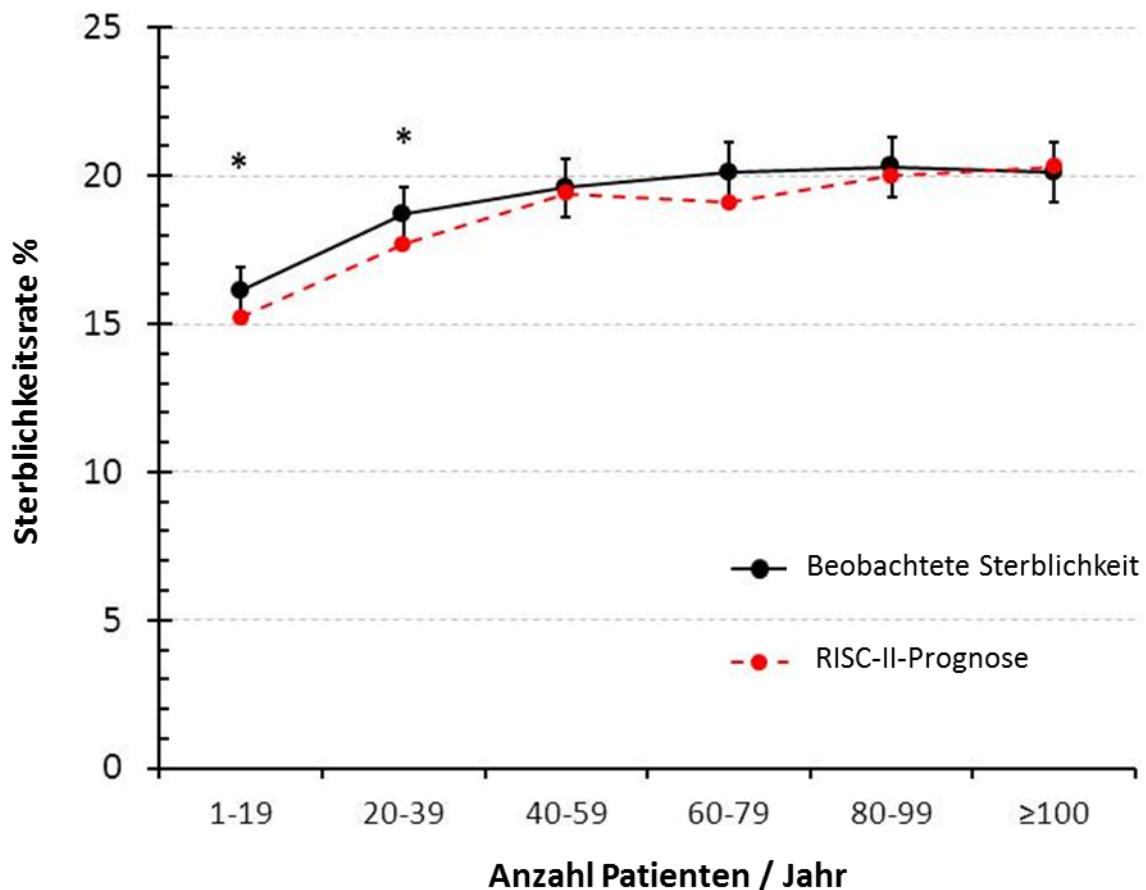


Abbildung 3: Unterschied zwischen beobachteter und erwarteter Sterblichkeit: Abbildung 3 veranschaulicht den Unterschied zwischen der beobachteten und der erwarteten Sterblichkeit innerhalb der Subgruppen. In Kliniken mit <100 Patienten pro Jahr war die beobachtete Sterblichkeit 0,2 bis 1,0 % höher als die erwartete Sterblichkeit. In Kliniken mit  $\geq 100$  Fällen pro Jahr war die beobachtete Sterblichkeit -0,2% niedriger als die erwartete Sterblichkeit. \*Mit  $p < 0,05$  sind die Ergebnisse für die Subgruppen mit 1-19 und 20-39 Fällen signifikant.

Tabelle 8 stellt die ergänzend durchgeführte logistische Regressionsanalyse dar. Sie ergab, dass die Patientenanzahl als kontinuierliche Variable einen unabhängigen und signifikanten positiven Prädiktor der Überlebenswahrscheinlichkeit darstellt (OR 1,001 pro Fall pro Jahr,  $p=0,005$ , Logistic Regression Model 1,  $n=39.289$  Patienten) (Tab. 8). Basierend auf diesem Analysemodell konnten theoretische Berechnungen, wie in der Legende von Tabelle 8 veranschaulicht, angestellt werden. Die tatsächliche Größenordnung der Auswirkung einer großen Patientenfallzahl wird durch die Daten von Tabelle 7 veranschaulicht.

	Koeffizient	P	OR $e^{\beta}$	CI95%
<b>RISC-II Score*</b>	0,953	<0,001	2,594	2,541 – 2,649
<b>Patientenvolumen</b> (pro Fall)	0,001	0,005	1,001	1,000 – 1,002
<b>Konstante</b>	- 0,110	0,002	-	-

Tabelle 8: Logistisches Regressionsmodell 1 (RISC-II + Patientenvolumen): Logistische Regression (RISC-II + Patientenvolumen); \*Inverse logistische Transformation des erwarteten Outcomewahrscheinlichkeit des RISC-II Scores (Sterblichkeit), Patientenvolumen = Kontinuierliche Variable;  $N=39.289$ ; abhängige Variable = Überleben, Einschlussmodell, Nagelkerke's  $R^2$  0,583; RISC-II = Revised Injury Severity Classification Score, OR = Odds Ratio, CI95% = 95 % Konfidenzintervall; Theoretisches Beispiel 1: Klinik mit 50 Schwerverletzten pro Jahr:  $OR\ 1,001^{50} = 1,05$ ; entsprechend dem Modell steigt die Überlebenswahrscheinlichkeit um 5% verglichen mit einer Klinik mit einem Fall pro Jahr; Theoretisches Beispiel 2: Klinik mit 100 Schwerverletzten pro Jahr:  $OR\ 1,001^{100} = 1,11$ ; entsprechend dem Modell steigt die Überlebenswahrscheinlichkeit um 11% verglichen mit einer Klinik mit einem Fall pro Jahr. Das Ausmaß des Effektes einer großen Patientenanzahl wird durch Tabelle 3 besser veranschaulicht.

Auch nachdem das Modell um das jeweilige Level der Kliniken ergänzt wurde, blieb die Patientenfallzahl ein stabiler und robuster positive Prädiktor für die Überlebenswahrscheinlichkeit (OR 1,001 pro Fall pro Jahr, p=0,038, logistisches Regressionsmodell 2, n=39.289 Patienten) Der Einfluss der Patientenfallzahl scheint ausgeprägter zu sein als derjenige des Kliniklevels, welcher in diesem Modell nicht signifikant war, p>0,5 (Tabelle 9).

	Koeffizient	P	OR e <sup>B</sup>	KI95%
<b>RISC-II Score*</b>	0,953	<0,001	2,594	2,540 – 2,649
<b>Patientenvolumen</b> <b>(pro Fall)</b>	0,001	0,038	1,001	1,000 – 1,002
<b>Level 1</b> <b>(Referenz)</b>	-	0,503	-	-
<b>Level 2</b>	-0,029	0,545	0,971	0,883 – 1,068
<b>Level 3</b>	0,066	0,475	1,068	0,891 – 1,281
<b>Konstante</b>	-0,100	0,052	-	-

Tabelle 9: Logistisches Regressionsmodell 2 (RISC II + Patientenvolumen + Kliniklevel): Logistische Regression (RISC-II + Patientenvolumen + Kliniklevel); \*Inverse logistische Transformation der Outcomewahrscheinlichkeit des RISC-II Scores (Sterblichkeit), Patientenvolumen = kontinuierliche Variable; N=39.289, abhängige Variabel = Überleben, Einschlussmodell, Nagelkerke's R<sup>2</sup> 0,583; RISC-II = Revised Injury Severity Classification Score, OR = Odds Ratio, KI95% = 95 % Konfidenzintervall; Level 1 = Referenz. Der Einfluss der Patientenfallzahl scheint ausgeprägter zu sein als derjenige des Kliniklevels, welcher in diesem Modell nicht signifikant war, p>0,5.

## 5. Diskussion

### 5.1. Vergleich eigener Ergebnisse mit anderer Literatur

In dieser Untersuchung stellte sich die Patientenfallzahl als unabhängiger, signifikanter und positiver Prädiktor der Überlebenswahrscheinlichkeit in der Versorgung Schwerverletzter dar.

Zahlreiche andere erst kürzlich veröffentlichte Studien thematisieren die Kernfrage einer klar definierten Patientenanzahl für amerikanische Traumazentren. Um den Zusammenhang zwischen Patientenanzahl und Letalität zu beschreiben analysierten Caputo et al. eine umfangreiche Anzahl von Artikeln, welche zwischen 1976 und 2013 veröffentlicht wurden (52, 53, 57-75). 19 der 1.392 untersuchten Studien erfüllten die Einschlusskriterien. Zusammenfassend konnte der Zusammenhang zwischen Patientenfallzahl und Letalität nicht bewiesen werden. Nur fünf Studien erachteten die Patientenanzahl einer Klinik als positiven Prädiktor der Sterblichkeitsrate, die anderen Studien stellten diese Korrelation nicht fest (66, 68, 70, 71, 74). Tepas et al. kam zu dem Ergebnis, dass eine jährliche Patientenanzahl  $> 1000$  mit einem ISS  $> 15$  mit einem Überlebensnachteil verbunden sei. In dieser Studie erzielten Kliniken mit einer Fallzahl von 500 bis 1.000 pro Jahr die besten Überlebensraten. Über diesen Schwellenwert hinaus nahmen die Überlebenswahrscheinlichkeiten ab (75). Eine potentielle Erschöpfung der Ressourcen könnte als Ursache dieses beobachteten Effektes in Betracht gezogen werden. Bennett et al. genauso wie andere Studien bestätigten diesen Effekt nicht (57).

Mögliche Limitationen von Caputos Studie umfassen die Diskrepanz zwischen den jeweiligen Analysemethoden, den Datenquellen, der Zusammensetzung des Patientenkollektives sowie die Definition der Patientenfallzahl innerhalb der betrachteten Studien. Außerdem variierten die Ein- und Ausschlusskriterien innerhalb der untersuchten Abstracts beträchtlich voneinander. Die limitierte Patientenanzahl und die fehlende Übereinstimmung des verwendeten Datenmaterials erschweren das Ziehen von allgemeinen Schlussfolgerungen. Die Auswirkung des Patientenalters, des ISS und des Statusmerkmals der Krankenhausverlegung blieb in vielen Fällen ungeklärt. Darüber hinaus standen amerikanische Traumazentren im Fokus der Studie, sodass Schlussfolgerungen auf die allgemeine Validität nicht möglich sind (66, 68, 70, 71, 74).

Nathens et al.‘s Studie zeigte, dass vor allem schwerverletzte Patienten mit schwerwiegenden penetrierenden abdominellen Verletzungen und Schock von der Behandlung in Traumazentren mit mehr als 650 Traumapatienten pro Jahr profitieren. Die Mehrzahl der

Patienten (90%) mit ähnlichen Verletzungsmustern, jedoch ohne Schockzustand würden keinen zusätzlichen Nutzen aus der Behandlung in erwähnten Traumazentren ziehen (70).

Demetriades et al. untersuchte den Zusammenhang zwischen der Klinik-Akkreditierung durch den American College of Surgeons (ACS) und der Patientenanzahl hinsichtlich des Outcomes von Traumapatienten mit spezifischen Verletzungsmustern. Die Autoren bezogen ihr Datenmaterial von der National Trauma Data Bank (NTDB). Die Einschlusskriterien umfassten Patienten, die älter als 14 Jahre waren, einen ISS >15 aufwiesen und bei Einweisung noch lebten. Die untersuchten Verletzungen beinhalteten: Verletzungen der Aorta, der Vena cava, der Iliakalgefäß, Herzgefäß, Grad IV/V Leberverletzungen, Quadriplegie oder komplexe Beckenfrakturen. Die Autoren adjustierten die Ergebnisse für Alter, Geschlecht, Verletzungsmechanismus, ISS und Hypotension bei Klinikaufnahme. Level-I Traumazentren wiesen eine signifikant niedrigere Letalität (25,3% vs 29,3%, OR 0,81, KI95% [0,71-0,94]; p = 0,004) sowie eine signifikant niedrigere körperliche Behinderungsrate bei Entlassung auf (20,3% vs 33,8%, OR 0,55%; KI95% [0,44-0,69]; p = 0,001) als Level-II Traumazentren. Die Studie zeigte hinsichtlich komplexen Verletzungen einen Unterschied zwischen Level-I und Level-II Traumazentren, jedoch keinen Unterschied zwischen Kliniken mit hoher oder niedriger Fallzahl. Subgruppenanalysen offenbarten, dass Level-I Traumazentren ein signifikant besseres funktionales Outcome erzielten. Das Outcome für kardiovaskuläre Verletzungen und Grad IV-V Leberverletzungen war ebenfalls besser als das von Level-II Traumazentren. Die Anzahl von Krankenhausaufnahmen mit einem ISS >15 hatte bei beiden Versorgungsstufen keinen Effekt auf das Outcome. Folglich erzielten Level-I Traumazentren bessere Ergebnisse, vor allem hinsichtlich spezifischen Verletzungen, welche mit hoher Letalität assoziiert sind (60).

Studien, die sich mit der Überlebensrate eines außerklinischen Herzkreislaufstillstandes (Out-of hospital cardiac arrest) beschäftigen, kommen zu dem Ergebnis, dass nicht Krankenhäuser mit einer höheren Anzahl von OHCA-Patienten pro Jahr, sondern kardiologisch spezialisierte Fachkliniken signifikant höhere Überlebensraten aufwiesen. Aus diesem Grund sollte in diesem Fall nicht die Forderung nach einer Patientenmindestmenge, sondern die Implementierung spezieller Herzkreislaufzentren (Cardiac Arrest Centres) im Fokus gegenwärtiger Diskussionen stehen (59, 79, 80).

In Deutschland wird die Forderung nach einer Patientenmindestmenge kontrovers durch die DGU (Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie) im Rahmen der Akkreditierung zum Traumazentrum diskutiert. Die beteiligten Traumazentren werden entsprechend ihrer

jeweiligen Ressourcen in drei Kategorien eingeteilt: überregionale, regionale und lokale Traumazentren. Jedes Traumazentrum, welches am TraumaNetzwerk DGU® teilnimmt, muss klar definierte Standards für Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität sowie eindeutig formulierte Kriterien hinsichtlich Kapazität und Fachkompetenz erfüllen (48).

Andererseits fordert die DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) im Rahmen der Beteiligung am Schwerstverletzungsartenverfahren (SAV) sowie am Verletztenartenverfahren (VAV) von Krankenhäusern die Erfüllung bestimmter Voraussetzungen und Pflichten. Um einen hohen Standard der Versorgung Schwerverletzter zu gewährleisten, definiert diese Regulierungsbehörde eine klar festgelegte Anzahl an operativen Eingriffen, zum Beispiel 250 Becken- oder Wirbelsäuleneingriffe pro Jahr für die Beteiligung am SAV (schweres Trauma). Es existieren zahlreiche klar definierte strukturelle Merkmale, wie zum Beispiel das Vorhandensein eines Schockraums mit einer Fläche von mindestens 50 m<sup>2</sup> oder einer 24h Verfügbarkeit eines CTs. Für Hüft- oder Kniegelenkersatz besteht ebenfalls die Forderung einer Mindestanzahl pro Jahr und Krankenhaus. Endoprothetikzentren der Maximalversorgung müssen pro Jahr mindestens 200 endoprothetische Eingriffe vornehmen, davon mindestens 50 durch einen einzelnen Chirurgen. Dennoch existiert bis jetzt für Kliniken keine Festlegung einer genau definierten Patientenanzahl pro Jahr (48, 56, 79, 80).

In Deutschland wird auch in anderen medizinischen Bereichen die Frage nach einer Patientenmindestmenge kontrovers diskutiert. Hinsichtlich Transplantationen, der Karotischirurgie und der Neonatologie existiert bereits eine festgelegte Mindestanzahl an Eingriffen. Ein potentieller positiver Effekt einer klar definierten Patientenanzahl ist jedoch noch nicht bewiesen.

Shin et al. führten eine Beobachtungsstudie durch, deren Fokus auf der Behandlung eines sich außerklinisch ereigneten Herzkreislaufstillstand (OHCA) durch Kliniken mit hoher und niedriger Patientenanzahl lag. Die Autoren analysierten eine 20.457 Patienten umfassende Datenbank im Zeitraum zwischen Januar 2006 und Dezember 2007, um den Zusammenhang zwischen der Anzahl an kardiopulmonalen Reanimationen (CPR) pro Klinik und der Überlebensrate zu untersuchen. Der Schwellenwert zwischen Kliniken mit hoher und niedriger Fallzahl lag bei 68 Patienten pro Jahr. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass Notfallzentren mit mehr als 68 OHCA Fällen jährlich signifikant höhere Überlebensraten aufwiesen als Kliniken mit einer geringen Anzahl an CPR-Patienten (10,9% vs 3,4%). In diesem medizinischen Bereich korreliert die Festlegung einer konkreten Patientenmindestmenge also mit einem positiven Effekt hinsichtlich Patientenoutcome (73). Weitere

Studien kamen zu dem Ergebnis, dass nicht die jährliche Patientenanzahl, sondern die Spezialisierung einer Klinik auf die Behandlung von Herzkreislaufstillständen einen gewissen Überlebensvorteil darstelle (79).

Brown et al. verglich über eine Zeitspanne von 16 Jahren die Letalität zwischen Level-I und Level-II Traumazentren, die entweder durch das American College of Surgeons (ACS) verifiziert oder staatlich akkreditiert wurden. Die Studie umfasste 900.274 Patienten. Sie verglich die SMR sowie Ausreißer mit hoher Sterblichkeit innerhalb der ACS Level-I und II Traumazentren und staatlichen Zentren. Level-I ACS Zentren hatten eine niedrigere SMR als staatliche Level-I Zentren ( $SMR = 0,95$  [KI90% = 0,82–1,05] vs 1,02 [0,87–1,15],  $p < 0,01$ ), jedoch gab es keinen Unterschied in der Anzahl der Ausreißer. Im Gegensatz dazu wiesen Level-II Traumazentren ähnliche SMRs auf, jedoch hatten staatliche Level-II Zentren höhere SMR Ausreißer als ACS Level-II Zentren. Die ACS Akkreditierung stellte in Level-II Traumazentren einen unabhängigen Prädiktor der Überlebenswahrscheinlichkeit dar (OR 1,26; [KI95% 1,20–1,32],  $p < 0,01$ ), jedoch nicht in Level-I Traumazentren ( $p = 0,84$ ). Die Autoren zogen die Schlussfolgerung, dass vor allem Level-II Traumazentren von der ACS Akkreditierung profitieren würden (58).

Vor dem deutschen Hintergrund sind es vor allem die lokalen Traumazentren, welche in ländlichen Gebieten die lebensrettenden Erstmaßnahmen zur Versorgung Schwerverletzter gewährleisten. Trotz einer kleinen jährlichen Fallzahl nehmen diese kleinen Kliniken eine wichtige Rolle in der medizinischen Polytraumaversorgung ein, da nur ein geringer Unterschied zwischen erwarteter und beobachteter Sterblichkeit von ungefähr 1% besteht.

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse scheint das deutsche Traumanetzwerk (TNWs) mit seinen Level-I, Level-II und Level-III akkreditierten Kliniken seine Funktion gut zu erfüllen (77, 78).

## 5.2. Methodenkritik

Die Studie weist einige Limitationen auf. Ein retrospektives Design wurde benutzt. Die Validität der Studie hängt in großem Maße von der Fehlerfreiheit und der Verfügbarkeit der medizinischen Dokumentation ab. Obwohl der RISC-II Score dem vorherigen RISC Score in vielen Punkten überlegen ist, mussten 274 von 40.049 Patienten aufgrund fehlender Daten im TraumaRegisterDGU® ausgeschlossen werden. Es blieb unklar, in welchem Ausmaß teilnehmende Kliniken das Konzept des Advanced Trauma Life Support Programms umsetzten und inwieweit sie einheitliche Standards benutzten, um Verletzungen zu graduieren. Folglich besteht hinsichtlich Patienten und Behandlung ein gewisses Selektionbiasrisiko. Die Studie hatte keine Informationen über klinische Confounder wie zum Beispiel die jeweilige Fachkompetenz der Ärzte oder die Verfügbarkeit von bestimmtem Equipment.

Außerdem existierten kleine Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen, zum Beispiel hatten Patienten von Traumazentren mit niedriger Fallzahl pro Jahr durchschnittlich einen niedrigeren ISS. Die Schwere der Verletzung wurde jedoch auf Grundlage RISC-II Berechnungen adjustiert, um mögliche Störeffekte zu minimieren. Es konnten keine strukturellen sowie geographischen Unterschiede zwischen den verschiedenen deutschen Regionen adressiert werden, eine unspezifische Tatsache, welche das Ergebnis der Studie in gleicher Weise beeinflusst haben könnte. Die Ergebnisse der Studie sind vorrangig auf das deutsche System der Traumaversorgung anwendbar.

## 6. Zusammenfassung

Das Polytrauma ist eine der häufigsten Todesursachen in den westlichen Industriestaaten und zählt zu den wohl komplexesten Krankheitsbildern in der medizinischen Versorgung. Um die Sterblichkeitsrate der Verletzten zu minimieren, sind rasche Entscheidungen und die Implementierung klar strukturierter medizinischer Abläufe nötig.

Im Sinne der Schaffung bestmöglicher Behandlungsbedingungen bedarf es der kontinuierlichen Analyse und Reevaluation präklinischer und innerklinische Rahmenbedingungen der Polytraumaversorgung.

In einer retrospektiven multizentrischen Kohortenstudie wurde die Sterblichkeit der Patienten hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl der Patienten, die in einer Klinik pro Jahr behandelt wurden (Patientenvolumen) analysiert. Hierfür wurde im Zeitraum von 2009 bis 2013 die 103.335 deutsche Patienten umfassende Datenbank des TraumaRegisters DGU® untersucht. N = 39.289 von 103.335 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien.

Im Großen und Ganzen stellt eine hohe Patientenanzahl einen unabhängigen, signifikanten und positiven Prädiktor der Überlebenswahrscheinlichkeit dar. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse konnte kein genau definierter Schwellenwert identifiziert werden. Jedoch scheint es, als würde eine Patientenanzahl mit  $\geq 40$  Patienten pro Jahr und pro Klinik mit einer steigenden Überlebensrate einhergehen. In Kliniken mit großer Patientenfallzahl unterscheidet sich die tatsächliche von der erwarteten Sterblichkeit um einen absoluten Wert von ungefähr +1% Überlebensvorteil gegenüber Kliniken mit niedriger Fallzahl. In ländlichen Gebieten gewährleisten jedoch vor allem lokale Traumazentren die lebensrettende Erstversorgung von Polytraumapatienten. Diese wichtige Aufgabe wird von diesen kleinen Kliniken in angemessener Weise erfüllt. Kleine Kliniken mit geringen Fallzahlen pro Jahr leisten einen wertvollen und wichtigen Versorgungsbeitrag. Sie schneiden mit einer Sterblichkeitsdifferenz von etwa einem Prozent nur geringfügig ungünstiger ab als Kliniken mit hohen Fallzahlen. Sie spielen demzufolge eine wichtige Rolle hinsichtlich der Schwerverletztenversorgung, da beispielsweise aufgrund von großen Entfernungen oder bei schlechtem Wetter nicht jeder Schwerverletzte immer in eine Klinik der höchsten Versorgungsstufe transportiert werden kann.

Weltweit wird die Frage nach einer Patientenmindestmenge kontrovers diskutiert. In Deutschland existiert bereits in einigen Bereichen, wie zum Beispiel der Karotischirurgie,

eine festgelegte Mindestanzahl an Eingriffen, deren Effekt umstritten ist. Um einen hohen Standard der Versorgungsqualität zu gewährleisten fordert die DGUV im Rahmen der Beteiligung am Schwerstverletzungsartenverfahren (SAV) sowie am Verletztenartenverfahren (VAV) von Krankenhäusern die Erfüllung bestimmter Voraussetzungen und Pflichten. Für Hüft- oder Kniegelenkersatz besteht ebenfalls eine festgelegte Mindestanzahl an Eingriffen pro Jahr (48, 54, 56, 79, 80).

Es stellt sich die die Frage, welche Einflussgröße gewichtiger ist: die Anzahl der Patienten oder die Qualifikation der Klinik. Eine Frage, die vielleicht im Rahmen zukünftiger Studien mit größerer Fallzahl geklärt werden kann. Weitere Studien könnten einen Beitrag dazu leisten, die Notwendigkeit einer Investition in Traumazentren zu unterstreichen.

## 7. Anhang

### 7.1. Abkürzungsverzeichnis

ACS	College of Surgeons
Af	Atemfrequenz
AIS	Abbreviated Injury Scale
ATLS	Advanced Trauma Life Support
AUC	Akademie der Unfallchirurgie
BE	Base Excess
COT	Committee on Trauma
CPR	Kardiopulmonale Reanimation
CT	Computer Tomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
GCS	Glasgow Coma Scale
h	Stunde
Hf	Herzfrequenz
HWS	Halswirbelsäule
ICU	Intensive Care Unit/ Intensivstation
ISS	Injury Severity Score
KI95%	95%-Konfidenzintervall
LWS	Lendenwirbelsäule
Min.	Minute
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
NSW	New South Wales
NTDB	National Data Bank
OHCA	Out of Hospital Cardiac Arrest
OR	Odds Ratio
P	Wahrscheinlichkeit
PTT	partielle Thromboplastinzeit
RISC	Revised Injury Severity Classification
RISC II	Revised Injury Severity Classification (Version II)
RR	Blutdruck nach Riva Rocci
RTS	Revised Trauma Score
SAV	Schwerstverletztenartenverfahren
SD	Standardabweichung
Section NIS	Committee für Notfall-, Intensivmedizin und Schwerverletztenversorgung
SMR	Standardisierte Mortalitätsrate
STS	Sequential Trauma Score
SO <sub>2</sub>	Sauerstoffsättigung
TNW	Traumanetzwerk
TRISS	Trauma and Injury Severity Score
TRTS	Triage Trauma Score
TUM	Technische Universität München
VAV	Verletztenartenverfahren
WBCT	Whole Body Computer Tomographie
WHO	Weltgesundheitsorganisation

## 7.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Zusammenhang zwischen Revised Trauma Score und Überlebenswahrscheinlichkeit

Abb. 2: STROBE Diagramm der Studienteilnehmer und Einschlusskriterien

Abb. 3: Unterschied zwischen beobachteter und erwarteter Sterblichkeit

## 7.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Glasgow Coma Scale

Tab. 2: Revised Trauma Score

Tab. 3: Schweregradeinteilung nach der Abbreviated Injury Scale - AIS

Tab. 4: Revised Injury Severity Classification

Tab. 5: Charakteristika der Studienkohorte

Tab. 6: Anzahl der Kliniken, durchschnittliche Fallzahl pro Krankenhaus pro Jahr entsprechend des Kliniklevels

Tab. 7: Outcome und standardisierte Mortalitätsrate - SMRs

Tab. 8: Logistisches Regressionsmodell

Tab. 9: Logistisches Regressionsmodell 2 (RISC II + Patientenvolumen + Kliniklevel)

## 8. Literatur und Quellen

1. Wick M, Ekkernkamp A, Muhr G. [The epidemiology of multiple trauma]. *Der Chirurg; Zeitschrift fur alle Gebiete der operativen Medizen*. 1997;68(11):1053-8.
2. Schmelz A, Ziegler D, Beck A, Kinzl L, Gebhard F. [Costs for acute, stationary treatment of polytrauma patients]. *Der Unfallchirurg*. 2002;105(11):1043-8.
3. Baker CC, Oppenheimer L, Stephens B, Lewis FR, Trunkey DD. Epidemiology of trauma deaths. *American journal of surgery*. 1980;140(1):144-50.
4. Keel M, Trentz O. Pathophysiology of polytrauma. *Injury*. 2005;36(6):691-709.
5. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. Epidemiology of the severely injured patient. A prospective assessment of preclinical and clinical management. *AG Polytrauma of DGU. Der Unfallchirurg*. 2000;103(5):355-63.
6. Cothren CC, Moore EE, Hedegaard HB, Meng K. Epidemiology of urban trauma deaths: a comprehensive reassessment 10 years later. *World journal of surgery*. 2007;31(7):1507-11.
7. Meislin H, Criss EA, Judkins D, Berger R, Conroy C, Parks B, et al. Fatal trauma: the modal distribution of time to death is a function of patient demographics and regional resources. *The Journal of trauma*. 1997;43(3):433-40.
8. Oestern H-J. Management of polytrauma patients in an international comparison. *Der Unfallchirurg*. 1999;102(2):80-91.
9. Ruchholtz S, Lefering R, Paffrath T, Oestern HJ, Neugebauer E, Nast-Kolb D, et al. Reduction in mortality of severely injured patients in Germany. *Deutsches Arzteblatt international*. 2008;105(13):225-31.
10. Ertel W, Trentz O. Polytrauma and multi-organ failure syndrome. Definition--pathophysiology--therapy. *Zentralblatt fur Chirurgie*. 1994;119(3):159-67.
11. Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*. 2009;40 Suppl 4:S12-22.
12. Kanz KG, Linsenmaier U, Pfeifer KJ, Mutschler W. Standardized evaluation of trauma patients: requirements for diagnostic imaging. *Der Radiologe*. 2002;42(7):515-21.
13. Trunkey DD. Trauma. Accidental and intentional injuries account for more years of life lost in the U.S. than cancer and heart disease. Among the prescribed remedies are improved preventive efforts, speedier surgery and further research. *Scientific American*. 1983;249(2):28-35.
14. Pfeifer R, Tarkin IS, Roces B, Pape HC. Patterns of mortality and causes of death in polytrauma patients--has anything changed? *Injury*. 2009;40(9):907-11.
15. Demetriades D, Kimbrell B, Salim A, Velmahos G, Rhee P, Preston C, et al. Trauma deaths in a mature urban trauma system: is "trimodal" distribution a valid concept? *Journal of the American College of Surgeons*. 2005;201(3):343-8.
16. Ali J, Adam R, Butler AK, Chang H, Howard M, Gonsalves D, et al. Trauma outcome improves following the advanced trauma life support program in a developing country. *The Journal of trauma*. 1993;34(6):890-8; discussion 8-9.
17. Ali J, Adam R, Stedman M, Howard M, Williams JI. Advanced trauma life support program increases emergency room application of trauma resuscitative procedures in a developing country. *The Journal of trauma*. 1994;36(3):391-4.
18. Ali J, Adam RU, Josa D, Pierre I, Bedaysie H, West U, et al. Comparison of performance of interns completing the old (1993) and new interactive (1997) Advanced Trauma Life Support courses. *The Journal of trauma*. 1999;46(1):80-6.
19. Ali J, Cohen R, Adam R, Gana TJ, Pierre I, Ali E, et al. Attrition of cognitive and trauma management skills after the Advanced Trauma Life Support (ATLS) course. *The Journal of trauma*. 1996;40(6):860-6.
20. Ali J, Cohen R, Adam R, Gana TJ, Pierre I, Bedaysie H, et al. Teaching effectiveness of the advanced trauma life support program as demonstrated by an objective structured clinical examination for practicing physicians. *World journal of surgery*. 1996;20(8):1121-5; discussion 5-6.
21. Girdley FM, Cohen DJ, Birnbaum ML, Bowman RM. Advanced trauma life support: assessment of cognitive achievement. *Military medicine*. 1993;158(9):623-7.
22. Anderson ID, Anderson IW, Clifford P, Gentleman D, Law LH, Ryan J, et al. Advanced trauma life support in the UK: 8 years on. *British journal of hospital medicine*. 1997;57(6):272-3.
23. Ben-Abraham R, Stein M, Kluger Y, Blumenfeld A, Rivkind A, Shemer J. ATLS course in emergency medicine for physicians? *Harefuah*. 1997;132(10):695-7, 743.

24. Gautam V, Heyworth J. A method to measure the value of formal training in trauma management: comparison between ATLS and induction courses. *Injury*. 1995;26(4):253-5.
25. Macken L, Manovel A. Trauma bypass in south-eastern Sydney: an 8-year review. *Emergency medicine Australasia* : EMA. 2005;17(2):137-42.
26. Trentz O, Oestern H-J, Hempelmann E, Kolbow H, Sturm J. Kriterien für die Operabilität von Polytraumatisierten. *Unfallheilkunde*. 1978;81(6):451-8.
27. Oestern H-J, Tscherne H, Sturm J. Mehrfachverletzungen. Dringlichkeitsstufen der chirurgischen Versorgung. *Chir Praxis*. 1984; 33:127.
28. Oestern H-J. Das Polytrauma. Praktisches und klinisches Management: Urban & Fischer 2007. 416 p.
29. Gebhard F, Huber-Lang M. Polytrauma--pathophysiology and management principles. *Langenbeck's archives of surgery / Deutsche Gesellschaft fur Chirurgie*. 2008;393(6):825-31.
30. Walcher M MB, Marzi I, Mutschler W. Chirurgische Techniken in Orthopädie und Traumatologie. Allgemeine Grundlagen. *Urban and Fischer*. 2005:87-95.
31. Wanner G KM, Trentz O. Polytrauma. 2008:95-106.
32. Jauch K-W, Mutschler W, Hoffmann J-N, Kanz K-G. Das Aufgabengebiet des Chirurgen - Chirurgie Basisweiterbildung: Springer Berlin Heidelberg; 2013.
33. Adams JH, Doyle D, Ford I, Gennarelli TA, Graham DI, McLellan DR. Diffuse axonal injury in head injury: definition, diagnosis and grading. *Histopathology*. 1989;15(1):49-59.
34. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*. 1974;2(7872):81-4.
35. Chesnut RM, Marshall LF, Klauber MR, Blunt BA, Baldwin N, Eisenberg HM, et al. The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. *The Journal of trauma*. 1993;34(2):216-22.
36. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME. A revision of the Trauma Score. *The Journal of trauma*. 1989;29(5):623-9.
37. Association for the Advancement of Automotive Medicine - The abbreviated injury scale. Revision 1990 [16.12.2015]. Available from: <http://www.aaam.org/about-ais.html>.
38. Baker SP, O'Neill B. The injury severity score: an update. *The Journal of trauma*. 1976;16(11):882-5.
39. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Jr., Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *The Journal of trauma*. 1974;14(3):187-96.
40. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *The Journal of trauma*. 1987;27(4):370-8.
41. Bouillon B, Lefering R, Vorweg M, Tiling T, Neugebauer E, Troidl H. Trauma score systems: Cologne Validation Study. *The Journal of trauma*. 1997;42(4):652-8.
42. Ruchholtz S. The Trauma Registry of the German Society of Trauma Surgery as a basis for interclinical quality management. A multicenter study of the German Society of Trauma Surgery. *Der Unfallchirurg*. 2000;103(1):30-7.
43. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B. Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Critical care (London, England)*. 2014;18(5):476.
44. Jauch K-W, Mutschler W, Hoffmann J, Kanz K-G. Chirurgie Basisweiterbildung. 2013; 2nd: S. 381 f.: Springer Berlin Heidelberg.
45. Huber-Wagner S, Stegmaier J, Mathonia P, Paffrath T, Euler E, Mutschler W, et al. The sequential trauma score - a new instrument for the sequential mortality prediction in major trauma. *European journal of medical research*. 2010;15(5):185-95.
46. Kuhne CA, Mand C, Sturm J, Lackner CK, Kunzel A, Siebert H, et al. The Trauma Network of the German Society for Trauma 2009. *Der Unfallchirurg*. 2009;112(10):878-84.
47. Ruchholtz S, Kuhne CA, Siebert H. Trauma network of the German Association of Trauma Surgery (DGU). Establishment, organization, and quality assurance of a regional trauma network of the DGU. *Der Unfallchirurg*. 2007;110(4):373-9.
48. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. Weißbuch - Schwerverletztenversorgung: Thieme Stuttgart; Juni 2012.
49. Ruchholtz S. External quality management in the clinical treatment of severely injured patients. *Der Unfallchirurg*. 2004;107(10):835-43.
50. TraumaRegister DGU® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) Jahresbericht 2014 [16.12.2015]. Available from: <http://www.dgu.org>

- online.de/fileadmin/published\_content/5.Qualitaet\_und\_Sicherheit/PDF/2014\_TR\_DGU\_Jahresbericht\_t.pdf.
51. Ringdal KG, Coats TJ, Lefering R, Di Bartolomeo S, Steen PA, Roise O, et al. The Utstein template for uniform reporting of data following major trauma: a joint revision by SCANTEM, TARN, DGU-TR and RITG. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2008;16:7.
  52. Caputo LM, Salottolo KM, Slone DS, Mains CW, Bar-Or D. The relationship between patient volume and mortality in American trauma centres: a systematic review of the evidence. *Injury*. 2014;45(3):478-86.
  53. Salottolo K, Settell A, Uribe P, Akin S, Slone DS, O'Neal E, et al. The impact of the AIS 2005 revision on injury severity scores and clinical outcome measures. *Injury*. 2009;40(9):999-1003.
  54. Zertifizierung von EndoprothetikZentren nach der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) [16.12.2015]. Available from: <http://www.operation-endoprothetik.de/endoprothetikzentrum/>.
  55. TraumaRegister DGU® der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie Jahresbericht 2013 [16.12.2015]. Available from: [http://www.dgu-online.de/fileadmin/published\\_content/5.Qualitaet\\_und\\_Sicherheit/PDF/2013\\_TR\\_DGU\\_Jahresbericht\\_t.pdf](http://www.dgu-online.de/fileadmin/published_content/5.Qualitaet_und_Sicherheit/PDF/2013_TR_DGU_Jahresbericht_t.pdf).
  56. Anforderungen der gesetzlichen Unfallversicherersträger (gem. §34 SGB VII) an Krankenhäuser zur Beteiligung am Schwerstverletzungsartenverfahren (SAV) [16.12.2015]. Available from: [http://www.dguv.de/medien/landesverbaende/de/med\\_reha/documents/sav1.pdf](http://www.dguv.de/medien/landesverbaende/de/med_reha/documents/sav1.pdf).
  57. Bennett KM, Vaslef S, Pappas TN, Scarborough JE. The volume-outcomes relationship for United States Level I trauma centers. *The Journal of surgical research*. 2011;167(1):19-23.
  58. Brown JB, Watson GA, Forsythe RM, Alarcon LH, Bauza G, Murdock AD, et al. American College of Surgeons trauma center verification versus state designation: are Level II centers slipping through the cracks? *The journal of trauma and acute care surgery*. 2013;75(1):44-9; discussion 9.
  59. Carr BG, Kahn JM, Merchant RM, Kramer AA, Neumar RW. Inter-hospital variability in post-cardiac arrest mortality. *Resuscitation*. 2009;80(1):30-4.
  60. Demetriades D, Martin M, Salim A, Rhee P, Brown C, Chan L. The effect of trauma center designation and trauma volume on outcome in specific severe injuries. *Annals of surgery*. 2005;242(4):512-7; discussion 7-9.
  61. Glance LG, Osler TM, Dick A, Mukamel D. The relation between trauma center outcome and volume in the National Trauma Databank. *The Journal of trauma*. 2004;56(3):682-90.
  62. Hannan EL, Racz M, Ryan TJ, McCallister BD, Johnson LW, Arani DT, et al. Coronary angioplasty volume-outcome relationships for hospitals and cardiologists. *Jama*. 1997;277(11):892-8.
  63. Konvolinka CW, Copes WS, Sacco WJ. Institution and per-surgeon volume versus survival outcome in Pennsylvania's trauma centers. *American journal of surgery*. 1995;170(4):333-40.
  64. London JA, Battistella FD. Is there a relationship between trauma center volume and mortality? *The Journal of trauma*. 2003;54(1):16-24; discussion -5.
  65. Richardson JD, Schmieg R, Boaz P, Spain DA, Wohltmann C, Wilson MA, et al. Impact of trauma attending surgeon case volume on outcome: is more better? *The Journal of trauma*. 1998;44(2):266-71; discussion 71-2.
  66. Marcin JP, Romano PS. Impact of between-hospital volume and within-hospital volume on mortality and readmission rates for trauma patients in California. *Critical care medicine*. 2004;32(7):1477-83.
  67. Margulies DR, Cryer HG, McArthur DL, Lee SS, Bongard FS, Fleming AW. Patient volume per surgeon does not predict survival in adult level I trauma centers. *The Journal of trauma*. 2001;50(4):597-601; discussion -3.
  68. Marx WH, Simon R, O'Neill P, Shapiro MJ, Cooper AC, Farrell LS, et al. The relationship between annual hospital volume of trauma patients and in-hospital mortality in New York State. *The Journal of trauma*. 2011;71(2):339-45; discussion 45-6.
  69. McAuley L, Pham B, Tugwell P, Moher D. Does the inclusion of grey literature influence estimates of intervention effectiveness reported in meta-analyses? *Lancet*. 2000;356(9237):1228-31.
  70. Nathens AB, Jurkovich GJ, Maier RV, Grossman DC, Mackenzie EJ, Moore M, et al. Relationship between trauma center volume and outcomes. *Jama*. 2001;285(9):1164-71.
  71. Pasquale MD, Peitzman AB, Bednarski J, Wasser TE. Outcome analysis of Pennsylvania trauma centers: factors predictive of nonsurvival in seriously injured patients. *The Journal of trauma*. 2001;50(3):465-72; discussion 73-4.
  72. Sava J, Kennedy S, Jordan M, Wang D. Does volume matter? The effect of trauma surgeons' caseload on mortality. *The Journal of trauma*. 2003;54(5):829-33; discussion 33-4.

73. Shin SD, Suh GJ, Ahn KO, Song KJ. Cardiopulmonary resuscitation outcome of out-of-hospital cardiac arrest in low-volume versus high-volume emergency departments: An observational study and propensity score matching analysis. *Resuscitation*. 2011;82(1):32-9.
74. Smith RF, Frateschi L, Sloan EP, Campbell L, Krieg R, Edwards LC, et al. The impact of volume on outcome in seriously injured trauma patients: two years' experience of the Chicago Trauma System. *The Journal of trauma*. 1990;30(9):1066-75; discussion 75-6.
75. Tepas JJ, 3rd, Patel JC, DiScala C, Wears RL, Veldenz HC. Relationship of trauma patient volume to outcome experience: can a relationship be defined? *The Journal of trauma*. 1998;44(5):827-30; discussion 30-1.
76. American College of Surgeons Committee on Trauma. Advanced Trauma Life Support for Doctors – Student Course Manual: Urban & Fischer München; 2015.
77. Ruchholtz S, Lefering R, Lewan U, Debus F, Mand C, Siebert H, et al. Implementation of a nationwide trauma network for the care of severely injured patients. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2014;76(6):1456-61.
78. Ruchholtz S, Lewan U, Debus F, Mand C, Siebert H, Kuhne CA. TraumaNetzwerk DGU((R)): optimizing patient flow and management. *Injury*. 2014;45 Suppl 3:S89-92.
79. Nichol G, Aufderheide TP, Eigel B, Neumar RW, Lurie KG, Bufalino VJ, et al. Regional systems of care for out-of-hospital cardiac arrest: A policy statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121(5):709-29.
80. Soar J, Packham S. Cardiac arrest centres make sense. *Resuscitation*. 2010;81(5):507-8.

## 9. Lebenslauf

Martina Theresa Zacher

Geburtsdatum/-ort 23. November 1987, Vilshofen an der Donau

Nationalität Deutsch

Familienstatus Ledig

Ausbildung und beruflicher Werdegang

07/2008 Comenius Gymnasium Deggendorf Allgemeine Hochschulreife

10/2008 - 12/2008 Technische Universität München Studium der „Technologie- und managementorientierten Betriebswirtschaftslehre“ (TUM-BWL)

10/2009 – 12/2015 Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) Studium der „Humanmedizin“

Publikationen Nutzen und Sicherheit von privat vorgehaltenen automatisierten externen Defibrillatoren in häuslicher Umgebung, Notfall Rettungsmed

Besteht für amerikanische Traumazentren ein Zusammenhang zwischen Letalität und Mindestmenge?, Notfall Rettungsmed

Plantare Stichverletzungen, MMW

Stark blutende Kopfplatzwunde, MMW

Alternativer Wundverschluss bei wenig blutenden Kopfplatzwunden, MMW

Association between volume of severely injured patient and mortality in German trauma hospitals, British Journal of Surgery

Grundlegende Techniken des Wundverschlusses in der Notaufnahme, Notfall Rettungsmed

Sturz von der Leiter und dann die Schraube mit dem Navi – 3D-navigierte perkutane iliosakrale Verschraubung bei Beckenfraktur, MMW

## 10. Abstract (Englische Version)

Background: The American College of Surgeons Committee on Trauma (ACS COT) requires at least 240 patients per year with an injury severity score (ISS)  $\geq 16$  for level-I trauma centres. In Germany, the issue of patient volume is discussed controversially. The aim was to find out, whether there is an effect of patient volume on mortality?

Methods: Retrospective study. Analysis of the TraumaRegister DGU® Inclusion criteria were: trauma patients within Germany, ISS $\geq 16$ . Patients transferred early were excluded. Descriptive data and outcome analysis (observed vs. expected mortality obtained by revised injury severity classification score, RISC-II) and logistic regression was performed (2009-13).

Results: 39,289 patients met the inclusion criteria. Mean age was  $49.9 \pm 21.8$  years, 71.3% were male, mean ISS was  $27.2 \pm 11.6$  and 29.2% had a Glasgow come scale (GCS) $<8$ . Of 587 hospitals, 98 were level-I, 235 level-II and 254 level-III trauma centres.

Within the subgroups with 40-59, 60-79 or 80-99 patients per year, the observed vs. expected mortality did not differ significantly ( $p > 0.05$ ). Within the subgroups with 1-19 and 20-39 patients per year, the observed mortality was significantly above the predicted mortality ( $p < 0.05$ ). There was a trend in the difference of observed and predicted outcome of about 1% between very low and very high volume hospitals in favour of high patient volume. Adjusted logistic regression analysis showed that patient volume is an independent and significant positive predictor of survival (odds ratio=OR 1.001 per case per year,  $p=0.005$ ). Even when adjusted for hospital levels, patient volume remained a stable and robust positive predictor of survival.

Conclusion: Overall, high patient volume is an independent, significant and positive predictor of survival. Based on these findings, a *clear cut-off* value could not be detected. However, it seems that  $\geq 40$  patients per year per hospital might be beneficial for an increased survival. High volume hospitals have an absolute difference of observed vs. predicted mortality of about +1% survival benefit compared to low volume hospitals.

### Key words:

Trauma, major trauma, patient volume, case load, severely injured, polytrauma, RISC-II, mortality, outcome

## **11. Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. Karl-Georg Kanz, der mir zu jedem Zeitpunkt besonderes Vorbild und Inspiration zugleich war. Bedanken möchte ich mich vor allem für seine unglaubliche Geduld und Unterstützung bei der Fertigstellung meiner Dissertation. Er stand mir zu jedem Zeitpunkt mit offenem Ohr, konstruktiver Kritik und schier grenzenlosem Wissen beiseite. Ohne seine Ideen, seinem unglaublichen Horizont und vor allem seiner stoischen Gelassenheit im Ertragen so mancher Launen würde die vorliegende Arbeit wohl noch in den Kinderschuhen stecken.

Ebenso möchte ich Herrn PD. Dr. Huber-Wagner danken, welcher unterstützend in Rat und Tat zur Seite stand und ohne den dieses Forschungsprojekt niemals so weit gekommen wäre. Hervorheben möchte ich vor allem sein allumfassendes Fachwissen und Organisationstalent, welches mir den Weg zu diesem Punkt in besonderer Weise ermöglicht hat.

Von ganzem Herzen danke ich meiner gesamten Familie, insbesondere meiner Mutter, für die liebevolle Unterstützung und unerschöpfliche Geduld während meines Medizinstudiums. Ohne die Hilfe, den Zuspruch und die mentale Unterstützung meiner Liebsten hätte ich diesen Weg nie in dieser Weise beschreiten können. Sie trugen durch ihre Liebe und ihren Beistand maßgeblich am Gelingen dieser Arbeit bei.

## **Eidesstattliche Versicherung**

Zacher, Martina Theresa

---

Name, Vorname

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

*„Zusammenhang zwischen Letalität und Patientenmindestmenge an deutschen Traumazentren - Eine Analyse des TraumaRegisters DGU®“*

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

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

München, 23.10.2016

---

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand