

Aus der  
Chirurgischen Klinik und Poliklinik – Innenstadt  
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München  
Direktor: Prof. Dr. med. W. Mutschler

**Die präklinische Versorgung und deren Auswirkung auf das  
Outcome bei Verletzten mit  
penetrierendem Trauma in Deutschland  
- eine Analyse aus dem Traumaregister der DGU -**

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

vorgelegt von  
Heidi Eva-Maria Steinbach  
aus München

2010

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität zu München

<b>Berichterstatter:</b>	PD Dr. med. Karl-Georg Kanz
<b>Mitberichterstatter:</b>	PD Dr. med. Stephan Piltz
<b>Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:</b>	Dr. med. Pascal Mathonia
<b>Dekan:</b>	Prof. Dr. med. Dr. h.c. Maximilian Reiser, FACR, FRCR
<b>Tag der mündlichen Prüfung:</b>	18.03.2010

## Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>III</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>VI</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>IX</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>10</b>
1.1 ZIELSETZUNG .....	10
1.2 PRÄKLINISCHE VERSORGUNGSKONZEPTE.....	10
1.3 SCHOCKRAUMMANAGEMENT.....	13
1.4 STUDIENLAGE.....	14
1.4.1 Der Faktor „Zeit“ .....	14
1.4.2 Volumen .....	17
1.4.3 Blutdruck.....	21
1.5 AKTUELLE LEITLINIEN UND ALGORITHMEN .....	23
<b>2 MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>25</b>
2.1 KOLLEKTIV.....	25
2.2 METHODIK.....	25
2.2.1 Das Traumaregister der DGU und der Erhebungsbogen .....	25
2.2.2 Scores.....	27
2.2.2.1 Allgemeines.....	27
2.2.2.2 AIS-Score - Abbreviated Injury Severity Score.....	27
2.2.2.3 TRISS - Trauma and Injury Severity Score.....	28
2.2.2.4 ISS - Injury Severity Score.....	28
2.2.3 Subgruppeneinteilung.....	29
2.2.3.1 Verletzungsschweregrad.....	29
2.2.3.2 Volumen.....	30
2.2.3.3 Blutdruck .....	30
2.3 STATISTISCHE METHODEN.....	30
<b>3 ERGEBNISSE .....</b>	<b>31</b>
3.1 EPIDEMIOLOGIE .....	31
3.1.1 Anteil penetrierende und stumpfe Verletzungen.....	31
3.1.2 Geschlechtsverteilung .....	31
3.1.3 Mittleres Alter .....	32
3.1.4 Monotraumata.....	32

3.1.5	<i>Verletzungsursache</i> .....	33
3.1.6	<i>GCS und RR</i> .....	34
3.1.7	<i>Gesamtaufenthaltstage</i> .....	35
3.2	BEHANDLUNG .....	36
3.2.1	<i>Prälinik</i> .....	36
3.2.1.1	<i>Präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit penetrierendem Trauma</i> .....	36
3.2.1.2	<i>Präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit stumpfem Trauma</i> .....	36
3.2.1.3	<i>Präklinische Volumengabe</i> .....	37
3.2.1.4	<i>Präklinische Intubationen</i> .....	37
3.2.1.5	<i>Präklinische Thoraxdrainagenanlage</i> .....	38
3.2.2	<i>Klinik</i> .....	38
3.3	VOLUMEN .....	41
3.3.1	<i>Allgemeines – Menge, Median, Infusionsmittelwahl</i> .....	41
3.3.2	<i>Volumen (A) und präklinische Zeitintervalle</i> .....	47
3.3.3	<i>Volumen (A) und Blutdruck (B)</i> .....	47
3.3.4	<i>Volumen (A) und Volumen (B)</i> .....	47
3.3.5	<i>Volumen (A) und Gesamtaufenthaltstage nach AIS</i> .....	48
3.3.6	<i>Volumen (A) und Gesamtaufenthaltstage nach TRISS</i> .....	49
3.3.7	<i>Volumen (A) und 24-Stunden-Mortalität</i> .....	50
3.3.8	<i>Volumen (A) und 28-Tage-Mortalität nach AIS</i> .....	51
3.3.9	<i>Volumen (A) und 28-Tage-Mortalität nach TRISS</i> .....	52
3.3.10	<i>Volumen (A) und Multiorganversagen nach AIS</i> .....	53
3.3.11	<i>Volumen (A) und Multiorganversagen nach TRISS</i> .....	54
3.4	BLUTDRUCK .....	55
3.4.1	<i>Zeitpunkt A – Prälinik</i> .....	55
3.4.2	<i>Zeitpunkt B – Schockraum</i> .....	57
3.4.3	<i>Blutdruck (B) - Überblick: 24-Stunden-Mortalität, 28-Tage-Mortalität und MOV</i> .....	58
3.4.4	<i>Blutdruck (B) und 24-Stunden-Mortalität, AIS-Gruppenabhängig</i> .....	59
3.4.5	<i>Blutdruck (B) und 28-Tage-Mortalität; AIS-Gruppenabhängig</i> .....	60
3.4.6	<i>Blutdruck (B) und Multiorganversagen, AIS-Gruppenabhängig</i> .....	61
3.5	ZUSAMMENFASSUNG DER WESENTLICHEN ERGEBNISSE .....	62
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>64</b>
4.1	DISKUSSION DER METHODEN .....	64
4.1.1	<i>Allgemeines</i> .....	64
4.1.2	<i>Scores</i> .....	65
4.1.3	<i>Volumengruppen</i> .....	66
4.1.4	<i>Blutdruckgruppen</i> .....	66
4.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....	67
4.2.1	<i>Zeit</i> .....	67

4.2.2	<i>Volumen</i> .....	72
4.2.3	<i>Blutdruck</i> .....	77
4.3	AUSBlick.....	81
	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>82</b>
	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b> .....	<b>83</b>
	<b>ANHANG</b> .....	<b>91</b>
	<b>DANKSAGUNG</b> .....	<b>93</b>
	<b>CURRICULUM VITAE</b> .....	<b>94</b>

## Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: präklinisches Management bei Schuss- oder Stichverletzungen des Stammes .....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 2: Anteil männlicher Verletzter bei penetrierendem respektive stumpfem Trauma ....</i>	<i>31</i>
<i>Abbildung 3: Ursachen für penetrierende Traumata.....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 4: präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit penetrierendem Trauma.....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 5: präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit stumpfem Trauma.....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 6: Anteil von Frühoperationen in den Jahren 2002-2004; penetrierend.....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 7: Durchschnittliche Mengen an präklinisch verabreichtem Volumen; penetrierend</i>	<i>42</i>
<i>Abbildung 8: Durchschnittliche Mengen an präklinisch verabreichtem Volumen; stumpf.....</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 9: Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend.....</i>	<i>48</i>
<i>Abbildung 10: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend.....</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 11: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend .....</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 12: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend.....</i>	<i>52</i>
<i>Abbildung 13: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen nach AIS; penetrierend .....</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 14: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen nach TRISS; penetrierend .....</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 15: präklinischer Blutdruck (3 Gruppen); penetrierend.....</i>	<i>56</i>
<i>Abbildung 16: Mittelwerte der im Schockraum erhobenen RR-Werte in den Jahren 1993-2004; penetrierend .....</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 17: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und der AIS-Gruppe; penetrierend .....</i>	<i>59</i>
<i>Abbildung 18: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und der AIS-Gruppe; penetrierend .....</i>	<i>60</i>
<i>Abbildung 19: Multiorganversagen in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend .....</i>	<i>61</i>

## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Geschlechtsverteilung</i> .....	31
<i>Tabelle 2: Altersverteilung / mittleres Alter zum Traumazeitpunkt</i> .....	32
<i>Tabelle 3: Monotraumata</i> .....	32
<i>Tabelle 4: Verletzungsursachen</i> .....	33
<i>Tabelle 5: Mittelwerte präklinischer GCS und syst. RR; penetrierend vs stumpf</i> .....	34
<i>Tabelle 6: Anteil der präklinisch bewusstlosen Patienten (GCS ≤ 8); penetrierend vs stumpf</i> ....	34
<i>Tabelle 7: Mittelwert der Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von AIS-Gruppe; penetrierend</i> .....	35
<i>Tabelle 8: präklinischer Zeitverlauf; penetrierend vs stumpf</i> .....	37
<i>Tabelle 9: präklinische Intubationen durch Notarzt; penetrierend vs stumpf</i> .....	37
<i>Tabelle 10: präklinische Thoraxdrainagenanlage durch Notarzt; penetrierend vs stumpf</i> .....	38
<i>Tabelle 11: primär versorgte Patienten; penetrierend vs stumpf</i> .....	38
<i>Tabelle 12: Versorgung innerhalb der Klinik in den Jahren 2002-2004; penetrierend</i> .....	40
<i>Tabelle 13: Zeitverbrauch in der Klinik bis zur FrühOP/ICU; penetrierend vs stumpf</i> .....	40
<i>Tabelle 14: präklinische Volumengabe durch Notarzt; penetrierend vs stumpf</i> .....	41
<i>Tabelle 15: präklinisch verabreichte Volumenmengen; penetrierend vs stumpf</i> .....	41
<i>Tabelle 16: Mittelwerte präklinisch verabreichter Volumenmengen; penetrierend vs stumpf</i> .....	42
<i>Tabelle 17: Volumengabe und –typ bezogen auf das Traumajahr; penetrierend</i> .....	43
<i>Tabelle 18: Übersichtstabelle Volumengabe zu Verletzungsschwere und präklinisch wie klinisch</i> <i>erfassten Parametern</i> .....	45
<i>Tabelle 19: Basistabelle zu Volumengruppen, Verletzungsschwere, präklinischem RR und</i> <i>Volumengabe sowie Volumen-, EK-, FFP-Bedarf in der Klinik</i> .....	46
<i>Tabelle 20: Übersichtstabelle präklinisch zu klinisch erfassten Parametern nach AIS-Gruppen;</i> <i>penetrierend</i> .....	47
<i>Tabelle 21: Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-</i> <i>Gruppe; penetrierend</i> .....	48
<i>Tabelle 22: Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-</i> <i>Gruppe; penetrierend</i> .....	49
<i>Tabelle 23: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-</i> <i>Gruppe; penetrierend</i> .....	50

*Tabelle 24: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend ..... 51*

*Tabelle 25: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend ..... 52*

*Tabelle 26: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend ..... 53*

*Tabelle 27: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend..... 54*

*Tabelle 28: Mittelwerte präklinisch erfasster syst. RR; penetrierend vs stumpf ..... 55*

*Tabelle 29: prozentuale Verteilung präklinisch erhobener syst. RR-Werte; penetrierend vs stumpf ..... 56*

*Tabelle 30: prozentuale Verteilung der erhobenen syst. RR-Werte im Schockraum; penetrierend vs stumpf..... 57*

*Tabelle 31: Übersichtstabelle Mortalitätsraten und Multiorganversagen in Abhängigkeit vom syst. RR (B); penetrierend ..... 58*

*Tabelle 32: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend ..... 59*

*Tabelle 33: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend ..... 60*

*Tabelle 34: Multiorganversagen in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend ..... 61*

*Tabelle 35: Basistabelle penetrierendes Trauma: Zusammenhang von Verletzungsschweregrad, präklinischem Volumen und Outcomeparametern..... 92*

## Abkürzungsverzeichnis

AIS-Score	Abbreviated injury severity - Score (anatomischer Score zur Einschätzung der Verletzungsschwere)
ALS	Advanced life support
BLS	Basic life support
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EK	Erythrozytenkonzentrat
FFP	Fresh frozen plasma
GCS	Glasgow coma scale nach Jennett und Teasdale (Bewusstseinsbewertung über Beurteilung d. Augenöffnung, Motorik, Sprache)
ISS	Injury severity score (vom AIS abgeleitete Einteilung der Verletzungsschwere)
MOV	Multiorganversagen
RR	(hier systolischer) Blutdruckwert in mmHg
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
TRISS	Trauma and injury severity score (Werkzeug zur Berechnung der Überlebenschance unter Miteinbeziehung von Alter, RTS, ISS und dem Verletzungsmechanismus)

# **1 Einleitung**

## **1.1 Zielsetzung**

Vor dem Hintergrund neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse bezüglich der präklinischen Versorgung von Verletzten mit penetrierendem Trauma, insbesondere in Hinblick auf das präklinische Volumenmanagement, setzten wir uns die Darstellung des Status quo der präklinischen Versorgung von Verletzten mit penetrierendem Trauma in Deutschland zum Ziel. Nachfolgend wurde das Outcome dieser Patienten in Abhängigkeit von der präklinischen Therapie analysiert.

Die Arbeit soll aufzeigen, daß die präklinische Versorgung von Verletzten mit penetrierendem Trauma in Deutschland nicht dem derzeitigen Wissensstand entspricht und sich aus dieser Tatsache negative Auswirkungen auf das Outcome der Patienten ergeben.

Wünschenswert wäre im weiteren eine Anpassung der präklinischen Versorgung von Verletzten mit penetrierendem Trauma in Hinblick auf das präklinische Zeit- und Volumenmanagement und ein Überdenken der derzeitigen Therapiekonzepte - auch bei Verletzten mit stumpfem Trauma.

## **1.2 Präklinische Versorgungskonzepte**

In Deutschland existiert ein notarztgestütztes Rettungsdienstsystem. Durch die Verteilung der Rettungsdienstwachen und Notarztstützpunkte ist in Deutschland eine flächendeckende Versorgung der Bevölkerung mit Leistungen der Notfallrettung möglich.

Es existieren verschiedene Konzepte zur präklinischen Versorgung von Verletzten.

Im Folgenden werden die zwei häufigsten Herangehensweisen erläutert.

Zunächst ist das Konzept des Basic Life Support (BLS) zu erwähnen. Es beinhaltet Maskenbeatmung, supplementierende Sauerstoffgabe, externe Blutungskontrolle durch Kompressionsverbände oder Komprimierung der Arm- / Beinarterien, Herz-Lungen-Wiederbelebung und die Verhinderung weiterer Verletzungen z.B. am Rückenmark. In der Reihenfolge der Maßnahmen folgt man der Merkhilfe „ABC“: „A“ steht für „Airway“ (Freihalten und Sichern der Atemwege), „B“ für „Breathing“ (supplementierende Sauerstoffgabe oder Beatmung) und „C“ für „Circulation and Bleeding“ (Erhalt der Kreislauffunktion durch cardiopulmonale Resuscitation (CPR) sowie

Verhindern eines weiteren Volumenverlusts). Die Gabe von Medikamenten ist nicht vorgesehen, der Einsatz eines Defibrillators ist möglich.

Die Techniken des BLS sind nichtinvasiv, benötigen geringe Zeit am Unfallort und können auf dem Weg zur Klinik durch geschultes Rettungsdienstpersonal durchgeführt werden.

Ein weiteres Konzept propagiert bereits am Einsatzort ärztliche Maßnahmen. Auch in Deutschland werden seit vielen Jahren bei den meisten Verletzten, unabhängig vom Verletzungsmechanismus, Vitalfunktionen wie die Atmung, durch Sicherung der Luftwege z.B. mittels Intubation, und die Kreislauffunktion, durch Infusionstherapie und Verabreichung von Medikamenten, stabilisiert, bevor der Transport begonnen wird. Dieses Vorgehen ist unter dem Namen des Advanced Life Support (ALS) bekannt und wurde in den späten 1970er - und frühen 1980er Jahren auf dem Grundkonzept des Advanced Cardiac Life Support (ACLS) entwickelt und etabliert (ACLS: PANTRIDGE et al., 1967; ADGEY et al., 1969; EISENBERG et al., 1979/1980).

Auch in Deutschland wurde das ALS-Konzept mit der Weiterentwicklung des Notarztsystems und der flächendeckenden Etablierung von Rettungsdienstwachen mit gut ausgebildetem Rettungsdienstpersonal auf so gut wie alle Verletzten ausgedehnt. Man erwartete, dass Verletzte von einer möglichst frühen Wiederherstellung von Normwerten, z.B. in Hinblick auf den Blutdruck, profitieren könnten. Vorausgegangen waren Nachweise positiver Effekte von ALS auf das Outcome von Traumapatienten u.a. durch JACOBS et al. 1984, PONS et al. 1985 und REINES et al. 1988.

1991 publizierte Spaite eine Studie mit der Schlußfolgerung, daß, unter ärztlicher Kontrolle, auch in einem Paramedic-System die Durchführung von ALS-Maßnahmen ohne großen Zeitverlust und mit Gewinn für den Verletzten möglich ist (SPAITE et al., 1991).

In einem Vergleich des deutschen und nordamerikanischen Luftrettungssystems wurde postuliert, daß eine individualisierte ärztliche Primärversorgung positive Effekte auf das Outcome zeigen kann (SCHMIDT et al., 1993).

Bezüglich der Ausweitung des ALS-Konzepts auf Traumapatienten werden jedoch ebenfalls seit den 1980er Jahren Studien veröffentlicht, in denen sich zunehmend negative Effekte abzeichnen.

Es wurde versucht, zwischen sinnvollen und unnützen präklinischen Fertigkeiten und Therapien zu differenzieren. So wird z.B. die Fähigkeit zur Durchführung einer endotrachealen Intubation als möglicherweise lebensrettend, die Initiation und Durchführung einer Infusionstherapie hingegen als disponibel gesehen (TRUNKEY et al., 1984; SMITH et al., 1985; LEWIS et al., 1989).

In einer prospektiven Studie über die Hauptfaktoren des präklinischen Zeitbedarfs bei Verletzten, die von Ärzten am Unfallort versorgt werden, wurde von Sampalis aufgezeigt, daß ALS-Maßnahmen am Unfallort mit signifikant längeren präklinischen Zeitintervallen verbunden sind. Desweiteren ist ein Zeitintervall von mehr als 20 Minuten am Unfallort mit einem signifikanten Anstieg der Sterblichkeit verbunden (SAMPALIS et al., 1994).

In den meisten der bisher veröffentlichten Reviews zeigt sich keine Überlegenheit von ALS über BLS bei Traumapatienten.

Eckstein untersuchte retrospektiv das Outcome von schwerverletzten Patienten, die präklinisch entweder eine Beatmung mittels Beatmungsbeutel oder eine endotracheale Intubation erhalten hatten. Zudem wurde die präklinische Volumentherapie betrachtet. Die Überlebensraten der Patienten, die mittels Beatmungsbeutel beatmet wurden, lagen höher. Eine präklinische Volumenzufuhr beeinflusste das Outcome nicht negativ. Die benötigte präklinische Zeit wurde in dieser Studie durch die Durchführung einer Intubation oder durch die Initiation einer Volumentherapie nicht verlängert (ECKSTEIN et al., 2000).

In einem Übersichtsartikel von Liberman scheint die Durchführung von erweiterten präklinischen Maßnahmen negative Auswirkungen auf das Outcome der Verletzten zu haben. Gerade in unserer hochentwickelten und technisch orientierten Gesellschaft scheint ein ausschlaggebender Punkt im Bereich der Behandlung von Traumapatienten die präklinische Zeit zu sein. Bei Patienten, die lediglich BLS am Unfallort erhalten, dauert es im Mittel 13.5 Minuten, bei Patienten, die ALS-Maßnahmen am Unfallort erhalten, 18.5 Minuten bis zum Transportbeginn. Die im Mittel fünf Minuten Zeitverlust durch ALS-Maßnahmen am Unfallort verschlechtern das Outcome durch die Verzögerung einer frühzeitigeren klinischen Behandlung. Durch die zeitliche Verzögerung, die durch die Initiation und Durchführung einer Flüssigkeitstherapie entsteht, und vor dem Hintergrund relativ kurzer Transportzeiten von im Mittel 10 Minuten sowie einer applizierten Volumensmenge von im Schnitt 960 ml, mit allen ihren negativen Auswirkungen auf den Blutdruck,

erscheint insbesondere die präklinische Volumentherapie überflüssig und vielleicht sogar ausschlaggebend in Hinblick auf das Outcome von Traumapatienten. Zudem scheinen die vor Ort durchgeführten Maßnahmen die Mortalitätsraten nicht zu senken (LIBERMAN et al, 2000).

Eine aktuelle prospektive Studie von van der Velden zeigt auf, daß 81% aller notwendigen Interventionen bereits vor Ankunft in der Klinik durchgeführt werden. Zudem wurde festgestellt, daß mit zunehmender medizinischer Ausbildung mehr präklinische Interventionen erfolgen (van der VELDEN et al., 2008).

### **1.3 Schockraummanagement**

Nach der Erstversorgung durch den Notarzt vor Ort wird der Patient, je nach Verletzungsschwere, in eine Klinik mit Schockraum transportiert. Hierbei handelt es sich um Kliniken, in denen bestimmte personelle (ein „Schockraumteam“) sowie diagnostische Voraussetzungen, wie beispielsweise ein Mehrzeiler-Computertomographie-Gerät, rund um die Uhr einsatzbereit sind. In Deutschland besteht ein solches Schockraumteam aus bis zu sechs Ärzten der Bereiche Anästhesie, Radiologie und Chirurgie, die von entsprechendem Pflegepersonal unterstützt werden. Im Schockraum verläuft die Versorgung häufig nach dem Schema des Advanced Trauma Life Support (ATLS). Dieses fachgebietsübergreifende und international weit verbreitete Ausbildungskonzept wurde in den 1980er Jahren von dem American College of Surgeons mit dem Ziel entwickelt, im Schockraum eine systematische und prioritätengerechte Patientenversorgung zu etablieren. Hierbei erfüllt jeder Beteiligte aus den verschiedenen Fachdisziplinen eine bestimmte Aufgabe, wobei ein erfahrener Facharzt die leitende Position einnimmt. Alle gesammelten Informationen werden an diesen Teamleader weitergegeben. Nach Ankunft in der Klinik wird die präklinische „ABC-Regel“ zum „ABCDE“ erweitert: nach erneut erhobenem „ABC“, steht „D“ für „Disability or Neurological status“ (Erhebung des neurologischen Status) und „E“ für „Exposure and Environment“ (komplette Untersuchung des ausgekleideten Patienten, Suche nach weiteren Verletzungen, Optimierung der klinischen Umgebung). Es folgt die Stabilisierung respektive die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen, ein Basismonitoring (bestehend aus Pulsoxymetrie, Elektrokardiographie und nichtinvasiver Blutdruckmessung), die Erhebung von Laborwerten sowie die Durchführung bildgebender Diagnostik wie Sonographie (Ultraschalluntersuchung), Röntgen und Computertomographie. Zudem werden erste therapeutische Maßnahmen wie z.B. die Anlage einer Thoraxdrainage, Analgosedierung, Beginn oder Fortführung einer Narkose oder die

Vorbereitung zur operativen Versorgung eingeleitet (NAST-KOLB et al., 1994; KANZ et al., 2002).

## 1.4 Studienlage

Seit den 1980er Jahren werden immer mehr Studien bezüglich der präklinischen Versorgung von Verletzten in Hinblick auf präklinisches Zeitintervall, Volumentherapie und -menge, anzustrebenden Blutdruck, Intubation und Thoraxdrainagenanlage - letztlich also über das Konzept des ALS bei Traumapatienten – durchgeführt und publiziert.

Diese Studien, teils am Tiermodell, teils am Patienten, kommen zu unterschiedlichen Schlüssen, wobei man eine Tendenz zu folgenden Empfehlungen erkennen kann.

### 1.4.1 Der Faktor „Zeit“

Insbesondere bei Patienten, die ein penetrierendes Trauma erlitten haben, sollte das präklinische Zeitintervall möglichst kurz gehalten werden, um im Falle einer außerklinisch nicht kontrollierbaren Blutung diese in der Klinik schnellstmöglich chirurgisch unter Kontrolle bringen zu können.

Im Bereich der Notfallmedizin existiert der Begriff der „golden hour“. Der Begriff wurde von Cowley in den 1970er und frühen 1980er Jahren geprägt, aber nie wirklich anhand von Studien- oder Forschungsergebnissen validiert. Es herrscht jedoch bei den in der Notfallmedizin tätigen Ärzten weitgehende Übereinstimmung mit der hinter diesem Begriff stehenden Forderung nach einem möglichst frühzeitigen Beginn der definitiven chirurgischen Versorgung, und zwar bestenfalls innerhalb von 60 Minuten ab dem Zeitpunkt der Verletzung. Zum Thema der möglichst frühzeitigen Versorgung von Verletzten hier einige Literaturangaben: COWLEY et al. 1973 / 1974 / 1975 / 1977 und 1982, PEPE et al. 1986, WHITEHORNE et al. 1989, McNICHOLL et al. 1994, SASADA et al. 1995, LERNER et al. 2001.

In verschiedenen Studien und Reviews zeichnet sich zunehmend deutlich ab, daß der präklinische Zeitbedarf insbesondere durch ALS-Maßnahmen, d.h. durch die Durchführung von erweiterten präklinischen Maßnahmen am Unfallort, zunimmt.

Wir möchten hier nochmals auf die bereits zitierten frühen Arbeiten zu ALS vs BLS von TRUNKEY et al. 1984, SMITH et al. 1985 und LEWIS et al. 1989 verweisen.

1982 wurde von Gervin eine Studie über penetrierende Thoraxverletzungen mit der Schlußfolgerung veröffentlicht, daß der sofortige Transport ohne Infusionstherapie vor Ort mit einer höheren Überlebenschance verbunden ist. In seiner Studie benötigten die Paramedics mit BLS im Schnitt neun Minuten bis zum Krankenhaus, bei ALS-Maßnahmen am Unfallort waren es 25 Minuten oder länger. Die Überlebensrate der Patienten mit Verletzungen, die prinzipiell therapierbar gewesen wären, lag in der BLS Gruppe bei 80% vs 38% in der ALS-Gruppe (GERVIN et al. 1982).

1987 konnte in einer prospektiven Studie von Ivatury aufgezeigt werden, dass Patienten mit penetrierendem Thoraxtrauma keinen Benefit von prähospitaler Stabilisierung der Vitalparameter haben-ein sofortiger Transport erhöht die Überlebenschancen signifikant (IVATURY et al., 1987).

Auch Pepe und Bickell bewiesen in einer prospektiven Studie einen Zusammenhang von präklinischem Zeitintervall und Mortalität bei Patienten mit penetrierendem Trauma (PEPE et al., 1986).

Demetriades kommt in seiner prospektiven Studie über „Paramedic vs private transportation of trauma patients“ zu dem Schluss, dass Patienten, die so schnell als möglich in die Klinik verbracht werden, eine signifikant höhere Überlebenschance haben, wobei die Verletzungsursachen (penetrierend und stumpf) gleich verteilt waren (DEMETRIADES et al., 1996).

Isenberg arbeitet in seiner Übersichtsarbeit zur Versorgung von Verunfallten heraus, dass in den meisten Fällen ALS keinen Benefit über BLS bei Verunfallten im urbanen Umfeld bringt. Es findet sich eine höhere Mortalitätsrate bei Patienten, die ALS erhalten (ISENBERG et al., 2005).

Durch die Einleitung und Durchführung einer Volumentherapie entsteht nach Turner ein Zeitverlust von 12 bis 15 Minuten (TURNER et al., 2000).

Pons hingegen berichtet im Rahmen einer prospektiven Studie von einer raschen und effizienten Durchführung der i.v.-Zugänge durch geschultes Personal und benennt den Zeitverlust lediglich mit zwei bis drei Minuten (PONS et al., 1988).

Bei Sampalis finden sich Angaben von sechs bis sieben Minuten Zeitverlust durch den i.v.-Zugang und fünf bis sechs Minuten Zeitverlust durch Verabreichung von Medikamenten. Diese

Ergebnisse wurden in einer prospektiven Studie herausgearbeitet (SAMPALIS et al., 1994). Beachtenswert ist, daß in dieser Studie die präklinischen Maßnahmen am Unfallort von in der Notfallrettung tätigen Ärzten durchgeführt werden, also besser mit den Daten aus unserem Rettungsdienstsystem vergleichbar sind.

1997 veröffentlichte Sampalis einen weiteren Artikel mit dem Fazit, dass die Einleitung und Durchführung einer Infusionstherapie die präklinischen Zeitintervalle signifikant verlängert und hierdurch zu einer Steigerung der Mortalitätsraten führt: "On-site intravenous fluid replacement was associated with a two fold increase in the risk of dying." (SAMPALIS et al., 1997).

Liberman stellt in seinem Review über "Advanced or basic life support for trauma: meta-analysis and critical review of the literature" fest: „The aggregated data...support the scoop and run approach“. Durch ALS-Maßnahmen am Unfallort wird die benötigte präklinische Zeit signifikant erhöht, was im weiteren einen negativen Effekt auf das Outcome der Patienten hat. Die Mortalitätsraten steigen um das 2,5fache im Vergleich zu BLS. Die Initiation und Durchführung einer Infusionstherapie bei Verletzten mit aktiver Blutung ist seiner Ansicht nach nicht nur ineffektiv, sondern sogar schädlich.

Auch nach einer prospektiven Studie von 2003 schlussfolgert Liberman, daß, speziell in städtischer Umgebung, ALS-Maßnahmen bei Traumapatienten keine positiven Effekte für die Patienten mit sich bringen (LIBERMAN et al., 2000/2003).

In einer Zusammenfassung von Soreide wird nochmals betont: das Ziel bei Verletzten mit penetrierendem Trauma ist es, einen hypovolämischen Herzstillstand während des Transportes zu vermeiden, gleichzeitig aber den Transport nicht zu verzögern oder den Blutdruck zu erhöhen (SOREIDE et al., 2005).

Eine weitere retrospektive Studie resümiert, daß präklinische ALS-Maßnahmen, wie das Legen eines i.v.-Zugangs mit Durchführung einer Infusionstherapie oder eine endotracheale Intubation, mit einer 2,6fach höheren Mortalitätsrate verbunden ist (SEAMON et al., 2007).

Eine aktuelle prospektive Studie von van der Velden zeigt auf, daß 83% der "golden hour" durch die präklinische Zeit verbraucht wird. In dieser Zeit werden bereits 81% aller notwendigen Interventionen durchgeführt. Eine zunehmende medizinische Ausbildung korreliert mit einem

Anstieg der Anzahl präklinischer Interventionen und diese mit einem Anstieg des präklinischen Zeitintervalls (van der VELDEN et al., 2008).

Bayeff-Filoff postuliert, daß, falls wegen einer schwierigen Rettung das präklinische Zeitintervall voraussichtlich verlängert wird, eine vorgezogene ärztliche Behandlung in Betracht zu ziehen ist (BAYEFF-FILOFF et al., 2002).

Es gibt auch Stimmen, die als Hauptfaktoren für ein verlängertes präklinisches Zeitintervall entweder die Durchführung von ALS oder die Verletzungsschwere selbst sehen (GRATTON et al., 1991).

Weitere Autoren sehen vornehmlich die Verletzungsschwere als Hauptfaktor für die benötigte präklinische Zeit, so z.B. JACOBS et al. 1984 und ECKSTEIN et al. 2000.

#### 1.4.2 Volumen

Es existiert in Hinblick auf die Art und Menge sowie auf die zeitliche Verabreichung des Volumens derzeit keine wissenschaftlich fundierte Empfehlung.

In einem in The Lancet erschienenen Artikel postuliert Roberts, daß derzeit angewandte Volumenmanagementregime bestenfalls als experimentell gelten können (ROBERTS et al., 2001).

Der Trend geht zunehmend in Richtung einer mehr individualisierten präklinischen Therapie mit Beachtung des Unfallmechanismus, der Verletzungsschwere und der physiologischen Bedingungen des jeweiligen Patienten.

Unterschiedlichste Studien erforschen bereits seit den 1950er Jahren präklinische Strategien in Hinblick auf die Volumentherapie. Volumenmanagementregime wie „keine Volumengabe“ über „small-volume-resuscitation“ (d.h. Bolusinjektionen von stark hyperosmolarer Kochsalz-Kolloid-Lösung von bis zu 4 ml/kgKG) bis zur forcierten Infusionstherapie mit unterschiedlichen Infusionslösungen, insbesondere von Kristalloiden, Kristalloiden und Kolloiden sowie, seit kurzem, auch hyperosmolaren Lösungen, wurden und werden weiterhin untersucht.

Lange Zeit war man überzeugt davon, daß das Erreichen von normalen Blutdruckwerten mittels Applikation von scheinbar unproblematischen Infusionslösungen zu einem besseren Outcome führe. In den 1950er und 1960er Jahren war an Tiermodellen aufgezeigt worden, daß die Versuchstiere, die Volumenersatz in Form von isotonischer Kochsalzlösung und zudem Blutprodukte erhalten, die besseren Überlebenschancen haben (WIGGERS et al., 1950; SHIRES et al., 1964). Die präklinische Infusionstherapie wird jedoch zunehmend kritisch gesehen.

Bereits im ersten Weltkrieg gab es bezüglich der frühen Volumensubstitution im Zusammenhang mit einem nachfolgend ansteigenden Blutdruck kritische Stimmen. So veröffentlichte Cannon 1918 folgende Gedanken: „...im Falle eines Schocks ist es möglich, daß ein Blutverlust keinen lebensbedrohlichen Grad erreicht. Dies geschieht aufgrund eines niedrigen Blutdrucks und einer niedrigeren Blutflußgeschwindigkeit, was der Bildung von notwendigen Blutclots zu Gute kommt. Falls der Blutdruck angehoben wird, bevor der Chirurg in der Lage ist, die Blutung zu kontrollieren, kann es zu einer zunehmenden Blutung und somit zu einem Verlust von Blut führen, das dringend benötigt werden würde...“ (CANNON et al., 1918).

Seit den 1960er, insbesondere aber seit den 1990er Jahren, melden sich immer mehr kritische Stimmen zu Wort, so z.B. SHAFTAN et al. 1965, CAPONE et al. 1995, OWENS et al. 1995, SAKLES et al. 1997, RHEE et al. 1998, STERN et al. 2001 und RAFIE et al. 2004, die in physiologischen Untersuchungen sowie in Versuchen am Tiermodell Probleme der Volumentherapie belegen.

So berichtet Mapstone in seinem Review über Flüssigkeitsersatzregime an Tiermodellen, daß, in allen betrachteten Studien, eine hypotensive Kreislaufregulation das Sterblichkeitsrisiko senkt (MAPSTONE et al., 2003).

In dem bereits zitierten Artikel von Roberts findet sich eine gute Übersicht über mögliche Risiken, die mit einer Infusionstherapie einhergehen. Fest steht, daß die Hämostase durch eine Infusionstherapie zu jedem Zeitpunkt der Gerinnung gestört werden kann. Durch die unterschiedlichen Zusammensetzungen und den daraus folgenden physikalischen wie chemischen Eigenheiten der Infusionslösungen kommt es zu unterschiedlichsten Auswirkungen. So verhindert z.B. Albumin in Infusionslösungen die thrombininduzierte Plateletaggregation in vitro und reduziert die Fibrinogenaktivität. Durch Dilution des Blutes werden auch die zur Verfügung stehenden Clotting Faktoren verdünnt. Hierdurch steigt die partielle Thromboplastinzeit und Clottingzeit deutlich an.

Es findet sich eine reduzierte Festigkeit von Clots und ein reduziertes Clotgewicht in vitro im Falle von Kolloidapplikation. Zusammen mit einem konsekutiv durch die Volumengabe erhöhten Blutdruck ist ein Wegreißen von Clots möglich (ROBERTS et al., 2001).

Hamilton aus Kanada beschäftigte sich in seiner Arbeit über „Fluid resuscitation of the trauma – how much is enough?“ mit den derzeitigen Versorgungsempfehlungen und -standards, den zu messenden Endpunkten einer Volumentherapie wie Vitalzeichen, Sauerstoffsättigung und Urinausscheidung sowie den speziellen Begebenheiten der urbanen und ländlichen Umgebung und gibt letztlich folgende Zusammenfassung / Empfehlungen: bei Transportzeiten bis 30 Minuten sollte das „Konzept“ des „scoop and run“ präferiert werden, bei Transportzeiten, die voraussichtlich mehr als 30 Minuten betragen, sollte eine adaptierte Volumenzufuhr erfolgen und iatrogene Gründe für eine Hypotension wie z.B. eine Analgosedierung möglichst vermieden werden. Jeder Patient muß regelmäßig klinisch reevaluiert werden. Letztlich hängt die zeitliche und quantitative Durchführung einer Infusionstherapie vom Verletzungstyp und der Verletzungsschwere sowie von der Entfernung zum nächstgelegenen geeigneten Krankenhaus ab (HAMILTON et al., 1996).

Im New England Journal of Medicine erschien 1994 der viel diskutierte Artikel von Bickell über seine prospektiv randomisierte Studie „Immediate vs delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries“, dessen Quintessenz war, dass bei hypotensiven Patienten mit penetrierendem Trauma des Rumpfes die Verzögerung einer Volumentherapie das Outcome verbessert.

Einschlusskriterien für diese Studie waren ein systolischer RR von  $< 90$  mmHg und ein penetrierendes Trauma des Rumpfes. Es konnten 598 Erwachsene zwei Studienarme eingeteilt werden, wobei alle Patienten zwei große periphervenöse Zugänge erhielten.

Bei den Patienten der ersten Studiengruppe wurde sofort mit einer Infusionstherapie begonnen, bei der zweiten Studiengruppe begann die Infusionstherapie erst im OP (respektive erhielten Patienten der zweiten Gruppe innerhalb des präklinischen Zeitintervalls von etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde eine reduzierte Volumenmenge von bis zu 375 ml).

Die „delayed volume group“ hatte weniger Komplikationen (23% vs 30%), benötigte weniger Volumen um intraoperativ einen RR von 100 mmHg zu halten, hatte eine kürzere Krankenhausaufenthaltsdauer und eine insgesamt bessere Gesamtüberlebensrate - die Mortalität betrug in der delayed volume group 30%, in der immediate volume group 38% (BICKELL et al., 1994).

Viele Experten schlossen sich der Schlussfolgerung von Bickell an und plädieren im Falle eines penetrierenden Traumas / bei unkontrollierten Blutungen für keine respektive eine reduzierte Volumengabe, z.B. BANERJEE et al. 1994, SAMPALIS et al. 1997, RIDDEZ et al. 1998, SHAH et al. 1998, HYDE et al. 1999, NOLAN et al. 1999, KRAUSZ et al. 2001, TRUNKEY et al. 2001.

Die Verwendung von hyperosmolaren Lösungen wird kontrovers diskutiert. Diese Lösungen sind in der Lage durch Mobilisierung von intra- und interzellulärem Volumen sowohl im Tierversuch als auch beim Menschen, je nach Infundierungsgeschwindigkeit, einen (z.T. sehr) schnellen und anhaltenden Blutdruckanstieg zu verursachen, was im Falle von chirurgisch noch nicht kontrollierten Blutungen konsekutiv zu Komplikationen führen kann. Zudem steigt im Vergleich zu isotonischen Volumenersatzmitteln der Blutdruck stärker an und die Verdünnung des Blutes liegt höher (KRAMER et al., 1986; VASSAR et al., 1990/1991/1993; WADE et al., 1990; MATTOX et al., 1991; YOUNES et al., 1992; BICKELL et al. 1992).

Lilly untersuchte die sog. „small-volume-resuscitation“ (eine Infusionstherapie mit Verabreichung geringer Mengen hyperosmolarer Kochsalz-Kolloid-Lösungen), an einem Tiermodell und kam zu dem Schluss, dass die langsame Verabreichung kleiner Mengen dieser Volumenersatzmittel für die Patienten von Vorteil sein kann, insbesondere, wenn der Blutdruck dadurch nicht erhöht wird (LILLY et al., 1992).

Im Jahre 2003 erschien ein Studienbericht von Wade, in der Verletzte mit penetrierendem Trauma des Rumpfes präklinisch entweder eine bestimmte Menge (250 ml) an hypertoner Kochsalz-Kolloid-Lösung oder eine normale Kochsalzlösung erhielten. In dieser Studie konnten positive Effekte der Verabreichung hyperosmolarer Lösungen in Hinblick auf die Überlebensraten bei Verletzten mit penetrierendem Trauma des Rumpfes gefunden werden - insbesondere bei den Patienten, die eine chirurgische Intervention benötigten (WADE et al., 2003).

Eine im Jahre 2006 veröffentlichte Zusammenfassung der derzeitigen Studienlage über die präklinische Volumentherapie bei Traumapatienten, veröffentlicht von der AG Notfallmedizin der DGU, gibt folgende Empfehlungen: Legen zweier großkalibriger i.v.-Zugänge, verletzungsspezifische Anpassung der Volumentherapie, bei nicht kontrollierbaren Blutungen liegt der anzustrebende Zielblutdruck bei 90 mmHg, Kontraindikation einer Volumentherapie bei penetrierenden Verletzungen, Sonderstellung der Verletzten mit SHT, Verwendung von Ringer-

Lösung, ggf. mit Anion, und ggf. hyperosmolarer Kochsalz-Kolloid-Lösungen, dies insbesondere bei Schädel-Hirn-Trauma (SHT) und penetrierender Verletzung (RAUM et al., 2006).

### 1.4.3 Blutdruck

Lange Zeit wurde, wie eben beschrieben, eine relativ hohe präklinische Flüssigkeitszufuhr als Goldstandard angesehen und man war überzeugt davon, daß ein Erreichen von normalen Blutdruckwerten durch eine bessere Sauerstoffversorgung durch eine bessere Durchblutung lebenswichtiger Organe zu einem Benefit für den Patienten führe.

Es wurden physiologische Untersuchungen sowie insbesondere Versuche am Tiermodell angefertigt, die auf grundlegende Probleme der Volumentherapie und den nachfolgenden Anstieg des Blutdrucks hinweisen. So führt ein Blutdruckanstieg durch das Wegreißen weicher neugebildeter Thromben zu höheren Blutverlusten (SHAFTAN et al., 1965).

Arbeiten über die Verabreichung von Volumenersatzmitteln und deren negative Auswirkungen auf Blutdruck und Outcome, insbesondere die Mortalitätsraten, wurden in immer größerer Zahl angefertigt z.B. CAPONE et al. 1995, OWENS et al. 1995, SAKLES et al. 1997, RHEE et al. 1998, STERN et al. 2001, ROBERTS et al. 2001, MAPSTONE et al. 2003 und RAFIE et al. 2004.

Hier der neuerliche Verweis auf die bereits zitierte Arbeit von Cannon aus dem ersten Weltkrieg: das Anheben des Blutdrucks vor der Möglichkeit einer chirurgischen Kontrolle führt zu erhöhten Blutverlusten mit verschlechtertem Outcome (CANNON et al., 1918).

Dries veröffentliche 1996 einen Artikel, aus dem hervorgeht, daß die Ergebnisse klinischer Studien konform mit Ergebnissen von Studien am Tiermodell laufen: die präklinische Anhebung des Blutdrucks aggraviert Blutungen und steigert die Mortalitätsraten (DRIES et al., 1996).

Neue Konzepte bezüglich des anzustrebenden Blutdrucks bei unterschiedlichen Verletzungsmustern mussten und müssen weiterhin entwickelt werden.

Im Bereich der Anästhesie und Intensivmedizin existiert der Begriff der kontrollierten Hypotension, bei denen der systolische Zieldruck respektive der arterielle Mitteldruck (MAP) mit der

Prämisse des Erhalts der Organperfusion und –funktion zwischen 80 und 90 mmHg respektive ein MAP zwischen 60-70 mmHg eingestellt wird. Bei eben genannten Druckwerten ist die Durchblutung und Sauerstoffversorgung der lebenswichtigen Organe gewährleistet, wobei gleichzeitig Blutverluste durch eine ungestörte Thrombusbildung reduziert werden können.

Das Konzept der kontrollierten Hypotension findet Anwendung im operativen Bereich, z.B. im Bereich der Gefäßchirurgie, oder aber bei Verletzten mit Polytrauma im Rahmen ihres intensivstationären Aufenthalts, wobei Verletzungen des Rückenmarks, das Vorliegen eines SHT oder eine eingeschränkte Organfunktion hierfür Ausschlußkriterien sind.

Die Grundlage für das auch heute noch gültige Konzept der kontrollierten Hypotension wurde bereits 1917 von Cushing im Bereich der Neurochirurgie entwickelt (CUSHING et al., 1917).

1966 wurde in einer weiteren Arbeit bestätigt, daß eine milde kontrollierte Hypotension in der Lage ist intraoperative Blutverluste zu vermindern (ECKENHOFF et al., 1966).

Präklinisch kann durch eine restriktive Flüssigkeitsersatztherapie, oder aber, wenn nötig, durch die Applikation von positiv-inotropen respektive vasoaktiven Substanzen, ein systolischer Blutdruck um 90 mmHg erreicht oder gehalten werden. Dieses Vorgehen wird mit dem Begriff der permissiven Hypotension beschrieben. Die permissive Hypotension kann bei Patienten mit penetrierendem und / oder stumpfem Trauma ohne traumatische Hirnbeteiligung oder Rückenmarkverletzung und ohne erwartete kardiovaskuläre Erkrankungen oder eingeschränkte Organfunktion (Alter) von Vorteil sein. Das Konzept der permissiven Hypotension wird in mehreren Studien als nicht schädlich bis günstig beurteilt (KREIMEIER et al., 2002).

Eine der grundlegenden Studien zur permissiven Hypotension war an einem Tiermodell von Kowalenko mit folgenden Schlußfolgerungen durchgeführt worden: der Versuch, präklinisch eine Normotension durch eine aggressive Volumensubstitution zu erreichen, steigert, im Falle von unkontrollierbaren Blutungen, signifikant die Blutungsmenge und die Mortalitätsraten. Das Beibehalten eines hypotensiven Blutdrucks mit vorsichtiger Volumenapplikation führt zu geringeren Blutverlusten (KOWALENKO et al., 1992).

Gleiches wird von Stern beschrieben: Versuche, eine Normotension mittels Kristalloiden zu erreichen, resultierten in gesteigerten Blutverlusten und Mortalitätsraten (STERN et al., 1993).

Auch Capone resümiert, daß eine hypotensive Volumentherapie zu geringerer Acidämie und verbesserten Langzeitüberlebensraten führt (CAPONE et al., 1995).

Im Jahre 2005 wurde in Amerika eine Umfrage unter einer großen Anzahl von Chirurgen mit langjähriger Berufserfahrung im Bereich der Notfallmedizin zum Thema der Therapie einer epigastrischen Schusswunde mit Schock bei einer veranschlagten Transportzeit zwischen 20-40 Minuten durchgeführt. 66.0% der Befragten plädierten für eine relativ hypotensive Kreislaufsituation (syst. RR ~ 80 mmHg) und lediglich 25.3% für normale systolische Blutdruckwerte von 100 bis 120 mmHg. Die Verabreichung der Volumenmenge erfolgte entweder in Boli oder kontinuierlich. Insgesamt aber hängen die Empfehlungen der Befragten sehr von der benötigten Transportzeit in die Klinik ab (SALOMONE et al., 2005).

Dutton berichtet in dem Schlussteil seiner Arbeit über die hypotensive Infusionstherapie während aktiver Blutung und deren Auswirkung auf die innerklinische Mortalität „...lower than normal systolic blood pressure did not affect mortality...“ (DUTTON et al., 2002).

## **1.5 Aktuelle Leitlinien und Algorithmen**

Alle oben genannten Erkenntnisse sind bereits in einer im Jahre 2000 entwickelten und im „Logbuch der Notfallmedizin: Algorithmen und Checklisten“ veröffentlichten Empfehlung zum präklinischen Management von Schuss- und Stichverletzungen zusammengefasst: oberste Priorität hat der schnelle Transport des Verletzten in eine geeignete Klinik. Maßnahmen wie Sauerstoffgabe und Anlage eines venösen Zugangs, ohne Volumengabe, dürfen den Transport nicht verzögern. Im Notfall darf reanimiert, ein Spannungspneumothorax entlastet, intubiert und Volumen sowie Katecholamine verabreicht werden, jedoch sollte all dies nur bei eindeutiger Indikation oder verlängerter Anfahrtszeit zur versorgenden Klinik durchgeführt werden (KANZ et al., 2000).

In den aktuellen Leitlinien der DGU über die präklinische Volumentherapie bei Traumapatienten finden sich unten angeführte Empfehlungen.

Nach dem Legen zweier großkalibriger i.v.-Zugänge muß eine verletzungsspezifische Anpassung der Volumentherapie erfolgen. Bei einem penetrierenden Trauma wird empfohlen, keine Volumentherapie durchzuführen. Wenn eine Volumentherapie notwendig ist, wird empfohlen Ringer-Lösungen, ggf. mit Anion, zu infundieren. Insbesondere bei penetrierenden Verletzungen

ist die Applikation hyperosmolarer Kochsalz-Kolloid-Lösungen in Erwägung zu ziehen. Bei nicht kontrollierbaren Blutungen liegt der anzustrebende Zielblutdruck bei 90 mmHg (RAUM et al., 2006).

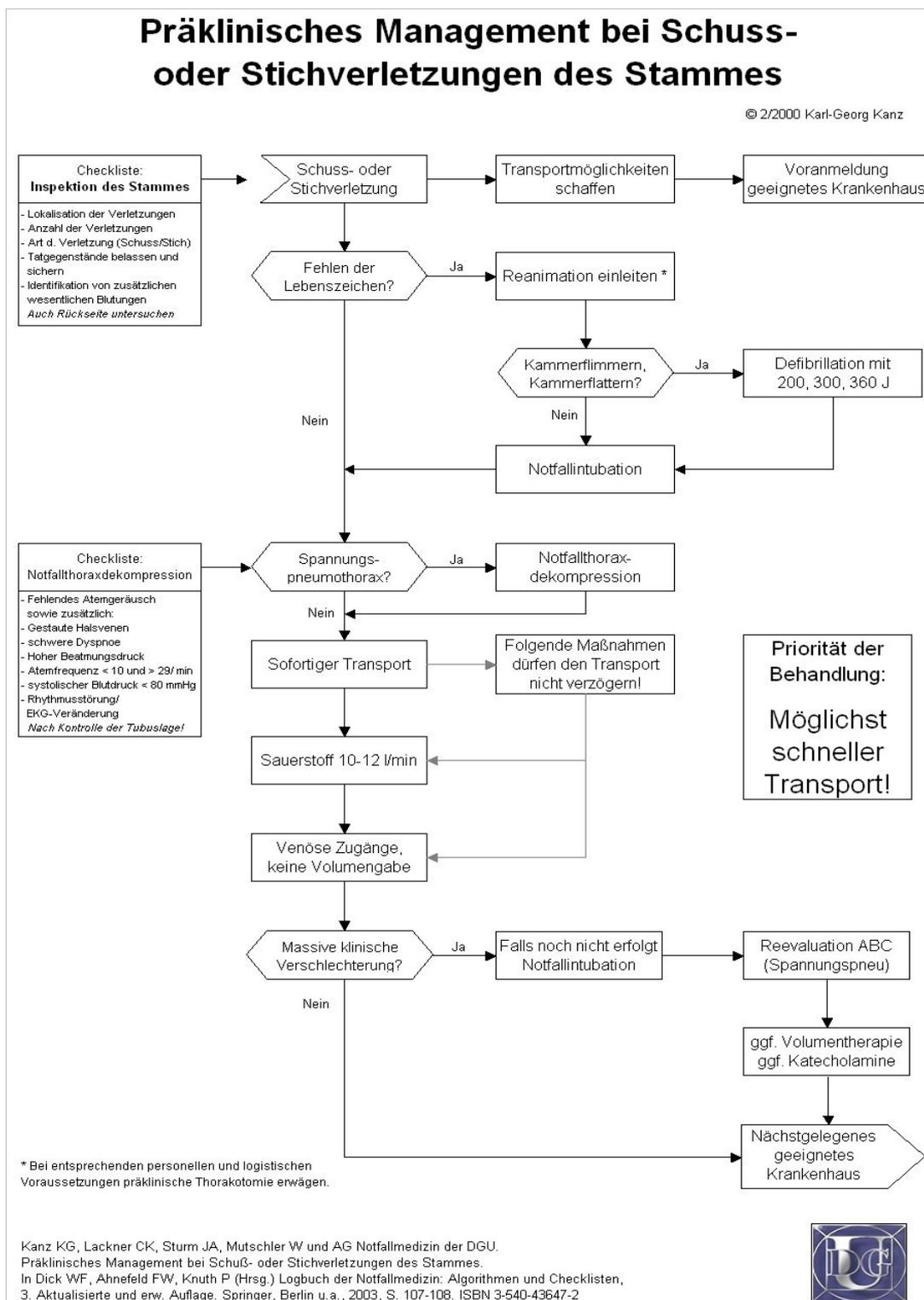


Abbildung 1: präklinisches Management bei Schuss- oder Stichverletzungen des Stammes

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Kollektiv**

Grundlage unserer Auswertung bildeten Daten des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) über den Zeitraum von 1993 bis einschließlich 2004.

Zum Zeitpunkt der Auswertung waren insgesamt 20.815 Datensätze im Traumaregister erfasst.

Von diesen Datensätzen verwandten wir nur diejenigen der Patienten, von denen Angaben zum Verletzungsmechanismus, zum AIS-Score sowie zum präklinisch verabreichten Volumen und weiter zur Inzidenz von MOV und zur Mortalität vorhanden waren.

Es ergaben sich durch ebengenannte Auswahlkriterien und die weitere Subgruppenbildung Datensätze mit unterschiedlich hohen Fallzahlen.

Größtenteils konnten wir unsere Auswertungen auf 11.747 Patientendaten beziehen, wovon 919 Patienten ein penetrierendes Trauma erlitten hatten.

Es wurden alle Patienten mit penetrierendem Trauma ausgewertet. Diese wurden zum Teil isoliert betrachtet, zum Teil mit Patienten mit stumpfem Trauma verglichen.

### **2.2 Methodik**

#### **2.2.1 Das Traumaregister der DGU und der Erhebungsbogen**

Das Traumaregister dokumentiert den initialen Zustand und die weitere Versorgung eines Schwerverletzten prospektiv zu 5 definierten Zeitpunkten (A bis E) unter repetitiver Erhebung diverser Parameter. Unter Verwendung dieser Rohdaten lassen sich verschiedene Scores ableiten respektive errechnen.

Auf Basis der Daten des Traumaregisters können Analysen zu prioritätengerechten Behandlungsstrategien an großen Subkollektiven Schwerverletzter mit unterschiedlichen Verletzungsmustern durchgeführt werden. Durch Erkenntnisse über die Abläufe der Schwerverletztenversorgung können im Laufe der Zeit Richtwerte für wesentliche Behandlungsabschnitte erhoben und somit Verbesserungsansätze ermittelt werden (NAST-KOLB et al., 2000).

Bis Ende 2004 stellten mehr als 98 Kliniken (davon 88 Kliniken in Deutschland, acht in Österreich, je eine in der Schweiz und den Niederlanden) die Daten Ihrer Schwerverletzten,

erhoben durch den Dokumentationsbogen der DGU, einer der zentralen EDV-Datenbanken in Köln, Celle oder Essen zur Auswertung zur Verfügung.

Für unsere Analyse lagen somit letztlich internationale Daten aus Mitteleuropa, insbesondere jedoch aus Deutschland, vor.

Zum Zeitpunkt A (Prälinik) erfolgt die Erhebung von Vitalparametern (wie Blutdruck (RR), Atemfrequenz, Herzfrequenz), des Glasgow Coma Scales (GCS), des NACA-Indexes (National Advisory Committee for Aeronautics) und aller offensichtlichen Verletzungen. Desweiteren werden die durchgeführten präklinischen Therapien wie Intubation, Analgosedierung, Herzmassage, Gabe von Katecholaminen, Legen einer Thoraxdrainage sowie Art und Menge der Volumentherapie erfasst.

In der Notaufnahme (Zeitpunkt B) werden Vitalparameter und der GCS, diagnostische Maßnahmen sowie der Verlauf und die Therapie bis zur Aufnahme auf die Intensivstation notiert.

Auf der Intensivstation (Zeitpunkt C) erfasst das Traumaregister Vitalparameter, Organversagen per SOFA-Score (Sequential Organ Failure Assessment Score), die Inzidenz von Multiorganversagen, den SAPS-Score (Simplified Acute Physiology Score), Sepsis, diverse Labordaten, Therapien, Aufenthaltsdauer und Beatmungstherapie.

Zum Zeitpunkt D, dem vorläufigen Abschluss der Datenerfassung, werden Vorerkrankungen, Diagnosen nach ICD 10 - Schlüssel, Operationen, Therapieschemata, der Glasgow Outcome Scale und die Entlassung notiert.

Der Zeitpunkt E dient der Erfassung des Langzeit - Outcomes nach 2 Jahren.

Aus den erfassten Daten können dann u.a. verschiedene Scores berechnet werden.

Wir entschieden uns zur Verwendung des AIS-Scores (Abbreviated Injury Severity Score) und des TRISS (Trauma and Injury Severity Score), die im Folgenden näher erläutert werden.

## 2.2.2 Scores

### 2.2.2.1 Allgemeines

Es existieren mehrere Anwendungsbereiche für Scores. Scores werden u.a. zur Triage von Patienten (Erkennen Schwerverletzter und Transport in ein geeignetes Traumazentrum), zum Erleichtern klinischer Entscheidungen (Erfassen der Verletzungsschwere, Wahl der Diagnostik und der Therapie), zur Entwicklung und Planung von Traumasystemen, zum Qualitätsmanagement, für epidemiologische Untersuchungen sowie für Kostenuntersuchungen verwandt.

Am Unfallort werden Scores wie der GCS und der (T)RTS ((Triage) Revised Trauma Score) verwandt. Nach Abschluss der bildgebenden Diagnostik wird der AIS-Score (Abbreviated Injury Severity Score), der ISS (Injury Severity Score) und der TRISS (Trauma and Injury Severity Score) errechnet.

Auf der Intensivstation wendet man unter anderem den APACHE-Score (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation Score: Verlauf und Überlebenswahrscheinlichkeit eines Patienten der Intensivstation), den SAPS (Simplified Acute Physiology Score: Mortalitätsprediktor) und den SOFA-Score (Sequential Organ Failure Assessment Score: Morbidität, Organversagen) an.

### 2.2.2.2 AIS-Score - Abbreviated Injury Severity Score

Der AIS-Score (Abbreviated Injury Severity Score) ist ein international anerkannter rein anatomischer Score, der 1971 von der Association for the Assessment for Automotive Medicine (AAAM) entwickelt und eingeführt wurde. Er unterteilt den Körper in sechs Regionen: Kopf, Hals, Brustkorb, Abdomen, Becken und Extremitäten. Bewertet wird der Grad der Verletzung jeder Region mit Zahlen von eins bis sechs. Der AIS-Score kann erst nach Komplettierung der Diagnostik bestimmt werden. Für die Zuteilung der einzelnen Verletzungen zu dem korrekten Punktescore existieren Listen der AAAM, in denen der für die jeweilige Verletzung zugehörige Punktwert verzeichnet ist, wobei die Fassung von 1998 für unsere Analyse galt. Inzwischen bestehen neue Listen, wobei die aktuelle Fassung eine bessere Abbildung der Verletzten mit penetrierendem Trauma zu haben scheint.

In die AIS-Gruppe 1 oder 2 werden diejenigen Verletzten eingestuft, die „gering bis mäßig schwer“ verletzt sind. AIS-Gruppe 3 bedeutet „schwere, aber nicht lebensbedrohliche Verletzungen“. Der AIS-Gruppe 4 werden Patienten mit schweren und lebensbedrohlichen Verletzungen zugeordnet. Wird ein Patient mit einem AIS-Score 5 eingestuft, so ist dessen

Überleben unsicher. Ein AIS-Score von 6 bedeutet eine tödliche, derzeit nicht behandelbare Verletzung.

### 2.2.2.3 TRISS - Trauma and Injury Severity Score

Der TRISS (Trauma and Injury Severity Score) wurde 1987 von Boyd entwickelt (BOYD et al., 1987). Dies ist ein aus mehreren Parametern wie z.B. dem Alter, dem RTS (beinhaltet Atemfrequenz, systolischen Blutdruck und GCS), dem ISS und dem Verletzungsmechanismus (stumpf oder penetrierend) erstellter Score, der die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einem Trauma annähernd bestimmen kann. Die Regressionskoeffizienten wurden für diverse Subpopulationen modifiziert und basieren auf einer großen Studie aus Amerika, der MTOS „major trauma outcome study“ des American College of Surgeons von 1990.

Der TRISS besitzt bezüglich der Sterblichkeit eines Patienten den derzeit besten Vorhersagewert - im Vergleich zum ISS, der das Mortalitätsrisiko eher überschätzt, und zum ASCOT (A Severity Characterization Of Trauma, eine Weiterentwicklung des TRISS, 1990 von Champion et al. entwickelt), der das Mortalitätsrisiko eher unterschätzt. Dem TRISS wird eine gute Vorhersage der Überlebenswahrscheinlichkeit im Rahmen eines penetrierenden Traumas zugesprochen (ZHU et al., 1998).

Der TRISS-Wert 0 entspricht einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 0%, der Wert 1 einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 100%. Mit Hilfe des TRISS kann man die vorausgesagte mit der tatsächlichen Letalität vergleichen. Die Berechnung wird folgendermaßen durchgeführt:

Überlebenswahrscheinlichkeit =  $1/(1+e^{-b})$  mit  $b = b_0 + b_1(\text{RTS}) + b_2(\text{ISS}) + b_3(\text{Alter})$ ;

Konstanten für penetrierende Traumata  $b_0$ : - 0,6029,  $b_1$ : 1,1430,  $b_2$ : 0,1516,  $b_3$ : - 2,6676.

### 2.2.2.4 ISS - Injury Severity Score

Aus dem AIS-Score ist es möglich den ISS (Injury Severity Score) zu berechnen. Er ist ein weiterer rein anatomischer Score, der 1974 durch Baker entwickelt wurde (BAKER et al., 1974 / 1976). Hierzu werden die drei am schwersten verletzten Körperregionen identifiziert, deren Punktwerte quadriert und diese dann addiert. Es ergeben sich Scorewerte zwischen eins und 75. Schwerverletzt sind Patienten ab einem ISS von 16, womit ein 10%iges Mortalitätsrisiko besteht. Wird einer einzelnen Verletzung der AIS-Wert 6 zugeordnet, resultiert definitionsgemäss der maximale Score von 75. Der ISS korreliert gut mit dem Überleben, der Behandlungsdauer, der Beatmungsdauer, der zu erwartenden Invalidität und dem Blutkonservenbedarf.

### 2.2.3 Subgruppeneinteilung

Unser Hauptaugenmerk lag auf der Analyse der präklinischen Versorgung von Verletzten mit penetrierendem Trauma, insbesondere auf dem präklinischen Volumenmanagement, und auf den Auswirkungen dieser Versorgung in Hinblick auf verschiedene Outcome-Parameter wie die Gesamtaufenthaltsdauer, die Entwicklung von MOV sowie die Früh- und Spätmortalität.

Im Erhebungsbogen des Traumaregisters der DGU wird das verabreichte Volumen und die Blutdruckwerte zu bestimmten Zeitpunkten der Versorgung sowie, nach exaktem Scoring auf der Intensivstation, auch der AIS-Score dokumentiert.

Wir entschieden uns zu folgender Subgruppenbildung:

zunächst erfolgte die Einteilung nach Verletzungsart (stumpf / penetrierend) und Verletzungsschweregrad unter Verwendung der AIS-Score-Einteilung. Hierauf basierend wurde die weitere Subgruppenbildung unter Verwendung von Volumenmengen und systolischen Blutdruckmittelwerten durchgeführt. Anschließend analysierten wir den Zusammenhang zwischen der präklinischen Versorgung und dem Outcome. Als Outcomeparameter definierten wir die Gesamtaufenthaltsdauer, die Häufigkeit der Entwicklung von MOV sowie die Früh- und Spätmortalitätsrate.

#### 2.2.3.1 Verletzungsschweregrad

##### 2.2.3.1.1 AIS-Score-Gruppen

Die Verletzungsschwere wurde unter Verwendung des AIS-Scores in folgende vier Gruppen eingeteilt: AIS 0-2 (leicht bis mäßig schwer verletzt), AIS 3 (schwer, nicht lebensbedrohlich verletzt), AIS 4 (schwere, lebensbedrohliche Verletzungen) und AIS 5/6 (schwerst verletzt, Überleben unsicher bis unwahrscheinlich).

##### 2.2.3.1.2 TRISS-Gruppen

Bei den entscheidenden Aussagen unserer Arbeit verwandten wir zur weiteren Validierung den TRISS, da dieser Score im Gegensatz zum AIS-Score bereits Parameter wie den GCS, den systolischen RR, die Atemfrequenz, das Alter, den ISS und den Verletzungsmechanismus berücksichtigt und somit homogene Gruppen entstehen.

Die Einteilung nach TRISS gestalteten wir folgendermaßen: TRISS >95%, 75-95% und < 75%.

Wir kontrollierten hiermit die Outcomeparameter Gesamtaufenthaltsdauer, Inzidenz von Multiorganversagen und 28-Tage-Mortalität.

### 2.2.3.2 Volumen

Die Volumenmengen wurden in drei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe erhielt bis 500 ml, die zweite Gruppe 500 bis 1000 ml und die dritte Gruppe über 1000 ml an Infusionslösungen. Weiterhin erfolgte eine Unterscheidung zwischen präklinisch und klinisch verabreichtem Volumen.

### 2.2.3.3 Blutdruck

Der systolische Blutdruck wurde in drei Hauptgruppen unterteilt: Blutdruck unter 80 mmHg (Patient im Schock), Blutdruck 80 bis 90 mmHg (niedrig-stabil) und über 90 mmHg (Patient mit weitgehend stabilen Kreislaufverhältnissen).

Auch hier erfolgte die Unterscheidung in präklinisch gemessenen RR und RR-Wert bei Aufnahme in die Klinik.

## 2.3 Statistische Methoden

Die Daten wurden mittels relativer Häufigkeit, in Kontingenztafeln sowie in Tabellen mit Mittelwert, Median und Standardabweichung dargestellt.

Zur statistischen Auswertung wurde der Chi-Quadrat-Test für unverbundene Stichproben und der Student-t-Test angewandt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Epidemiologie

##### 3.1.1 Anteil penetrierende und stumpfe Verletzungen

Von den 20.815 dokumentierten und registrierten Fällen, im Zeitraum von 1993 bis einschließlich 2004, waren 95,3% durch stumpfe und lediglich 4,7% durch penetrierende Traumata bedingt.

##### 3.1.2 Geschlechtsverteilung

Der Prozentsatz der männlichen Verletzten beträgt bei den penetrierenden Traumata 84,0%, bei stumpfem Verletzungsmodus 72,0%.

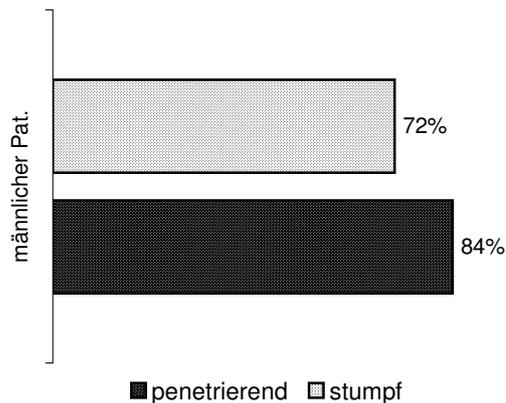


Abbildung 2: Anteil männlicher Verletzter bei penetrierendem respektive stumpfem Trauma

		Geschlechtsverteilung		Gesamt
		weiblich	männlich	
penetrierend	Anzahl	165	853	1018
		16,2%	83,8%	100,0%
stumpf	Anzahl	5541	14033	19574
		28,3%	71,7%	100,0%
Gesamt	Anzahl	5706	14886	20592
		27,7%	72,3%	100,0%

Tabelle 1: Geschlechtsverteilung

### 3.1.3 Mittleres Alter

Das mittlere Alter bei penetrierenden Verletzungen liegt bei 38,7 Jahren, bei stumpfem Verletzungsmodus bei 40,6 Jahren.

Verletzte mit penetrierendem Trauma sind jünger, als Verletzte mit stumpfem Trauma ( $p < 0.001$ ).

	Mittelwert	Anzahl	Standardabweichung	Median
penetrierend	38,68	1032	18,259	35
stumpf	40,62	19554	20,366	37
Gesamt	40,53	20586	20,27	37

Tabelle 2: Altersverteilung / mittleres Alter zum Traumazeitpunkt

### 3.1.4 Monotraumata

43,5% der Patienten mit penetrierender Verletzung und 23,8% der Patienten mit stumpfer Verletzung erlitten ein Monotrauma, d.h. eine Region erreicht einen AIS-Score  $\geq 3$ , ist also schwerverletzt, alle anderen Regionen erreichen einen AIS-Score  $< 1$ .

Patienten mit penetrierendem Trauma haben eine höhere Monotraumarate als Verletzte mit stumpfem Trauma ( $p < 0.001$ ).

		Monotrauma		Gesamt
		Nein	Ja	
penetrierend	Anzahl	517	398	915
		56,5%	43,5%	100,0%
stumpf	Anzahl	13750	4302	18052
		76,2%	23,8%	100,0%
Gesamt	Anzahl	14267	4700	18967
		75,2%	24,8%	100,0%

Tabelle 3: Monotraumata

### 3.1.5 Verletzungsursache

In der Verletzungsursache nimmt bei den penetrierenden Traumata mit 39,6% der Unfall die führende Position ein. Darauf folgt mit 19,9% der Suizidversuch/Suizid.

In Deutschland stehen die durch Gewaltverbrechen verursachten penetrierenden Traumata mit einem Anteil von 14,8% an letzter Stelle der erfassten Verletzungsursachen.

		Verletzungsursache				
		Unfall	Gewaltverbrechen	v.a. Suizid	Andere	Gesamt
penetrierend	Anzahl	392	147	197	255	991
		39,6%	14,8%	19,9%	25,7%	100,0%
stumpf	Anzahl	16300	77	911	1877	19165
		85,1%	0,4%	4,8%	9,8%	100,0%
Gesamt	Anzahl	16692	224	1108	2132	20156
		82,8%	1,1%	5,5%	10,6%	100,0%

Tabelle 4: Verletzungsursachen

**Ursachen für penetrierende Traumata**

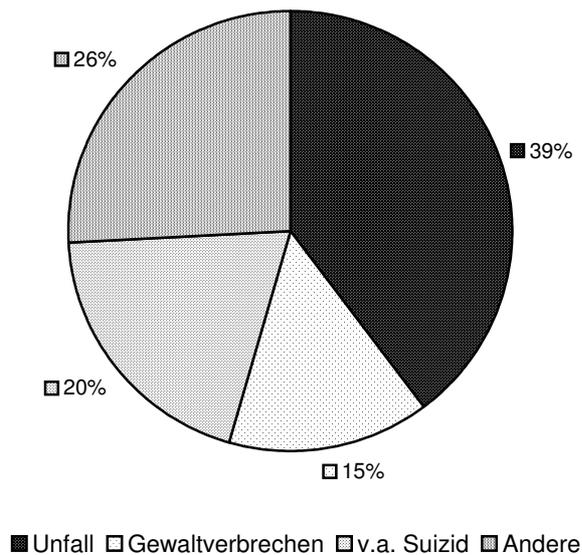


Abbildung 3: Ursachen für penetrierende Traumata

## 3.1.6 GCS und RR

Patienten mit penetrierenden Verletzungen haben bei Ankunft des Notarztes am Unfallort einen höheren mittleren GCS-Wert, als Verletzte mit stumpfem Trauma ( $p < 0.001$ ).

Der Mittelwert des initial gemessenen systolischen Blutdrucks beträgt bei Patienten mit penetrierender Verletzung 113 mmHg, bei Verletzten mit stumpfem Trauma 118 mmHg.

		syst. RR (A)	GCS (A) Gesamtwert
penetrierend	Mittelwert	113,29	11,64
	Anzahl	771	815
	Median	120,00	15,00
stumpf	Mittelwert	118,35	10,91
	Anzahl	13779	14695
	Median	120,00	13,00
Gesamt	Mittelwert	118,08	10,95
	Anzahl	14550	15510
	Median	120,00	14,00

Tabelle 5: Mittelwerte präklinischer GCS und syst. RR; penetrierend vs stumpf

Bewusstlos, d.h. ein GCS von  $\leq 8$  am Unfallort, sind etwa ein Viertel (25,5%) der Verletzten mit penetrierendem und fast ein Drittel (31,6%) mit stumpfem Trauma.

Es sind weniger Verletzte mit penetrierendem als mit stumpfem Trauma bei Ankunft des Notarztes bewusstlos (GCS  $< 8$ ) ( $p < 0.001$ ).

		GCS (A) $\leq 8$		Gesamt
		Nein	Ja	
penetrierend	Anzahl	607	208	815
		74,5%	25,5%	100,0%
stumpf	Anzahl	10049	4646	14695
		68,4%	31,6%	100,0%
Gesamt	Anzahl	10656	4854	15510
		68,7%	31,3%	100,0%

Tabelle 6: Anteil der präklinisch bewusstlosen Patienten (GCS  $\leq 8$ ); penetrierend vs stumpf

### 3.1.7 Gesamtaufenthaltstage

Im Schnitt verbringen Patienten mit einem AIS  $\leq 2$  elf Tage in der Klinik. In der Gruppe AIS 3 sind es im Schnitt 27 Tage und in der Gruppe AIS 4 bleiben die Patienten im Durchschnitt 24 Tage. Die Schwerstverletzten haben eine durchschnittliche Gesamtaufenthaltsdauer von 18 Tagen.

AIS	Mittelwert Gesamtaufenthaltstage	Anzahl
$\leq 2$	10,62	125
3	27,42	291
4	24,14	138
5 und 6	17,97	178
Gesamt	21,63	732

Tabelle 7: Mittelwert der Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von AIS-Gruppe; penetrierend

## 3.2 Behandlung

### 3.2.1 Präklinik

#### 3.2.1.1 Präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit penetrierendem Trauma

Die Zeit bis zum Absetzen des Notrufs kann nicht festgestellt werden. Im Mittel erreicht der Notarzt nach Alarmierung nach 20 Minuten den Unfallort. 30 Minuten verstreichen, bevor der Transport begonnen wird. Nach weiteren 17 Minuten trifft er mit dem Patienten in der Klinik ein. Die insgesamt benötigte Zeit von der Alarmierung bis zum Erreichen des Schockraums beträgt im Mittel 66 Minuten. Das präklinische Zeitintervall bei Verletzten mit penetrierendem Trauma ist deutlich kürzer als jenes von Verletzten mit stumpfem Trauma (im Mittel 71 Minuten) ( $p < 0.001$ ).

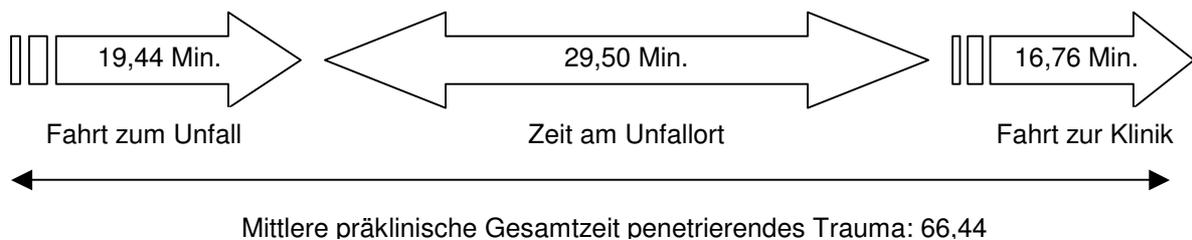


Abbildung 4: präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit penetrierendem Trauma

#### 3.2.1.2 Präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit stumpfem Trauma

Bei Patienten mit stumpfer Verletzung liegt die präklinisch benötigte Zeit höher als bei Verletzten mit penetrierendem Trauma: 71 Minuten. Davon 20 Minuten Anfahrt ( $p=0.705$ ), 32 Minuten notärztliche Arbeit vor Ort ( $p=0.018$ ) und 19 Minuten Fahrzeit zur Klinik ( $p < 0.001$ ).

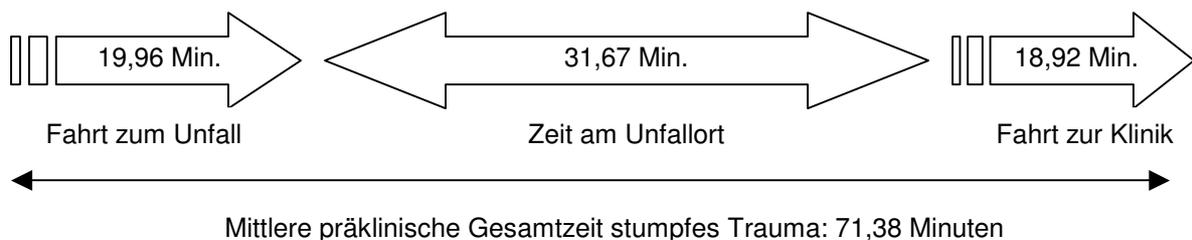


Abbildung 5: präklinischer Zeitverlauf bei Verletzten mit stumpfem Trauma

Zeitbedarf in Minuten		Alarm – Ankunft Unfallort	On-scene-time	Fahrzeit zur Klinik	Gesamtzeit Alarm - Klinik
penetrierend	Mittelwert	19,44	29,50	16,76	66,44
	Anzahl	415	457	381	737
	Standardabweichung	27,410	19,261	12,238	38,661
	Median	14,00	26,00	14,00	60,00
stumpf	Mittelwert	19,96	31,67	18,92	71,38
	Anzahl	8505	8892	7791	13359
	Standardabweichung	25,901	19,090	16,125	40,837
	Median	15,00	28,00	15,00	65,00
Gesamt	Mittelwert	19,93	31,56	18,82	71,12
	Anzahl	8920	9349	8172	14096
	Standardabweichung	25,972	19,103	15,971	40,740
	Median	15,00	28,00	15,00	65,00

Tabelle 8: präklinischer Zeitverlauf; penetrierend vs stumpf

### 3.2.1.3 Präklinische Volumengabe

Die Ergebnisse zur präklinischen Volumengabe folgen unter „3.3 Volumen“.

### 3.2.1.4 Präklinische Intubationen

49,9% der Verletzten mit penetrierendem Trauma werden präklinisch intubiert, wobei sie im Vergleich zu Verletzten mit stumpfem Trauma seltener präklinisch intubiert werden ( $p < 0.05$ ).

		präklinische Intubationen		
		Nein	Ja	Gesamt
penetrierend	Anzahl	449	448	897
		50,1%	49,9%	100,0%
stumpf	Anzahl	7315	8484	15799
		46,3%	53,7%	100%
Gesamt	Anzahl	7764	8932	16696
		46,5%	53,5%	100,0%

Tabelle 9: präklinische Intubationen durch Notarzt; penetrierend vs stumpf

### 3.2.1.5 Präklinische Thoraxdrainagenanlage

Die präklinische Anlage einer Thoraxdrainage wird bei beiden verglichenen Gruppen mit einem Prozentsatz von 6,4% angegeben, es besteht kein Unterschied zwischen den Gruppen ( $p=0.851$ ).

		präklinische Anlage Thoraxdrainage		Gesamt
		Nein	Ja	
penetrierend	Anzahl	840	57	897
		93,6%	6,4%	100,0%
stumpf	Anzahl	14770	1029	15799
		93,5%	6,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	15610	1086	16696
		93,5%	6,5%	100,0%

Tabelle 10: präklinische Thoraxdrainagenanlage durch Notarzt; penetrierend vs stumpf

### 3.2.2 Klinik

Die Mehrzahl der Patienten (86,4% penetrierend, 80,4% stumpf) werden in der aufnehmenden Klinik versorgt und nicht weiterverlegt. Es findet sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden verglichenen Gruppen - Verletzte mit penetrierendem Trauma werden seltener in andere Kliniken verlegt ( $p<0.001$ ).

		primär versorgte Patienten		Gesamt
		Nein	Ja	
penetrierend	Anzahl	141	897	1038
		13,6%	86,4%	100,0%
stumpf	Anzahl	3852	15799	19651
		19,6%	80,4%	100,0%
Gesamt	Anzahl	3993	16696	20689
		19,3%	80,7%	100,0%

Tabelle 11: primär versorgte Patienten; penetrierend vs stumpf

Patienten mit penetrierendem Trauma, die aufgrund der Verletzungsschwere operativ versorgt werden müssen, werden etwa 52 Minuten, die Patienten, die direkt zur Überwachung und Therapie auf Intensivstation aufgenommen werden, etwa 65 Minuten im Schockraum behandelt. Die Verletzten mit stumpfem Trauma, die zur Früh-OP verbracht werden, verbleiben im Median 75 Minuten im Schockraum, die Patienten, die auf Intensivstation verlegt werden, 78 Minuten.

Nach dem Schockraum werden 64,5% der Verletzten mit penetrierenden Verletzungen in den Operationssaal und 25,4% auf die Intensivstation verbracht.

Bei Verletzten mit stumpfem Verletzungsmechanismus werden je 44,6% zur Früh-OP und auf die Intensivstation verbracht.

Es werden deutlich mehr Verletzte mit penetrierendem Trauma als Verletzte mit stumpfem Trauma zur Früh-OP verbracht ( $p < 0.001$ ).

Seit 2002 bedürfen zunehmend mehr Patienten mit penetrierendem Trauma einer Früh-OP (d.h. Notfall-Operation noch vor Beendigung der Schockraumdiagnostik): 2002 waren es noch 51,3%, 2003 64,4% und 2004 bereits 71,4%.

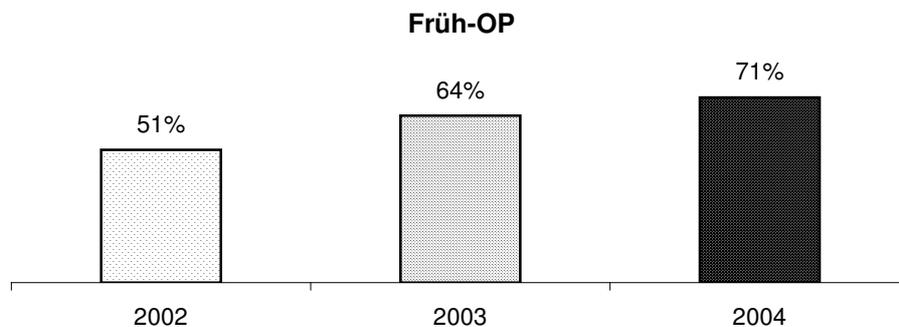


Abbildung 6: Anteil von Frühoperationen in den Jahren 2002-2004; penetrierend

		Weiterversorgung in der Klinik			
		Früh-OP	ICU	andere	Gesamt
2002	Anzahl	39	29	8	76
		51,3%	38,2%	10,5%	100,0%
2003	Anzahl	85	33	14	132
		64,4%	25,0%	10,6%	100,0%
2004	Anzahl	105	28	14	147
		71,4%	19,0%	9,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	229	90	36	355
		64,5%	25,4%	10,1%	100,0%

Tabelle 12: Versorgung innerhalb der Klinik in den Jahren 2002-2004; penetrierend

		Mittelwert	Anzahl	Standardab- weichung	Median
Früh-OP	penetrierend	59,68	197	36,963	52,00
	stumpf	83,78	2144	44,449	75,00
	Gesamt	81,75	2341	44,369	75,00
ICU	penetrierend	72,86	71	40,371	65,00
	stumpf	89,11	2113	45,628	78,00
	Gesamt	88,58	2184	45,55	77,00
andere	penetrierend	65,36	25	56,702	45,00
	stumpf	78,88	489	58,091	60,00
	Gesamt	78,22	514	58,043	59,00
Gesamt	penetrierend	63,36	293	40,043	57,00
	stumpf	85,65	4746	46,666	75,00
	Gesamt	84,35	5039	46,596	75,00

Tabelle 13: Zeitverbrauch in der Klinik bis zur FrühOP/ICU; penetrierend vs stumpf

### 3.3 Volumen

#### 3.3.1 Allgemeines – Menge, Median, Infusionsmittelwahl

Mehr als 97,5 % der Verletzten, unabhängig davon, ob die Verletzung durch einen penetrierenden oder stumpfen Mechanismus hervorgerufen wurde, erhalten eine Infusionstherapie ( $p=0.613$ ).

Hiervon erhält die Hälfte der Patienten, 57,4%, präklinisch über 1000 ml an Infusionslösungen, wobei der Mittelwert 2448 ml bei penetrierenden Verletzungen und 2353 ml bei stumpfen Verletzungen beträgt.

		präklinische Volumengabe		Gesamt
		Nein	Ja	
penetrierend	Anzahl	17	771	788
		2,2%	97,8%	100,0%
stumpf	Anzahl	339	13539	13878
		2,4%	97,6%	100,0%
Gesamt	Anzahl	356	14310	14666
		2,4%	97,6%	100,0%

Tabelle 14: präklinische Volumengabe durch Notarzt; penetrierend vs stumpf

		Volumen (A) in ml			Gesamt
		bis 500	500 bis 1000	über 1000	
penetrierend	Anzahl	155	181	452	788
		19,7%	23,0%	57,4%	100,0%
stumpf	Anzahl	3256	3189	7433	13878
		23,5%	23,0%	53,6%	100,0%
Gesamt	Anzahl	3411	3370	7885	14666
		23,3%	23,0%	53,8%	100,0%

Tabelle 15: präklinisch verabreichte Volumenmengen; penetrierend vs stumpf

Volumen (A) in ml		Mittelwert	Anzahl	Standardab- weichung	Median
bis 500	penetrierend	420,32	155	171,954	500
	stumpf	421,4	3256	166,804	500
	Gesamt	421,35	3411	167,015	500
500 bis 1000	penetrierend	980,11	181	70,253	1000
	stumpf	975,67	3189	83,203	1000
	Gesamt	975,91	3370	82,556	1000
über 1000	penetrierend	2448,83	452	1133,16	2000
	stumpf	2353,83	7433	1124,185	2000
	Gesamt	2359,27	7885	1124,846	2000
Gesamt	penetrierend	1712,46	788	1227,34	1500
	stumpf	1583,76	13878	1185,147	1500
	Gesamt	1590,68	14666	1187,764	1500

Tabelle 16: Mittelwerte präklinisch verabreichter Volumenmengen; penetrierend vs stumpf

Trotz entsprechender Studienlage zeigt sich bei Betrachtung der präklinisch verabreichten Flüssigkeitsvolumina im Zeitraum von 1993 bis 2004 keine Änderung.

Die durchschnittlich präklinisch verabreichten Volumenmengen bei Verletzten mit penetrierendem Trauma schwanken relativ konstant um einen Mittelwert von etwa 1700 ml.

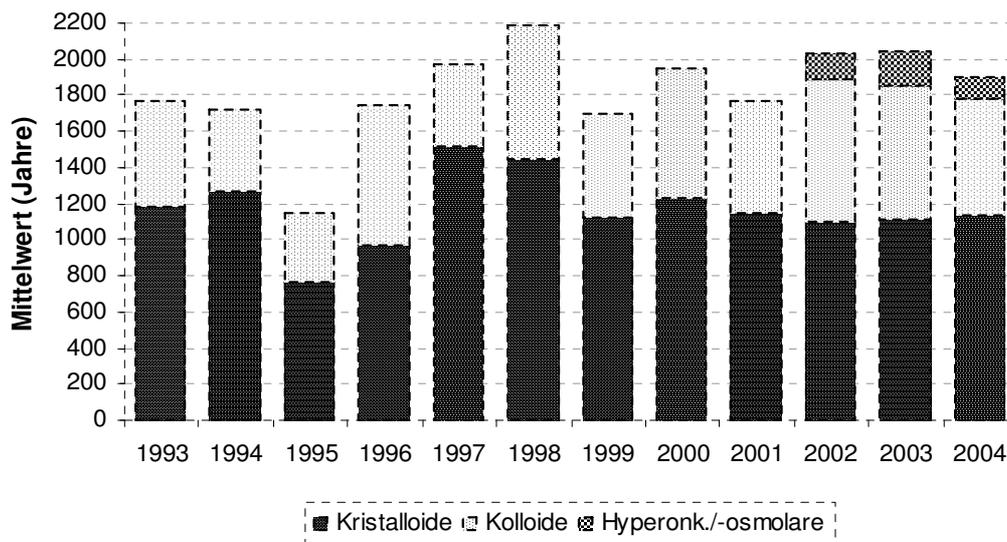


Abbildung 7: Durchschnittliche Mengen an präklinisch verabreichtem Volumen; penetrierend

Bei der Wahl der Infusionslösung werden zumeist Kristalloide und Kolloide im Verhältnis von 3:1 verabreicht. Etwa 10% der Verletzten erhalten seit neuerer Zeit auch hyperonkotische / hyperosmolare Lösungen dazu, weshalb sich die verabreichte Flüssigkeitsmenge scheinbar reduziert, wobei die hyperonkotischen / hyperosmolaren Volumenersatzmittel einer mindestens dreifachen Volumenmenge entsprechen.

Traumajahr		Volumen (A) in ml	Kristalloide	Kolloide	Hyperonk. -/osmol. Lösungen
1993	Mittelwert	1767,86	1178,57	589,29	
	Anzahl	14	14	14	
1994	Mittelwert	1723,08	1261,54	461,54	
	Anzahl	13	13	13	
1995	Mittelwert	1148,8	763,46	384,62	
	Anzahl	26	26	26	
1996	Mittelwert	1722,73	968,18	778,13	
	Anzahl	33	33	32	
1997	Mittelwert	1919,64	1518,52	455,36	
	Anzahl	28	27	28	
1998	Mittelwert	2169,77	1441,86	745,24	
	Anzahl	43	43	42	
1999	Mittelwert	1702,13	1127,66	574,47	
	Anzahl	47	47	47	
2000	Mittelwert	1860	1229,49	724,66	
	Anzahl	80	78	73	
2001	Mittelwert	1694,89	1147,67	622,84	
	Anzahl	88	86	81	
2002	Mittelwert	1621,24	1099,06	790,51	146,55
	Anzahl	113	106	79	29
2003	Mittelwert	1722,88	1113,12	745,96	187,25
	Anzahl	146	141	114	51
2004	Mittelwert	1629,49	1131,05	648,17	121,95
	Anzahl	157	153	120	41
Gesamt	Mittelwert	1712,46	1149,67	670,88	155,37
	Anzahl	788	767	669	121

Tabelle 17: Volumengabe und -typ bezogen auf das Traumajahr; penetrierend

Präklinisch erhielt die Mehrheit der Verletzten, 58,1%, mit penetrierendem Trauma Kristalloide und Kolloide. 33,6% der Patienten erhielten ausschließlich Kristalloide. Bei 5,9% der Patienten wurden zusätzlich zu den kristalloiden und kolloiden Lösungen auch hyperonkotische Lösungen appliziert. Lediglich bei 2,2% der Patienten wurde auf eine Volumensubstitution verzichtet.

Im Mittel wurden Verletzten mit penetrierendem Trauma präklinisch entweder 1000 ml Kristalloide, oder 2116 ml Kristalloide und Kolloide oder 2370 ml Kristalloide plus Kolloide plus hyperonkotische Lösungen zugeführt. Ähnliche Mengen werden, bei höherem mittleren ISS-Wert, auch Patienten mit stumpfen Verletzungen verabreicht.

Je schwerer verletzt und je niedriger der initiale Blutdruck, desto mehr Infusionslösungen werden verabreicht. Der mittlere systolische RR (A) beträgt jedoch in allen AIS-Gruppen über 90 mmHg. Mit zunehmender Verletzungsschwere steigt die Applikation von Kristalloiden plus Kolloiden oder Kristalloiden plus Kolloiden plus hyperonkotischen Lösungen.

Die „Kristalloid-plus-Kolloid-Gruppe“ erhält insgesamt etwa 6080 ml.

Der Gruppe, die zusätzlich hyperonkotische Lösungen bekommt, werden 5965 ml verabreicht.

Die Patienten der Gruppe mit hyperonkotischen Zusatzlösungen sind etwas schwerer verletzt, benötigen jedoch etwas weniger Gesamtvolumen und weniger FFP.

Beim Vergleich der Gruppen Volumentherapie „0“ und „Kristalloid“, die in Hinblick auf die Verletzungsschwere gut zu vergleichen sind (beide sind schwerer verletzt mit einem ISS von 17-18 und haben einen RR (A) von > 120 mmHg), fällt auf, daß die Patienten, die schwerer verletzt sind und präklinisch keine Infusionstherapie erhalten, in der Klinik weniger FFP benötigen.

So benötigt die Volumengruppe „0“ im Mittel eine Gesamtvolumenmenge (Volumen (A) und Volumen (B)) 2726 ml an Infusionslösungen. Es werden zwei Erythrozytenkonzentrate benötigt, jedoch kein FFP.

Der „Kristalloidgruppe“ wird bereits präklinisch Volumen verabreicht, hier etwa 1000 ml. Insgesamt benötigt diese Gruppe im Mittel 3540 ml, eine vergleichbare Menge an EKs, jedoch auch FFP (222 ml) – bei leichter Verletzungsschwere.

	ISS	syst. RR (A)	Volumen (A)	Volumen (B)	EK (B)	FFP (B)
keine Volumengabe	17,76	119,00	0,00	2726,43	2,38	0,00
Kristalloide	17,27	122,31	1006,42	2535,38	2,22	222,20
Kristalloide + Kolloide	20,63	108,98	2116,17	3962,89	6,70	1244,63
Kristalloide + Kolloide+ hyperonkotische Lsg	22,24	94,29	2370,21	3594,35	8,27	848,64

Tabelle 18: Übersichtstabelle Volumengabe zu Verletzungsschwere und präklinisch wie klinisch erfassten Parametern

Ergänzend die graphische Darstellung der Entwicklung der präklinischen Volumengabe bei Verletzten mit stumpfem Trauma. Es zeigt sich seit dem Jahre 2000 ein leichter Rückgang der Volumenmengen bei gleichzeitig zusätzlicher Verwendung von hyperonkotischen Volumenersatzmitteln, wobei die verabreichte präklinische Gesamtvolumenmenge etwa 1500 ml beträgt.

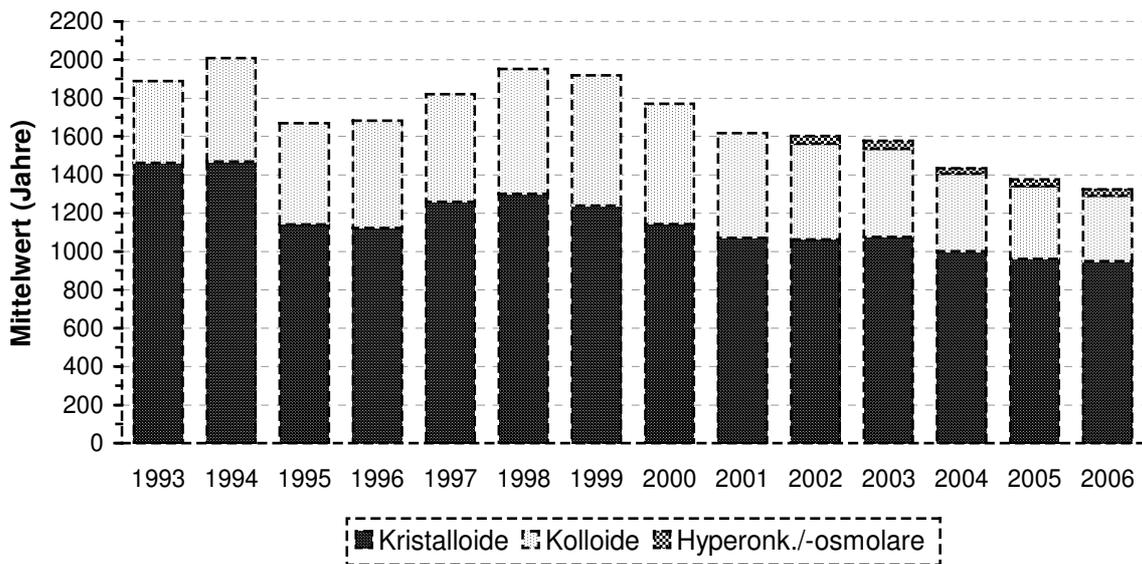


Abbildung 8: Durchschnittliche Mengen an präklinisch verabreichtem Volumen; stumpf

Ergebnisse

Volumengruppe			ISS	syst. RR (A)	Volumen (A) in ml	Volumen (B) in ml	EK (B)	FFP (B)
Keine Volumengabe	penetrierend	Mittelwert	17,76	119,00	0,00	2726,43	2,38	0,00
		Anzahl	17	14	17	14	13	4
	stumpf	Mittelwert	17,87	130,48	0,00	1762,46	1,10	3,80
		Anzahl	314	250	339	276	274	80
	Gesamt	Mittelwert	17,86	129,87	0,00	1809,00	1,16	3,62
		Anzahl	331	264	356	290	287	84
Kristalloide	penetrierend	Mittelwert	17,27	122,31	1006,42	2535,38	2,22	222,20
		Anzahl	228	249	265	223	149	30
	stumpf	Mittelwert	20,31	128,50	936,61	2166,31	1,69	272,34
		Anzahl	4969	5241	5482	4548	3158	784
	Gesamt	Mittelwert	20,18	128,22	939,83	2183,56	1,72	27,49
		Anzahl	5197	5490	5747	4771	3307	814
Kristalloide + Kolloide	penetrierend	Mittelwert	20,63	108,98	2116,17	3962,89	6,70	1244,63
		Anzahl	420	429	459	394	306	83
	stumpf	Mittelwert	27,31	111,22	2068,22	3585,16	5,33	886,53
		Anzahl	7036	7058	7478	6667	5183	1186
	Gesamt	Mittelwert	26,94	111,09	2070,99	3606,23	5,41	909,95
		Anzahl	7456	7487	7937	7061	5489	1269
Kristalloide + Kolloide + hyperonkotische Lsg	penetrierend	Mittelwert	22,24	94,29	2370,21	3594,35	8,27	848,64
		Anzahl	38	42	47	46	30	25
	stumpf	Mittelwert	31,55	99,51	2381,41	3791,37	8,52	1515,56
		Anzahl	517	532	579	518	367	308
	Gesamt	Mittelwert	30,91	99,13	2380,57	3775,30	8,50	1465,49
		Anzahl	13539	13815	14666	12686	9480	2500

Tabelle 19: Basistabelle zu Volumengruppen, Verletzungsschwere, präklinischem RR und Volumengabe sowie Volumen-, EK-, FFP-Bedarf in der Klinik

### 3.3.2 Volumen (A) und präklinische Zeitintervalle

Setzt man das präklinisch verabreichte Volumen mit der präklinischen Zeit in Relation, so korreliert die Menge des präklinisch verabreichten Volumens scheinbar mit dem präklinischen Zeitbedarf. Bei den Schwerstverletzten findet sich keine Korrelation.

### 3.3.3 Volumen (A) und Blutdruck (B)

Bei Betrachtung der systolischen Blutdruckwerte von Verletzten mit penetrierendem Trauma zum Zeitpunkt der Aufnahme in die Klinik im Vergleich mit den initial gemessenen Blutdruckwerten am Unfallort finden sich in den Gruppen 500 bis 1000 ml weitgehend gleichbleibende Blutdruckmittelwerte.

Eine präklinisch verabreichte Volumenmenge von mehr als 1000 ml führt bei allen Verletzungsschweregradgruppen zu einer Blutdruckerhöhung.

### 3.3.4 Volumen (A) und Volumen (B)

Bei der Frage nach einer Korrelation von präklinisch verabreichtem Volumen mit dem im Schockraum benötigten Volumen findet sich ein Zusammenhang: je mehr Volumen präklinisch verabreicht wird, desto mehr Volumen wird innerklinisch benötigt.

	Volumen (A) in ml	syst. RR (A)	GCS (A)	präklin. Zeit	syst. RR (B)	Volumen (B)
AIS ≤ 2	bis 500	130,04	14,52	52,64	124,04	1374,07
	500 bis 1000	119,38	13,69	62,05	136,58	2273,91
	über 1000	116,00	12,21	63,35	122,25	2571,88
AIS 3	bis 500	114,74	13,75	47,68	118,68	2050,00
	500 bis 1000	123,83	13,28	54,24	121,82	3067,27
	über 1000	111,44	12,91	76,79	117,76	4146,69
AIS 4	bis 500	128,07	11,93	50,36	108,12	3426,67
	500 bis 1000	122,78	11,00	55,06	122,76	3915,88
	über 1000	106,88	11,08	77,40	108,72	4928,84
AIS 5/6	bis 500	105,67	9,84	67,47	113,00	1744,09
	500 bis 1000	119,07	8,73	52,00	119,31	2938,00
	über 1000	98,52	7,70	66,38	105,30	4323,75

Tabelle 20: Übersichtstabelle präklinisch zu klinisch erfassten Parametern nach AIS-Gruppen; penetrierend

### 3.3.5 Volumen (A) und Gesamtaufenthaltstage nach AIS

Eine Fragestellung bezog sich auf den Zusammenhang zwischen der präklinisch verabreichten Volumenmenge und der Gesamtaufenthaltsdauer, in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere.

In allen AIS-Gruppen findet sich ein signifikanter Unterschied in der Gesamtaufenthaltsdauer im Zusammenhang mit dem präklinisch verabreichten Volumen.

Die p-Werte, per Student-t-Test innerhalb der jeweiligen AIS-Gruppen ermittelt, betragen zumeist  $<0.05$ . Teilweise finden sich auch p-Werte von  $<0.001$ .

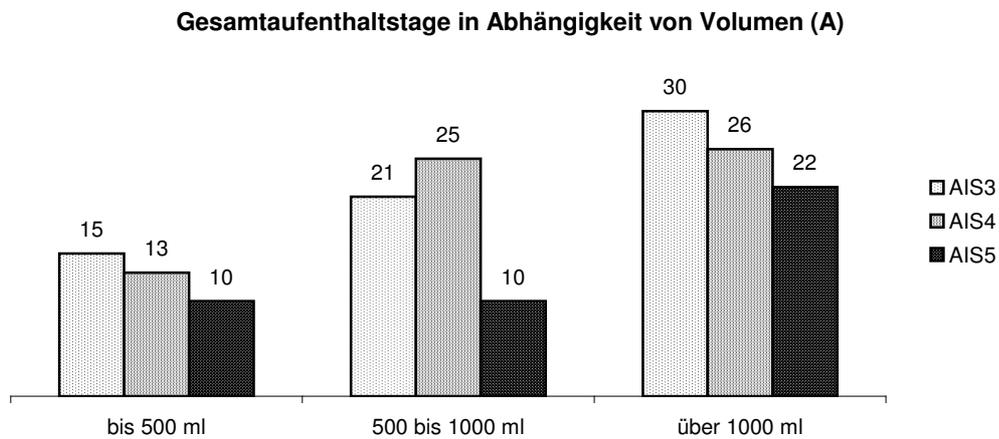


Abbildung 9: Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

AIS	Volumen (A) in ml	Mittelwert		Standardabweichung
		Gesamtaufenthaltstage	Anzahl	
3	bis 500	14,74	54	14,458
	500 bis 1000	20,75	93	21,443
	über 1000	29,80	203	31,908
	Gesamt	25,07	350	27,870
4	bis 500	12,91	32	14,141
	500 bis 1000	24,77	31	25,591
	über 1000	26,46	104	28,527
	Gesamt	23,55	167	26,231
5 und 6	bis 500	9,61	36	13,376
	500 bis 1000	9,64	42	9,894
	über 1000	22,16	122	34,450
	Gesamt	17,28	200	28,475

Tabelle 21: Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

### 3.3.6 Volumen (A) und Gesamtaufenthaltstage nach TRISS

Auch unter Verwendung des TRISS zeigt die Auswertung der Daten, daß die Patienten, die mehr Volumen erhalten, eine längere Gesamtaufenthaltstage haben - insbesondere bei den Schwerst- und Schwerverletzten d.h. bei den TRISS-Gruppen 50 und 75.

Die p-Werte, per Student-t-Test innerhalb der TRISS-Gruppen ermittelt, betragen zumeist <0.05.

TRISS	Volumen (A) in ml	Mittelwert	Anzahl	Standard-
		Gesamtaufenthaltstage		abweichung
95	bis 500	11,68	72	12,324
	500 bis 1000	15,52	105	15,974
	über 1000	27,78	187	31,304
	Gesamt	21,06	364	25,583
90	bis 500	18,20	5	13,936
	500 bis 1000	32,80	5	11,777
	über 1000	33,65	23	46,170
	Gesamt	31,18	33	39,221
75	bis 500	4,50	4	3,317
	500 bis 1000	21,29	7	20,048
	über 1000	27,75	20	29,634
	Gesamt	23,29	31	26,438
< 75	bis 500	8,00	18	12,005
	500 bis 1000	7,52	25	10,211
	über 1000	16,70	60	20,971
	Gesamt	12,95	103	17,965

Tabelle 22: Gesamtaufenthaltstage in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend

### 3.3.7 Volumen (A) und 24-Stunden-Mortalität

Eine Abfrage befasste sich mit dem Zusammenhang von 24-Stunden-Mortalität und der präklinisch verabreichten Volumengmenge, in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere.

In den Gruppen AIS 3 und AIS 4 liegt die 24-h-Mortalität in der Volumengruppe 500 bis 1000 ml prozentual gesehen am niedrigsten, jedoch ohne statistische Signifikanz (AIS 3:  $p=0.924$ , AIS 4:  $p=0.178$ ). Bei den Schwerstverletzten (AIS 5/6) versterben etwa 27% innerhalb der ersten 24h, unabhängig davon, wie viel Volumen präklinisch appliziert wird ( $p=0.996$ ).

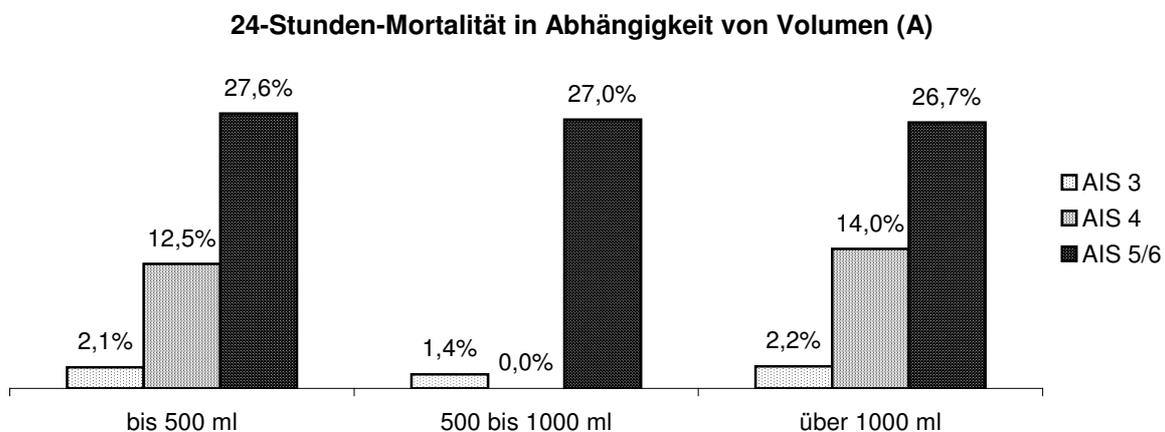


Abbildung 10: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

24-Stunden-Mortalität		Volumen (A) in ml			Gesamt
		bis 500	500 bis 1000	über 1000	
3	Anzahl	48	71	184	303
	verstorben	1	1	4	6
		2,1%	1,4%	2,2%	2,0%
4	Anzahl	24	22	100	146
	verstorben	3	0	14	17
		12,5%	0,0%	14,0%	11,6%
5 und 6	Anzahl	29	37	116	182
	verstorben	8	10	31	49
		27,6%	27,0%	26,7%	26,9%

Tabelle 23: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

### 3.3.8 Volumen (A) und 28-Tage-Mortalität nach AIS

Eine Abfrage befasste sich mit dem Zusammenhang von 28-Tage-Mortalität und der präklinischen Volumengabe, in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere.

In den Gruppen AIS 3, 4 sowie AIS 5/6 finden sich lediglich prozentuale Unterschiede, die statistisch nicht signifikant sind (AIS 3:  $p=0.779$ , AIS 4:  $p=0.509$ , AIS 5/6:  $p=0.753$ ).

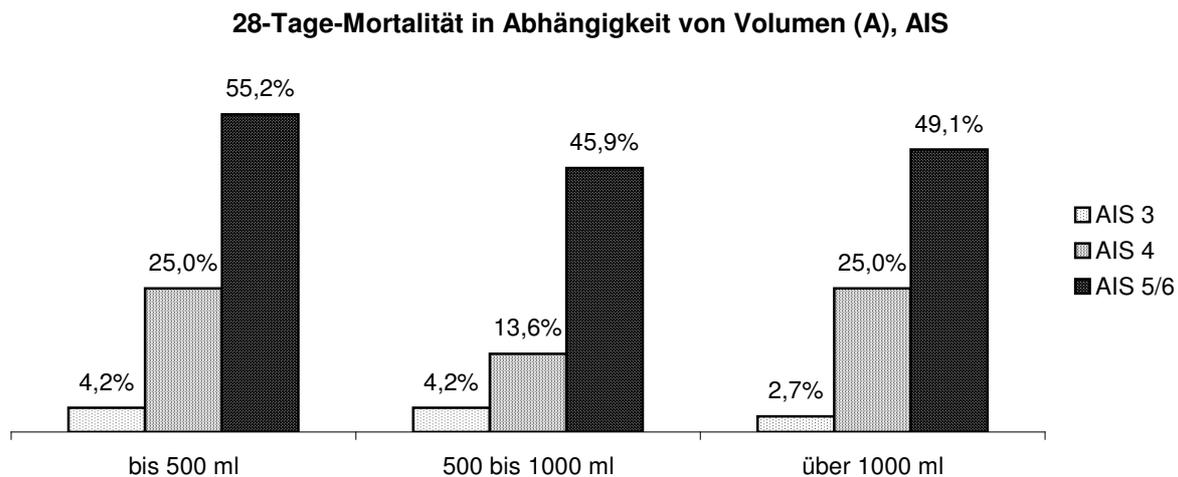


Abbildung 11: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

28-Tage-Mortalität		Volumen (A) in ml			Gesamt
		bis 500	500 bis 1000	über 1000	
3	Anzahl	48	71	184	303
	verstorben	2	3	5	10
		4,2%	4,2%	2,7%	3,3%
4	Anzahl	24	22	100	146
	verstorben	6	3	25	34
		25,0%	13,6%	25,0%	23,3%
5 und 6	Anzahl	29	37	116	182
	verstorben	16	17	57	90
		55,2%	45,9%	49,1%	49,5%

Tabelle 24: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

### 3.3.9 Volumen (A) und 28-Tage-Mortalität nach TRISS

Auch unter Verwendung des TRISS konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden.

Es zeichnet sich ein Benefit bei den Patienten der TRISS-Gruppen  $> 75\%$  bei 500 bis 1000 ml präklinischer Volumenzufuhr in Bezug auf die Spätsterblichkeit ab ( $p=0.124$  respektive  $p=0.601$ ). Bei den Schwerstverletzten deutet sich eine Verringerung der Mortalitätsraten durch eine präklinische Volumenzufuhr von über 1000 ml an ( $p=0.230$ ).

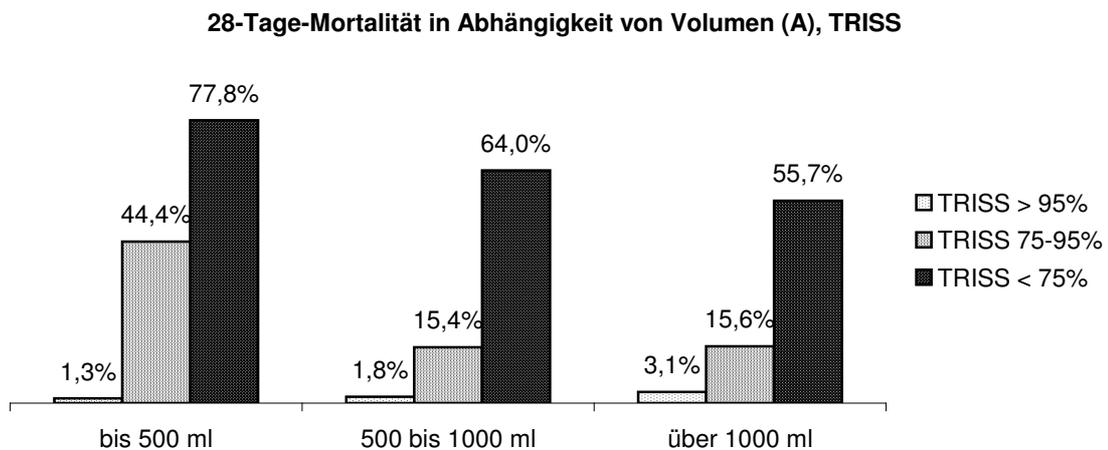


Abbildung 12: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend

28-Tage-Mortalität		Volumen (A) in ml			Gesamt
		bis 500	500 bis 1000	über 1000	
> 95	Anzahl	78	110	192	380
	verstorben	1	2	6	9
		1,3%	1,8%	3,1%	2,4%
75-95	Anzahl	9	13	45	67
	verstorben	4	2	7	13
		44,4%	15,4%	15,6%	19,4%
< 75	Anzahl	18	25	61	104
	verstorben	14	16	34	64
		77,8%	64,0%	55,7%	61,5%

Tabelle 25: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend

### 3.3.10 Volumen (A) und Multiorganversagen nach AIS

Die Patienten, die mehr als 1000 ml Volumen erhalten, erleiden prozentual gesehen häufiger ein Multiorganversagen, und zwar unabhängig von der AIS – Gruppenzugehörigkeit.

Die prozentualen Unterschiede sind jedoch in AIS-Gruppe 3, 4 und der Gruppe der Schwerverletzten (AIS 5/6) statistisch nicht signifikant (AIS 3:  $p=0.438$ , AIS 4:  $p=0.397$ , AIS 5/6:  $p=0.250$ ).

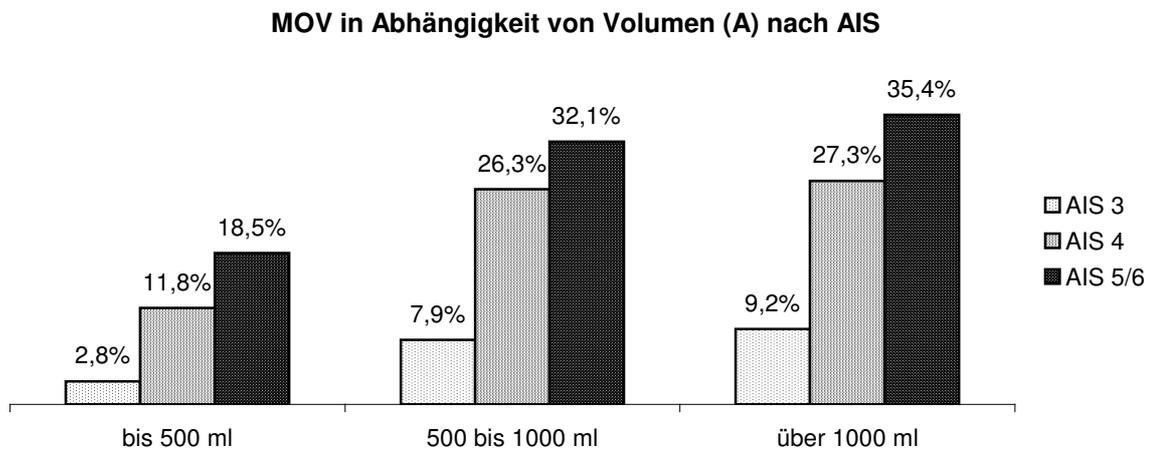


Abbildung 13: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen nach AIS; penetrierend

Multiorganversagen		Volumen (A) in ml			Gesamt
		bis 500	500 bis 1000	über 1000	
3	Anzahl	36	63	163	262
	MOV	1	5	15	21
		2,8%	7,9%	9,2%	8,0%
4	Anzahl	17	19	88	124
	MOV	2	5	24	31
		11,8%	26,3%	27,3%	25,0%
5 und 6	Anzahl	27	28	99	154
	MOV	5	9	35	49
		18,5%	32,1%	35,4%	31,8%

Tabelle 26: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und AIS-Gruppe; penetrierend

## 3.3.11 Volumen (A) und Multiorganversagen nach TRISS

Auch unter Verwendung des TRISS in Hinblick auf die Inzidenz von Multiorganversagen beobachtet man prozentuale Unterschiede, jedoch ohne statistische Signifikanz.

So deutet sich in den TRISS-Gruppen < 75% und 75-95% eine Verringerung der Inzidenz von Multiorganversagen durch steigende Volumenzufuhr an (p=0.483 respektive p=0.323).

Bei den Leichtverletzten ist ein Benefit bei 500 bis 1000 ml anzunehmen (p=0.418).

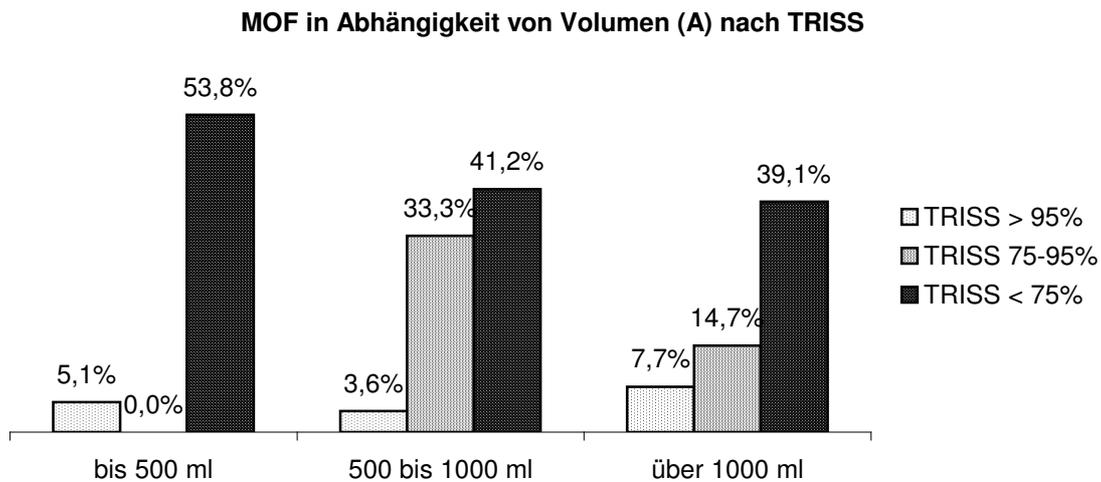


Abbildung 14: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen nach TRISS; penetrierend

Multiorganversagen		Volumen (A) in ml			Gesamt
		bis 500	500 bis 1000	über 1000	
> 95	Anzahl	59	83	155	297
	MOV	3	3	12	18
		5,1%	3,6%	7,7%	6,1%
75-95	Anzahl	6	11	34	51
	MOV	0	3	5	8
		0,0%	33,3%	14,7%	15,7%
< 75	Anzahl	13	17	46	76
	MOV	7	7	18	32
		53,8%	41,2%	39,1%	42,1%

Tabelle 27: Multiorganversagen in Abhängigkeit von präklinischem Volumen und TRISS-Gruppe; penetrierend

### 3.4 Blutdruck

#### 3.4.1 Zeitpunkt A – Präklinik

Der zum Zeitpunkt A erhobene systolische RR-Wert beträgt bei Verletzten mit penetrierendem Trauma im Mittel 113 mmHg, bei Verletzten mit stumpfem Trauma 118 mmHg.

Bei Verletzten mit penetrierendem Trauma findet man niedrigere Blutdruck-Ausgangswerte als bei Verletzten mit stumpfem Trauma ( $p < 0.001$ ).

		sys. RR (A)
penetrierend	Mittelwert	113,29
	Anzahl	771
	Standardabweichung	35,455
	Median	120,00
stumpf	Mittelwert	118,35
	Anzahl	13779
	Standardabweichung	33,237
	Median	120,00
Gesamt	Mittelwert	118,08
	Anzahl	14550
	Standardabweichung	33,377
	Median	120,00

Tabelle 28: Mittelwerte präklinisch erfasster syst. RR; penetrierend vs stumpf

75,2% der Verletzten mit penetrierendem Trauma und 80,9% der Verletzten mit stumpfen Trauma haben bereits initial einen systolischen Blutdruck von über 90 mmHg.

Bei 14,7% misst man einen initialen systolischen RR zwischen 80 und 90 mmHg.

Lediglich bei 10,1% der Verletzten mit penetrierendem Trauma liegen die initial gemessenen systolischen Blutdruckwerte unter 80 mmHg.

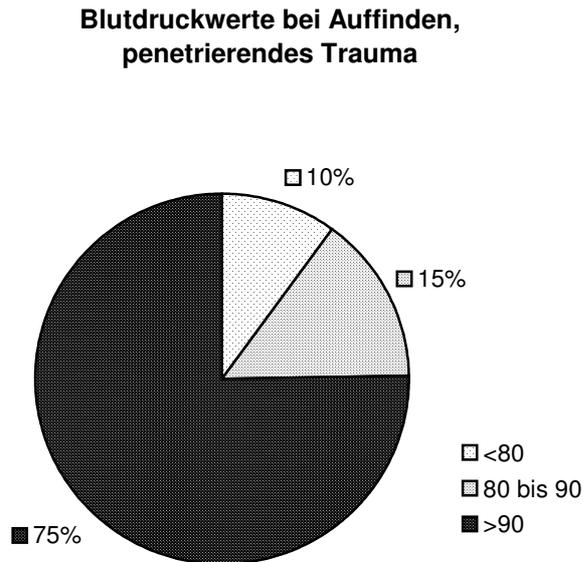


Abbildung 15: präklinischer Blutdruck (3 Gruppen); penetrierend

		RR syst. (A) in mmHg			Gesamt
		<80	80 bis 90	>90	
penetrierend	Anzahl	78	113	580	771
		10,1%	14,7%	75,2%	100,0%
stumpf	Anzahl	941	1697	11141	13779
		6,8%	12,3%	80,9%	100,0%
Gesamt	Anzahl	1019	1810	11721	14550
		7,0%	12,4%	80,6%	100,0%

Tabelle 29: prozentuale Verteilung präklinisch erhobener syst. RR-Werte; penetrierend vs stumpf

### 3.4.2 Zeitpunkt B – Schockraum

Bei Aufnahme in die Klinik wird bei 83,1% der penetrierend und bei 86,7% der stumpf Verletzten ein systolischer Blutdruck von über 90 mmHg gemessen. Es besteht bei Klinikaufnahme ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden verglichenen Gruppen ( $p < 0.05$ ), wobei die Blutdruckwerte der Gruppe der Verletzten mit penetrierendem Trauma während des präklinischen Zeitintervalls stärker ansteigen, als die der Verletzten mit stumpfem Trauma.

		RR syst. (B) in mmHg			Gesamt
		<80	80 bis 90	>90	
penetrierend	Anzahl	60	77	675	812
		7,4%	9,5%	83,1%	100,0%
stumpf	Anzahl	807	1134	12600	14541
		5,5%	7,8%	86,7%	100,0%
Gesamt	Anzahl	867	1211	13275	14550
		5,6%	7,9%	86,5%	100,0%

Tabelle 30: prozentuale Verteilung der erhobenen syst. RR-Werte im Schockraum; penetrierend vs stumpf

Über die letzten 10 Jahre lässt sich keine Veränderung der mittleren systolischen Blutdruckwerte von Verletzten mit penetrierendem Trauma zum Zeitpunkt B erkennen – sie schwanken um einen Mittelwert von 117 mmHg.

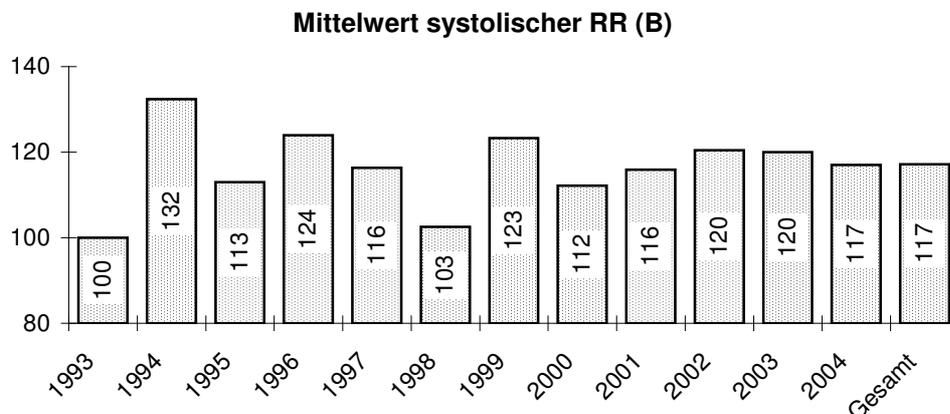


Abbildung 16: Mittelwerte der im Schockraum erhobenen RR-Werte in den Jahren 1993-2004; penetrierend

### 3.4.3 Blutdruck (B) - Überblick: 24-Stunden-Mortalität, 28-Tage-Mortalität und MOV

Insgesamt versterben 9,3% der Patienten mit penetrierendem Trauma innerhalb der ersten 24 Stunden. Die 28-Tage-Mortalität liegt bei 16,9% und 15,8% erleiden ein MOV.

	24-h-Mortalität	28-d-Mortalität	MOV
> 90 mmHg	5,5%	13,0%	13,6%
80 bis 90 mmHg	16,3%	22,1%	17,9%
< 80 mmHg	46,2%	56,9%	38,9%
Gesamt	9,3%	16,9%	15,8%

Tabelle 31: Übersichtstabelle Mortalitätsraten und Multiorganversagen in Abhängigkeit vom syst. RR (B);  
penetrierend

Die Wahrscheinlichkeit, die ersten 24 Stunden und 28 Tage nach einem penetrierendem Trauma zu Überleben, ist bei höheren Blutdruckwerten bei Aufnahme in die Klinik höher ( $p < 0.001$ ), die Wahrscheinlichkeit ein MOV zu entwickeln, sinkt ( $p < 0.001$ ).

3.4.4 Blutdruck (B) und 24-Stunden-Mortalität, AIS-Gruppenabhängig

Auch bei Einteilung nach dem Schweregrad der Verletzung findet sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Parametern 24-Stunden-Mortalität und Blutdruck bei Aufnahme, getestet an Gruppe AIS 3 ( $p < 0.001$ ), AIS 4 ( $p < 0.001$ ) und Gruppe AIS 5/6 ( $p < 0.005$ ).

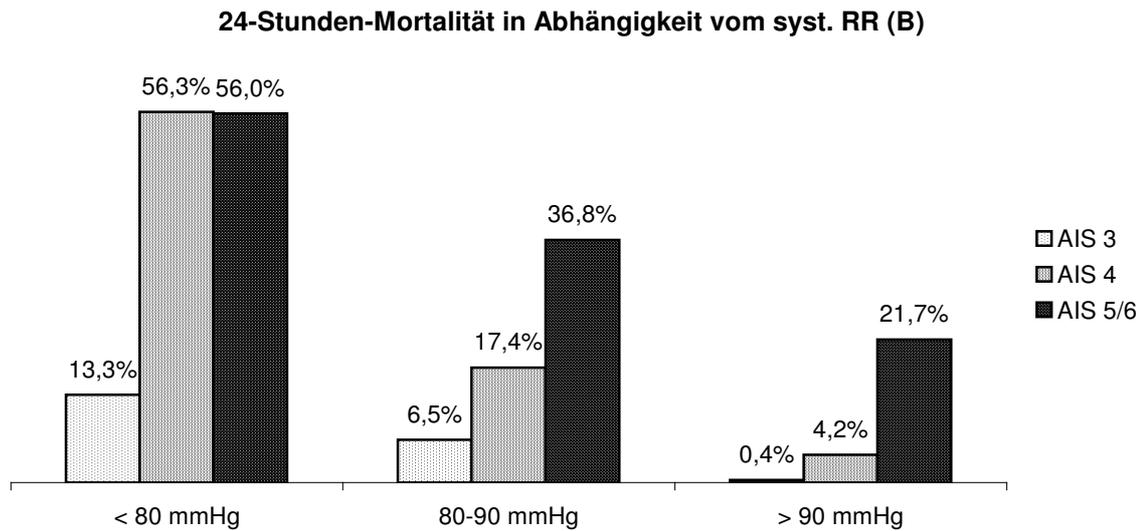


Abbildung 17: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und der AIS-Gruppe; penetrierend

24-Stunden-Mortalität		RR syst. (B) in mmHg			Gesamt
		<80	80 bis 90	>90	
3	Anzahl	15	31	283	329
	verstorben	2	2	1	5
		13,3%	6,5%	0,4%	1,5%
4	Anzahl	16	23	120	159
	verstorben	9	4	5	18
		56,3%	17,4%	4,2%	11,3%
5 und 6	Anzahl	25	19	152	196
	verstorben	14	7	33	54
		56,0%	36,8%	21,7%	27,6%

Tabelle 32: 24-Stunden-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend

3.4.5 Blutdruck (B) und 28-Tage-Mortalität; AIS-Gruppenabhängig

Bei Überprüfung der oben angeführten Daten auf ihre Persistenz auch bei Einteilung nach Schweregrad der Verletzung findet sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Parametern 28-Tage-Mortalität und Blutdruck bei Aufnahme, getestet an Gruppe AIS 3 ( $p < 0.05$ ), AIS 4 ( $p < 0.001$ ) und Gruppe AIS 5/6 ( $p < 0.05$ ).

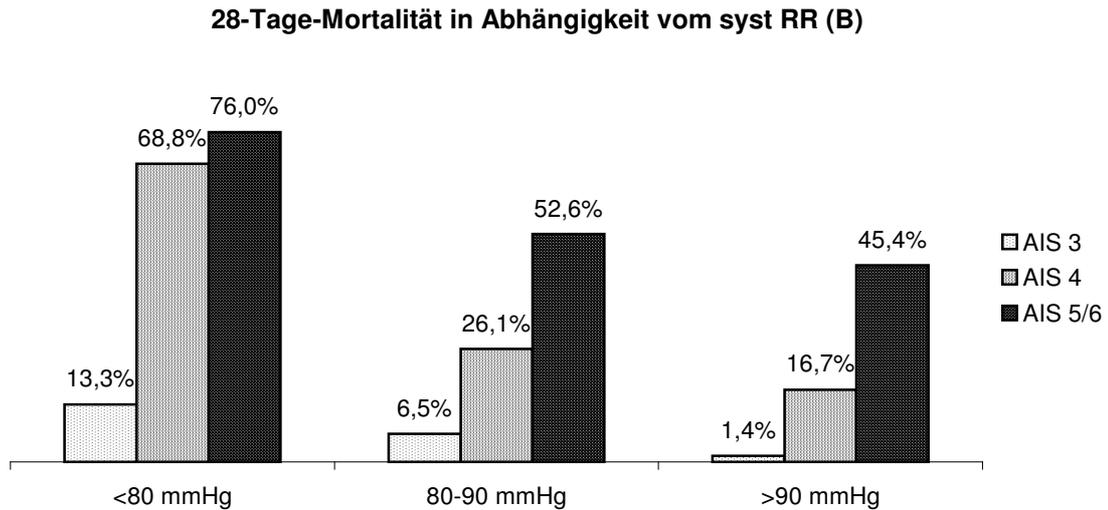


Abbildung 18: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und der AIS-Gruppe; penetrierend

28-Tage-Mortalität		RR syst. (B) in mmHg			Gesamt
		<80	80 bis 90	>90	
3	Anzahl	15	31	283	329
	verstorben	2	2	4	8
		13,3%	6,5%	1,4%	2,4%
4	Anzahl	16	23	120	159
	verstorben	11	6	20	37
		68,8%	26,1%	16,7%	23,3%
5 und 6	Anzahl	25	19	152	196
	verstorben	19	10	69	98
		76,0%	52,6%	45,4%	50,0%

Tabelle 33: 28-Tage-Mortalität in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend

### 3.4.6 Blutdruck (B) und Multiorganversagen, AIS-Gruppenabhängig

Bei Überprüfung der oben angeführten Daten auf ihre Persistenz auch bei Einteilung nach dem Schweregrad der Verletzung findet sich ein in der Gruppe AIS 3 und 4 ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Parametern Multiorganversagen und Blutdruck bei Aufnahme (AIS 3:  $p > 0.05$ , AIS 4:  $p < 0.01$ ). Bei den Schwerstverletzten findet sich kein Zusammenhang ( $p = 0.471$ ).

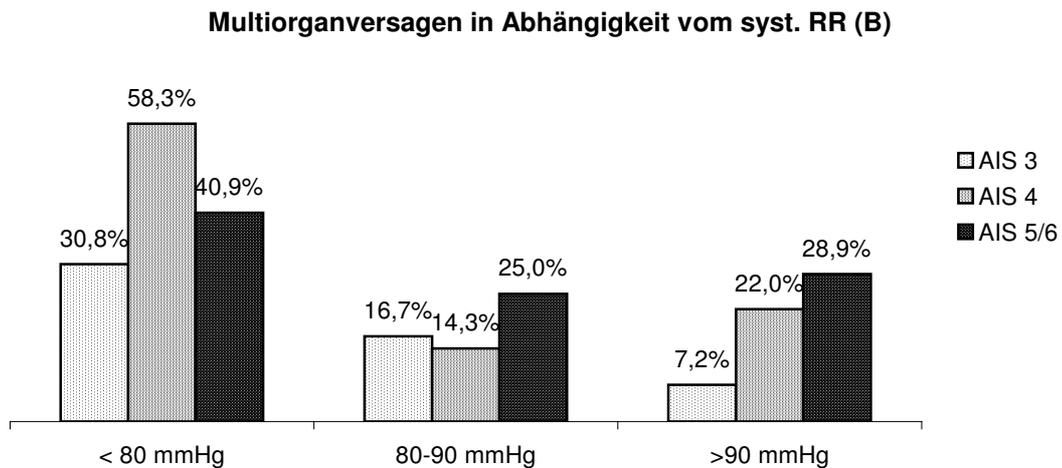


Abbildung 19: Multiorganversagen in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend

Multiorganversagen		RR syst. (B) in mmHg			Gesamt
		<80	80 bis 90	>90	
3	Anzahl	13	24	249	286
	MOV	4	4	18	26
		30,8%	16,7%	7,2%	9,1%
4	Anzahl	12	21	100	133
	MOV	7	3	22	32
		58,3%	14,3%	22,0%	24,1%
5 und 6	Anzahl	22	16	128	166
	MOV	9	4	37	50
		40,9%	25,0%	28,9%	30,1%

Tabelle 34: Multiorganversagen in Abhängigkeit vom syst. RR (B) und AIS-Gruppe; penetrierend

### 3.5 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse

In Deutschland werden neuere Erkenntnisse bezüglich der präklinischen Therapie von Verletzten, insbesondere bei Verletzten mit penetrierendem Trauma, in Hinblick auf präklinisches Zeit- und Volumenmanagement trotz bereits aktualisierter Algorithmen nur in zu geringem Maße umgesetzt. Es besteht eine Kluft zwischen neueren wissenschaftlichen Erkenntnissen, aktuellen Versorgungsempfehlungen und der Versorgungsrealität.

Verletzte mit penetrierendem Trauma erhalten im Vergleich zu Verletzten mit stumpfem Trauma eine gleiche bis leicht höhere Menge an Infusionslösungen in kürzerer präklinischer Zeit. Die Blutdruckwerte steigen im Laufe der präklinischen Therapie an. Gemeinsam führt dies bei Verletzten mit penetrierendem Trauma zu einer Verlängerung der Gesamtaufenthaltsdauer, einem Anstieg der Inzidenz der Multiorganversagen und zu einer höheren Früh- und Spätsterblichkeit.

Bezüglich des Volumens und der 24-Stunden-Mortalität, der 28-Tage-Mortalität sowie der Entwicklung von MOV ergeben sich in den AIS - abhängigen Abfragen Trends ohne statistische Signifikanz.

In der AIS-Gruppe 5/6 scheint die 24-Stunden-Mortalitätsrate unabhängig von der Menge des präklinisch verabreichten Volumens zu sein. In den Gruppen AIS 3 und 4 liegt die 24-Stunden-Überlebenswahrscheinlichkeit bei einer mittleren Volumenmenge von 500 bis 1000 ml am höchsten. Einen identischen Trend finden wir bei den 28-Tage-Überlebensraten.

Ähnliche Ergebnisse bezüglich der 28-Tage-Mortalität liefert auch die Abfrage nach TRISS. Die verletzten Personen zeigen, prozentual gesehen, die geringste Mortalitätsrate bei einem präklinisch verabreichten Volumen von bis zu 1000 ml - ohne statistische Signifikanz.

Die niedrigste MOV-Inzidenz findet sich in allen AIS-Gruppen in der Volumengruppe bis 500 ml, jedoch ohne statistische Signifikanz.

Bei den Auswertungen nach TRISS scheint die Inzidenz von Multiorganversagen bei den Leicht- und den schwer bis mäßig schwer Verletzten bei einer Volumenmenge zwischen 500 und 1000 ml am geringsten zu sein – auch hier ohne statistische Signifikanz.

Die präklinisch gemessenen systolischen Blutdruckwerte von Verletzten mit penetrierendem Trauma sind im Vergleich zu Verletzten mit stumpfem Trauma signifikant niedriger. Auch bei Aufnahme in die Klinik findet man in dieser Gruppe weiterhin niedrigere Blutdruckwerte als bei Verletzten mit stumpfem Trauma. Die mittleren Blutdruckwerte steigen in beiden betrachteten Gruppen im Laufe der präklinischen Versorgung an, wobei jedoch die Blutdruckwerte der Verletzten mit penetrierendem Trauma bis zur Klinikaufnahme stärker als bei Verletzten mit stumpfem Trauma ansteigen.

Die Wahrscheinlichkeit, die ersten 24 Stunden und 28 Tage nach einem penetrierenden Trauma zu überleben steigt mit Blutdruckwerten  $> 90$  mmHg bei Klinikaufnahme signifikant an, die Wahrscheinlichkeit, ein MOV zu entwickeln, sinkt.

Es werden bereits initial bei 75% der Verletzten mit penetrierendem Trauma Blutdruckwerte über 90 mmHg gemessen. Diese Werte können unseren Erkenntnissen nach mit einer präklinischen Volumenzufuhr von bis zu 1000 ml im Ausgangsniveau gehalten werden.

Auch bei Betrachtung der verschiedenen Schweregrade persistiert ein signifikanter Unterschied zwischen den Raten der verglichenen AIS-Gruppen (RR (B)) in Hinblick auf die 24-Stunden-Mortalität sowie in Hinblick auf die 28-Tage-Mortalität.

Die Gesamtaufenthaltsdauer steigt signifikant mit der präklinisch verabreichten Volumenmenge an, und zwar sowohl bei Betrachtung nach AIS-Score als auch nach TRISS.

## **4 Diskussion**

### **4.1 Diskussion der Methoden**

#### 4.1.1 Allgemeines

Die Gruppe der penetrierenden Verletzungen ist eine heterogene Gruppe mit unterschiedlichen Verletzungsmechanismen. Für einzelne prospektive, randomisierte Studien sind die Fallzahlen pro Klinik / Region / Land in Deutschland bei diesem Subkollektiv zu niedrig. Deshalb ist es sinnvoll Daten zentral zu sammeln und aus diesen Subgruppen zu bilden, um die Daten im weiteren gezielt und möglichst mit statistischer Aussagekraft analysieren zu können. Insbesondere können so auch Langzeitergebnisse bestimmter Behandlungsmethoden erfasst und ausgewertet sowie Verbesserungsansätze postuliert werden.

Die Verwendung der Daten des Traumaregisters erscheint für ein kleines Subkollektiv, wie es in Deutschland die Patienten mit penetrierendem Trauma sind, hierfür eine gute Möglichkeit zu sein.

Es standen Daten des Traumaregisters aus dem Zeitraum 1993 bis einschließlich 2004 zur Auswertung zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit ist somit eine retrospektive Betrachtung prospektiv erhobener Daten und in Teilen lediglich deskriptiv.

Die Daten sind nicht selbst erhoben, weshalb wir auf die Richtigkeit und Vollständigkeit der uns zur Verfügung gestellten Daten angewiesen waren.

Zum Teil benötigte Individualdaten (für Multivarianzanalysen oder Kaplan-Meier-Kurven) waren nicht vorhanden, weshalb einige der Daten rein deskriptiv vorgelegt werden mussten.

Die Arbeit legt ihr Hauptaugenmerk auf Verletzte mit penetrierendem Trauma, die in Deutschland weniger als 5% der Traumapatienten stellen. Durch die weitere Subgruppenbildung entstanden zum Teil kleine Fallzahlen, aufgrund derer keine statistische Signifikanz erreicht werden konnte.

Trotz dieser Einschränkungen wurde eine statistische Auswertung durchgeführt.

#### 4.1.2 Scores

Die in der Literatur am häufigsten verwandten und international anerkannten Scores sind der AIS-Score, der ISS, der TRISS und der ASCOT-Score. Weitere validierte Scores, welche sich auf Outcome-Parameter wie z.B. auf die Morbidität beziehen, werden derzeit entwickelt (z.B. der RISC).

Der AIS-Score ist ein rein anatomisch orientierter Score, der die Verletzungsschwere einzelner Regionen bewertet, wobei die am schwersten verletzte Region letztlich über die Gruppenzugehörigkeit entscheidet. Es fehlt die Miteinbeziehung physiologischer Parameter und die Unterscheidung in Verletzungsarten (penetrierend vs stumpf).

Es wurden deshalb im ersten Abschnitt unserer Abfrage Daten, die der TRISS bereits beinhaltet (Alter, syst. RR, GCS, Verletzungsart) nach den vorgegebenen AIS-Gruppen betrachtet, nachdem die Aufteilung in penetrierendes / stumpfes Trauma durchgeführt worden war.

Bei Betrachtung der einzelnen AIS-Gruppen erkennt man, daß die Gruppen zum Teil nicht ganz homogen in Hinblick auf den GCS (A) sind. Diese Unterschiede könnten durch die in Deutschland häufigeren Mischverletzungen (Unfall als häufigste Ursache eines penetrierenden Traumas, ggf. mit stumpfer Komponente wie Schädel-Hirn-Trauma) erklärbar sein

Zudem fällt auf, daß umso mehr Volumen verabreicht wird, je niedriger der GCS (A)-Wert ist – auch innerhalb der einzelnen AIS-Gruppen. Die Diskussion hierzu erfolgt unter „Volumen“.

Jedoch ermöglicht die Verwendung des AIS-Scores, im Gegensatz zu unseren Auswertungen nach TRISS, die Errechnung von statistisch signifikanten Ergebnissen und erlaubt Vergleiche mit entsprechenden amerikanischen Studien.

Inwiefern die Ergebnisse von amerikanischen Studien mit Emergency-Medical-Services und Paramedic-Systemen mit unserem notarztgestützten System zu vergleichen sind, bleibt offen.

Die Verwendung des TRISS im Bereich der präklinischen Volumengabe im Zusammenhang mit der MOV-Inzidenz und der 28-Tage-Mortalität erfolgte mit dem Gedanken, einen Score, der bereits Angaben wie Alter, syst. RR, GCS, Verletzungsart etc. beinhaltet und einen guten Vorhersagewert bezüglich der Überlebenschance von Verletzten mit penetrierendem Trauma ergibt, zur Untermauerung unserer Ergebnisse zu verwenden. Von den 919 Fällen

(Gesamtregister 1993 bis 2005, penetrierendes Trauma, AIS / ISS und Volumenangabe (A) vorhanden) war lediglich bei 551 Patienten auch ein TRISS zu berechnen. Nahezu 50% der Verletzten mit penetrierendem Trauma werden präklinisch intubiert. Somit entfielen notwendige Daten wie Atemfrequenz und GCS dieser Patienten für die weitere Erhebung (im Schockraum). Durch die weitere Subgruppenbildung kam es z.T. zu statistisch nicht signifikanten Ereignissen. Man muß anmerken, daß der TRISS auch nicht in der Lage ist, exakte Vorhersagen zu treffen (CHAMPION et al, 1990; MARKLE et al., 1992), jedoch ist der TRISS im Vergleich zum ISS und ASCOT der derzeit beste Mortalitätsprediktor. Die Probleme des TRISS liegen in der groben Alterseinteilung (Alter bis und über 60 Jahre), den bereits genannten Einschränkungen des AIS / ISS (anatomische Scores), der geringen statistischen Aussagekraft bei kleinen Patientenzahlen und der fehlenden Unterscheidung zwischen Früh- und Spättodesfällen.

Die Verwendung des AIS zeigte sich letztendes als die in unserem Fall als beste Möglichkeit, um auf unsere Fragestellungen Antworten zu finden.

#### 4.1.3 Volumengruppen

Bickell berichtet in seiner Studie von präklinisch verabreichten Volumenmengen zwischen +/- 309 ml und +/- 870 ml (BICKELL et al., 1994). In Anlehnung an diese Studie teilten wir unsere Volumengruppen in Gruppen bis 500 ml, 500 bis 1000 ml und über 1000 ml ein - unter anderem auch deshalb, weil häufig die Anzahl der „angehängten“ Infusionslösungen und anhand der Restmenge in den Infusionsflaschen geschätzte Volumenangaben gemacht werden müssen. Die im mitteleuropäischen Raum erfassten Volumenangaben sind somit z.T. als ungenau zu bezeichnen. Eine Empfehlung zur präklinischen Volumengabe bezüglich der Menge in ml/min erscheint nicht praktikabel, weshalb wir die Volumengruppeneinteilung auch in einer nachfolgenden Studie so beibehalten würden.

#### 4.1.4 Blutdruckgruppen

Der Blutdruck als Parameter für die Herz-Kreislauf-Funktion ist ein nicht sehr spezifischer Parameter, der jedoch standardmäßig erhoben wird. Der Blutdruck wird nicht nur von dem vorhandenen Blutvolumen und der verabreichten Volumenersatzmittelmenge definiert, sondern auch durch die Gefäßbeschaffenheit, den Vagotonus, der Menge an körpereigenen zirkulierenden Katecholaminen und Stresshormonen des Patienten. Der Blutdruck kann also nur als Orientierungshilfe dienen. Der Blutdruck ist zwar ein wissenschaftlich nicht exakter Parameter für die

Bestimmung des Volumendefizits, aber im präklinischen Arbeitsumfeld sicherlich der mit am einfachsten zu erhebende (KREIMEIER et al., 2002).

Vielleicht ist der Blutdruck aber gerade als individueller Parameter, insbesondere bei unserem jungen Patientengut, ein guter und schnell zu bestimmender Wert, gibt er in Zusammenschau mit der Verletzung doch Auskunft über die individuellen Kompensationsmöglichkeiten.

Unter Umständen wäre eine weitere Einteilung der Blutdruckwerte von Nutzen gewesen, um die Gruppe  $> 90$  mmHg genauer analysieren zu können.

Auch eine Betrachtung des Outcomes speziell der Patienten, deren Blutdruck präklinisch angehoben wurde, wäre im weiteren von Interesse.

## **4.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **4.2.1 Zeit**

Es findet sich ein signifikanter Unterschied im präklinischen Zeitbedarf zwischen Einsätzen zu penetrierendem und stumpfem Trauma – Einsätze zu Verletzten mit penetrierendem Trauma weisen signifikant kürzere präklinische Zeitintervalle auf.

Die Transportzeit in die Klinik bei Verletzten mit penetrierendem Trauma ist signifikant kürzer, als die der Verletzten mit stumpfem Trauma.

Jedoch beträgt der präklinische Zeitbedarf im Mittel 66 Minuten bei Verletzten mit penetrierendem und 71 Minuten bei Verletzten mit stumpfem Trauma.

Der präklinische Zeitbedarf in den Jahren von 1993 bis 2004 stellt sich als relativ gleichbleibend dar. Es zeigt sich keine Tendenz zu kürzeren Rettungszeiten.

Bereits Anfang der 1970er Jahre wurde von Baker und Foster, insbesondere jedoch von Cowley, beschrieben, daß je 30 Minuten Verzögerung der klinischen Therapie durch ein verlängertes präklinisches Zeitintervall ein dreifach höheres Mortalitätsrisiko entsteht (BAKER, 1968; FOSTER, 1969; COWLEY et al., 1973). Hieraus entwickelte sich der Begriff der „golden hour“, der, wie bereits angeführt, nie wirklich validiert wurde.

Es ist, unseren Daten nach, in Deutschland scheinbar weder bei Verletzten mit penetrierendem noch bei Verletzten mit stumpfem Trauma möglich, die klinische Versorgung binnen 60 Minuten

nach Alarmierung des Rettungsdienstes zu beginnen – und dies trotz der hohen Anzahl von Rettungsdienstwachen und Notarztstützpunkten und den relativ kurzen Transportzeiten von im Mittel 20 Minuten.

Der ausschlaggebende Punkt bezüglich des präklinischen Zeitintervalls ist entweder in der Durchführung erweiterter präklinischer Maßnahmen durch gut ausgebildetes Rettungspersonal zu suchen, oder aber in der Verletzungsschwere oder in notwendigen technischen Rettungen.

Auf die beiden letztgenannten Punkte ist es ohnehin nicht möglich Einfluß zu nehmen, weshalb es sinnvoll erscheint, das Hauptaugenmerk auf den Punkt ALS zu lenken.

Anzumerken bleibt, daß nicht nur die klinische Versorgung nicht binnen 60 Minuten nach Alarmierung begonnen wird. Dem eigentlichen Beginn der chirurgischen Intervention gehen nochmals 52 Minuten Diagnostik im Schockraum und Vorbereitungszeit im OP voraus. Bis zur Operation dauert es also nach Absetzen des Notrufs im Schnitt fast zwei Stunden. Eine noch bessere Strukturierung und schnellere Diagnostik im Schockraum könnte ggf. von Vorteil sein.

Viele Studien zum Thema der präklinischen Zeit zeigen ein besseres Outcome von Verletzten, die innerhalb kürzester Zeit und ohne ALS in die Klinik gebracht werden (LEWIS et al., 1983; LERER et al., 1994; DEMETRIADES et al., 1996).

Eine häufig zitierte Übersichtsarbeit von Liberman zeigt auf, dass ALS-Maßnahmen am Unfallort eine Verlängerung der präklinischen Zeit von im Mittel fünf Minuten zur Folge hat und mehr noch, ALS-Maßnahmen steigern die Mortalitätsrate über 2,5-fach im Vergleich zu BLS (LIBERMAN et al., 2000).

Auch Seamon sieht in jeder präklinischen Maßnahme die Gefahr der Verlängerung des präklinischen Zeitintervalls und postuliert, daß mit jeder präklinischen Maßnahme das Mortalitätsrisiko 2,6fach erhöht wird (SEAMON et al., 2007).

Von Gratton wird die Durchführung von ALS- Maßnahmen und / oder die Verletzungsschwere als Hauptfaktor der Verweilzeit am Unfallort gesehen (GRATTON et al., 1991).

Bei Verletzten mit penetrierendem Trauma berichtet Deakin über einen geringeren Benefit von ALS als bei Patienten mit stumpfem Trauma (DEAKIN et al., 1994).

Eine aktuelle prospektive Studie von van der Velden zeigt auf, daß 83% der "golden hour" durch die präklinische Zeit verbraucht wird und, daß 81% aller notwendigen Interventionen bereits vor Ankunft in der Klinik durchgeführt werden. Zudem wurde nachgewiesen, daß mit zunehmender

medizinischer Ausbildung auch mehr präklinische Interventionen durchgeführt werden – dies ist also bei dem deutschen notarztgestützten Rettungsdienstsystem sicherlich zu beachten. Desweiteren korreliert die steigende Zahl der präklinisch durchgeführten Interventionen signifikant mit einem Anstieg der präklinischen Zeit (van der VELDEN et al., 2008).

Es müssen die verschiedenen ALS-Maßnahmen aber in ihrer Wertigkeit betrachtet werden: die alleinige Schaffung eines i.v.-Zuganges lässt sich nicht mit dem Zeitbedarf zur Durchführung einer endotrachealen Intubation vergleichen. Es bestehen zudem sicherlich bereits innerhalb der unterschiedlichen Emergency-Medical-Services und Paramedic-Systemen, zwischen Paramedic-System und notarztgestützten Rettungsdienstsystem und im weiteren auch innerhalb der in der Notfallmedizin tätigen Ärzte, hier bestehen u.U. auch Fachgebietsunterschiede, sehr unterschiedliche Ausbildungsstandards, weshalb nicht alle Studien miteinander zu vergleichen sind.

Jedoch scheinen gerade die erweiterten präklinischen Maßnahmen zumindestens einen Teil des präklinischen Zeitbedarfs auszumachen.

Den Zeitbedarf für ALS respektive BLS - Maßnahmen in Deutschland können wir nicht weiter untersuchen, da unser Rettungsdienstsystem anders als die Rettungssysteme in den angloamerikanischen Ländern aufgebaut ist. BLS wird bei uns lediglich durch Laienhelfer oder durch Sanitäter durchgeführt, die einen Krankentransportwagen besetzen. Bei Unfällen wird normalerweise ein Rettungswagen angefordert, den mindestens ein Rettungsassistent begleitet, der seiner Ausbildung gemäß ALS-Maßnahmen beherrscht und diese im Rahmen der Notfallkompetenz auch durchführen darf. Wird im weiteren noch ein Notarzt alarmiert oder nachgefordert, sind ALS-Maßnahmen am Unfallort eher die Regel als die Ausnahme. Wir können also in unserem Falle unterstellen, daß bei Alarmierung zu einem penetrierendem Trauma bereits primär Personal angefordert wird, das ALS-Maßnahmen durchführen kann und auch durchführt. Hieraus könnten die langen Zeiten am Unfallort von bis zu einer halben Stunde entstehen.

Sampalis postuliert, dass eine Volumentherapie nicht notwendig ist, wenn der Patient binnen 30 Minuten in einer Klinik versorgt werden kann. Aber auch in seiner Studie benötigen die meisten Patienten zwischen 30 und 60 Minuten Prähospitalzeit (55%), wobei 51% der Patienten in dieser Studie ein penetrierendes Trauma erlitten haben. Weiter beziffert er den Zeitverlust der Maßnahme des Legens eines intravenösen Zugangs mit fünf Minuten (SAMPALIS et al., 1997).

Bereits in einer früheren Studie kommt Sampalis zu folgendem Schluss: "...on-site ALS in general, and intravenous fluid replacement in particular, caused significant increases in prehospital time, which were associated with an increase in the risk of mortality..." - das Legen eines intravenösen Zugangs birgt entweder durch die Volumengabe oder wegen der längeren Prähospitalzeit ein höheres Mortalitätsrisiko (SAMPALIS et al., 1994).

In Deutschland beträgt die mittlere präklinische Transportzeit zwischen 20 und 30 Minuten. Eine Volumentherapie wäre nach Sampalis demnach nicht zwingend erforderlich.

Jedoch arbeiten die Notärzte in Deutschland etwa 27 Minuten am Unfallort, inklusive Legen eines intravenösen Zugangs und häufiger präklinischer Intubation (mehr als 50% der Patienten).

Eventuell ist in der bei uns benötigten präklinischen Zeit von etwas über einer Stunde zumindestens das Legen eines intravenösen Zugangs mit Verabreichung einer gewissen Menge an Volumenersatzmitteln als notwendig zu erachten.

Ein venöser Zugang ist bei Verletzten in Deutschland eine durch geschultes Personal einfach durchzuführende Maßnahme, die weder viel Zeit verbraucht noch primär schadet. Es herrscht Übereinstimmung der in der Notfallrettung tätigen Ärzte darüber, daß es während des Transports möglich sein muß, auf eine etwaig eintretende Verschlechterung des Zustands des Patienten durch Verabreichung von Volumen und / oder Medikamenten angemessen reagieren zu können. Zudem gibt es Studien, die postulieren, daß ALS-Maßnahmen, sofern sie durch geschultes Personal durchgeführt werden, nicht zu einer Verlängerung des präklinischen Zeitintervalls führen (PEPE et al., 1985; SPAITE et al., 1991; SCHMIDT et al., 1993).

Bei Bickell werden in beiden Studiengruppen je zwei großlumige venöse Zugänge gelegt, das Hauptaugenmerk liegt auf der verabreichten Volumenmenge. Die Paramedics in dieser US-Studie sind trotz des Legens der venösen Zugänge äußerst schnell.

Man muß folglich mehr über die Art und Menge des zu verabreichenden präklinischen Volumens diskutieren, als über die Frage, ob ein venöser Zugang und eine Volumentherapie vonnöten ist.

Vergleicht man unsere Daten mit dem Zeitbedarf bei Bickell (+/-8 Minuten Anfahrt, +/-9 Minuten Verweilzeit und +/-13 Minuten Rückfahrt), so sind die Paramedics in den USA sehr schnell und

benötigen weniger Zeit am Unfallort als deutsche Notärzte. Diese Unterschiede könnten mit der Datenlage erklärt werden. Die Bickell-Studie findet in einem rein urbanen Umfeld statt, in der die Zeiten zum Einsatzort sehr kurz sind und wo durch die geringe Zeit bis zur nächsten Klinik vornehmlich wohl auch keine ALS-Maßnahmen ergriffen werden.

Bei Bickell versterben 38% der Verletzten der immediate volume group – nach einem präklinischen Zeitintervall von etwa 30 Minuten. Bei den Patienten unserer Analyse, die einen RR < 90 mmHg haben, beträgt die Mortalitätsrate 58% - bei einem präklinischen Zeitintervall von mehr als 60 Minuten. Soweit sind die Daten also gut miteinander vergleichbar und weisen auf einen starken Effekt der präklinischen Zeit auf die Mortalitätsraten hin. Zu beachten bleibt, daß lediglich 13% der Patienten versterben, die nach gleichem präklinischen Zeitintervall einen Blutdruck > 90 mmHg aufweisen.

Hieraus könnte man also schlußfolgern, daß in Deutschland die Verletzten mit penetrierendem Trauma entweder schneller in die Klinik transportiert werden müssen oder, daß bei einem voraussichtlich längeren präklinischen Zeitintervall ein Blutdruck von 90 mmHg anzustreben ist.

Es ist anzumerken, dass in Deutschland 40% der penetrierenden Verletzungen im Rahmen eines Unfalls passieren, z.B. bei Verkehrsunfällen, wobei Mischbilder von stumpfen und penetrierenden Traumata anzutreffen sind, was die präklinischen Zeitintervalle entscheidend beeinflussen wird.

Desweiteren werden die Rettungszeiten z.B. durch eine erforderliche technische Rettung oder längere Anfahrtszeiten zum Unfall beeinflusst.

Man muss sicherlich zwischen Patienten in urbanem und ländlichem Rettungsdienstbereich unterscheiden. Eine retrospektive Datenanalyse von Messick zeigte, dass ALS im Falle von längeren Rettungswegen respektive Rettungszeiten bei Traumapatienten auch einen gewissen Benefit in Hinblick auf niedrigere Sterblichkeitsraten bringen kann (MESSICK et al., 1992).

Auch Bayeff-Filoff postuliert, daß, falls wegen einer schwierigen Rettung das präklinische Zeitintervall voraussichtlich verlängert wird, eine vorgezogene notärztliche Behandlung in Betracht zu ziehen ist (BAYEFF-FILOFF et al., 2002).

Interessant scheint die Betrachtung des präklinischen Zeitbedarfs bei den schwerer verletzten Gruppen mit relativ homogenen GCS-Werten, der mit Verabreichung von mehr Volumen deutlich ansteigt. Dies könnte auf die Triage von Patienten hindeuten: schwerer verletzte Patienten werden in spezialisierte Kliniken verbracht, die nicht überall in kurzer Zeit erreichbar sind. Jedoch findet

sich in unseren Daten ein deutlicher Unterschied (zwischen 10 und 20 Minuten) des präklinischen Zeitbedarfs zwischen den Volumengruppen 500 bis 1000 ml und > 1000 ml innerhalb aller AIS-Gruppen – also von AIS Gruppe 2, 3 und 4, die alle deutlich unterschiedlich schwer verletzt sind.

Es gibt Stimmen, die postulieren, daß die Verletzungsschwere der Hauptfaktor der Länge der präklinischen Zeit darstellt (JACOBS et al., 1984; GRATTON et al., 1991; ECKSTEIN et al. 2000).

Nach unseren Auswertungen korreliert jedoch nicht die Verletzungsschwere mit der präklinischen Zeit sondern vielmehr die präklinische Zeit mit dem präklinisch verabreichten Volumen. Innerhalb jeder AIS-Gruppe benötigen die Patienten, die präklinisch bis 1000 ml Infusionslösungen erhalten, um 50 Minuten bis zum Eintreffen in der Klinik. Die Patienten, die mehr als 1000 ml Infusionslösungen erhalten, treffen erst nach über 60 oder 70 Minuten in der Klinik ein. Hier kann man unterstellen, daß diese Patienten weitere präklinische zeitintensive Maßnahmen wie eine endotracheale Intubation erhalten oder in diesen Fällen eine technische Rettung notwendig ist, weshalb sie in der verlängerten Zeit oder bei Absinken des systolischen Blutdrucks im Rahmen einer Intubation auch wiederum mehr Volumen erhalten. Man muß sich jedoch nochmals vor Augen führen, daß dies eine Beobachtung in jeder der AIS-Gruppen ist, also innerhalb einer Verletzungsschweregradgruppe.

Wir haben in unserer Abfrage keine Daten zu Mortalität oder Gesamtaufenthaltsdauer in direkter Abhängigkeit von der präklinischen Zeit erhoben, doch erscheint es uns durch die vielen oben genannten Studien evident, dass kürzere präklinische Zeitintervalle bei Verletzten mit penetrierendem Trauma erstrebenswert sind, insbesondere, wenn eine aktive, nicht-kontrollierbare Blutung vorhanden ist.

Die Schaffung eines i.v.-Zugangs sollte erwogen, eine Volumenzufuhr kritisch überdacht werden.

#### 4.2.2 Volumen

In Deutschland erhalten Verletzte mit penetrierendem Trauma mehr Volumen als Verletzte mit stumpfem Trauma, obwohl sie einen niedrigeren ISS, kürzere Verweilzeiten am Unfallort und eine kürzere Fahrtzeit zur Klinik aufweisen.

Wir können mit unseren Daten keine statistisch signifikante Korrelation zwischen Volumengabe und Sterblichkeit respektive Entwicklung eines MOV aufzeigen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß bei etwas größeren Fallzahlen weiterhin keine statistisch nachweisbaren Unterschiede erreichbar gewesen wären. Bei Betrachtung des Blutdrucks (B) im Zusammenhang mit den Outcome-Parametern finden sich statistisch signifikante Unterschiede. Da die präklinische Volumenzufuhr den präklinischen Blutdruckverlauf entscheidend mitbeeinflußt, lassen sich auch in Hinblick auf das anzustrebende präklinische Volumen Aussagen treffen. Unsere Daten weisen ohnehin einen Trend in Richtung positiver Effekte bei Verabreichung von Volumenmengen bis zu 1000 ml auf die 24-Stunden-/28-Tage-Mortalität und die Inzidenz von MOV, innerhalb der in Deutschland üblichen präklinischen Zeitintervalle von 60 Minuten Dauer, auf.

Es macht, nach ebengesagtem, keinen Sinn eine verbindliche Vorgabe zur quantitativen Verabreichung von präklinischem Volumen zu treffen, da dies immer nur unter Berücksichtigung des Verlaufs des präklinischen Blutdrucks und der zu unterstellenden benötigten präklinischen Zeit möglich ist. Aus unseren Daten jedoch kann man zumindestens Empfehlungen ableiten.

Vor dem Hintergrund, dass in Deutschland 97 % aller Verletzten und hiervon über die Hälfte mehr als 1000 ml Flüssigkeitssubstitution mit einem Median von 2000 ml erhalten, und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass bereits 75 % der Verletzten am Unfallort einen systolischen Blutdruck von über 90 mmHg (also als kreislaufstabil anzusehen sind) haben, muss man die präklinisch verabreichte Volumenmenge in Deutschland als zu hoch einstufen.

Desweiteren beträgt die durchschnittliche präklinische Gesamtzeit bei Verletzten mit penetrierendem Trauma in Deutschland 71 Minuten, wobei hiervon 20 Minuten für die Hinfahrt benötigt werden. Während dieser Zeit findet keine Volumensubstitution statt. Die präklinisch verabreichte Volumenmenge von bis zu 2400 ml wird also in einem Zeitintervall von 40 Minuten verabreicht.

Unsere Daten deuten darauf hin, dass Patienten mit penetrierendem Trauma der AIS-Gruppen 3, 4 und 5/6 von einer präklinischen Volumenmenge zwischen 500 bis 1000 ml profitieren können. Diese Menge an Infusionslösungen hält den präklinischen Blutdruck bis zur Klinikaufnahme im gleichen Niveau wie bei Auffinden des Verletzten und weist in unseren Daten und Auswertungen positive Effekte im Bereich der 28-Tage-Mortalität auf.

In den AIS-Gruppen 3 und 4 jedoch findet sich es eine geringere 24-Stunden-Mortalitätsrate in der Subgruppe, die 500 bis 1000 ml Volumen präklinisch erhält. In der Gruppe AIS 5/6 hängt die 24-Stunden-Mortalität nicht von der präklinisch verabreichten Volumenmenge ab.

Den meisten Patienten werden in der in Deutschland üblichen präklinischen Zeit von mehr als einer Stunde mehr als 1000 ml Infusionslösungen appliziert, wobei die Menge mit der Verletzungsschwere und dem GCS zu korrelieren scheint.

Die Schwankungsbreite im Bereich des GCS beträgt zumeist einen Punktwert. Die mittleren GCS-Werte der Verletzten betragen bis in die AIS-Gruppe 4 über 11 Punkte, erst in der Gruppe AIS 5/6 sinken die GCS-Punktwerte in den einstelligen Bereich. Man kann unserer Ansicht nach nicht unterstellen, daß es einen Effekt auf die Volumenapplikation hat, ob ein Patient der AIS-Gruppe 3 einen GCS von 14 oder 13 hat. Insbesondere bleibt zu beachten, daß der erhobene GCS-Wert nur eine Momentaufnahme ist. Ausschlaggebend ist in unserer Auswertung der initial erhobene GCS-Wert und der GCS bei Klinikaufnahme.

Es bleibt zu beachten, daß in unseren Daten der Mittelwert des GCS lediglich in der AIS-Gruppe 5/6 Werte erreicht, ab denen eine Intubation empfohlen wird (GCS von 8). Betrachtet man die Tatsache, daß über 50% der Verletzten mit penetrierendem Trauma intubiert in die Klinik eingeliefert werden, muß man davon ausgehen, daß viele der Verletzten mit penetrierendem Trauma trotz eines GCS, der keine Intubation erfordert, intubiert werden. Im Rahmen der Einleitung einer Intubation kommt es häufig zu Blutdruckabfällen, die dann wiederum durch Verabreichung von Volumen und Medikamenten kompensiert werden. Dies führt also sicherlich auch zu einem erhöhten präklinischen Zeit – und Volumenbedarf.

Es ist denkbar, dass Patienten mit penetrierendem Trauma und starken Schmerzen oder auch bei längerer technischer Rettung tief analgosediert werden müssen, was eine Intubation nötig machen kann. Im weiteren Verlauf sind während der intensivstationären Behandlung Komplikationen wie Pneumonien, verlängerte Liegedauer und auch erschwertes Weaning (Entwöhnung vom Beatmungsgerät) möglich.

Erwähnenswert sind an dieser Stelle drei Studien. Eckstein untersuchte retrospektiv das Outcome von schwerverletzten Patienten, die präklinisch u.a. eine Beatmung mittels Beatmungsbeutel erhalten hatten. Die Überlebensraten der Patienten, die mittels Beatmungsbeutel beatmet wurden, lagen höher (ECKSTEIN et al., 2000).

In einer retrospektiven Datenanalyse von Stockinger wird festgestellt, dass die endotracheale Intubation keine Überlebensvorteile im Vergleich mit der Maskenbeatmung bringt (STOCKINGER et al., 2004).

Im Jahre 2005 plädierten in einer Umfrage unter einer großen Anzahl von Chirurgen in Amerika unter anderem zu dem Thema der präklinischen Intubation die Mehrzahl der Kollegen mit über 20 jähriger Berufserfahrung für eine Beatmung mit Beatmungsbeutel, wenn die Transportzeit zwischen 20 und 40 Minuten beträgt (SALOMONE et al., 2005).

In Deutschland beträgt die mittlere Transportzeit in die Klinik 20 Minuten. Eine Beatmung mit Beatmungsbeutel wäre also möglich – ganz im Sinne des BLS-Konzepts – und es könnte nicht nur wertvolle präklinische Zeit, durch den Verzicht auf eine Intubation, gewonnen, sondern auch Volumen eingespart werden.

Bickell kommt in seiner Studie zu dem Schluss, dass es für die Patienten mit penetrierendem Trauma in urbanem Umfeld von Vorteil ist, die Volumentherapie bis in die Klinik zu verzögern. Bei Bickell wird der delayed volume group innerhalb von einer halben Stunde +/-309 ml Infusionslösung verabreicht - mit weniger Komplikationen (BICKELL et al., 1994).

Auch unsere Ergebnisse zeigen ein besseres Outcome bei Patienten, die in der Prähospitalzeit von etwas mehr als einer Stunde weniger als 1000 ml verabreicht bekommen.

Beide Ergebnisse sind also letztlich doch auch miteinander zu vergleichen.

Man kann aus unseren Daten schlussfolgern, dass, bezogen auf den AIS, die Gesamtaufenthaltsdauer sowie die Inzidenz des MOV von der präklinisch verabreichten Volumenmenge abhängig sind.

Je mehr Volumen präklinisch verabreicht wird, desto höher der Blutdruck bei Klinikaufnahme, desto mehr Volumen wird in der Klinik benötigt, desto länger die Gesamtaufenthaltsdauer (möglicherweise durch Komplikationen, Blutungen, intensivmedizinische Betreuung (präklinisch und klinisch), Lungenembolien, ARDS, Probleme während dem Extubieren etc. begründet) und desto höher die Inzidenz des MOV (eine der Komplikationen bei Bickell).

Auch bei Bickell findet sich eine Korrelation zwischen der präklinisch verabreichten Volumenmenge und der Aufenthaltsdauer.

Nach unserer Analyse können wir die Aussage von Bickell „... die Gruppe mit geringerem präklinischen Volumen hat niedrigere Mortalitätsraten ... und weniger Komplikationen ...“ bestätigen.

Bei Betrachtung der zwei Volumentherapiegruppen „0“ und „Kristalloid“, die einen ähnlichen Verletzungsschweregrad aufweisen (ISS > 17, also schwerverletzt), fällt auf, dass die Volumengruppe „0“ in der Klinik lediglich 200 ml mehr Volumenersatz als die nachfolgend angeführte Volumentherapiegruppe, und kein FFP benötigt. Die Kristalloidgruppe erhält bereits präklinisch Volumen, benötigt in der Klinik etwa 1000 ml mehr als die erstgenannte Gruppe, benötigt ähnlich viele EKs, jedoch auch FFP.

FFP ist ein Blutprodukt, das keine Zellen des Blutes (Erythrozyten, Thrombozyten, Leukozyten), jedoch noch alle Gerinnungsfaktoren und Faktoren des Komplementsystems sowie Immunglobuline, Proteine und auch Faktoren zur Fibrinolyse enthält. Es wird eingesetzt bei hohem Volumenbedarf i.S.e. Massentransfusion und alterierter Blutgerinnung i.S.e. Verbrauchskoagulopathie.

Der Bedarf von FFP in der „Infusionsgruppe“ weist also auf einen höheren Verbrauch von Gerinnungsfaktoren hin.

Desweiteren ist festzustellen, daß, unabhängig von der AIS-Gruppe, die in der Klinik benötigte Volumenmenge mit der präklinisch verabreichten Volumenmenge korreliert – je mehr Volumen präklinisch verabreicht wird, desto mehr Volumen wird in der Klinik benötigt.

Gleiches findet sich auch bei Bickell – die immediate volume group benötigt in der Klinik eine höhere Menge an Infusionslösungen, um einen Blutdruck von 100 mmHg zu halten, als die delayed volume group.

Nebenbei bemerkt haben Kristalloide eine intravasale Halbwertszeit von etwa 20 Minuten, d.h. es besteht ein geringer und kurzer Volumeneffekt, und für den Patienten entsteht kein Benefit (KREIMEIER et al., 1991/1995; RAUM et al., 2006).

Ein weiterer Gesichtspunkt unserer Analyse ist, dass hyperonkotische Lösungen in Kombination mit anderen Volumenersatzmitteln den Bedarf an FFP zu vermindern scheinen und einen Vorteil im verminderten Gesamtvolumenbedarf zeigen. Jedoch liegen hierzu noch zu wenige Daten vor, um eine definitive Aussage treffen zu können. Das Verabreichen von hyperonkotischen / hyperosmolaren Lösungen wird erst seit 2002 im Traumaregister erfasst.

Interessant erscheinen hier zwei Studien von Lilly sowie von Riddez, in denen in Tierversuchen durch eine geringe Volumengabe, ohne den Blutdruck anzuheben, eine bessere Auswurfleistung des Herzens, eine bessere Sauerstoffversorgung der Organe, ein stabiles Blutvolumen, das Sinken von Vasopressin und Katecholaminen zustande kommt und deshalb eine Therapie mit hypertoner NaCl-Kolloid-Lösung als langsame Dauerinfusion empfohlen wird (LILLY et al., 1992 ; RIDDEZ et al., 1998).

Kreimeier empfiehlt zur Volumetherapie bei Verletzten mit penetrierendem Trauma zur Unterstützung der physiologischen Reaktion hypertone Lösungen in Kombination mit hyperonkotischen Lösungen, was zu einer raschen Mobilisation des interstitiellen und intrazellulären Volumens in den Intravasalraum und somit zu einer konsekutiven Verbesserung der Rheologie und der Mikrozirkulation mit raschem Blutdruckanstieg und einer Verminderung des Volumenbedarfs führt (KREIMEIER et al., 1991/1995).

#### 4.2.3 Blutdruck

Präklinisch liegt der Median des systolischen Blutdrucks von Verletzten mit penetrierendem wie auch der von Verletzten mit stumpfem Trauma bei 120 mmHg, die Mittelwerte bei 113 mmHg (penetrierend) und 118 mmHg (stumpf).

75% der Verletzten mit penetrierendem Trauma haben bereits präklinisch einen Blutdruck von über 90 mmHg, bei Klinikaufnahme sind es 83%.

Der Blutdruck liegt also bei vielen der Verletzten mit penetrierendem Trauma schon früh zumindestens im unteren Normwertbereich, was bei der eher jungen Patientengruppe durch die physiologischen Reaktionen des Körpers auf das Trauma erklärt werden kann.

Man muß hier nochmals bemerken, daß, unseren Daten nach, die Mehrzahl auch der schwer verletzten Patienten einen keinen interventionsbedürftigen niedrigen systolischen Blutdruck hat oder entwickelt.

80% der Patienten mit penetrierendem Trauma wird präklinisch eine Volumenmenge von im Median 1000 ml bis 2000 ml innerhalb der 40 Minuten bis zum Erreichen der Klinik verabreicht. Die Verabreichung solch hoher Volumenmengen führt im Zusammenspiel mit den physiologischen Reaktionen des Körpers zu einem Blutdruckanstieg.

Für 7% der Patienten bedeutet dies einen Blutdruck von über 90 mmHg zu erreichen, was unserer Analyse nach mit einer besseren Überlebensrate vergesellschaftet ist. Aber auch bei den Patienten, die bereits einen Blutdruck von über 90 mmHg aufweisen, erhöht sich der Blutdruck durch diese Maßnahme. In unseren Daten finden sich bei Aufnahme in die Klinik im Mittel Blutdruckwerte von 117 mmHg. Wieviele unserer Patienten bereits präklinisch Blutdruckwerte von 100/110/120 mmHg aufweisen ist durch unsere Subgruppenbildung leider nicht ersichtlich. Man kann jedoch davon ausgehen, daß der Blutdruck durch die präklinische Volumenapplikation bei den meisten Verletzten angehoben wird. Die Risiken, die hiermit verbunden sind wurden bereits mehrfach erläutert.

Verletzte mit penetrierendem Trauma haben einen höheren GCS-Wert als Verletzte mit stumpfem Trauma, aber einen niedrigeren mittleren Blutdruck.

Der höhere GCS-Wert könnte am Verletzungsmechanismus liegen, wobei Verletzte mit stumpfem Trauma oftmals ein Schädel-Hirn-Trauma aufweisen dürften. Der Unterschied im Bereich des Blutdrucks könnte mit einem höheren Blutverlust erklärt werden.

Im Jahre 2005 wurde in Amerika eine Umfrage unter einer großen Anzahl von Chirurgen mit langjähriger Berufserfahrung im Bereich der Notfallmedizin zum Thema der Therapie einer epigastrischen Schusswunde mit Schock bei einer veranschlagten Transportzeit zwischen 20-40 Minuten durchgeführt. 66.0% der Befragten plädierten für eine relativ hypotensive Kreislaufumlage (syst. RR 80 bis 90 mmHg) und lediglich 25.3% für normale systolische Blutdruckwerte von 100 bis 120 mmHg (SALOMONE et al., 2005).

Unsere Ergebnisse zeigen eindeutig, daß es einen Unterschied im Bereich der Mortalitätsraten macht, ob ein Patient einen Blutdruck von unter oder über 90 mmHg bei Ankunft in der Klinik hat. Die Unterschiede der Verletzten mit RR < 80 mmHg oder RR 80 bis 90 mmHg sind nicht signifikant, die Unterschiede zur Gruppe > 90 mmHg sind signifikant – jeweils innerhalb der einzelnen AIS-Gruppen. Wir würden daher dafür plädieren, daß ein systolischer Blutdruck von 90 bis 100 mmHg bei Klinikaufnahme anzustreben ist.

Bickell plädiert bei Verletzten mit penetrierendem Trauma des Rumpfes und vorliegender Hypotension (Blutdruck < 90 mmHg) für eine Verzögerung der Volumentherapie und verweist auf geringere Mortalitätsraten und weniger Komplikationen. An der Schwelle zum OP finden sich in beiden Studiengruppen systolische Blutdruckwerte von um 112 mmHg (BICKELL et al., 1994).

Dutton trifft nach seiner Studie am Patienten die Aussage, dass ein niedrigerer Blutdruck im Vergleich zu einem Normdruck von etwa 100 mmHg die Mortalitätsraten nicht positiv, aber auch nicht negativ beeinflusst. Perioperativ finden sich aber auch hier bei beiden Studiengruppen mittlere Druckwerte von 100 bis 114 mmHg, wobei die Zielblutdruckwerte bei Klinikaufnahme bei 70 mmHg und > 100 mmHg lagen (DUTTON et al., 2002).

Sowohl in der Studie von Dutton steigen die Blutdruckwerte der hypotensiven Gruppe ebenso schrittweise auf perioperative Blutdruckwerte über 100 mmHg an, wie bei Bickell, wo an der

Schwelle zum OP (nach etwa einer Stunde nach Absetzen des Notrufs) in beiden Gruppen Blutdruckwerte um 112 mmHg bei einem Zieldruck im OP von 100 mmHg zu messen sind.

In beiden Studien führt also bereits eine reduzierte präklinisch verabreichte Volumenmenge zu Blutdruckwerten > 100 mmHg, wobei die Gruppen mit der niedrigeren präklinischen Volumenmenge im Vergleich zur „normalen“ Volumengruppe weniger Komplikationen aufweist.

Betrachten wir unsere Ergebnisse weiter vor dem Hintergrund der Studien von Bickell und Dutton, so scheint, als ob ein Blutdruck von 90 bis 100 mmHg in der frühen klinischen Phase ein anzustrebender Wert ist, der durch die präklinische Gabe einer reduzierten Volumenmenge in Kombination mit den physiologischen Reaktionen des Körpers des Patienten relativ leicht zu erreichen ist, da die meisten Patienten bereits präklinisch einen RR von über 90 mmHg haben, der dann gehalten werden sollte. Selbst die Verabreichung einer reduzierten präklinischen Volumenmenge mündet bereits in Blutdruckwerte zwischen 100 und 110 mmHg.

In unserer Auswertung betragen die Mittelwerte bei Aufnahme in die Klinik 117 mmHg – was durch die (zu) hohe präklinische Volumenzufuhr erklärbar ist.

In einer Studie von Spaite wurden bei 91% von unerwarteten Todesfällen ein gemeinsamer Nenner gefunden: bei diesen Patienten war während der Prähospitalphase der Blutdruck erhöht worden (SPAITE et al., 1994). Hier möchten wir nochmals auf die bereits zitierte Studie von Lilly et al. hinweisen: anzustreben ist die Verabreichung von kleinen Mengen (hyperonkotischer) Infusionslösungen, ohne Erhöhung des Blutdrucks.

Gegen eine Erhöhung des Blutdrucks sprechen auch weitere Studienergebnisse, so z.B. von, LILLY et al. 1992, KOWALENKO et al. 1992, STERN et al. 1993, DRIES et al. 1996 und SOREIDE et al. 2005.

In verschiedenen Tierstudien wird das Konzept der permissiven Hypotension mit einer verbesserten Langzeitüberlebensrate untermauert.

Der Versuch eine Normotension durch Verabreichung von Volumen zu erreichen führt zu stärkeren Blutungen, höheren Blutverlusten und steigenden Mortalitätsraten (KOWALENKO et al., 1992; STERN et al., 1993; CAPONE et al., 1995).

In einem Artikel von Kreimeier wird der angestrebte Zieldruck bei der permissiven Hypotension mit ~90 mmHg benannt (KREIMEIER et al., 2000).

Der anzustrebende Zielblutdruck im Falle einer präklinisch nicht kontrollierbaren Blutung wird im Rahmen einer großen Übersichtsarbeit der DGU über die präklinische Volumentherapie beim Trauma ebenfalls mit 90 mmHg benannt (RAUM et al., 2006).

Das beste Outcome findet sich in unserer Abfrage bei den Patienten, die bei Klinikaufnahme einen RR > 90 mmHg haben, auch bei Betrachtung der einzelnen AIS-Gruppen, und präklinisch eine reduzierte Volumenmenge von 500 bis 1000 ml verabreicht bekommen.

Der Aussage von mehreren Autoren „...eine frühe Flüssigkeitsgabe mit Anheben des systolischen Blutdrucks steigert das Mortalitätsrisiko durch Unterbrechung der physiologischen Antwort auf die Reize „Verletzung“ und „Druckverlust“...“ möchten wir uns nach Analyse unserer Daten anschließen.

Leider haben wir keine weitere Unterteilung der Blutdruckgruppen > 90 mmHg durchgeführt. Eine solche Unterteilung hätte es uns erlaubt zu erkennen, ob die Mehrzahl der Patienten mit penetrierender Verletzung bereits Blutdruckwerte von 100/110/120 mmHg hat und bei wievielen der Blutdruck tatsächlich erhöht wird. Im weiteren hätte man das Outcome der Patienten analysieren können, bei denen der Blutdruck präklinisch entweder durch eine Infusionstherapie oder durch Verabreichung von Medikamenten gehalten respektive gesteigert wurde.

Unser Hauptaugenmerk lag jedoch primär auf der Auswirkung verschiedener Volumenmengen auf unterschiedliche Outcome-Parameter von Verletzten mit penetrierendem Trauma.

Durch unsere Analyse konnte herausgearbeitet werden, daß merkliche, statistisch jedoch nicht signifikante Trends in Hinblick auf den Zusammenhang von präklinisch verabreichtem Volumen und verschiedenen Outcome-Parametern vorhanden sind. Aber erst bei Betrachtung des systolischen Blutdrucks läßt sich das Zusammenspiel der physiologischen Reaktionen des Körpers mit der präklinischen Volumengabe in statistisch signifikanten Ergebnissen zeigen.

Eine aus unseren Ergebnissen abzuleitende Empfehlung könnte folgendermaßen formuliert werden: Patienten mit penetrierendem Trauma sollte innerhalb des in Deutschland üblichen präklinischen Zeitintervalls von 60 Minuten eine reduzierte Volumenmenge von maximal 1000 ml appliziert werden mit dem Ziel, den Patienten auf niedrig-stabilem Kreislaufniveau zu halten - ein Blutdruck von 90 bis 100 mmHg bei Einlieferung in die Klinik ist anzustreben.

### 4.3 Ausblick

In Hinblick auf das präklinische Zeitmanagement, die präklinische Volumenzufuhr, den anzustrebenden Blutdruck bei Klinikaufnahme und den Zusammenhang ebengenannter Parameter mit den Outcomeparametern Multiorganversagen und Mortalität wären weitere, wenn möglich prospektive, Untersuchungen wünschenswert.

Insbesondere wäre der Zusammenhang von präklinischer Volumengabe und dem systolischen Blutdruck sowie die Auswirkungen des Anhebens des präklinischen Blutdrucks mittels präklinischer Infusionstherapien auf das Outcome näher zu betrachten.

Die gleiche Fragestellung in Hinblick auf die präklinische Versorgung von Verletzten mit stumpfem Trauma erscheint ebenfalls interessant. Erste eigene Auswertungen zeigen bei Verletzten mit stumpfem Trauma deutliche Unterschiede bezüglich der Liegedauer und der Häufigkeit des Auftretens von Multiorganversagen in Zusammenhang mit der präklinischen Volumengabe. Bezüglich der Mortalität findet sich eine erhöhte Sterblichkeit bei präklinischen Volumenmengen über 1000 ml.

Vielleicht müssen die „alten“ Ansätze der präklinischen Versorgung grundlegend revidiert werden...

...die Daten des Traumaregisters bilden hierzu eine gute Basis.

## Zusammenfassung

Studien haben belegt, dass Patienten mit penetrierendem Trauma, die auf schnellstmöglichem Wege und mit geringer Volumenzufuhr in die Klinik verbracht werden, das bessere Outcome aufweisen.

Die vorliegende Arbeit zeigt auf, wie Verletzte mit penetrierendem Trauma in Deutschland derzeit versorgt werden und, dass die Versorgung trotz neuer Erkenntnisse im analysierten Zeitraum von 1993 bis 2004 nicht verändert respektive nicht wesentlich verbessert wurde.

Primär waren 20.815 Datensätze zu penetrierenden und stumpfen Traumata vorhanden. Nach Selektion der Daten anhand unserer Auswahlkriterien konnten wir die Analyse letztlich auf der Basis von 11.747 Patientendaten durchführen.

Nach erfolgter Einteilung in Verletzungsart (penetrierend / stumpf) und Verletzungsschweregrad unter Verwendung des AIS-Scores (Gruppenbildung in AIS 0-2, 3, 4 und 5/6) und z.T. des TRISS (Gruppenbildung TRISS < 75%, TRISS 75-95% und > 95%) unterteilten wir die Parameter „Blutdruck“ sowie „Volumenmenge“ jeweils in drei Subgruppen: Blutdruck < 80 mmHg, 80 bis 90 mmHg und > 90 mmHg; Volumen: < 500 ml, 500 bis 1000 ml und > 1000 ml.

Als Outcomeparameter definierten wir die 24-Stunden-Mortalität, die 28-Tage-Mortalität, die Inzidenz von Multiorganversagen sowie die Gesamtaufenthaltsdauer.

Patienten mit penetrierender Verletzung werden ähnlich behandelt wie Verletzte mit stumpfem Trauma, was zu einer Verschlechterung des Outcomes führt. Bei kürzerem präklinischen Zeitintervall sind die verabreichten Volumenmengen nahezu identisch (zu) hoch.

Die Gesamtaufenthaltsdauer verlängert sich und die Inzidenz von Multiorganversagen steigt, je mehr Volumen unserer Zielgruppe präklinisch verabreicht wird. Schwer- und Schwerstverletzte profitieren in Hinblick auf 24-Stunden-Mortalität und 28-Tage-Mortalität von einer präklinischen Flüssigkeitszufuhr zwischen 500 und 1000 ml.

Ein systolischer Blutdruck von 90 bis 100 mmHg bei Aufnahme in die Klinik ist anzustreben. Hierdurch kann die 24-Stunden-Mortalität, die 28-Tage-Mortalität und die MOV-Inzidenz gesenkt werden. Dieser Zielblutdruck ist meist, ohne den RR zu erhöhen, durch eine restriktive präklinische Flüssigkeitsersatztherapie von 500 bis 1000 ml innerhalb der in Deutschland üblichen präklinischen Zeitintervalle von etwa einer Stunde zu erreichen.

Den Empfehlungen bezüglich der primären Dringlichkeit des Transportes möchten wir uns ungeteilt anschließen.

Das Konzept des ALS ist bei Verletzten mit penetrierendem Trauma zu überdenken.

## Literaturverzeichnis

1. **Association for the Assessment for Automotive Medicine** The abbreviated injury scale. Revision 1990, update 1998. Selbstverlag, Des Plaines. 1998
2. **Adgey J, Scott M, Allen J** Management of VR outside hospital. *Lancet*. 1969;1:1169-1171
3. **Alderson P, Bunn F, Lefebvre C, Li WP, Li L, Roberts I, Schierhout G** Colloids vs crystalloids for fluid resuscitation in critically ill patients. *Cochrane Database Syst Rev* 2003; CD 001319
4. **American College of Surgeons** Committee on Trauma Advanced Trauma Life Support for physicians. Chicago, IL: American College of Surgeons; 1997
5. **Banerjee A, Jones R** Whither immediate fluid resuscitation? *Lancet*. 1994;344(8935):1450-1451
6. **Baker SP** What next in trauma. *Med World News*. 1968;8:52-59
7. **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;14:187-196
8. **Baker SP, O'Neill B** The Injury Severity Score: an update. *J Trauma*. 1976;16:882-885
9. **Bellamy RF, Maningas PA, Wenger BA**. Current shock models and clinical correlations. *Ann Emerg Med*. 1986;15:1392-1395
10. **Bickell WH, Bruttig SP, Millnamow GA, O'Benar J, Wade CE** The detrimental effects of intravenous crystalloid after aortotomy in swine. *Surgery*. 1991;110:529-536
11. **Bickell WH, Bruttig SP, Millnamow GA, O'Benar J, Wade CE** Use of hypertonic saline / dextran versus lactated Ringer's solution as a resuscitation fluid after uncontrolled aortic hemorrhage in anesthetized swine. *Ann Emerg Med*. 1992;21(9):1077-1085
12. **Bickell WH** Are victims of injury sometimes victimized by attempts at fluid resuscitation? *Ann Emerg Med*. 1993;22:225-226
13. **Bickell WH, Wall MJ, Pepe PE, Mattox KL** Immediate vs delayed fluid resuscitation for hypotensive patients with penetrating torso injuries. *NEJM*. 1994;17(331):1105-1109
14. **Bickell WH, Stern S** Fluid replacement for hypotensive injury victims: how, when and what risks? *Curr Opin Anaesth*. 1998;11:177-188
15. **Bissell RA, Eslinger DG, Zimmermann L** The efficacy of advanced life support: a review of the literature. *Prehospital Disaster Med*. 1998;13:69-78
16. **Border JR, Lewis FR, Aprahamian C, Haller JA, Jacobs LM, Luterman A** Panel: prehospital trauma care-stabilize or scoop and run. *J Trauma*. 1983;23(8):708-711
17. **Borgman MA, Spinella PC, Perkins JG** The ratio of blood products transfused affects mortality in patients receiving massive transfusions at a combat support hospital. *J Trauma*. 2007;63:805-813

18. **Bouillon B, Neugebauer E, Rixen D, Lefering R, Tiling T** Wertigkeit klinischer Scoringsysteme zur Beurteilung der Verletzungsschwere und als Instrumente für ein Qualitätsmanagement bei Schwerverletzten. *Zentralblatt für Chirurgie*. 1996;121:914-923
19. **Bowley DMG, Boffard KD** Das penetrierende Trauma des Körperstamms. *Unfallchirurg* 2001;104:1032-1042
20. **Boyd CR, Tolson MA, Copes WS** Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma*. 1987;27:370-378
21. **Brohi K, Cohen MJ** Acute coagulopathy of trauma: hypoperfusion induces systemic anticoagulation and hyperfibrinolysis. *J Trauma*. 2008;64:1211-1217
22. **Brown G** The immediate care of seriously ill and injured patients. *Med J Aust*. 1974 30;1(13):465-468
23. **Capone AC, Safar P, Stezoski W, Tisherman S, Peitzman AB** Improved outcome with fluid restriction in treatment of uncontrolled hemorrhagic shock. *J Am Coll Surg*. 1995;180:49-56
24. **Cannon WB, Fraser J, Cowell EM** The preventive treatment of wound shock. *JAMA*. 1918;70:618-621
25. **Cayten CG, Murphy JG, Stahl WM** Basic life support vs advanced life support for injured patients with an injury severity score of 10 or more. *J Trauma*. 1993;35:460-466
26. **Champion HR, Sacco WJ, Carnazzo AJ, Copes W, Fouty WJ** Trauma score. *Crit Care Med*. 1981;9(9):672-676
27. **Champion HR, Sacco WJ, Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME** A revision of the Trauma Score. *J Trauma*. 1989;29:623-629
28. **Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, Lawnick MM, Bain LW, Gann DS** A new characterization of injury severity. *J Trauma*. 1990;30:539-545
29. **Christ F, Lackner CK** Präklinische Versorgung des Patienten mit Schock. *Internist*. 2004;45:267-276
30. **Copes WS, Champion HR, Sacco WJ, Lawnick MM, Keast SL, Bain LW** The injury severity score revisited. *J Trauma*. 1988;28:69-76
31. **Cotton BA, Gunter OL et al** Damage control hematology: the impact of a trauma exsanguination protocol on survival and blood product utilization. *J Trauma*. 2008;64:1177-1183
32. **Cowley RA, Hudson F, Scanlan E, Gill W, Lally RJ, Long W, Kuhn AO** An economical and proved helicopter program for transporting the emergency critically ill and injured patient in Maryland. *J Trauma*. 1973;13(12):1029-1038
33. **Cowley RA** Trauma center. A new concept for the delivery of critical care. *J Med Soc N J*. 1977;74(11):979-987
34. **Cowley RA** The trauma drama. *Emerg Med Serv*. 1982;11(5):24-29
35. **Cowley RA** Shock - the common denominator in blunt and penetrating trauma. *Acta Chir Scand Suppl*. 1982;508:309-313
36. **Cushing H** Tumors of the nervus acusticus. Philadelphia: W.B. Saunders; 1917

37. **Demetriades D, Chan L, Cornwell E, Belzberg H, Berne TV, Asensio J, Chan D** Paramedic vs private transportation of trauma patients. Effect on outcome. *Arch Surg.* 1996;131(2):133-138
38. **Deakin C, Davies G** Defining trauma patient subpopulations for field stabilization. *Eur J Emerg Med.* 1994;1:31-34
39. **Deakin CD, Allt-Graham J** Prehospital management of trauma patients: field stabilisation or scoop and run? *Clin Intensive Care.* 1993;4(1):24-27
40. **Dries DJ** Hypotensive resuscitation. *Shock.* 1996;6:311-316
41. **Dubick MA, Wade CE** A review of the efficacy and safety of 7.5% NaCl/6% dextran in experimental animals and in humans. *J Trauma.* 1994;36:323-330
42. **Dutton RP, Mackenzie CF, Scalea TM** Hypotensive resuscitation during active hemorrhage: impact on in-hospital mortality. *J Trauma.* 2002; 52(6):1141-1146
43. **Eckenhoff JE, Rich JC** Clinical experiences with deliberate hypotension. *Anaesth Analg.* 1966;45:21-28
44. **Eckstein M, Chan L, Schneir A, Palmer R** Effect of prhospital advanced life support on outcomes of major trauma patients. *J Trauma.* 2000;48:643-648
45. **Eisenberg MS, Bergner L, Hallstrom A** Paramedic programs and out-of-hospital cardiac arrest: factors associated with successful resuscitation. *Am J Pub Health.* 1979;69:30-38
46. **Eisenberg MS, Bergner L, Hallstrom A** Out-of-hospital cardiac-arrest: improved survival with paramedic services. *Lancet.* 1980;1:812-815
47. **Ertel W, Trentz O** Das stumpfe und penetrierende Abdominaltrauma. *Unfallchirurg.* 1996;99:288-303
48. **Foster JT** Helicopters make sense in medical care. *Mod Hosp.* 1969;112:78-82
49. **Gervin AS, Fischer RP** The importance of prompt transport of salvage of patients with penetrating heart wounds. *J Trauma.* 1982;22(6):443-448
50. **Gratton MC, Berthke RA, Watson WA, Gaddis GM** Effect of standing orders on paramedic scene time for trauma patients. *Ann Emerg Med.* 1991; 20:1306-1309
51. **Guyton AC** Circulatory shock and physiology of its treatment in Guyton AC (editor) *Textbook of medical physiology.* Saunders, Philadelphia, 1991: pp 263-271
52. **Guzman E, Shankar MN, Mattox KL** Limited Volume resuscitation in penetrating thoraco-abdominal trauma. *AACN Clinical Issues.* 1999;10:1:61-68
53. **Hambly PR, Dutton RP.** Excess mortality associated with the use of a rapid infusion system at a level I trauma center. *Resuscitation.* 1996;31:127-133
54. **Hamilton SM, Breakey P** Fluid resuscitation of the trauma patient: how much is enough? *Canadian Journal of Surgery.* 1996;39(1):11-16
55. **Helm M, Kulla M, Lampl L** Advanced Trauma Life Support. *Anaesthesist.* 2007;56:1142-1146

56. **Holmes DF, Sakles JC, Lewis G, Wisner DH** Effects of delaying fluid resuscitation on an injury to the systemic arterial vasculature. *Acad Emerg Med.* 2002;9:267-274
57. **Hyde JAJ, Graham TR** Pre-hospital fluid resuscitation for thoracic trauma. *Prehospital immediate care* 1999;99-101
58. **Isenberg DL, Bissell R** Does advanced life support provide benefits to patients?: A literature review. *Prehospital Disaster Med.* 2005 Jul-Aug;20(4):265-270
59. **Ivatury RR, Nallathambi MN, Roberge RJ, Rohman M, Stahl W** Penetrating thoracic injuries: in-field stabilization vs prompt transport. *J Trauma.* 1987;27(9):1066-1073
60. **Jacobs LM, Sinclair A, Beiser A** Prehospital advanced life support: benefits in trauma. *J Trauma.* 1984;24:8-13
61. **Kanz KG, Mutschler W** Interdisciplinary shock room management: responsibilities of the radiologist from the trauma surgery viewpoint. *Radiologe.* 2002;42(7):506-514
62. **Kanz KG, Lackner C, Mutschler W** und AG Notfallmedizin der DGU. *Logbuch der Notfallmedizin: Algorithmen und Checklisten; 3. Auflage.* Dick, Ahnefeldt (Hrsg)
63. **Kaweski SM, Sise MJ, Virgilio RW** The effects of prehospital fluids on survival in trauma patients. *J Trauma.* 1990;30(10):1215-1218
64. **Kobbe P, Pape HC** Penetrierende Verletzungen. *Notfall Rettungsmed.* 2008;11:141-151
65. **Kowalenko T, Stern S, Dronen S, Wang X** Improved outcome with hypotensive resuscitation of uncontrolled hemorrhagic shock in a swine model. *J Trauma.* 1992;33:349-353
66. **Kramer G, Perron P, Lindsey D, Ho H, Gunther R, Boyle W** Small volume resuscitation with hypertonic saline dextran solution. *Surgery.* 1986;100:239-246
67. **Krausz MM, Bar-Ziv M, Rabinovici R, Gross D** "Scoop and run" or stabilize hemorrhagic shock with normal saline or small-volume hypertonic saline? *J Trauma.* 1992;33(1):6-10
68. **Krausz MM, Bashenko Y, Hirsh M** Crystalloid and colloid resuscitation of uncontrolled hemorrhagic shock following massive splenic injury. *Shock* 2001;16(5):383-388
69. **Kreimeier U, Christ F, Frey L** Small-volume resuscitation for hypovolemic shock. Concept, experimental and clinical results. *Anaesthesist.* 1997;46:309-328
70. **Kreimeier U, Prueckner S, Peter K** Permissive Hypotension. *Schweiz Med Wochenschr.* 2000;130:1516-1524
71. **Kreimeier U, Lackner C, Prueckner S, Ruppert M, Peter K** Permissive hypotension in severe trauma. *Anaesthesist.* 2002;51(10):787-799
72. **Kreimeier U, Meßmer K** Prähospitaler Flüssigkeitstherapie. *Anaesthesist.* 1996;45:884-899
73. **Lee WC, Nelson R** Field intravenous lines: are they worth it? *J Trauma.* 1986;26:678
74. **Lerer LB, Knottenbelt JD** Preventable mortality following sharp penetrating chest trauma. *J Trauma.* 1994;37:9-12

75. **Lerner EB, Moscati RM** The golden hour: scientific fact or medical "urban legend"? *Acad Emerg Med.* 2001;8(7):758-760
76. **Lewis FR** Prehospital trauma care: stabilize or scoop and run. *J Trauma.* 1983;23:708-711
77. **Lewis FR** Ineffective therapy and delayed transport. *Prehospital Disaster Med.* 1989;4:129-130
78. **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(4):584-599
79. **Liberman M, Mulder D, Lavoie A, Denis R, Sampalis J** Multicenter Canadian study of prehospital trauma care. *Ann of Surg.* 2003;237(2):153-160
80. **Lilly MP, Gala GJ, Carlson DE, Sutherland BE, Gann DS** Saline resuscitation after fixed-volume hemorrhage. Role of resuscitation volume and rate of infusion. *Ann of Surg.* 1992;216(2):161-171
81. **Mapstone J, Roberts I, Evans P** Fluid resuscitation strategies: a systematic review of animal trials. *J Trauma.* 2003;55:571-589
82. **Markle J, Cayten CG, Byrne DW, Moy F, Murphy JG** Comparison between TRISS and ASCOT methods in controlling for injury severity. *J Trauma.* 1992;33:326-332
83. **Marshall HP, Capone A, Courcoulas AP** Effects of hemodilution on long-term survival in an uncontrolled hemorrhagic shock model in rats. *J Trauma.* 1997;43:673-679
84. **Mattox KL, Maningas PA, Moore EE** Prehospital hypertonic saline/dextran infusion for post-traumatic hypotension: the U.S.A. Multicenter Trial. *Ann Surg.* 1991;213:482-491
85. **Maurer A, Morris JA** Injury Severity Scoring; in Mattox and Moore pp. 87-90
86. **McNicholl BP** The golden hour and prehospital trauma care. *Injury.* 1994;25(4):251-254
87. **Messick WJ, Rutledge R, Meyer AA** The association of advanced life support training and decreased per capita trauma death rates: an analysis of 12,417 trauma deaths. *J Trauma.* 1992;33(6):850-855
88. **Myers C** Fluid resuscitation. *European J Emerg Med.* 1997;4:224-232
89. **Nast-Kolb D, Waydhas C, Kanz KG, Schweiberer L** Algorithmus für das Schockraummanagement beim Polytrauma. *Unfallchirurg.* 1994;97:292-302
90. **Nast-Kolb D, Ruchholtz S, Oestern HJ, Neugebauer E** Das Traumaregister der Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Notfall & Rettungsmedizin* 2000;3:147-150
91. **Nagel M, Kopp H, Hagemüller E, Saeger HD** Schuß- und Stichverletzungen des Abdomens. *Zentralblatt Chirurgie.* 1992;117:453-460
92. **Nolan J** Fluid replacement. *Br Med Bull.* 1999;55(4):821-843
93. **Nolan J** Fluid resuscitation for the trauma patient. *Resuscitation.* 2001;48(1):57-69
94. **Osterwalder JJ, Riederer M** Qualitätsbeurteilung der Versorgung von Mehrfachverletzten mittels ISS, TRISS oder ASCOT? *Schweiz Med Wochenschr.* 2000;130:499-504

95. **Owens TM, Watson WC, Prough DS** Limiting initial resuscitation of uncontrolled hemorrhage reduces internal bleeding and subsequent volume requirements. *J Trauma*. 1995;39:200-207
96. **Pantridge J, Geddes J** Mobile intensive-care unit in the management of myocardial infarction. *Lancet*. 1967;271-275
97. **Pepe PE, Bickell WH, Wyatt CH** Relationship between total prehospital time and outcome in patients with penetrating trauma. *Ann. Emerg. Med*. 1986;15:626
98. **Pepe PE, Dutton RP, Fowler RL** Preoperative resuscitation of the trauma patient. *Curr Opinion in Anaesthesiology*. 2008;21(2):216-221
99. **Pons PT, Honigman B, Moore EE** Prehospital advanced trauma life support for critical penetrating wounds to the thorax and abdomen. *J Trauma*. 1985;25:828-832
100. **Pons PT, Moore EE, Cusick JM** Prehospital venous access in an urban paramedic system: a prospective on-scene analysis. *J Trauma*. 1988;28:1460-1463
101. **Raum M, Waydhas C** und die AG „Notfallmedizin“ der DGU Präklinische Volumentherapie beim Trauma. *Notfall Rettungsmed*. 2006;9:485-500
102. **Rafie AD, Rath PA, Michell MW, Kirschner RA, Deyo DJ, Prough DS, Grady JJ** Hypotensive resuscitation of multiple hemorrhages using crystalloid and colloids. *Shock*. 2004;22(3):262-269
103. **Reines HD, Bartlett RL, Chudy NE, Kiragu KR, McKnew MA** Is advanced life support appropriate for victims of motor vehicle accidents: the South Carolina Highway Trauma Project. *J Trauma*. 1985;25:828-832
104. **Rhee P, Burris D, Kaufman C** Lactated Ringer's resuscitation causes neutrophil activation after hemorrhagic shock. *J Trauma*. 1998;44:313-319
105. **Riddez L, Johnson L, Hahn RG** Central and regional hemodynamics during crystalloid fluid therapy after uncontrolled intra-abdominal bleeding. *J Trauma*. 1998;44:433-439
106. **Roberts I, Evans P, Bunn F** Is the normalisation of blood pressure in bleeding trauma patients harmful? *Lancet*. 2001;357:385-387
107. **Rossi R** Erstversorgung vor Ort oder schnellstmöglicher Transportbeginn? *Anästhesist*. 1997;46:126-132
108. **Sakles JC, Sena MJ, Knight DA** Effect of immediate fluid resuscitation on the rate, volume and duration of pulmonary vascular hemorrhage in a sheep model of penetrating thoracic trauma. *Ann Emerg Med*. 1997;29:392-399
109. **Salomone JP, Ustin JS, McSwain NE, Feliciano DV** Opinions of trauma practitioners regarding prehospital interventions for critically injured patients. *J Trauma*. 2005;58:509-517
110. **Salomone JP, Frame SB** Prehospital care. *Mattox and Moore* pp. 105-123
111. **Sampalis JS, Lavoie A, Salas M** Determinants of on-scene time in injured patients treated by physicians at the site. *Prehospital and Disaster Medicine*. 1994;9:178-189
112. **Sampalis JS, Tamim H, Denis R, Boukas S, Ruest SA** Ineffectiveness of on-site intravenous lines: is prehospital time the culprit? *J Trauma*. 1997;43(4):608-617

113. **Sasada M, Williamson K, Gabbott D** The golden hour and prehospital trauma care. *Injury*. 1995;26(3):215-216
114. **Schmidt U, Muggia-Sullam M, Holch M, Kant CJ, Brummerloh C** Primärversorgung des Polytraumas. Vergleich des deutschen und amerikanischen Luftrettungssystems. *Unfallchirurg*. 1993;96:287
115. **Seamon MJ, Fisher CA, Gaughan J** Prehospital procedures before emergency department thoracotomy: "scoop and run" saves lifes. *J Trauma*. 1997;63:113-120
116. **Shafi S, Gentilello L** Prehospital endotracheal intubation and positive-pressure ventilation is associated with hypotension and decreased survival in hypovolemic trauma patients: an analysis of the National Trauma Data Bank. *J Trauma*. 2005;59:1140-1145
117. **Shah N, Palmer C, Sharma P** Outcome of raising blood pressure in patients with penetrating trunk wounds. *Lancet*. 1998;351(9103):648-649
118. **Shaftan GW, Chiu C, Dennis C, Harris B** Fundamentals of physiologic control of arterial hemorrhage. *Surgery*. 1965;58:851-856
119. **Smith JB, Bodoi BI, Hill AS, Frey CF** Prehospital stabilization of critically injured patients: a failed concept. *J Trauma*. 1985;25:65-70
120. **Soreide E, Deakin CD** Prehospital fluid therapy in the critically injured patient-a clinical update. *Injury*. 2005;36(9):1001-1010
121. **Spaite DW, Tse DJ, Valenzuela TD, Criss EA, Meislin HW, Mahoney M, Ross J** The impact of injury severity and prehospital procedures on scene time in victims of major trauma. *Ann Emerg Med*. 1991;20:1299
122. **Spaite DW, Valenzuela TD** A prospective in-field comparison of intravenous line placement by urban and nonurban emergency medical services personnel. *Ann Emerg Med*. 1994;24(2):209-214
123. **Stern S, Dronen S, Birrer P, Wang X** Effect of blood pressure on hemorrhage volume and survival in a near-fatal hemorrhage model incorporating a vascular injury. *Ann Emerg Med*. 1993;22:155-163
124. **Stern SA, Kowalenko T, Younder J** Comparison of the effects of bolus vs slow infusion of 7.5% NaCl/6% Dextran-70 in a near-lethal uncontrolled hemorrhage. *Shock*. 2000;14:616-622
125. **Stern SA, Wang X, Mertz MW** Under-resuscitation of near-lethal uncontrolled hemorrhage: effects on mortality and end-organ function at 72h. *Shock*. 2001;15:16-23
126. **Stockinger ZT, McSwain NE** Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. *J Trauma*. 2004;56:531-536
127. **Strecker W, Gebhard F, Perl M, Rager J, Buttenschon K, Kinzl L, Beck A** Biochemical characterization of individual injury pattern and injury severity. *Injury*. 2003 Dec;34(12):879-887
128. **Trunkey DD** Is ALS necessary for prehospital trauma care? *J Trauma*. 1984;24:86-87
129. **Trunkey DD** Prehospital fluid resuscitation of the trauma patient. An analysis and review. *Emerg Med Serv*. 2001;30(5):93-95

130. **Turner J, Nicholl J, Webber L, Cox H, Dixon S, Yates D** A randomised controlled trial of prehospital intravenous fluid replacement therapy in serious trauma. *Health techn ass.* 2000; 4(31)
131. **van der Velden MW, Ringburg AN, Bergs EA, Steyerberg EW, Patka P, Schipper IB** Prehospital interventions: time wasted or time saved? An observational cohort study of management in initial trauma care. *Emerg Med J.* 2008;25(7):444-449
132. **Vassar M, Perry C, Holcroft J** Analysis of potential risks associated with 7.5% sodium chloride resuscitation of traumatic shock. *Arch Surg.* 1990;125:1309-1315
133. **Vassar JJ, Perry CA, Holcroft JW** Prehospital resuscitation of hypotensive trauma with 7.5% NaCl vs 7.5% NaCl with added dextran: a controlled trial. *J Trauma.* 1993;34:622-633
134. **Wade CE, Grady JJ, Kramer GC** Efficacy of hypertonic saline dextran fluid resuscitation for patients with hypotension from penetrating trauma. *J Trauma.* 2003;54(5):144-148
135. **Wade CE, Grady JJ, Kramer GC, Younes RN, Fabian T, Holcroft JW** Meta-analysis of the efficacy of HSD in patients with hypotension due to traumatic injury. *Surgery.* 1997;122:609-616
136. **Wade CE, Hannon J, Bossone C, Hunt M** Superiority of hypertonic saline/dextran over hypertonic saline during the first 30 minutes of resuscitation following hemorrhagic hypotension in conscious swine. *Resuscitation.* 1990;20:49-56
137. **Whitehorne M, Cacciola R, Quinn ME** Multiple trauma: survival after the Golden Hour. *J Adv Med Surg Nurs.* 1989;2(1):27-29
138. **Younes RN, Aun F, Accioly CQ, Casale LPL, Szajn bok I, Birolini D** Hypertonic solutions in the treatment of hypovolemic shock: a prospective, randomized study in patients admitted to the emergency room. *Surgery.* 1992;111:70-72
139. **Zhu P, Jiang J** Employment of trauma and injury severity score and a severity characterization of trauma in the outcome evaluation of trauma care and their research advances. *Chin Med J. (Engl)* 1998;111:169-173

## Anhang

PEN	Volumen (A) in ml						Zeit		Gesamtauf- enthaltstage	Alter	verstorben	
			syst. RR (A)	GCS (A)	syst. RR (B)	Hb (B)	Volumen (B) in ml	Zeit Alarm-Klinik				Aufnahme- Weitervers.
≤ 2	bis 500	Mittelwert	130,04	14,52	124,04	12,713	1374,07	52,64	62,00	9,38	39,50	0%
		Anzahl	25	25	24	23	27	22	9	26	28	28
	500 bis 1000	Mittelwert	119,38	13,96	136,58	11,800	2273,91	62,05	70,70	11,58	42,33	0%
		Anzahl	24	26	24	23	23	22	10	24	27	27
	über 1000	Mittelwert	116,00	12,21	122,25	11,474	2571,88	63,35	68,85	10,81	33,00	3%
		Anzahl	34	33	32	31	32	31	13	32	32	34
	Gesamt	Mittelwert	121,20	13,44	127,09	11,942	2093,90	59,83	67,50	10,59	37,99	1%
		Anzahl	83	84	80	77	82	75	32	82	87	89
3	bis 500	Mittelwert	114,74	13,75	118,68	13,064	2050,00	47,68	68,73	16,07	31,62	3%
		Anzahl	27	28	28	28	25	25	11	29	29	29
	500 bis 1000	Mittelwert	123,83	13,28	121,82	12,347	3067,27	54,24	65,65	22,84	39,27	5%
		Anzahl	58	58	57	51	55	46	17	56	59	59
	über 1000	Mittelwert	111,44	12,91	117,76	10,367	4146,69	76,79	59,48	32,55	35,21	2%
		Anzahl	142	148	143	144	142	132	56	148	152	152
	Gesamt	Mittelwert	115,00	13,10	118,89	11,158	3643,15	68,09	61,94	28,17	35,78	3%
		Anzahl	227	234	228	223	222	203	84	233	240	240
4	bis 500	Mittelwert	128,07	11,93	108,12	11,562	3426,67	50,36	60,00	13,13	31,63	25%
		Anzahl	15	15	16	13	15	14	1	16	16	16

Anhang

5/6	500 bis 1000	Mittelwert	122,78	11,00	122,76	11,559	3915,88	55,06	49,00	22,18	43,11	17%	
		Anzahl	18	17	17	17	17	16	5	17	18	18	
	über 1000	Mittelwert	106,88	11,08	108,72	9,517	4928,84	77,40	68,10	29,68	38,56	23%	
		Anzahl	73	76	76	70	69	70	21	76	79	79	
	Gesamt	Mittelwert	112,58	11,19	110,83	10,130	4535,25	70,04	64,26	26,08	38,30	22%	
		Anzahl	106	108	109	100	101	100	27	109	113	113	
	Insgesamt	bis 500	Mittelwert	105,67	9,84	113,00	12,136	1744,09	67,47	70,25	9,58	38,77	50%
			Anzahl	24	25	23	24	22	19	8	26	26	26
		500 bis 1000	Mittelwert	119,07	8,73	119,31	10,963	2938,00	52,00	64,56	12,30	40,81	41%
			Anzahl	27	26	26	25	25	21	9	27	27	27
		über 1000	Mittelwert	98,52	7,70	105,30	9,611	4323,75	66,38	64,04	25,31	39,93	50%
			Anzahl	83	89	87	84	80	78	26	89	90	90
Gesamt		Mittelwert	103,94	8,27	109,28	10,321	3604,09	64,00	65,30	19,96	39,89	48%	
		Anzahl	134	140	136	133	127	118	43	142	143	143	
Insgesamt		bis 500	Mittelwert	118,75	12,61	116,80	12,497	2001,35	54,21	66,76	12,05	35,73	18%
			Anzahl	91	93	91	88	89	80	29	97	99	99
		500 bis 1000	Mittelwert	121,83	12,18	124,28	11,825	3008,50	55,55	64,61	18,27	40,75	13%
			Anzahl	127	127	124	116	120	105	41	124	131	131
	über 1000	Mittelwert	107,67	11,10	112,95	10,097	4201,61	72,98	63,11	28,04	36,96	19%	
		Anzahl	332	346	338	329	323	311	116	345	353	355	
	Gesamt	Mittelwert	112,77	11,59	116,12	10,87	3564,40	66,26	64,01	23,16	37,60	17%	
		Anzahl	550	566	553	533	532	496	186	566	583	585	

Tabelle 35: Basistabelle penetrierendes Trauma: Zusammenhang von Verletzungsschweregrad, präklinischem Volumen und Outcomeparametern

## **Danksagung**

Herrn PD Dr. med. Karl-Georg Kanz möchte ich für die Überlassung des Themas und die kollegiale Unterstützung im Rahmen der Diskussionen und während der Korrekturphase danken.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Pascal Mathonia für seine stetige Unterstützung, die vielen hilfreichen Ratschläge und Vorgaben sowie für sein Interesse am Fortgang der Arbeit. Sein Engagement und seine motivierende Art haben wesentlich zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Herrn Dr. stat. Rolf Lefering möchte ich für die Bereitstellung der Daten und seine hiermit verbundene Arbeit danken.

Herrn Prof. Dr. med. Uwe Kreimeier sowie Herrn Dr. med. Stefan Huber-Wagner möchte ich für Ihre Anregungen und die Teilnahme an der Datendiskussion danken.

Bedanken möchte ich mich auch bei allen Korrektoren und Gutachtern für die Arbeit und Zeit, die Sie mit meiner Dissertation verbacht haben.

Dank gebührt auch Frau Prof. Dr. Katja Radon, die mir durch das von ihr durchgeführte Seminar „Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten“ mit vielen Informationen und Tipps und Tricks rund um die Dissertation die Arbeit erheblich erleichtert hat.

Meine größte Dankbarkeit möchte ich meinen Eltern, Dipl. graph. Eva-Maria und Dr. med. dent. Ludwig Steinbach, sowie meinen Brüdern Dipl. ing. Florian und Benjamin Steinbach aussprechen, die mich auf allen meinen bisherigen Wegen stets wohlwollend und mit viel Unterstützung begleitet haben. Ich bin auch durch Eure Geduld und die Zeit, die Ihr in mich investiert habt, zu dem Menschen geworden, der ich heute bin. Ich hoffe unsere Familienbande bleiben noch lange so bestehen.

Ich bin sehr dankbar für alles, was Ihr mir bisher ermöglicht habt und für alles, was wir miteinander er- und durchlebt haben.

## Curriculum vitae

### Persönliche Daten

Vornamen: Heidi Eva-Maria  
Familiennamen: Steinbach  
Geburtsdatum: 27. August 1979  
Geburtsort: München  
Familienstand: ledig  
Eltern: Dr. med. dent. Gerd Ludwig Erdmann Steinbach, FZA für Kieferorthopädie  
Dipl. graph. Eva-Maria Steinbach, geb. Neubauer

### Arbeitserfahrung

seit 09/2009 **Klinikum Garmisch-Partenkirchen / BG-Unfallklinik Murnau**  
Abteilung für Unfallchirurgie/Sportorthopädie

09/2008-08/2009 **Klinikum Garmisch-Partenkirchen**  
Abteilung für Allgemein-, Visceral-, Thorax- und Gefäßchirurgie

11/2007-08/2008 **BG Unfallklinik Murnau**  
Interdisziplinäre Intensivstation

02/2007-10/2007 **BG Unfallklinik Murnau**  
Wirbelsäulen- und Rückenmarkverletztzentrum

### Hochschulbildung

11/2006 dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Approbation

2005 zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

2003 erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

2002 Ärztliche Vorprüfung

03/2000 Beginn des Studiums der Humanmedizin  
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

### Schulbildung

1990-1999 Staffelsee-Gymnasium Murnau,  
St. Irmengard Gymnasium Garmisch-Partenkirchen  
Schulabschluss nach 13 Schuljahren im Juni 1999; Note 2,0

## **Praktika**

- 06/2006-09/2006 **Klinikum der LMU München, Medizinische Klinik Innenstadt**  
Praktisches Jahr, 3. Tertial: Allgemeinmedizin
- 02/2006-05/2006 **Klinikum der LMU München, Haunersches Kinderspital**  
Praktisches Jahr, 2. Tertial: Abteilung für Pädiatrie
- 10/2005-01/2006 **Klinikum der LMU München, Chirurgische Klinik Innenstadt**  
Praktisches Jahr, 1. Tertial: Abteilung für Chirurgie;  
Hand-Plastische-Rekonstruktive Chirurgie, Gefäßchirurgie, chirurg. Ambulanz
- 12/2004-02/2005 **Anatomische Anstalt der LMU München**  
Co-Assistent Makroskopische Anatomie (Präparierkurs)
- 08 und 09/2004 **Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau**  
Famulatur in den Abteilungen Unfallchirurgie und Anästhesie
- 02 und 03/2004 **Anatomische Anstalt der LMU München**  
Co-Assistent Makroskopische Anatomie (Präparierkurs)
- 08/2003 **Schiffshospital, MS Europa**  
Famulatur im Bereich Allgemeinmedizin
- 08/2002 **Dr. Janne Steinbach, Kirchgellersen/Lüneburg**  
Famulatur im Bereich Allgemeinmedizin
- 08 und 09/1999 **Berufsgenossenschaftliche Unfallklinik Murnau**  
Krankenpflegepraktikum in der Abteilung für Unfallchirurgie

### **Kongressbeiträge**

**Mathonia P, Kanz KG, Lefering R, Huber-Wagner SM, Steinbach H, Mutschler W**

*Auswirkung präklinischer Volumengabe auf das Outcome bei penetrierendem Trauma*

Kongressbeitrag zum 70. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, 2006

**Mathonia P, Steinbach H, Kanz KG, Mutschler W, Lefering R**

*Auswirkung präklinisch verabreichten Volumens auf das Outcome: auch bei stumpfem Trauma schädlich?*

Kongressbeitrag zum 71. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, 2007