

Bundeswehrkrankenhaus Ulm  
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
(Direktor: OTA Prof. Dr. med. L. Lampl)

Sektion Notfallmedizin  
Leiter: OTA Prof. Dr. med. M. Helm

**Erweitertes medizinisches Qualitätsmanagement  
am Beispiel der  
Tracer- Diagnose Polytrauma**

Eine Pilotstudie aus dem Bereich des Luftrettungsdienstes

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität Ulm

Otmar Schlafer

Münsingen

2015

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Florian Gebhard

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Matthias Helm

Tag der Promotion: 18.12.2015

Widmung

-

Slawa Schaber

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abkürzungsverzeichnis .....                                            | III |
| 1 Einleitung .....                                                     | 1   |
| 1.1 Definition des Polytraumas.....                                    | 1   |
| 1.2 Bedeutung des Polytraumas .....                                    | 2   |
| 1.3 Notfallmedizinische Versorgung in Deutschland .....                | 3   |
| 1.3.1 Präklinisches Polytraumamanagement.....                          | 6   |
| 1.4 Qualitätsmanagement in der Notfallmedizin .....                    | 9   |
| 1.5 Fragestellung und Zielsetzung .....                                | 11  |
| 2 Patienten, Material und Methodik .....                               | 13  |
| 2.1 Patientenkollektiv .....                                           | 13  |
| 2.2 Material .....                                                     | 14  |
| 2.3 Methodik.....                                                      | 17  |
| 2.4 Auswertung und Ergebnisdarstellung .....                           | 20  |
| 3 Ergebnisse.....                                                      | 21  |
| 3.1 Epidemiologie.....                                                 | 21  |
| 3.2 Verletzungsmuster .....                                            | 23  |
| 3.3 Routineauswertung der Tracer- Diagnose Polytrauma.....             | 27  |
| 3.4 Präklinisches Zeitmanagement .....                                 | 29  |
| 3.4.1 Prähospitalzeit .....                                            | 29  |
| 3.4.2 MIT Einklemmung und OHNE Einklemmung .....                       | 32  |
| 3.5 Kreislaufmanagement des Gesamtkollektivs.....                      | 34  |
| 3.5.1 Kreislaufsituation in Abhängigkeit des Verletzungsmusters.....   | 34  |
| 3.5.2 Zeitliche Verlaufsanalyse .....                                  | 39  |
| 3.5.3 Weitere wichtige Ergebnisse aus dem Zeitverlauf .....            | 40  |
| 3.6 Kreislaufmanagement bei schwerem SHT (GCS <9) .....                | 42  |
| 3.6.1 Zeitverlauf.....                                                 | 42  |
| 3.6.2 Analyse zum Zeitpunkt der Übergabe.....                          | 44  |
| 3.6.3 Drei Patientengruppen mit dem Erreichen einer Normotension ..... | 46  |
| 3.6.4 Zeitliches Erreichen einer Normotension .....                    | 48  |
| 3.7 Kreislaufmanagement bei schwerem Abdominal- und Becken- Trauma .   | 51  |
| 3.7.1 Zeitverlauf.....                                                 | 51  |

|        |                                                                                                                                           |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.7.2  | Anzahl der Patienten mit dem erreichten Zielblutdruck<br>(Normotension/ permissive Hypotension).....                                      | 53  |
| 3.7.3  | Qualitative Verläufe im Zeitbereich hinsichtlich eines Erreichens der<br>Zielblutdruckvorgaben (Normotension/ permissive Hypotension) ... | 55  |
| 3.7.4  | Einzelbetrachtungen des Abdominal ± Becken- Trauma .....                                                                                  | 56  |
| 3.8    | Kreislaufmanagement bei schwerem Thoraxtrauma mit TXD .....                                                                               | 58  |
| 3.8.1  | Zeitverlauf.....                                                                                                                          | 58  |
| 3.8.2  | Auswirkung einer TXD auf das systolische Blutdruckverhalten .....                                                                         | 60  |
| 3.9    | Sauerstoffsättigungsmanagement.....                                                                                                       | 63  |
| 3.9.1  | Tabellarische Zusammenstellung .....                                                                                                      | 63  |
| 3.9.2  | Intubation .....                                                                                                                          | 66  |
| 3.10   | Kreislaufmanagement unter Katecholamine und SvR- Therapie.....                                                                            | 72  |
| 3.10.1 | Überblick.....                                                                                                                            | 72  |
| 3.10.2 | Tabelle- Gesamtkollektiv, mit und ohne schweres SHT (GCS <9) ...                                                                          | 73  |
| 3.10.3 | Wichtige Resultate aus den Zeitverläufen .....                                                                                            | 75  |
| 3.10.4 | Zeitmanagement von Arterenol und HyperHAES .....                                                                                          | 78  |
| 3.10.5 | Reaktion des RR <sub>sys</sub> auf Katecholamine und SvR.....                                                                             | 79  |
| 3.10.6 | Arterenol ± HyperHAES .....                                                                                                               | 80  |
| 3.10.7 | HyperHAES .....                                                                                                                           | 82  |
| 3.11   | Beeinflussung der Kreislaufsituation durch die frühe präklinische ITN ....                                                                | 83  |
| 3.11.1 | Verteilung der Medikamentengabe .....                                                                                                     | 84  |
| 3.11.2 | Intubationszeitraum bezüglich der systolischen Kreislaufreaktion ....                                                                     | 86  |
| 3.11.3 | Trapanal, Ketanest in Bezug auf den systolischen Blutdruck und<br>Verletzungsmuster .....                                                 | 89  |
| 3.11.4 | Fazit und wichtige Resultate aus der <i>zeitlichen Verlaufsanalyse</i> .....                                                              | 91  |
| 4      | Diskussion .....                                                                                                                          | 95  |
| 4.1    | Epidemiologie.....                                                                                                                        | 96  |
| 4.2    | Routineauswertung versus erweitertes Qualitätsmanagement .....                                                                            | 97  |
| 4.2.1  | Erweiterte Analyse des Zeitmanagement .....                                                                                               | 97  |
| 4.2.2  | Erweiterte Analyse des Kreislaufmanagement .....                                                                                          | 102 |
| 5      | Zusammenfassung .....                                                                                                                     | 119 |
| 6      | Literaturverzeichnis.....                                                                                                                 | 121 |
| 7      | Anhang .....                                                                                                                              | 130 |
|        | Danksagung .....                                                                                                                          | 131 |
|        | Lebenslauf.....                                                                                                                           | 132 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                   |                                                                                     |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| a.V.              | andere Verletzungen                                                                 |
| A/B               | Abdominal-/ Becken- Trauma                                                          |
| A±B               | Abdominal- und/ oder Becken- Trauma                                                 |
| ADAC              | Allgemeiner Deutscher Automobil Club                                                |
| AF                | Atemfrequenz                                                                        |
| AGNN              | Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Notärzte                                          |
| ATLS®             | Advanced Trauma Life Support                                                        |
| BRD               | Bundesrepublik Deutschland                                                          |
| BWS               | Brustwirbelsäule                                                                    |
| BZ                | Blutzucker                                                                          |
| DINO              | Digitales Notarzteinsatzprotokoll                                                   |
| Eb.               | Erstbefund                                                                          |
| EKG               | Elektrokardiogramm                                                                  |
| ET                | Einklemmungstrauma                                                                  |
| ET -              | Kein Einklemmungstrauma                                                             |
| ETC               | European Trauma Course                                                              |
| etCO <sub>2</sub> | Endtidales Kohlenstoffdioxid                                                        |
| GCS               | Glasgow Coma Scale                                                                  |
| HWS               | Halswirbelsäule                                                                     |
| HWZ               | Halbwertszeit                                                                       |
| i.v.              | Intravenös                                                                          |
| ICD- 10           | International Statistical Classification of Diseases and<br>Related Health Problems |
| ISS               | Injury Severity Score                                                               |
| ITH               | Intensivtransporthubschrauber                                                       |
| ITN               | Intubation                                                                          |
| LIKS              | Luftrettungs-, Informations- und Kommunikations- System                             |
| LKW               | Lastkraftwagen                                                                      |
| LWS               | Lendenwirbelsäule                                                                   |
| Md                | Median                                                                              |
| Min.              | Minuten                                                                             |
| MIND              | Minimaler Notarzt Datensatz                                                         |
| mmHg              | Millimeter Quecksilbersäule                                                         |

|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Mrd.              | Milliarden                                  |
| NACA              | National Advisory Committee for Aeronautics |
| NFS               | Notfallstelle                               |
| OsP               | Beginn der On- scene Phase                  |
| O.- Ext.          | Obere Extremität                            |
| PC                | Personal Computer                           |
| PEEP              | Positiv EndExpiratoy Pressure               |
| PHTLS®            | Prehospital Trauma Life Support             |
| PKW               | Personenkraftwagen                          |
| QM                | Qualitätsmanagement                         |
| RR                | Riva Rocci                                  |
| RR <sub>sys</sub> | systolischer Blutdruck                      |
| RTH               | Rettungshubschrauber                        |
| S                 | Schädel- Hirn-Trauma (GCS <9)               |
| S -               | Ohne Schädel- Hirn- Trauma (GCS ≥9)         |
| SHT               | Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9)              |
| SD                | Standardabweichung                          |
| SpO <sub>2</sub>  | Sauerstoffsättigung                         |
| SvR               | Small- volume Resuscitation                 |
| T                 | Thoraxtrauma                                |
| TX                | Thorax                                      |
| TXD               | Thoraxdrainage                              |
| TXD +             | Mit Thoraxdrainage                          |
| TXD -             | Ohne Thoraxdrainage                         |
| TZ                | Traumazentrum                               |
| Üg.               | Übergabe                                    |
| U.- Ext.          | Untere Extremität                           |

# 1 Einleitung

Im Jahr 2010 stellt das Trauma nach der ICD- 10 Klassifikation die fünft häufigste Todesursache in der Bundesrepublik Deutschland [14]. Bis heute ist das Polytrauma die häufigste Todesursache in der Altersgruppe bis 44 Jahre [7, 36].

## 1.1 Definition des Polytraumas

Die Versorgung schwerstverletzter bzw. polytraumatisierter Patienten stellt heute noch in der modernen Medizin eine der größten Herausforderungen dar. Tscherne und Trentz definierten den Begriff Polytrauma, als eine gleichzeitig entstandene Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, die einzeln oder in Kombination lebensbedrohlich sind [84]. Nach der Definition der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie ist ein Patient als schwerstverletzt einzustufen, wenn der Injury Severity Score (ISS)  $\geq 16$  beträgt. Ab einem ISS von mindestens 25 Punkten spricht man von einem schweren Polytrauma [93]. Der ISS dient zur Einteilung diverser Verletzungsgrade verschiedener Körperregionen auf der Basis der Abbreviated Injury Scale. Polytraumatisierte Patienten müssen von denen, die durch ein Trauma eine Mehrfachverletzung ohne Lebensbedrohung oder eine lebensbedrohliche Einzelverletzung, ein sogenanntes Barytrauma, z.B. ein isoliertes schweres Schädel-Hirn- Trauma, erlitten haben, abgegrenzt werden [78]. Nach der ISS Erfassung werden in Deutschland ca. 32000 bis 38000 Patienten als schwerstverletzt eingestuft [19]. Die Ursache liegt hierbei nicht nur im Straßenverkehr, sondern ist ebenfalls durch häusliche Unfälle, Freizeit- und Sportunfälle, sowie Arbeitsunfälle bedingt. Rund 8000 polytraumatisierte Patienten, bedingt durch Verkehrsunfälle, werden jährlich in deutschen Kliniken versorgt [4].

## 1.2 Bedeutung des Polytraumas

Die Gesamtleblichkeit polytraumatisierter Patienten lag in den 70er Jahren noch bei 40%. Diese konnte in den letzten 20 Jahren auf ca. 20% erheblich gesenkt werden [7]. Trotz dieser Verbesserung lässt sich dennoch eine trimodale Todesverteilung feststellen [53]. Von den Patienten, die ein Polytrauma nicht überleben, versterben die meisten Patienten unmittelbar an der Unfallstelle. Ein weiterer kritischer Zeitpunkt nach dem Unfallereignis zu versterben, zeigt sich in den ersten ein bis vier Stunden nach dem Unfallereignis. Der kritische dritte Zeitpunkt an den Folgen eines Polytraumas zu versterben bezieht sich auf die Phase der Intensivtherapie, drei bis fünf Wochen nach Unfallereignis [53].

Allerdings hat die moderne Notfallmedizin maßgeblich zur Veränderung der Fragestellung nach dem Überleben beigetragen. Immer häufiger steht bei der Behandlung derartiger schwerverletzten Patienten nicht mehr die Frage im Vordergrund ob ein polytraumatisierter Patient überlebt, sondern wie, also mit welcher Lebensqualität ein Patient weiterleben kann. Von den Patienten, die eine derartig lebensgefährliche Verletzung überlebt haben, leidet dennoch jeder dritte Patient dauerhaft an einem bleibenden Schaden [75]. Dadurch resultieren erhebliche volkswirtschaftliche Kosten, da sich eine große Anzahl an Patienten, die ein Polytrauma erleiden, im aktiven Arbeitsprozess befindet. In der Altersgruppe bis 45 Jahre macht der Kostenanteil von Schwerstverletzten alleine fast 50% aus. Im Vergleich dazu machen Herz-/ Kreislauferkrankungen und Neoplasien annähernd 21% bzw. 26% der Kosten aus [76]. Man erkennt daher sehr gut die immensen Kosten, die durch ein Trauma entstehen. Sei es durch die primären Kosten der akutstationären Versorgung nach dem Unfall, anschließende rehabilitative Maßnahmen oder der volkswirtschaftlich bedeutende Produktivitätsverlust der Arbeitskraft. Die direkten Kosten der akutstationären Behandlung eines Polytraumatisierten belaufen sich auf ca. 22000 Euro [72]. Insgesamt werden in der Literatur Kostenangaben der gesamten medizinischen Behandlung von 30000 - 60000 Euro pro Polytraumatisierten angegeben. Durch die unmittelbare Folge dieser schweren Verletzungen entstehen in der Bundesrepublik Deutschland jährliche Kosten von ca. 15 Mrd. Euro. Hierzu zählen zum einen die direkten Kosten, wie medizinische Behandlungen als auch indirekte

Kosten, wie der volkswirtschaftliche Schaden, durch Verlust von Arbeits- und Lebensjahre. *Häusler JMC et al.* beziffert die Gesamtkosten eines einzigen Polytraumatisierten in der Schweiz auf 500000 Euro [33].

Des Weiteren müssen neben dem volkswirtschaftlichen Schaden auch die individuellen wirtschaftlichen Folgen für den Patienten und dessen Umfeld berücksichtigt werden. Die Folgen eines schweren Traumas können zu erheblichen, lebenslangen Minderungen der Lebensqualität führen. Weiter müssen die psycho- sozialen Folgen in Bezug auf Familie, Lebenspartnerschaften, Freizeit und Beruf berücksichtigt werden [75].

Nur eine moderne präklinische und innerklinische Notfallmedizin kann dazu beitragen, die oben genannten Sachverhalte im Sinne einer bestmöglichen Patientenversorgung zu optimieren.

### **1.3 Notfallmedizinische Versorgung in Deutschland**

Die Notfallmedizin in Deutschland lässt sich in zwei Bereiche aufteilen. Zum einen besteht die präklinische notfallmedizinische/ notärztliche Versorgung und zum anderen die innerklinische Notfallversorgung von Patienten. Bei der medizinischen Notfallversorgung von polytraumatisierten Patienten kommt beiden Bereichen eine große Bedeutung zu.

Entscheidend für eine effektive und erfolgreiche Versorgung Polytraumatisierter ist sowohl eine qualitativ gute präklinische als auch eine innerklinische Primärversorgung. Die notfallmedizinische Akutversorgung lebensbedrohlich verletzter Patienten lässt sich in mehrere Phasen einteilen. Die erste Phase stellt die präklinische Versorgungsphase dar. Diese betrifft den Zeitraum vom Unfallereignis bis Ankunft in einer geeigneten Zielklinik. Daran schließt sich unmittelbar die zweite Versorgungsphase an, die sogenannte innerklinische Primärversorgung im Schockraum. In dieser Phase wird versucht, den Patienten weiter zu stabilisieren und eine Diagnostik durchzuführen. An die Versorgung des Patienten im Schockraum schließt sich die letzte weiterführende Phase der Akutversorgung an. Diese beinhaltet entweder die sofortige Zuführung von operativen Maßnahmen, oder der weiteren Stabilisierung des Patienten auf einer operativen Intensivstation.

Um polytraumatisierte Patienten adäquat zu versorgen, benötigt es ein erhebliches Maß an infrastrukturellen und medizinischen Voraussetzungen. Die entscheidenden Weichen der akutmedizinischen Versorgung Polytraumatisierter, wie es in der BRD praktiziert wird, werden in der präklinischen Notfallmedizin gestellt. Hierbei spielt das **Zeitmanagement** der präklinischen Traumaversorgung bei zeitkritischen Erkrankungen, wie dem Polytrauma, eine entscheidende Rolle. Bei der Traumaversorgung gibt es verschiedene Herangehensweisen. Zum einen besteht unter anderem nach dem amerikanischen Verfahren (scoop and run) das Vorgehen, den Patienten ohne großartige medizinische Versorgung am Unfallort schnellstmöglich in ein Traumazentrum zu bringen. Zum anderen besteht in der BRD ein Notarzt geprägtes System (play and stay), mit einer präklinischen Patientenversorgung am Einsatzort.

Bei der Versorgung Polytraumatisierter spielt der Faktor Zeit eine entscheidende Rolle. Daher wird derzeit in Deutschland gemäß dem Grundsatz der - golden hour- bei der präklinischen Versorgung, in Abhängigkeit von einsatztaktischen Bedingungen und in Abhängigkeit des Verletzungsmusters, das Behandlungskonzept - **treat and run** - verfolgt [2]. Hierbei gilt die Prämisse, den Patienten innerhalb einer Stunde nach dem Unfallereignis in einer geeigneten Zielklinik (Traumazentrum der Maximalversorgung) im Schockraum zu übergeben. Erforderlich ist ein schnelles und effektives Heranführen von medizinischem Personal und entsprechendes medizinisches Equipment [76]. Auf der anderen Seite reduziert ein schneller Transport in ein Traumazentrum der Maximalversorgung (Level 1) deutlich die Mortalität des Traumapatienten. Besonders der zeiteffektive Transport durch das luftgestützte Rettungsmittel zeigt einen Überlebensvorteil [5]. Bei bodengebundenen Transportzeiten von 15 – 20 min. bis zur geeigneten Zielklinik bietet der Rettungshubschrauber einen wesentlichen Zeitvorteil [61]. In Deutschland gibt es ein nahezu flächendeckendes Luftrettungssystem. Dadurch ist eine wichtige infrastrukturelle Voraussetzung für die primäre Reduzierung der Mortalität und ein qualitativ hochwertiges Outcome des Patienten geschaffen.

Auf der anderen Seite sollte der Schwerpunkt der derzeit favorisierten Versorgung nach dem Schema - treat and run - nicht ausschließlich auf - run - liegen. Ob der einsatztaktische Schwerpunkt der Versorgung in der präklinischen Situation bei - treat - oder - run - liegt, soll abhängig vom vorliegenden Verletzungsmuster betrachtet werden [4]. Besonders in der frühen notfallmedizinischen Versorgung lässt sich durch die Anwendung von speziellen notfallmedizinischen Maßnahmen die Sterblichkeit reduzieren [13]. Somit nimmt die schnellstmögliche Abwendung der vitalen Gefährdung in der präklinischen Phase ein zentraler Punkt ein. Unter der Vorgabe so kurz wie möglich aber so lange wie nötig am Unfallort zu verweilen, wird die medizinische Versorgung nach einem bestimmten Notfallmanagement durchgeführt. Aus diesem Grund wurden für die präklinische Versorgung standardisierte Algorithmen (z.B. PHTLS®/ A-B-C-D-E- Regel) entwickelt um dadurch zum einen die Versorgungsqualität hinsichtlich eines zeiteffizienten präklinischen Managements und zum anderen die Sicherung und Stabilisierung überlebenswichtiger Funktionen zu erreichen.

Ein besonderer Schwerpunkt in der präklinischen notärztlichen Versorgung des polytraumatisierten Patienten ist die Sicherung der **Vitalfunktion** durch eine vorgelagerte Intensivmedizin [34]. Hierunter werden die schnellstmögliche Abwendung der Hypoxie, Hypoxämie und des Kreislaufschocks bzw. die arterielle Hypotonie gezählt. Von Anfang an müssen pathophysiologische Besonderheiten berücksichtigt werden, die sich aus einer Polytraumatisierung des Patienten ergeben [93]. Das primäre Trauma, die primäre Hypoxie, Hypoxämie und der Kreislaufschock haben sekundär gesehen massive Auswirkungen auf den weiteren medizinischen Behandlungs- und Heilungsverlauf des Patienten. Zum Beispiel kann der Kreislaufschock bedeutende Auswirkungen auf den Säure-Base- Haushalt, die Gerinnung, das Aktivieren massiver Entzündungsreaktionen im Körper bis hin zur schweren Sepsis bzw. Multiorganversagen haben. Polytraumatisierte mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) sind besonders durch das Auftreten von Hypoxämie und arterielle Hypotonie gefährdet, einen sekundären Hirnschaden zu erleiden [40]. Im weiteren Sinne hängt hiervon das Überleben an sich und sekundär die Überlebensqualität des Patienten ab.

Um die komplexen Versorgungsabläufe in der präklinischen Phase auf dem höchstmöglichen Niveau durchführen zu können, ist es von großer Bedeutung auf **sehr gut qualifizierte Notärzte** zurückgreifen zu können [28]. Hierbei ist es unter Umständen nicht von Vorteil einen Notarzt nur unter dem Dogma der Einhaltung von Hilfsfristen bei entsprechenden Einsatzmeldebildern zu entsenden, da dieser trotz des Nachweises einer notärztlichen Zusatzweiterbildung nicht wirklich qualifiziert ist [4]. Vielmehr wird ein Facharztstandard zu Abwicklung komplexer Notfallsituationen, wie zum Beispiel die Versorgung polytraumatisierter Patienten, gefordert [28]. Durch ständige Fort- und Weiterbildungen aller Beteiligten an der Polytraumaversorgung und im Besonderen durch hoch qualifizierte Notärzte kann eine hohe Versorgungsqualität gewährleistet werden [28, 30, 56].

### 1.3.1 Präklinisches Polytraumamanagement

Gezielte Therapieeinleitungen und Therapiemaßnahmen in der - golden hour -, also in der ersten Stunde nach dem Unfallereignis können zur Letalitäts- und Morbiditätsreduktion führen [93]. Unter der Maßgabe eines zeitkritischen Managements werden von diversen Fachgesellschaften mehrere Phasen der präklinischen Patientenbehandlung vorgeschlagen. Unter der Prämisse - treat first what kills first - hat die Sicherung der Vitalfunktionen, die direkt mit dem Überleben des Patienten assoziiert sind und die Behandlung kontrollierbarer Blutungen, höchste Priorität. Daher nehmen das **Atemwegsmanagement** und das **Kreislaufmanagement** in der präklinischen Versorgung einen zentralen Punkt ein.

In einer retrospektiven Analyse bei tödlichen Verkehrsunfällen wurde versucht potenziell vermeidbare Todesfälle herauszufiltern. Als Faktoren für vermeidbare Todesursachen fanden sich unter anderem eine verlängerte präklinische Versorgungszeit sowie eine nicht ausreichend durchgeführte Atemwegssicherung mit Hilfe der endotrachealen Intubation [67]. Zum einen geht es um die Durchführung der Atemwegsicherung (Airway) und zum anderen um die suffiziente (Be)Atmung (Breathing) des Patienten, als festgelegte Vorgehensstandards in der präklinischen Notfallmedizin. Es muss davon ausgegangen werden, dass bereits 20% der Patienten mit einem schweren Trauma bei Eintreffen eines Notarztes eine respiratorische Insuffizienz haben [71].

Zur Sicherung der Atemwege, um somit eine ausreichende Sauerstoffaufnahme gewährleisten zu können, hat die endotracheale Intubation einen Goldstandard [24].

Generell besteht eine absolute endotracheale Intubationsindikation mit nachfolgender Beatmung des Patienten bei akuter respiratorischer Insuffizienz, bei Patienten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9), bei schwerem Thoraxtrauma, mit respiratorischer Insuffizienz, bei stärksten nicht kontrollierbaren Schmerzzuständen, traumabedingter Kreislaufinstabilität ( $RR_{sys} < 90$  mmHg) und bei Hypoxie ( $SpO_2 \leq 90\%$ ) trotz adäquater Sauerstoffgabe [15].

Patienten, die präklinisch intubiert werden, weisen eine um ca. fünf bis zehn Minuten längere Versorgungsphase auf [11]. Polytraumatisierte, welche frühzeitig innerhalb der ersten zwei Stunden nach dem Unfallereignis intubiert wurden, weisen gegenüber Patienten, die später intubiert wurden, obwohl diese signifikant schwerer verletzt waren, eine niedrigere Inzidenz an Organversagen und Letalität auf [82]. Daher müssen Polytraumatisierte bei entsprechender Indikation, bei qualifiziertem notärztlichem Personal und unter einsatztaktischen Gesichtspunkten präklinisch intubiert und beatmet werden.

Ein weiterer Problempunkt, der direkt und indirekt mit der Letalität eines Polytraumas assoziiert ist, ist die Hypotension ( $RR_{sys} < 90$  mmHg) bzw. der Kreislaufchock. Bei Vorliegen einer Hypotension, als Zeichen eines Kreislaufchocks war die Mortalität um das 24- fache, und die Aufnahme auf eine Intensivstation um das 7- fache erhöht [81]. Auf dem Boden eines traumatisch bedingten Schocks kommt es zur Störung der Mikrozirkulation. Durch die Minderperfusion kommt es zu einer Verminderung des Sauerstoffangebots in den Endorganen bei gleichzeitig erhöhtem Sauerstoffbedarf durch die Stresssituation Trauma. Als Folge resultiert eine Ischämie des Gewebes mit nachfolgender Aktivierung massiver inflammatorischer Reaktionen [64]. Ziel der Kreislaufstabilisierung, z.B. durch die Volumentherapie bei Polytraumatisierten, ist die Wiederherstellung bzw. Verbesserung der mikrovaskulären Perfusion der Organe [4]. Wissenschaftliche Arbeiten weisen aber darauf hin, dass je nach Verletzungsmuster eine differenzierte Volumentherapie angestrebt werden sollte. Gemeinsame Zielsetzung, unabhängig des Verletzungsmusters, ist eine Normovolämie bzw. eine Normalisierung der Makro- und Mikrozirkulation [64].

Der Zeitpunkt, wann dieses erreicht werden soll, ist nach diversen wissenschaftlichen Publikationen dem Verletzungsmuster nach Rechnung zu tragen.

Bei Polytraumatisierten mit dem präklinischen Verdacht eines schweren thorakalen und/ oder Abdominalen Trauma mit entsprechender unkontrollierbarer Blutung in die genannten Körperhöhlen sollte keine Normovolämie, sondern eine permissive Hypotension angestrebt werden (Zielblutdruck zwischen  $RR_{sys}$  90 mmHg und  $RR_{sys} < 120$  mmHg) [46] und der Patient sollte schnellstmöglich einer chirurgischen Therapie zugeführt werden. Dies sollte nicht durch unnötige präklinische Maßnahmen verzögert werden [15]. Studien weisen daraufhin, dass eine massive Volumentherapie bei Patienten mit unkontrollierbaren Blutungen und einem einhergehenden hämorrhagischen Schock nicht mit einer Senkung der Mortalität, Morbidität und besseren Langzeitergebnissen einhergehen [15]. Eine intensivierte Volumentherapie könnte sogar eine Blutungsverstärkung hervorrufen [64]. Erst nach Einleitung einer chirurgischen Therapie bzw. dem Stillen kontrollierbare Blutungen wird eine intensive Volumentherapie empfohlen [15].

Polytraumatisierte mit multiplen schwerwiegenden Extremitätentraumen ohne ein relevantes Schädel- Hirn- Trauma und ohne Verdacht auf ein schweres Thoraxtrauma und/ oder Abdominaltrauma wird eine großzügige Volumensubstitution empfohlen und eine Normovolämie angestrebt [4, 15, 64]. Bei Polytraumatisierten mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS  $< 9$ ) sollten normotensive systolische Blutdruckwerte angestrebt werden. Das Ziel ist das Wiederherstellen einer ausreichenden Gehirnperfusion um sekundäre Hirnschädigungen möglichst früh reduzieren bzw. verhindern zu können [40, 49, 64].

Die Art und Weise der Verabreichung des richtigen Volumentherapeutikums wird in der Literatur noch kontrovers diskutiert. Derzeit wird in der präklinischen Versorgung routinemäßig mit kristalloiden und kolloidalen Lösungen gearbeitet allerdings haben erstere den Nachteil einer kurzen intravasalen Verweildauer (HWZ ca. 20 min.) [48]. Dem hingegen haben kolloidale Lösungen einen eindeutig besseren Volumeneffekt [47]. Bei der primären Volumentherapie Polytraumatisierter im Kreislaufchock sollte eine kristalloide Lösung verwendet werden [47]. Bei unkontrollierbaren Blutungen soll die Volumentherapie im

reduzierten Umfang stattfinden, um die Blutungssituation durch das Volumen nicht zusätzlich zu verstärken. Unter gegebenen Umständen können nach dem Stand aktueller Leitlinien kolloidale Lösung gegeben werden, wenn hypotone Kreislaufverhältnisse z. B. bei einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9), bei einem stumpfen Trauma oder penetrierendem Trauma vorliegen [14].

Ein neuerer Aspekt in der Volumentherapie ist die sogenannte Small- volume Resuscitation (SvR) beim schwersten traumatisch- hämorrhagischen Schock. Hierbei konzentriert man sich nicht mehr nur auf die reine Volumensubstitution, mit der gegebenen Gefahr einer eventuellen Verstärkung einer unkontrollierbaren Blutung durch das Erhöhen des systolischen Blutdrucks. Durch die SvR greift man in die Störung der mikrovaskulären Perfusion beim Kreislaufschock ein [47]. Man erhofft sich eine verbesserte Mikrozirkulation und somit eine Verbesserung des Sauerstoffangebots in den Endorganen [47]. Wenn bei Polytraumatisierten trotz Einsatz der Volumentherapie bei unkontrollierbaren Blutungen keine permissive Hypotension bzw. beim Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) keine Normotonie erreicht werden kann, ist der Einsatz von vasoaktiven Substanzen wie Katecholamine in Erwägung zu ziehen [46, 90].

#### **1.4 Qualitätsmanagement in der Notfallmedizin**

Durch die Implementierung spezieller Therapiemanagementverfahren in der präklinischen und frühen innerklinischen Notfallversorgung in Form von speziellen Handlungsabläufen/ Algorithmen (z.B. ETC<sup>®</sup> ATLS<sup>®</sup>, PHTLS<sup>®</sup>) konnte die Mortalität und Morbidität verringert werden. Die Versorgungsabläufe bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten sind sehr komplex. Um diese Versorgungsabläufe zu optimieren und somit das Überleben bzw. das Outcome Polytraumatisierter zu verbessern ist es unabdingbar ein medizinisches Qualitätsmanagement (QM) zu installieren [36].

Aus diesem Grund ist seit einigen Jahren ein strukturiertes medizinisches QM in der ADAC- Luftrettung eingeführt worden [70]. Für verschiedene Krankheitsbilder sind Verfahrensanweisungen erstellt worden; unter anderem für die Tracer-Diagnose Polytrauma [36]. Auf der Basis diverser Therapieleitlinien zur präklinischen notfallmedizinischen Versorgung eines Polytraumas wurden von der

Arbeitsgemeinschaft Norddeutscher Notärzte (AGNN) und des American College of Surgeons QM- Empfehlungen formuliert. In den Routineauswertungen des QM der ADAC Luftrettung wurden bislang Daten zur **Struktur-** und **Ergebnisqualität** erhoben und überprüft. In einem äußerst geringem Maße konnten Daten zur **Prozessqualität** in der präklinischen Versorgungsphase erfasst werden [36].

Um den hohen Anforderungen mit einem qualitativ bestmöglichen Ergebnis für den Patienten gerecht zu werden, ist es unverzichtbar ein Qualitätsmanagement zu installieren. Donabedian A. führte aus diesem Grund, als einer der ersten im medizinischen Bereich ein QM ein [23]. Im Folgenden werden die drei Säulen eines strukturierten QM erläutert:

*Strukturqualität:* Darunter versteht man personelle, medizintechnische, organisatorische und infrastrukturelle Voraussetzungen zur Behandlung eines Polytraumatisierten. So wurde zum einen zur schnellen Patientenversorgung ein luftgestütztes Rettungssystem in Deutschland aufgebaut. Zusätzlich wird die medizinische Crew durch Schulungen/ Fortbildungen/ Weiterbildungen/ Zusatzqualifikationen (z.B. ETC<sup>®</sup>, PHTLS<sup>®</sup>) speziell ausgebildet.

*Ergebnisqualität:* In diesem Bereich können die internen Auswertungen unter den Maßgaben der QM- Empfehlungen der ADAC- Luftrettung auf das Einhalten bzw. Nichteinhalten bestimmter Kriterien einer einzelnen Luftrettungsstation mit externen Daten anderer Luftrettungsstationen verglichen werden. Weiter kann in einem gewissen Maß zwischen den Vorgaben und den tatsächlich erfüllten Kriterien ein Vergleich zwischen dem Soll - und Ist - Zustand stattfinden.

*Prozessqualität:* Im Zentrum der Prozessüberprüfung steht das eigentliche Handeln der medizinischen Crew in der Patientenversorgung. Handlungsabläufe stehen im Mittelpunkt, mit dem Ziel eine Analyse zwischen geforderten Leitlinien und dem erbrachten Behandlungsablauf durchführen zu können. Aus dem Ziel der Überprüfung eines Behandlungsablaufs muss eine stetige Prozessoptimierung erfolgen. Um Abläufe in der präklinischen Versorgung Polytraumatisierter verbessern zu können, hat die ADAC- Luftrettung ein neuartiges digitales Notarzteinsatzprotokoll (DINO) eingeführt [37]. Somit lässt sich über das derzeitige QM nicht nur die Ergebnisqualität erfassen, also ob Kriterien eingehalten werden

konnten oder nicht, sondern ebenfalls über eine erweiterte Prozessanalyse die Ursache des Nichteinhaltens analysiert werden [36].

## 1.5 Fragestellung und Zielsetzung

Das Outcome von den Patienten, die ein Polytrauma erleiden, hängt sehr stark von der Versorgungsqualität ab. In dieser monozentrischen Pilotstudie wurde die Versorgung des Patienten während der **präklinischen Phase** von der Alarmierung des Rettungshubschraubers Christoph 22 bis zur Ankunft bzw. Übergabe des Patienten an der Zielklinik untersucht. Im Rahmen der notfallmedizinischen Versorgung Polytraumatisierter spielt im Hinblick auf das Überleben des Patienten die präklinische Phase eine entscheidende Rolle.

Hierzu werden Zeitverläufe von präklinischen Polytrauma- Versorgungen analysiert. Dabei werden zu mehreren Zeitpunkten, ab Erstbefund bis Übergabe in eine geeignete Klinik, Messdaten von Vitalparametern unter Berücksichtigung von präklinischen Maßnahmen dokumentiert und analysiert. Dieser Sachverhalt wurde in dieser Form noch nicht untersucht und trägt somit zu einem erweiterten Qualitätsmanagement bei. Im Vergleich zu der bisherigen Literatur sind in der vorliegenden Studie nicht nur die zwei Zeitpunkte, Erstbefund und Übergabe, Gegenstand der Untersuchungen, sondern es wird die gesamte präklinische Versorgungsphase (On- scene Phase) berücksichtigt.

Durch den allgemeinen Fortschritt in der präklinischen und innerklinischen Notfallmedizin, Intensivtherapie, Trauma- Chirurgie und Rehabilitation ist das primäre Ziel nicht mehr nur das Überleben des polytraumatisierten Patienten an sich, sondern dass er mit einer möglichst optimalen Lebensqualität überlebt [75]. Somit kann auch das Auftreten eines nicht unerheblichen volkswirtschaftlichen Schadens in Form von schweren Behinderungen, hohen Pflegekosten oder verlorenen Arbeitsjahren etc. gesenkt werden. Um präklinische Therapieverfahren erfassen zu können und somit einer kritischen Hinterfragung auf Effektivität und Qualität zu unterziehen wurde ein Dokumentationssystem in Form von Notarztprotokollen eingeführt. Allerdings erlaubte das bislang zur Verfügung stehende Dokumentationssystem weitgehend nur Analysen zur Struktur- und Ergebnisqualität, während eine weiterführende Überprüfung der Prozessqualität im engeren Sinne routinemäßig nur äußerst eingeschränkt möglich war [36].

Routinemäßig konnte somit der Anfang und das Ende eines Einsatzes analysiert werden. Der eigentliche Behandlungsprozess konnte bis dato nicht routinemäßig erfasst werden. Eine Blackbox in der Patientenversorgung blieb zurück. Durch die Einführung des neuartigen digitalen Notarzteinsatzprotokolls (DINO) wird es nun möglich die Blackbox zu erfassen [37].

Ziel dieser Arbeit ist zum einen die Routineauswertung der notärztlich digital erfassten Daten. Es wird das Einhalten der LIKS<sup>®</sup>- Kriterien im Hinblick auf die Struktur- und Ergebnisqualität überprüft, welche durch das QM der ADAC - Luftrettung zuvor festgelegt wurden. Zusätzlich wird eine erweiterte Analyse des präklinischen Behandlungsablaufs des RTH- Teams Christoph 22 gemacht. Um die Blackbox zu analysieren, werden Auswirkungen von bestimmten medizinischen Maßnahmen im präklinischen Versorgungsprozess ausgewertet.

#### **Fragestellung:**

- Welche standardisierte QM- Empfehlungen können im Rahmen der präklinischen Versorgung durch die medizinische Crew des RTH- Teams Christoph 22 nicht eingehalten werden?
- Kann ein erweitertes medizinisches Qualitätsmanagement in der präklinischen Versorgung von polytraumatisierten Patienten die Ursachen für das Nichteinhalten der geforderten QM-Empfehlungen der ADAC - Luftrettung feststellen?
- Welche qualitativen Verbesserungsmöglichkeiten ergeben sich durch die Erfassung und Auswertung erweiterter Prozessdaten der Polytraumaversorgung für die notfallmedizinische Primärversorgung?

## 2 Patienten, Material und Methodik

### 2.1 Patientenkollektiv

Es handelt sich um eine monozentrische, retrospektive Studie. Die Untersuchung stützt sich auf präklinisch versorgte polytraumatisierte Patienten des Luftrettungszentrums Christoph 22 am Bundeswehrkrankenhaus Ulm. Die vorliegenden Daten wurden im Zeitraum von ca. 2,5 Jahren (01.12.2006 bis 31.07.2009) erfasst.

Zur Charakterisierung und Erfassung eines Polytraumas wurde die Definition nach Tscherne und Trentz verwendet: „Das Polytrauma ist eine gleichzeitige entstandene Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wobei wenigstens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich ist“ [84].

Für die Auswertung polytraumatisierter Patienten wurden folgende **Einschlusskriterien** festgelegt:

- Schriftliche Diagnoseausführung durch den Notarzt: Polytrauma.
- Verletzungsschweregrad von mindestens 5 nach NACA [83].
- Verletzungsschwere von mindestens: ernst ( $\geq 4$ ) - nach dem Schema von Utstein.
- nur Primäreinsätze.

Für die Auswertung polytraumatisierter Patienten wurden folgende **Ausschlusskriterien** festgelegt:

- Exitus letalis am Unfallort

## 2.2 Material

Um eine möglichst hohe qualitative Vergleichbarkeit der Daten zu bekommen, wurde die Dokumentation der notfallmedizinisch relevanten Daten mit Hilfe eines Notarzteinsatzprotokolls auf der Basis des MIND 2 Datensatzes der Deutschen interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin durchgeführt. Im minimalen Notarztdatensatz MIND 2 wird eine gemeinsame minimale Grundmenge zur Dokumentation an präklinisch, notfallmedizinischen relevanten Daten dargestellt [55]. In diesem Datensatz werden sowohl Primäreinsätze als auch Sekundäreinsätze in einem Datensatz zusammengefasst und nicht wie zuvor in zwei Datensätzen des MIND und MIND- ITH getrennt [55].

Basis der Dokumentation ist ein Digitales Notarzteinsatzprotokoll (DINO) [36], welches gemeinsam von der ADAC- Luftrettung GMBH und Diagramm Halbach GMBH u. Co. KG speziell für Notfalleinsätze konzipiert wurde. Ein Schwerpunkt dieses digitalen Notarzteinsatzprotokolls zielt speziell auf eine zielgerichtete Datenerfassung von Prozessdaten während der präklinischen Versorgungsphase. Hiervon unterscheidet sich dieses Konzept von dem älteren MIND. Dort werden Notfalldaten zu Beginn und am Ende erfasst. Wichtige Vitalwerte in der gesamten präklinischen Behandlungsphase werden aber nicht ausreichend erfasst. Hierdurch lassen sich nur in gewissem Maße qualitativ valide Aussagen über die Prozess- und Versorgungsqualität in der frühen Behandlungsphase Polytraumatisierter zwischen Eintreffen am Notfallort und Übergabe in der Zielklinik machen.

Die Dokumentation auf dem digitalen Notarzteinsatzprotokolls wird mit einem digitalen Stift dokumentiert. Dadurch wird es möglich die auf dem digitalen Notarzteinsatzprotokoll erfassten Daten über eine Docking- Station in den Computer einzulesen. Somit lässt sich die Einsatzdokumentation in einem weiteren Schritt validieren und auf Richtigkeit korrigieren [37]. Auf der Basis des digitalen Notarzteinsatzprotokolls wird eine deutliche Verbesserung der Prozessqualität bei der Versorgung des Patienten in der präklinischen Phase angestrebt.

Für die spezielle Auswertung in der vorliegenden Analyse des Patientenkollektives Polytrauma waren einzelne Elemente des digitalen Notarzteinsatzprotokolls von besonderer Bedeutung, die im Folgenden erläutert werden:

NACA- Score:

Der NACA- Score wurde von der National Advisory Committee for Aeronautics zur Einschätzung von Verletzungen bei Unfällen in der Luft- und Raumfahrt entwickelt. In der Notfallmedizin dient dieses Scoring- System zur Einschätzung von Verletzung und Erkrankungen. In diesem Zusammenhang dient der NACA- Score zur Einstufung des Polytraumas. Die Einteilung erfolgt in acht Schweregrade von Grad 0 (keine Verletzung) bis 7 (tödliche Verletzung). Polytraumatisierte Patienten gehören auf Grund ihres schweren Verletzungsmuster automatisch zur Schweregradeinstufung 5, 6, 7 (Tabelle 1) [83].

**Tabelle 1: NACA- Score** - Exemplarischer Auszug der drei höchsten NACA Stufen aus dem digitalen Notarzteinsatzprotokoll des Rettungshubschraubers Christoph 22. (NACA steht für National Advisory Committee for Aeronautics)

|        |                         |
|--------|-------------------------|
| NACA 5 | akute Lebensgefahr      |
| NACA 6 | Reanimation erfolgreich |
| NACA 7 | Tod                     |

Abbreviated Injury Score:

Der Abbreviated Injury Score ist ein wichtiges Dokumentationselement in der Erfassung der verschiedenen Schweregrade von Verletzungen bei Traumapatienten. Basierend auf dem Utstein- Style findet dieses Dokumentationssystem sowohl in der präklinischen als auch in der innerklinischen Versorgung, zur Erfassung von Verletzungen, Anwendung [20]. Im MIND 2 wird eine Einteilung von Verletzungen in Anlehnung an den Abbreviated Injury Score vollzogen. Insgesamt werden sechs verschiedene Schweregrad- Einteilungen vorgenommen. Die Einteilung reicht von leichten Verletzungen bis tödlichen Verletzungen. Weiter werden die einzelnen Schweregrade zehn verschiedenen Körperregionen zugeordnet (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Einteilung von Verletzungen** - Exemplarischer Auszug aus dem digitalen Notarzteinsatzprotokoll des Rettungshubschraubers Christoph 22. Dargestellt sind die verschiedenen Verletzungsregionen und die dazugehörige Schweregradeinteilung. (HWS steht für Halswirbelsäule, BWS für Brustwirbelsäule, LWS für Lendenwirbelsäule)

|                      | leicht | mäßig | ernst | schwer | kritisch | tödlich |
|----------------------|--------|-------|-------|--------|----------|---------|
| Schädel- Hirn        |        |       |       |        |          |         |
| Gesicht              |        |       |       |        |          |         |
| HWS                  |        |       |       |        |          |         |
| Thorax               |        |       |       |        |          |         |
| Abdomen              |        |       |       |        |          |         |
| Wirbelsäule BWS/ LWS |        |       |       |        |          |         |
| Becken               |        |       |       |        |          |         |
| Obere Extremitäten   |        |       |       |        |          |         |
| Untere Extremitäten  |        |       |       |        |          |         |
| Weichteile           |        |       |       |        |          |         |

#### Glasgow Coma Scale (GCS):

Die Glasgow Coma Scale ist eine Skala zur Erfassung einer schweren Bewusstseinsstörung. In der klinischen und präklinischen Notfallmedizin hat sich die Glasgow Coma Scale auch zur Erfassung von Patienten mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma etabliert. Ab einem GCS <9 liegt eine schwere Bewusstseinsstörung vor, sodass im Zusammenhang mit einem Trauma von einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (Grad III/ GCS <9) ausgegangen wird. Die Glasgow Coma Scale teilt sich in drei Rubriken (Augen öffnen, verbale Reaktion und motorische Reaktion) auf. Den einzelnen Rubriken wird wiederum eine dem Bewusstseinszustand des Patienten entsprechende Punktzahl vergeben. Die erreichten Punkte in den einzelnen Rubriken werden summiert. Maximal können 15 Punkte erreicht werden, wenn der Patient ansprechbar und bewusstseinsklar ist. Die niedrigste Punktzahl, die erreicht werden kann, sind drei Punkte. Dies entspricht einer tiefen Bewusstlosigkeit (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Glasgow Coma Scale** - Exemplarischer Auszug aus dem digitalen Notarzteinsatzprotokoll des Rettungshubschraubers Christoph 22. Mit Hilfe der Glasgow Coma Scale wird der Bewusstseinszustand des Patienten bei einem vermuteten schweren Schädel-Hirn- Trauma geprüft. In jeder Spalte kann ein Wert mit entsprechender Punktzahl vergeben werden. Ergibt die Gesamtsumme aller drei Spalten ein Glasgow Coma Scale (GCS) <9 liegt ein schweres Schädel-Hirn- Trauma vor.

| Augen öffnen         | beste verbale Reaktion | beste motorische Reaktion |
|----------------------|------------------------|---------------------------|
| 4 - spontan          | 5 - orientiert         | 6 - auf Aufforderung      |
| 3 - auf Aufforderung | 4 - desorientiert      | 5 - gezielte Abwehr       |
| 2 - auf Schmerzreiz  | 3 - inadäquat          | 4 - ungezielte Abwehr     |
| 1 - kein             | 2 - unverständlich     | 3 - Beugesynergismen      |
|                      | 1 - keine              | 2 - Streckesynergismen    |
|                      |                        | 1 - keine                 |

## 2.3 Methodik

Die Erfassung der präklinisch behandelten polytraumatisierten Patienten erfolgte durch den jeweiligen diensthabenden Notarzt auf dem Rettungshubschrauber Christoph 22. Die präklinische Datenerfassung umfasste den Einsatzzeitraum von der Alarmierung des Rettungshubschraubers bis zur Übergabe des Patienten in der jeweiligen Zielklinik im Schockraum. Die Datenerfassung wurde mit dem speziellen digitalen Notarzteinsatzprotokoll und digitalen Stift durchgeführt. In einem weiteren Schritt wurden die Daten nach Beendigung des Einsatzes durch den jeweiligen diensthabenden Notarzt über eine Docking- Station in den PC- eingelesen und über die dotforms®- Anwendungssoftware sichtbar gemacht. Bei gegebenenfalls fehlerhafter oder versehentlich falscher Dokumentation wurde eine Korrektur der Daten vorgenommen. Somit ließ sich die Dokumentationsqualität steigern. Abschließend werden die digital erfassten Daten zur ADAC -Luftrettung GmbH an die LIKS®- Datenbank zur weiteren Datenaufbereitung übermittelt [37]. Der systolische Blutdruck ( $RR_{sys}$ ) wurde nach der Methode nach *Riva Rocci*, die Sauerstoffsättigung ( $SpO_2$ ) wurde pulsoxymetrisch gemessen.

## Analyse von Zeitverläufen

Für die Methodik der Auswertung stehen Zeitverläufe im Vordergrund. Zunächst ist unter einem Zeitverlauf zu verstehen, dass eine **Messgröße**, z.B. der systolische Blutdruck ( $RR_{sys}$ ), **in Abhängigkeit** von **mehreren Zeitpunkten** während der präklinischen Versorgungsphase (**On- scene Phase**) untersucht wird. In dieser Arbeit wird also nicht nur Bezug auf den Anfangs- und Endpunkt genommen.

Der Sinn und Zweck von Zeitverläufen ist zum einen das Erlangen von wichtigen zusätzlichen Informationen. Zum anderen lassen sich damit auch vorherrschende Meinungen, Aussagen überprüfen. Dies kommt nicht nur der Wissenschaft und einem Qualitätsmanagement zu Gute. Sondern vielmehr sollen **Polytraumatisierte** den größten Nutzen mit einer maximal qualitativ besten präklinischen Therapie haben, so dass für sie ein **bestmögliches gesundheitliches Outcome** erzielt wird.

Beschreiben wir die Merkmale, Kennzeichen eines Zeitverlaufs, auf die bei den nachfolgenden Auswertungen zu achten ist:

- Voraussetzung einer Therapie sind die Anfangsbedingungen, meint Anfangsmesswert bzw. Erstbefund, (Eb.) oder Beginn der On- scene Phase, (OsP). Dies kann z.B. für  $RR_{sys}$  bei 90 mmHg oder 130 mmHg liegen.
- Nach welcher Zeit bestimmte Zielvorgaben erreicht werden, z.B. einen  $RR_{sys}$  von 120 mmHg bis 10 min. nach Eb. bzw. OsP.
- Zeitliche Änderungen werden besonders in der Anfangsphase ersichtlich. (Zeitliche Änderung meint, der Messwert ändert sich zu verschiedenen Zeitpunkten. Man kann auch von einem dynamischen Verhalten sprechen, kurz Dynamik.) Diese werden in den Diagrammen aus positiven/ negativen Steigungen oder über ein Auf und Ab (Schwingungen) von Werten ersichtlich.
- Konstanter Verlauf, soll heißen, Messwerte sind unabhängig von den Zeitpunkten. Wichtig ist, dass immer noch die Höhe von dem Messwert angegeben wird. Denn ein konstanter Wert von  $RR_{sys} = 70$  mmHg oder

SpO<sub>2</sub> = 50% ist schlecht. Dagegen kann bei SHT- Patienten ein RR<sub>sys</sub> ≥120 mmHg nach erfolgten präklinischen Maßnahmen bis zur Übergabe sehr gut sein. Nicht nur die Höhe des Messwertes sondern auch die Angabe von präklinischen, medizinischen Maßnahmen ist wichtig. Denn trotz erfolgter Medikamentengabe kann ein zeitlich konstanter Verlauf immer noch vorliegen. Konstant bedeutet, es liegt somit keine Dynamik vor.

- Zeitliche Änderungen bzw. Verhalten nach Eb. und/ oder OsP, die sich auf wichtige präklinische Maßnahmen beziehen, z.B. Medikamentengabe, Narkose, Thoraxdrainage. Hierbei ist ein Zeitbereich zu untersuchen, der sich auf Zeiten von Beginn bis Beendigung der Maßnahme bezieht.
- Wichtig ist, dass ein gesamter Überblick über die Zeitverläufe von unterschiedlichen Messgrößen hinsichtlich präklinischer Maßnahmen vorliegt. Daraus lassen sich steigende, fallende und konstante Bereiche ablesen, so dass der präklinische Zustand eines Polytraumas beurteilt werden kann.

Aus diesen zeitlichen Verläufen von Messgrößen lassen sich nun weitere wichtige Untersuchungen und Analysen in Form von weiteren Zeitverläufen oder statistischen Diagrammen anbringen. Um aus der präklinischen Auswertung wirklich fundierte Aussagen zu treffen, ist ein medizinisches Hintergrundwissen und Erfahrung unbedingt erforderlich. Bedingt durch das inhomogene Erscheinungsbild eines Polytraumas kann nur eine genaue Differenzierung von Polytraumatisierten neue Erkenntnisse bzw. Optimierungsmöglichkeiten aufzeigen.

Dem soll in dieser Arbeit Rechnung getragen werden, indem deutlich herausgestellt wird, dass *ein Polytrauma nicht gleich ein Polytrauma* in der präklinischen Behandlung ist. Die hierbei verwendete **Methodik** sind **zeitliche Verlaufsanalysen** mit statistischen Hilfsmitteln.

Aus den Zeitverläufen, sowohl aus deren Merkmale als auch aus den sich anschließenden weiteren Analysen, lässt sich ein erweitertes Qualitätsmanagement erstellen. Daraus lassen sich Optimierungsmöglichkeiten ableiten.

Für die Zukunft wäre zum einen eine kontinuierliche zeitliche Aufzeichnung von Messgrößen von Vorteil. Zum anderen eine Erweiterung von Messparametern auf physiologischer, chemischer Basis, so dass in Echtzeit sofort gewisse Laborwerte vorliegen würden. Denn damit wird mit Sicherheit das heutige notfallmedizinische Handeln eines/ einer gut ausgebildeten Anästhesisten/in bzw. Notfall- u. Intensivmediziners/in auf molekular-/ physiologischer Ebene untermauert.

## **2.4 Auswertung und Ergebnisdarstellung**

Die medizinischen Daten konnten aus der LIKS<sup>®</sup>- Datenbank in anonymisierter Form übernommen werden. Mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel 2003 u. 2007<sup>®</sup> konnten die Patienten mit dem Verletzungsmerkmal Polytrauma herausgefiltert werden. Dort wurden dann in einem weiteren Schritt die Daten aufgearbeitet, ausgewertet, berechnet, analysiert, tabellarisch und grafisch dargestellt. Für die statistische Berechnung der Daten wurde das Statistikprogramm WinSTAT<sup>®</sup> Version 2009.1 für Microsoft Excel<sup>®</sup> von Robert K. Fitch verwendet. Relative Häufigkeiten sind auf ganze Zahlen gerundet und in Prozent angegeben worden. Daten von Blutdruckerhebungen werden im Median und Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung dargestellt. Bei Auswertungen, welche den  $RR_{sys}$  betreffen, werden nur Änderungen von  $\pm 10$  mmHg berücksichtigt. Ein Kreislaufschock entspricht einem  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg, eine permissive Hypotension entspricht einem  $RR_{sys} > 90$  und  $< 120$  mmHg, eine Normotension besteht bei einem  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg. Auswertungen, welche die Zeitanalyse und die Sauerstoffsättigung betreffen, werden als Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung angegeben. Ab einer  $SpO_2 \leq 90\%$  wird von einer Hypoxie gesprochen.

Berechnungen von beobachteten, unabhängigen Häufigkeiten erfolgte mit dem  $\chi^2$ -Test. Zur Signifikanzprüfung bei Vergleichen von verbundenen Gruppen wurde bei Vorliegen einer Normalverteilung der verbundene t- Test und bei Vorliegen einer nicht normalverteilten Population der Wilcoxon- Test angewendet. Bei Vergleichen unabhängiger Populationen wurde bei einer Normalverteilung der unabhängige t- Test und bei einer Nichtnormalverteilung der U- Test (Mann-Whitney Test) angewendet. Für Berechnungen von Häufigkeiten abhängiger Daten im Zeitverlauf wurde der Chi- Quadrat Test nach McNemar verwendet. Als Signifikanzniveau wurde  $p = 0,05$  festgelegt.

### 3 Ergebnisse

Die Auswertungen richten sich zunächst nach der Epidemiologie, der Tracer-Diagnose Polytrauma nach den LIKS®- Kriterien und dem präklinischen Zeitmanagement. Danach wird auf präklinische Maßnahmen, wie z.B. das Erheben von Messdaten, Medikamentengabe, klinische Eingriffe usw., eingegangen. Diese werden unter den Stichwörtern Kreislaufmanagement, Sauerstoffsättigung, Katecholamine und Small-volume Resuscitation als auch Intubation aufgeführt. Wobei die **wichtigen Informationen** aus entsprechenden **zeitlichen Verlaufsanalysen** hervorgehen.

#### 3.1 Epidemiologie

Innerhalb des Erhebungszeitraumes sind 318 polytraumatisierte Patienten präklinisch vom Traumateam Christoph 22 versorgt worden. 20 (6%) Patienten verstarben direkt am Unfallort. Daraus ergibt sich ein Studienkollektiv von **298** (100%) Patienten. Diese haben den Zeitraum vom Unfallereignis bis zur Ankunft im Schockraum primär überlebt.

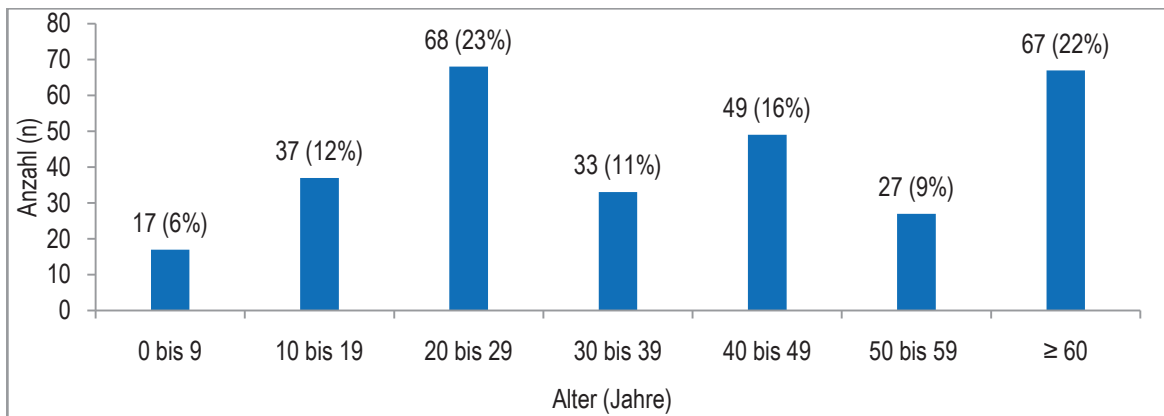
Zunächst findet eine Charakterisierung des Studienkollektives statt (Tabelle 4). Diese sind differenziert nach demographischen Daten, Unfallursache und Verletzungsmuster. Polytraumatisierte mit einem SHT, die ein Verletzungsmuster von mindestens ernst und/ oder einen initialen GCS <9 haben, sind ebenfalls in dieser Tabelle miteinbezogen.

**Tabelle 4: Charakterisierung des Studienkollektivs** anhand einer Tabelle. Angegeben sind die demographischen Daten in Mittelwert und Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum. In absoluten Häufigkeiten und in Klammer die relativen Häufigkeiten, sind die Unfallursache, das Einklemmungstrauma und die Verteilung der verletzten Körperregionen dargestellt. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (*Min.* steht für Minimum, *Max.* für Maximum, *PKW* für Personenkraftwagen, *LKW* für Lastkraftwagen, *BWS* für Brustwirbelsäule, *LWS* für Lendenwirbelsäule, *SD* für Standardabweichung, *m* für Meter)

|                                  |                                                |
|----------------------------------|------------------------------------------------|
| <b>Gesamtkollektiv</b>           | 298 (100)                                      |
| <b>Demographische Daten:</b>     |                                                |
| ▫ <i>Geschlecht männlich</i>     | 214 (72)                                       |
| ▫ <i>Alter</i>                   | <i>Mittelwert ± SD</i> 39,8 ± 21,8 Lebensjahre |
|                                  | <i>Median</i> 37,5 Lebensjahre                 |
|                                  | <i>Min./ Max.</i> 0*/ 86 Lebensjahre           |
| <b>Unfallursache:</b>            |                                                |
| ▫ <i>Verkehrsunfall</i>          | 215 (72)                                       |
| o Pkw/Lkw                        | 127 (43)                                       |
| o Motorrad                       | 58 (20)                                        |
| o Fahrrad                        | 22 (7)                                         |
| o Fußgänger                      | 8 (3)                                          |
| ▫ <i>Sturz &gt; 3m</i>           | 56 (19)                                        |
| ▫ <i>Sonstige</i>                | 27 (9)                                         |
| <b>Einklemmungstrauma</b>        | 58 (20)                                        |
| <b>Verletzte Körperregionen:</b> |                                                |
| ▫ <i>Schädel</i>                 | 192 (64)                                       |
| ▫ <i>Gesicht</i>                 | 69 (23)                                        |
| ▫ <i>HWS</i>                     | 112 (38)                                       |
| ▫ <i>Thorax</i>                  | 182 (61)                                       |
| ▫ <i>Abdomen</i>                 | 97 (33)                                        |
| ▫ <i>BWS/LWS</i>                 | 118 (40)                                       |
| ▫ <i>Becken</i>                  | 67 (23)                                        |
| ▫ <i>Obere Extremitäten</i>      | 65 (22)                                        |
| ▫ <i>Untere Extremitäten</i>     | 94 (32)                                        |
| ▫ <i>Weichteil</i>               | 28 (10)                                        |

\*(im ersten Lebensjahr)

Eine in 10 Jahresschritten detaillierte Altersverteilung (Abbildung 1) zeigt drei erhöhte Häufigkeiten. In der dritten Lebensdekade (20 bis 29 Jahre) ist der höchste Peak an Polytraumatisierten zu sehen. In der vierten Lebensdekade (40 bis 49 Jahre) ist eine zweite Zunahme zu verzeichnen. Patienten ab dem 60. Lebensjahr wurden zu einer gemeinsamen Gruppe zusammengefasst. Diese Patientengruppe ( $\geq 60$  Jahre) macht den zweithöchsten Anteil an Polytraumatisierten aus.



**Abbildung 1: Darstellung einer Altersverteilung polytraumatisierter Patienten** anhand eines Säulendiagrammes. Angegeben sind in absoluten Häufigkeiten und in Klammer die relativen Häufigkeiten die Altersbereiche in 10 Jahresschritten. Patienten ab  $\geq 60$  Jahre wurden zu einer Gruppe zusammengefasst. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (n steht für Fallzahl)

### 3.2 Verletzungsmuster

In diesem Kapitel wird eine erweiterte Analyse des Verletzungsmusters in Abhängigkeit von Einklemmungstrauma, initialer Kreislaufsituation und Verabreichung von Katecholamine und Small- volume Resuscitation, erstellt.

Eingeklemmte und nicht eingeklemmte Patienten werden hinsichtlich ihres unterschiedlichen Verletzungsmusters ausgewertet. Unabhängig davon werden Polytraumatisierte nach dem initial gemessenen systolischen Blutdruck ( $RR_{sys}$ ) untersucht. Dabei werden diese hinsichtlich ihres Verletzungsmusters in drei Gruppen eingeteilt (Abbildung 2).

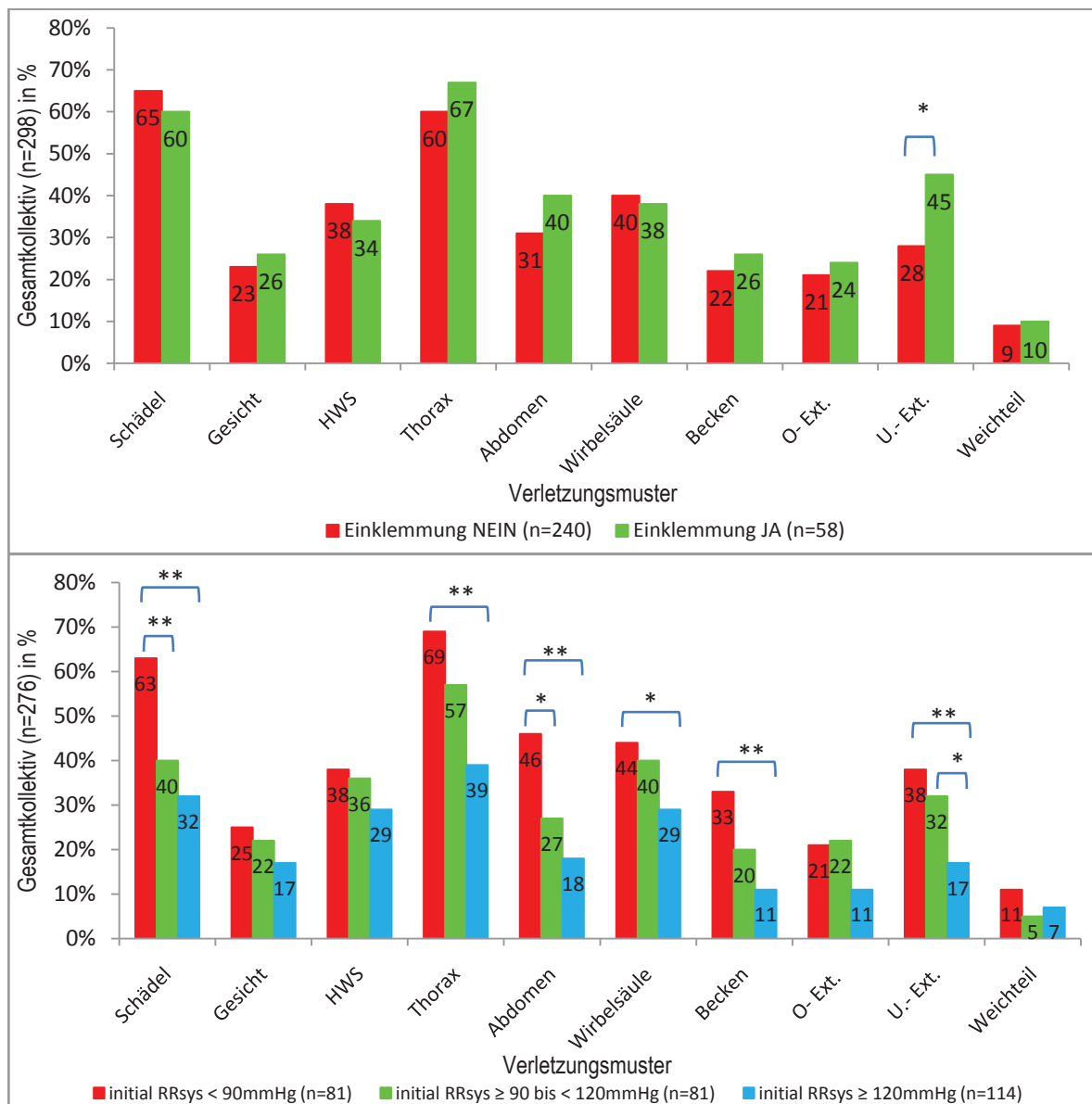
**Eingeklemmte** Patienten haben signifikant häufiger Verletzungen an den unteren Extremitäten als nicht eingeklemmte Patienten (26 (45%) vs. 68 (28%),  $p < 0,05$ ).

Patienten mit einem initialen Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) haben signifikant häufiger schwere Schädel-Hirn-, Thorax-, Abdomen-, Wirbelsäulen-, Becken-Traumata und schwere Verletzungen der unteren Extremitäten als Patienten mit einer initialen Normotonie ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg).

Patienten mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg haben signifikant häufiger einen GCS  $< 9$  als Patienten, die initial einen  $RR_{sys}$  zwischen 90 und 120 mmHg

aufweisen. Dieselbe Beobachtung trifft auf Patienten mit einem schweren Abdominal- Trauma zu (Abbildung 2).

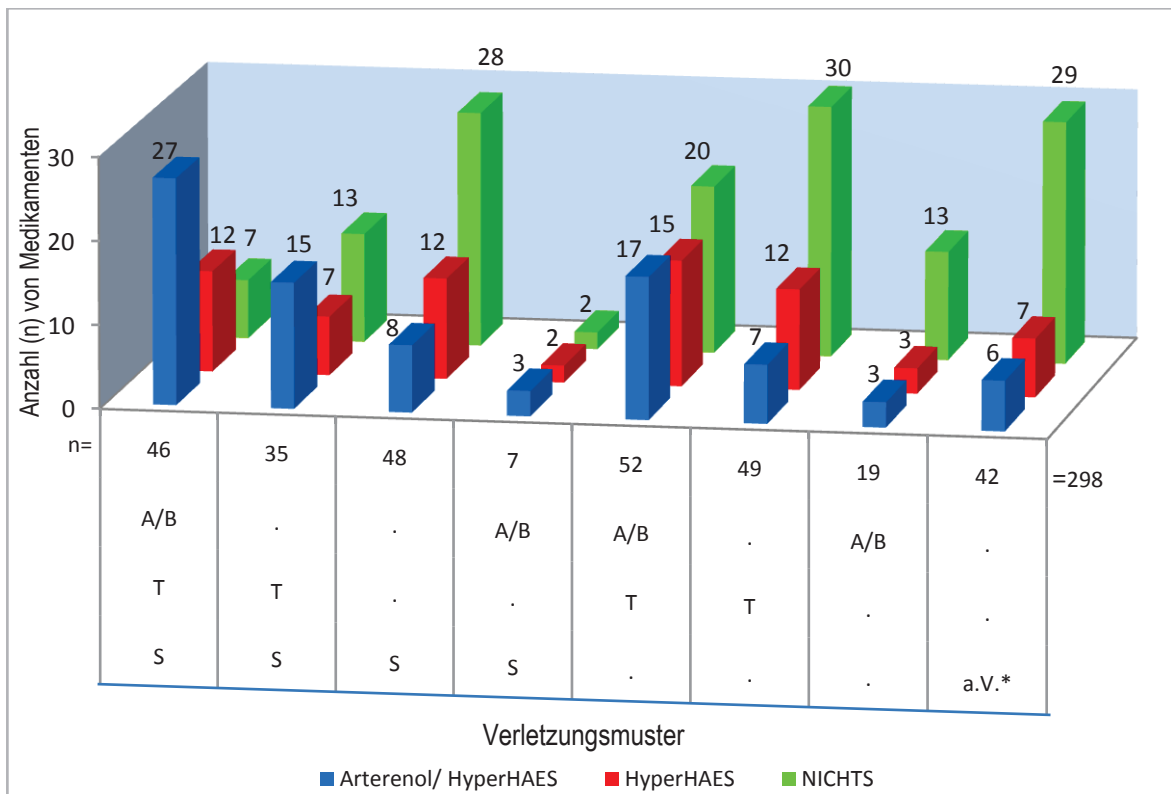
Patienten mit einem initialen  $RR_{sys}$  zwischen 90 und 120 mmHg (permissive Hypotension) haben signifikant häufiger Verletzungen an der unteren Extremität als Patienten mit einer initialen Normotonie (Abbildung 2).



**Abbildung 2: Erweiterte Analyse des Verletzungsmusters** anhand eines Säulendiagrammes. Angegeben sind in relativen Häufigkeiten die verschiedenen Verletzungsmuster. Im oberen Bereich der Abbildung wird zwischen eingeklemmten (rote Säule) und nicht eingeklemmten (grüne Säule) Patienten unterschieden. Hierbei konnten 298 Patienten identifiziert werden. Im unteren Teil der Abbildung werden drei unterschiedliche initiale Blutdruckbereiche miteinander verglichen. Die rote Säule beschreibt einen initialen  $RR_{sys} < 90$  mmHg. Die grüne Säule beschreibt einen initialen  $RR_{sys} \geq 90$  bis  $\leq 120$  mmHg und die blaue Säule einen Initialen  $RR_{sys}$  von  $\geq 120$  mmHg. Hierbei konnten aufgrund der initialen Blutdruckdokumentation 276 Patienten identifiziert werden. Es werden Verletzungen ab Schweregrad  $\geq$  ernst berücksichtigt. In der unteren Abbildung sind beim Verletzungsmuster *Schädel* nur Patienten mit einem initialen

GCS <9 aufgeführt; Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Hierbei konnten insgesamt 298 Patienten identifiziert werden. (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; GCS steht für Glasgow Coma Scale,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, HWS für Halswirbelsäule, O.-Ext. für Obere Extremität, U.-Ext. für Untere Extremität, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule,  $n$  für Fallzahl)

Abbildung 3 zeigt einen Zusammenhang des Verletzungsmusters und der Verabreichung von Katecholamine (Arterenol) und Small- volume Resuscitation (HyperHAES/ SvR). Es wird ein besonderes Augenmerk auf die drei häufigsten und klinisch relevantesten Verletzungsmuster gelegt. Patienten mit einem Abdominal-Trauma und/ oder Becken- Trauma werden zu einer Gruppe zusammengefasst. Bei Polytraumatisierten mit einem schweren SHT (GCS <9) (S) + schwerem Thoraxtrauma (T) + einem schweren Abdominal-/ Becken- Trauma (A/B) wurde überdurchschnittlich oft Arterenol ± HyperHAES verabreicht. Ebenfalls sind bei Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9)(S) + schweren Thoraxtrauma (T) sowie bei einem schweren Thoraxtrauma (T) + schweren Abdominal-/ Becken- Trauma (A/B) häufig Arterenol ± HyperHAES eingesetzt worden. Liegt dagegen führend ein schweres SHT (GCS <9) (S) ohne die beiden anderen aufgezeigten Verletzungsmerkmale (T, A/B) vor, wird überwiegend von einer Arterenol bzw. HyperHAES- Therapie abgesehen. Der gleiche Sachverhalt ist bei einem führendem Verletzungsmuster des schweren Thoraxtraumas (T) bzw. bei Vorliegen anderer Verletzungen (a.V.)\*, soll heißen die betroffenen Polytraumatisierten haben keines der in Abbildung 3 aufgeführten Verletzungsmusterkombinationen (S; T; A/B) vorliegen, zu beobachten.



**Abbildung 3: Verletzungsmuster in Abhängigkeit von Katecholamin- und Small- volume Resuscitation Gabe** anhand eines Säulendiagrammes. Darstellung der Medikamentenverabreichung bei unterschiedlichen Verletzungsmusterkombinationen in absoluten Häufigkeiten. Die blauen Säulen beschreiben die Verabreichung von Arterenol und HyperHAES. Die roten Säulen von HyperHAES und die grünen Säulen beschreiben die Menge an Patienten, welche keine Medikamente bekommen haben. Hierbei werden das schwere Schädel-Hirn- Trauma (GCS <9) (S), das schwere Thoraxtrauma (T) und das schwere Abdominal-/ Becken- Trauma (A/B) verglichen. Andere Verletzungen (a.V.) werden zu einer Gruppe zusammengefasst. Es werden Verletzungen ab einem Verletzungsmuster von  $\geq$ erst erfasst. Beim schweren Schädel-Hirn- Trauma ab einem GCS <9. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (a.V.: schweres Trauma von: Gesicht, HWS, Weichteile, untere/ obere Extremität, Wirbelsäule. Gleichwohl kann bei vorliegendem S, T, A/B z.B. zusätzlich eine Weichteilverletzung etc. vorliegen. Ansonsten würden z.B. bei S oder T nur ein Barytrauma und kein Polytrauma vorliegen. GCS steht für Glasgow Coma Scale, A/B für Abdominal-/ Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, S für Schädel-Hirn- Trauma, a.V. für andere Verletzungsmuster, n für Fallzahl)

### 3.3 Routineauswertung der Tracer- Diagnose Polytrauma

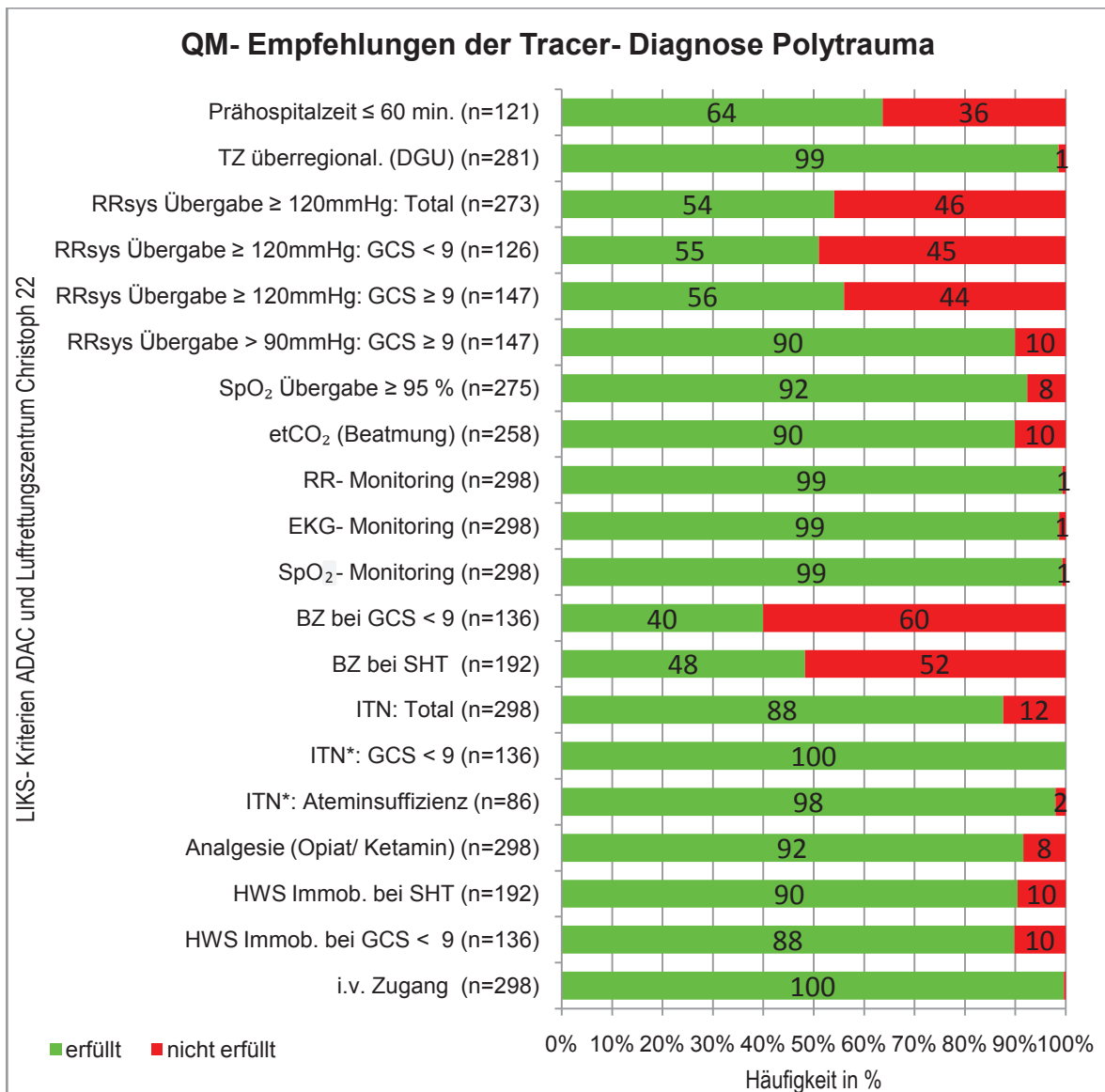
*Gegenstand von QM- Empfehlungen der ADAC Luftrettung GmbH sind die LIKS-Kriterien zur Auswertung der Tracer-Diagnose Polytrauma. Dabei wird Bezug auf diverse Filterkriterien genommen, die bei Übergabe des Patienten an das jeweilige Schockraum-Team einer geeigneten Zielklinik erfüllt werden sollten.*

*Zusätzlich sind erweiterte stationsspezifische Filterkriterien von dem Luftrettungszentrum Christoph 22, die bei Übergabe erfüllt sein sollten, erhoben.*

Abbildung 4 zeigt das Ausmaß des Nichteinhaltens bzw. Einhaltens spezifischer Filterkriterien der Tracer-Diagnose Polytrauma. Bei einer **Abweichung** von mehr als **10%** gilt das Merkmal als **nicht akzeptiert**.

36% der Polytraumatisierten erfüllen nicht die geförderte **Prähospitalzeit** von  $\leq 60$  min.. Insgesamt erreichen 54% der Patienten ein  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg zum Zeitpunkt der Übergabe. Allerdings wird nur bei Patienten mit einem **schwerem SHT (GCS <9)** bei Übergabe ein systolischer Blutdruck von mindestens 120 mmHg gefordert. 49% dieser Patienten erfüllen dieses Kriterium nicht. Polytraumatisierte ohne ein schweres SHT ( $GCS \geq 9$ ) sollten einen systolischen Blutdruck nach dem Konzept der permissiven Hypotension ( $RR_{sys}$  Übergabe  $> 90$  mmHg) aufweisen. Dieses Merkmal ist bei der Übergabe zu 90% erfüllt.

Die Messung des **Blutzuckers** bei Patienten mit SHT ( $\geq$  ernst;  $GCS < 9$ ) wird zu 52% bzw. 60% nicht erfüllt.



**Abbildung 4: Auswertung der ADAC LIKS- Kriterien und Luftrettungszentrum Christoph 22 spezifische Auswertungen** anhand eines Balkendiagrammes. Grüne Balken geben in relativen Häufigkeiten an, wie oft ein LIKS/ Luftrettungszentrum Christoph 22 spezifisches Kriterium erfüllt wurde. Rote Balken geben in relativen Häufigkeiten an, wenn oben genannte Kriterien nicht erfüllt wurden. Wird ein jeweiliges Kriterium um mehr als 10% nicht erfüllt, gilt das Merkmal als nicht akzeptiert. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. Im Kollektiv schweres Schädel-Hirn-Trauma (GCS <9) konnten 136 Patienten identifiziert werden. Aufgrund von Dokumentationsschwächen gilt bei den jeweiligen Kriterien die in den Klammern aufgeführte Fallzahl. (\* Polytraumen, die vor Eintreffen von Christoph 22 intubiert sind, werden auch mit eingerechnet; Ateminsuffizienz: initial SpO<sub>2</sub> ≤90 % oder AF <6/ >20/ min.. RR<sub>sys</sub> steht für systolischen Blutdruck, SpO<sub>2</sub> für Sauerstoffsättigung; ADAC für Allgemeiner Deutscher Automobil Club, LIKS für Luftrettungs-, Informations- und Kommunikations- System, QM für Qualitätsmanagement, min. für Minuten, TZ für Traumazentrum, GCS für Glasgow Coma Scale, etCO<sub>2</sub> für endtidales Kohlenstoffdioxid, RR steht für Blutdruck nach Riva Rocci, EKG für Elektrokardiogramm, BZ für Blutzucker, SHT für Schädel-Hirn- Trauma, ITN für Intubation, HWS für Halswirbelsäule, i.v. für intravenös, Immob. für Immobilisation)

### 3.4 Präklinisches Zeitmanagement

*In diesem Kapitel wird das präklinische Zeitmanagement im Hinblick auf die Prähospitalzeit, Tabelle 5, und auf Einsätze MIT und OHNE Einklemmung von einem Patienten, Tabelle 6, untersucht. Dabei wird dieses Zeitmanagement in Verbindung mit Vitaldaten, invasive Maßnahmen, Infusionslösung, Katecholamine und in Tabelle 5 noch mit dem Verletzungsmuster dargestellt.*

#### 3.4.1 Prähospitalzeit

Gehen wir zunächst in Tabelle 5 auf die Zielvorgabe der Prähospitalzeit, Gesamtdauer eines Einsatzes von  $\leq 60$  min., ein. Da auch eine erweiterte Analyse der QM-Empfehlung zu berücksichtigen ist, wird für die Gesamtdauer der Einsätze eine Unterscheidung in  $\leq 60$  min. und  $> 60$  min. vorgenommen. Wie vorteilhaft diese Trennung ist, lässt sich mit dem Gesamtkollektiv, das nicht zwischen  $< 60$  min. und  $> 60$  min. unterscheidet, vergleichen.

Die präklinische Versorgungsphase aller Polytraumatisierten beträgt im Mittel  $60,1 \pm 17,5$  min.. Somit wird die maximal geforderte Einsatzzeit bis zum Erreichen des Schockraums von  $\leq 60$  min. nahezu erreicht. Auf Grund der zeitlichen Aufteilung geht hervor, dass bei 64% die Vorgabe erfüllt ist. Dagegen konnte bei 36% die QM-Empfehlung der geforderten Maximalzeit von 60 min. nicht erreicht werden. In dieser Gruppe ist eine signifikant längere **Gesamteinsatzdauer** ( $75,6 \pm 18,3$  min. vs.  $50,5 \pm 6,7$  min.,  $p < 0,01$ ), eine längere **On- scene Zeit** ( $34,1 \pm 22,1$  min. vs.  $20,6 \pm 9,2$  min.,  $p < 0,01$ ) und eine längere **Transportzeit** vom Abflug an der Einsatzstelle bis zur Ankunft an der Zielklinik zu erkennen ( $17,3 \pm 9,4$  vs.  $13,3 \pm 4,8$  min.,  $p < 0,01$ ).

Der Anteil an **Einklemmungstraumen** liegt bei der Gruppe mit einer Prähospitalzeit  $> 60$  min. signifikant (44% vs. 10%,  $p < 0,01$ ) höher.

In der Betrachtung der **Vitaldaten** (GCS,  $RR_{sys}$ ,  $SpO_2$ ) liegt bei der Prähospitalzeit von >60 min. im Vergleich zu ≤60 min. häufiger eine primäre Hypoxämie des Polytraumatisierten vor (33% vs. 19%;  $p>0,05$  – verwertbare Fallzahl ergibt keine Signifikanz). Unabhängig der Prähospitalzeit von ≤60 min. und >60 min. ist zwischen Eintreffen an der Notfallstelle (NFS) bis zur Übergabe für ein initialen  $RR_{sys} < 120$  mmHg und  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg eine signifikante systolische Blutdrucksteigerung zu erkennen (Tabelle 5,  $p<0,01$ ).

Unterschiede bestehen bei den **Infusionslösungen** mit Kristalloide, Kolloide (HAES) und bei Arterenol + HyperHAES (SvR). Die Anteile sind bei >60 min. deutlich erhöht (40% vs. 26%;  $p>0,05$  -verwertbare Fallzahl ergibt keine Signifikanz). Dieser Aspekt ist dennoch sehr wichtig, weil hier ein möglicher **Zusammenhang** zwischen **Einsatzzeit** und **Volumengabe, Blutdruck-, Kreislaufstabilisierung** erhaltene Maßnahmen ersichtlich sein könnte.

Keine wesentliche Unterschiede für die Aufteilung ≤60 min. und >60 min. liegen im **Verletzungsmuster** und bei **invasiven Maßnahmen** vor.

**Tabelle 5: Faktoren, welche die NICHT- Einhaltung der QM- Empfehlung - Prähospitalzeit ≤60 min. - signifikant beeinflussen.** Dargestellt in Mittelwert und Standardabweichung wird zwischen einer Prähospitalzeit von ≤60 min. und >60 min. unterschieden. Weitere Werte sind in absoluten und relativen Häufigkeiten dargestellt. Untersucht werden die Gesamteinsatzdauer, das Einklemmungstrauma, die Vitaldaten, die invasiven Maßnahmen, das Infusionsvolumen, die Verabreichung von Katecholaminen und Small- volume Resuscitation und das Verletzungsmuster. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. ( \*\*  $p<0,01$ ; \* $p<0,05$ ; QM steht für Qualitätsmanagement, min. für Minuten, GCS für Glasgow Coma Scale,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck,  $SpO_2$  für Sauerstoffsättigung, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, NFS für Notfallstelle, ITN für Intubation, RTH für Rettungshubschrauber, TXD für Thoraxdrainage, ml für Milliliter, S für Schädel-Hirn- Trauma, A ± B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, +TXD für mit Thoraxdrainage, -TXD für ohne Thoraxdrainage, SvR für Small- volume Resuscitation)

|                                                                 | Gesamtkollektiv                  | Prähospitalzeit                 |                                 |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                                                 |                                  | ≤60 min.                        | >60 min.                        |
| <b>Prähospitalzeit (min.)</b>                                   |                                  | 64%                             | 36%                             |
| Gesamtdauer                                                     | 60,1 ± 17,5                      | 50,5 ± 6,7                      | 75,6 ± 18,3 **                  |
| □ <b>Anflug</b> (Alarm-Ankunft Notfallstelle)                   | 10,9 ± 6,8                       | 9,3 ± 5,4                       | 13,4 ± 8,1                      |
| □ <b>Ground Zeit</b> (Ankunft Notfallstelle - Beginn Transport) | 8,7 ± 9,3                        | 7,3 ± 6,9                       | 10,9 ± 12,0                     |
| □ <b>On- scene Zeit</b> (eigentliche medizinische Maßnahmen)    | 25,8 ± 16,7                      | 20,6 ± 9,2                      | 34,1 ± 22,1 **                  |
| □ <b>Transport</b> (Abflug – Ankunft Zielklinik)                | 14,8 ± 7,1                       | 13,3 ± 4,8                      | 17,3 ± 9,4 **                   |
| <b>Einklemmungstrauma</b>                                       | 19%                              | 10%                             | 44%**                           |
| <b>Vitaldaten: Eintreffen Notfallstelle</b>                     |                                  |                                 |                                 |
| GCS                                                             | 9,3 ± 4,9                        | 8,5 ± 5,0                       | 9,4 ± 5,1                       |
| GCS <9                                                          | 46%                              | 50%                             | 47%                             |
| RR <sub>sys</sub> (mmHg)                                        | 113,4 ± 32,5                     | 118,0 ± 34,0                    | 115,1 ± 37,6                    |
| RR <sub>sys</sub> <120 mmHg                                     | 57%                              | 51%                             | 55%                             |
| RR <sub>sys</sub> ≤90 mmHg                                      | 28%                              | 25%                             | 29%                             |
| SpO <sub>2</sub> (%)                                            | 92,7 ± 8,4%                      | 93,0 ± 8,6 %                    | 92,3 ± 7,6 %                    |
| SpO <sub>2</sub> <95%                                           | 41%                              | 40%                             | 49%                             |
| SpO <sub>2</sub> <90%                                           | 24%                              | 19%                             | 33%                             |
| <b>Vitaldaten: Eintreffen NFS – Übergabe(in Klammern)</b>       |                                  |                                 |                                 |
| RR <sub>sys</sub> (mmHg)                                        | 113,4 ± 32,5<br>(119,7 ± 21,0)** | 118,0 ± 34,0<br>(119,6 ± 21,3)  | 115,1 ± 37,6<br>(116,5 ± 22,2)  |
| RR <sub>sys</sub> <120 mmHg                                     | 91,0 ± 17,7<br>(113,5 ± 20,1)**  | 90,1 ± 19,5<br>(113,1 ± 19,1)** | 89,0 ± 21,2<br>(108,2 ± 16,7)** |
| RR <sub>sys</sub> ≤90 mmHg                                      | 75,7 ± 11,8<br>(108,1 ± 21,6)**  | 74,4 ± 14,0<br>(112,6 ± 22,8)** | 72,7 ± 16,2<br>(106,2 ± 14,9)** |
| <b>Invasive Maßnahmen</b>                                       |                                  |                                 |                                 |
| ITN (ITN durch RTH- Christoph 22)                               | 88 (71)%                         | 87 (65)%                        | 88 (74)%                        |
| ITN mit TXD/ ohne TXD                                           | 31%/ 57%                         | 28%/ 59%                        | 37%/ 51%                        |
| <b>Infusionsvolumen (ml)</b>                                    |                                  |                                 |                                 |
| Kristalloide                                                    | 858,6 ± 447,8                    | 796,9 ± 357,8                   | 983,3 ± 547,1                   |
| Kolloide                                                        | 949,8 ± 611,1                    | 895,5 ± 478,3                   | 1258,8 ± 1057,4                 |
| ○ HAES                                                          | 893,3 ± 561,0                    | 797,6 ± 420,3                   | 1150,0 ± 1010,6                 |
| ○ HyperHAES                                                     | 255,5 ± 46,4                     | 268,2 ± 78,3                    | 250,0 ± 0,0                     |
| <b>Katecholamine/ SvR</b>                                       |                                  |                                 |                                 |
| Arterenol                                                       | 6%                               | 6%                              | 0%                              |
| Arterenol + HyperHAES                                           | 23%                              | 26%                             | 40%                             |
| HyperHAES                                                       | 23%                              | 13%                             | 12%                             |
| <b>Verletzungsmuster (S: GCS &lt;9; Andere: ≥4)</b>             |                                  |                                 |                                 |
| S /                                                             | 46%                              | 50%                             | 47%                             |
| S / A ± B /                                                     | 18%                              | 19%                             | 19%                             |
| S / / T                                                         | 27%                              | 31%                             | 28%                             |
| S / A ± B / T                                                   | 15%                              | 17%                             | 16%                             |
| / A ± B /                                                       | 42%                              | 36%                             | 40%                             |
| / A ± B / T                                                     | 33%                              | 31%                             | 33%                             |
| / T                                                             | 61%                              | 60%                             | 63%                             |
| / T / + TXD                                                     | 31%                              | 28%                             | 37%                             |
| / T / - TXD                                                     | 30%                              | 32%                             | 26%                             |

### 3.4.2 MIT Einklemmung und OHNE Einklemmung

Da intuitiv eine zusätzliche technische Rettung Auswirkungen auf das Zeitmanagement hat, gehen wir gesondert auf die Einsätze bezüglich den Kriterien MIT und OHNE Einklemmung ein. In Tabelle 6 werden diese mit dem Gesamtkollektiv, unabhängig von dem vorliegenden Kriterium, verglichen. Wie in Tabelle 5 schon angedeutet, ist aus Tabelle 6 eine signifikant längere Prähospitalzeit bei Vorliegen einer Einklemmung ersichtlich ( $73,8 \pm 22,2$  min. vs.  $54,9 \pm 11,9$  min.,  $p < 0,01$ ). Dieser Sachverhalt ist auf die Dauer der Einklemmung bis zur Befreiung des Patienten zurückzuführen ( $17,7 \pm 11,8$  min.).

Nicht eingeklemmte Patienten weisen häufiger ein **schweres SHT (GCS <9)** auf (51% vs. 34%,  $p < 0,05$ ).

Eingeklemmte haben bei Eintreffen häufiger schlechtere **Sauerstoffsättigungswerte** als Nichteingeklemmte (**SpO<sub>2</sub> <95%**: 63% vs. 36%,  $p < 0,01$  // **SpO<sub>2</sub> ≤90%**: 44% vs. 19%,  $p < 0,01$ ).

Die **Intubation** ist bei eingeklemmten Patienten häufiger von dem Traumateam Christoph 22 (84% vs. 68%,  $p < 0,05$ ) durchgeführt worden, als von dem bodengebundenen Rettungsteam, trotz deren Vorbehandlung von dem Patienten.

Es liegt ein signifikant höheres **kolloidales Infusionsvolumen** bei eingeklemmten Patienten gegenüber nicht eingeklemmten Patienten vor (**Gesamt**:  $1147 \pm 596,1$  ml vs.  $885,5 \pm 605,5$  ml,  $p < 0,05$  // **HAES**:  $991,9 \pm 552,7$  ml vs.  $786,5 \pm 558,0$  ml,  $p < 0,05$ ).

Die **Vitalwerte** eines initialen  $RR_{\text{sys}} < 120$  mmHg und  $RR_{\text{sys}} \leq 90$  mmHg konnten in beiden Gruppen von Eintreffen an der Notfallstelle bis zur Übergabe in Richtung  $RR_{\text{sys}} 120$  mmHg signifikant erhöht werden (Tabelle 6).

Keinen Unterschied gibt es für die Gabe von Arterenol + HyperHAES im Vergleich zu Tabelle 5.

**Tabelle 6: Erweiterte Analyse hinsichtlich des Filterkriteriums - Zeitmanagement (Prähospitalzeit ≤60 min.) bei Patienten mit Einklemmungstrauma.** Dargestellt in Mittelwert und Standardabweichung wird die Prähospitalzeit, unterschieden zwischen Patienten mit und ohne Einklemmungstrauma. Weitere Werte sind in absoluten und relativen Häufigkeiten dargestellt. Untersucht werden die Gesamteinsatzdauer, die Vitaldaten, invasive Maßnahmen, das Infusionsvolumen und die Verabreichung von Katecholamine und Small- volume Resuscitation. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. ( \*\* p<0,01; \*p<0,05; min. steht für Minuten, GCS für Glasgow Coma Scale, RR<sub>sys</sub> für systolischen Blutdruck, SpO<sub>2</sub> für Sauerstoffsättigung, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, NFS für Notfallstelle, ITN für Intubation, RTH für Rettungshubschrauber, TXD für Thoraxdrainage, ml für Milliliter, TXD für Thoraxdrainage, SvR für Small- volume Resuscitation)

|                                                                                                         | Gesamtkollektiv                  | Mit Einklemmung                 | Ohne Einklemmung                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Prähospitalzeit (min.)</b>                                                                           | 60,1 ± 17,5                      | 73,8 ± 22,2 **                  | 54,9 ± 11,9                      |
| □ <b>Anflug</b> (Alarm- Ankunft Notfallstelle)                                                          | 10,9 ± 6,8                       | 10,6 ± 4,1                      | 11,0 ± 7,7                       |
| □ <b>Ground Zeit</b> (Ankunft Notfallstelle - Beginn Maßnahmen sowie Ende Maßnahmen – Beginn Transport) | 8,7 ± 9,3                        | 7,6 ± 9,8                       | 9,1 ± 9,2                        |
| □ <b>On- scene Zeit</b> (eigentliche medizinische Maßnahmen)                                            | 25,8 ± 16,7                      | 41,3 ± 21,5 **                  | 19,8 ± 9,1                       |
| o ITN                                                                                                   | 27,4 ± 14,2                      | 40,1 ± 12,8 **                  | 24,0 ± 12,5                      |
| o ITN + TXD                                                                                             | 31,8 ± 11,8                      | 37,1 ± 15,9                     | 29,9 ± 9,4                       |
| □ <b>Dauer Einklemmung</b>                                                                              | □                                | 17,7 ± 11,8                     | □                                |
| o ITN                                                                                                   | □                                | 20,4 ± 12,8                     | □                                |
| o ITN + TXD                                                                                             | □                                | 14,7 ± 12,5                     | □                                |
| □ <b>Transport</b> (Abflug - Ankunft Zielklinik)                                                        | 14,8 ± 7,1                       | 14,4 ± 5,7                      | 15,0 ± 7,7                       |
| <b>Vitalwerte bei Eintreffen:</b>                                                                       |                                  |                                 |                                  |
| GCS                                                                                                     | 9,3 ± 4,9                        | 10,7 ± 4,3                      | 8,9 ± 4,9                        |
| GCS <9                                                                                                  | 46%                              | 34%                             | 51%*                             |
| RR <sub>sys</sub> (mmHg)                                                                                | 113,4 ± 32,5                     | 113,3 ± 39,6                    | 113,4 ± 30,6                     |
| RR <sub>sys</sub> <120 mmHg                                                                             | 57%                              | 66%                             | 55%                              |
| RR <sub>sys</sub> ≤90 mmHg                                                                              | 28%                              | 32%                             | 27%                              |
| SpO <sub>2</sub>                                                                                        | 92,7 ± 8,4%                      | 89,6 ± 9,0%                     | 93,5 ± 8,1%                      |
| SpO <sub>2</sub> <95%                                                                                   | 41%                              | 63%**                           | 36%                              |
| SpO <sub>2</sub> <90%                                                                                   | 24%                              | 44%**                           | 19%                              |
| <b>Vitalwerte: Eintreffen NFS-Übergabe (in Klammer)</b>                                                 |                                  |                                 |                                  |
| RR <sub>sys</sub> (mmHg)                                                                                | 113,4 ± 32,5<br>(119,7 ± 21,0)** | 113,3 ± 39,6<br>(118,4 ± 24,7)  | 113,4 ± 30,6<br>(120,0 ± 20,0)** |
| RR <sub>sys</sub> <120 mmHg                                                                             | 91,0 ± 17,7<br>(113,5 ± 20,1)**  | 89,8 ± 18,4<br>(112,0 ± 24,3)** | 91,4 ± 17,6<br>(114,0 ± 18,8)**  |
| RR <sub>sys</sub> ≤90 mmHg                                                                              | 75,7 ± 11,8<br>(108,1 ± 21,6)**  | 73,7 ± 12,2<br>(106,9 ± 24,9)** | 76,3 ± 11,7<br>(108,5 ± 20,8)**  |
| <b>Invasive Maßnahmen</b>                                                                               |                                  |                                 |                                  |
| ITN (ITN durch RTH- Christoph 22)                                                                       | 88 (71)%                         | 90 (84)*%                       | 87 (68)%                         |
| ITN mit TXD/ ohne TXD                                                                                   | 31%/ 57%                         | 38%/ 52%                        | 29%/ 58%                         |
| <b>Infusionsvolumen (ml)</b>                                                                            |                                  |                                 |                                  |
| Kristalloide                                                                                            | 858,6 ± 447,8                    | 996,4 ± 576,4                   | 816,8 ± 395,0                    |
| Kolloide                                                                                                | 949,8 ± 611,1                    | 1147,4 ± 596,1*                 | 885,5 ± 605,5                    |
| - HAES                                                                                                  | 893,3 ± 561,0                    | 991,9 ± 552,7*                  | 786,5 ± 558,0                    |
| - HyperHAES                                                                                             | 255,5 ± 46,4                     | 247,1 ± 12,2                    | 258,5 ± 53,5                     |
| <b>Katecholamine/ SvR</b>                                                                               |                                  |                                 |                                  |
| Arterenol                                                                                               | 6%                               | 7%                              | 5%                               |
| Arterenol + HyperHAES                                                                                   | 23%                              | 24%                             | 23%                              |
| HyperHAES                                                                                               | 23%                              | 29%                             | 22%                              |

### 3.5 Kreislaufmanagement des Gesamtkollektivs

*Beim Kreislaufmanagement, im Speziellen ist der  $RR_{sys}$  gemeint, ist vor allem auf eine Unterscheidung von den verschiedenen Verletzungsmustern zu achten. Z.B. sollte bei Polytraumatisierten mit SHT (GCS <9) ein systolischer Blutdruck von 120 mmHg erreicht werden. Dagegen sollten Polytraumatisierte ohne SHT aber mit Verdacht auf schwere Abdominal- Becken- oder Thoraxverletzungen, die mit einer unstillbaren/ starken Blutung einhergehen, bei der Übergabe mindestens eine permissive Hypotension ( $RR_{sys} >90$  mmHg) aufweisen.*

Im Nachfolgenden wird zunächst eine Einteilung in unterschiedliche Verletzungsmuster mit *drei Zeitpunkten* und einer **zeitlichen Verlaufsanalyse** vorgenommen. Daran schließt sich eine genauere Betrachtung der einzelnen Verletzungen an. Ferner stehen auch hier **zeitliche Verlaufsanalysen** im Vordergrund.

#### 3.5.1 Kreislaufsituation in Abhängigkeit des Verletzungsmusters

Gegenstand der Einteilung von den verschiedenen Verletzungsmustern der Polytraumatisierten ist Tabelle 7a. Enthalten ist das Gesamtkollektiv mit den einzelnen Verletzungen und deren Kombinationen. Zu beachten ist, dass diese in Abhängigkeit von drei Zeitpunkten, *Erstbefund, 10 min. nach On- scene Beginn, Klinik*, diskutiert werden. Hinsichtlich eines **erweiterten Qualitätsmanagements** ist ein besonderes Augenmerk auf den Verlauf von Beginn bis zu dem Zeitpunkt 10 min. nach On- scene Beginn zu legen.

Betrachtet man zunächst das **Gesamtkollektiv** der Patienten. So kann der Anteil von Patienten mit einem initialen  $RR_{sys} <120$  mmHg innerhalb den ersten 10 min. der On- scene Phase signifikant reduziert (57% auf 47%,  $p < 0,01$ ) werden. Ebenso wird der Anteil mit einem  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg signifikant gesenkt (28% auf 12%,  $p < 0,01$ ).

In einer differenzierten Betrachtung von Polytraumatisierten **mit schwerem SHT (GCS <9)** ist der Anteil mit einem  $RR_{sys} > 120$  mmHg in den ersten 10 min. der On-scene Phase nicht signifikant erhöht worden. Dennoch konnte die Anzahl mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg signifikant reduziert (41% auf 20%,  $p < 0,01$ ) werden. Diese Patienten haben eine permissive Hypotension erreicht.

In den Patientenuntergruppen mit schwerem SHT (GCS <9) und zusätzlichem schwerem Thorax-, Abdominal-, Becken- Trauma konnte innerhalb der ersten 10 min. keine signifikante Steigerung an Patienten mit einem  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg erreicht werden.

Innerhalb der Patientengruppe mit einem schwerem SHT (GCS <9) und schwerem Thoraxtrauma konnte in den ersten 10 min. der On- scene Phase die Häufigkeit des initialen systolischen Blutdrucks im Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) signifikant (47% auf 24%,  $p < 0,01$ ) reduziert werden und bis zur permissiven Hypotension angehoben werden.

Betrachtet man in Tabelle 7a Polytraumatisierte **ohne** ein **schweres SHT**, dann konnte in allen Untergruppen mit einem *schwerem Abdominal-, Becken-, Thoraxtrauma* in den ersten 10 min. der On- scene Phase die Häufigkeit des initialen systolischen Blutdrucks im Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) signifikant reduziert werden (**A±B**: 30% auf 8%,  $p < 0,01$  // **A±B + T**: 33% auf 11%,  $p < 0,05$  // **T**: 24% auf 10%,  $p < 0,05$ ). Diese werden erfolgreich in die permissive Hypotension angehoben.

Bei Polytraumatisierten mit einem schweren Thoraxtrauma und einer **Thoraxdrainage**, unabhängig von zusätzlichen Verletzungen, konnte die Anzahl der Patienten in den ersten 10 min., die eine permissive Hypotension erreichen und sich somit nicht mehr im Kreislaufschock befinden, signifikant (46% auf 22%,  $p < 0,01$ ) angehoben werden.

Bei Polytraumatisierten mit einem **Einklemmungstrauma** wird die Anzahl der Patienten innerhalb der ersten 10 min. mit einem systolischen Blutdruck von  $< 120$  mmHg bzw. initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg signifikant reduziert (65% auf 48%,  $p < 0,05$  // bzw. 31% auf 13%,  $p < 0,05$ ). Betrachtet man bei eingeklemmten Patienten nur den Zeitraum der technischen Rettung so konnte von Beginn der

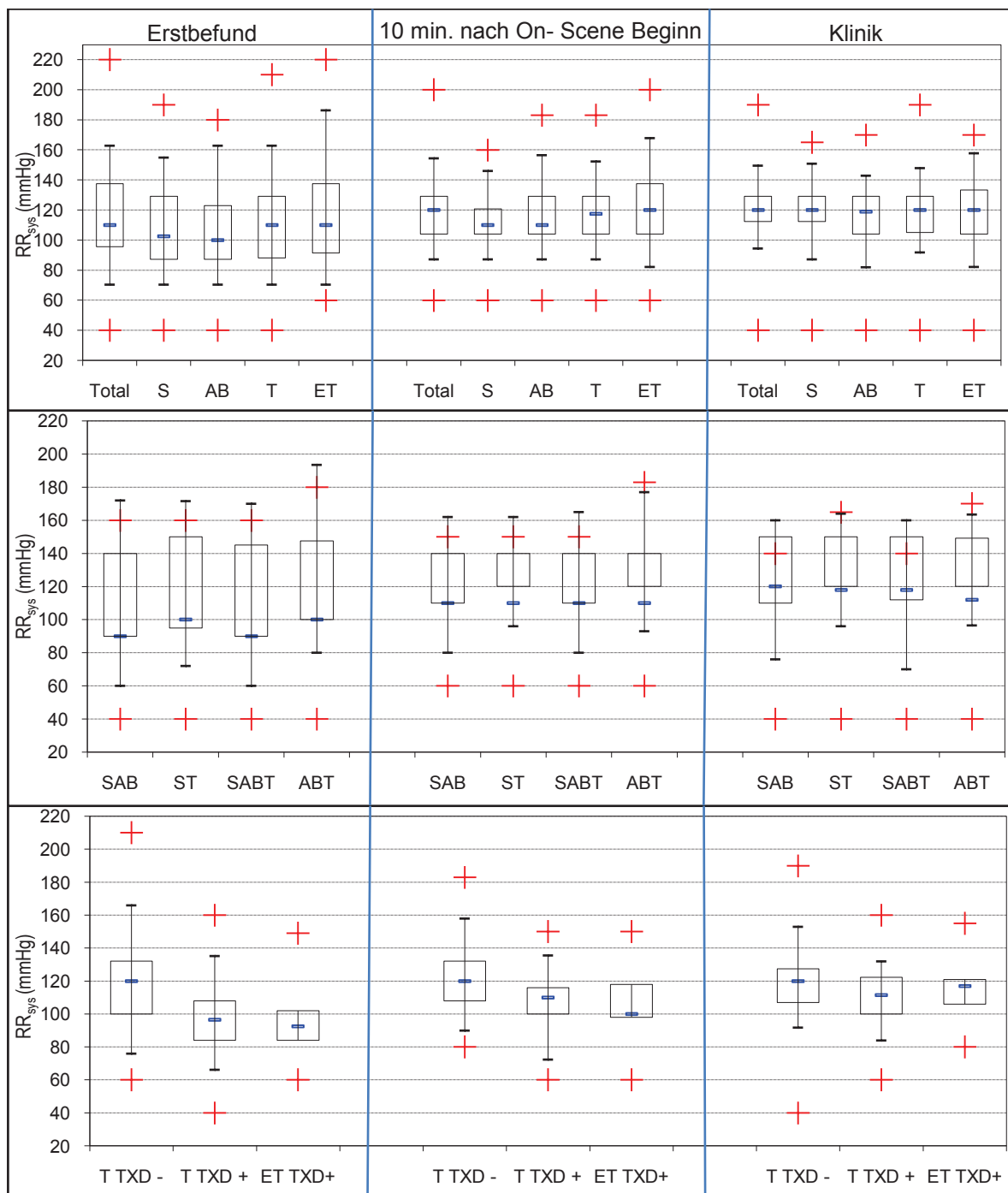
technischen Rettung bis zur Befreiung des Patienten die Anzahl der Patienten mit einem  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg signifikant reduziert werden (33% auf 13%,  $p < 0,05$ ).

In Tabelle 7b sind die Patientengruppen von Tabelle 7a im Box- Whisker Plot zu den drei Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. nach On- scene Beginn und Klinik in absoluten Blutdruckwerten dargestellt.

**Tabelle 7a: Gesamtübersicht des systolischen Blutdrucks.** Angegeben in relativen Häufigkeiten für das Vorhandensein eines systolischen Blutdrucks <120 mmHg und ≤90 mmHg werden die Zeitpunkte Erstbefund, 10 min. nach On- scene Beginn und Klinik verglichen. Hierbei werden verschiedene Verletzungsmuster unterschieden. Betrachtet werden Polytraumen mit schwerem Schädel-Hirn- Trauma (GCS <9) (S), mit schwerem Thoraxtrauma (T) mit und ohne Thoraxdrainage, mit schwerem Abdominal-/ Becken- Trauma (A±B) und Einklemmungstrauma (ET) mit technischer Rettung. Signifikanzwerte (p<0,05, p<0,01) von **10 min.** und **Klinik** beziehen sich immer auf den Zeitpunkt Erstbefund. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 235 Patienten identifiziert werden. ( \*\*p<0,01; \*p<0,05; S steht für Schädel-Hirn- Trauma, A ± B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, ET für Einklemmungstrauma, TXD- für ohne Thoraxdrainage, TXD+ für mit Thoraxdrainage, min. für Minuten, n für Fallzahl, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, Tech. für Technische, GCS für Glasgow Coma Scale)

|                 |         |   |    |       |               | Zeitpunkte |                      |                |     |
|-----------------|---------|---|----|-------|---------------|------------|----------------------|----------------|-----|
| S               | A ± B   | T | ET | TXD   | mmHg          | Erstbefund | 10 min.              | Klinik         | n   |
| Gesamtkollektiv |         |   |    |       | < 120<br>≤ 90 | 57%<br>28% | 47%**<br>12%**       | 43%**<br>10%** | 235 |
| S               |         |   |    |       | < 120<br>≤ 90 | 65%<br>41% | 57%<br>20%**         | 45%**<br>13%** | 96  |
| S               | A ± B   |   |    |       | < 120<br>≤ 90 | 76%<br>51% | 66%<br>34%           | 49%*<br>26%**  | 35  |
| S               |         | T |    |       | < 120<br>≤ 90 | 65%<br>47% | 55%<br>24%**         | 38%**<br>13%** | 55  |
| S               | A ± B   | T |    |       | < 120<br>≤ 90 | 72%<br>52% | 66%<br>34%           | 38%*<br>10%*   | 29  |
|                 | A ± B   |   |    |       | < 120<br>≤ 90 | 57%<br>30% | 48%<br>8%**          | 56%<br>8%**    | 61  |
|                 | A ± B   | T |    |       | < 120<br>≤ 90 | 58%<br>33% | 53%<br>11%*          | 51%<br>9%*     | 45  |
|                 |         | T |    |       | < 120<br>≤ 90 | 57%<br>24% | 48%<br>10%*          | 51%<br>9%*     | 90  |
| (S)             | (A ± B) | T |    | TXD - | < 120<br>≤ 90 | 46%<br>19% | 35%<br>8%            | 51%<br>11%     | 72  |
| (S)             | (A ± B) | T |    | TXD + | < 120<br>≤ 90 | 74%<br>46% | 68%<br>22%**         | 42%**<br>7%**  | 69  |
|                 |         |   | ET |       | < 120<br>≤ 90 | 65%<br>31% | 48%*<br>13%*         | 46%<br>8%*     | 48  |
|                 |         |   | ET | TXD + | < 120<br>≤ 90 | 84%<br>53% | 74%<br>26%           | 42%*<br>11%*   | 19  |
|                 |         |   | ET |       | < 120<br>≤ 90 | Start      | Tech. Rettung   Ende |                | 39  |
|                 |         |   |    |       |               | 51%<br>33% | 38%<br>13%*          |                |     |

**Tabelle 7b: Gesamtübersicht des systolischen Blutdrucks.** Angegeben im Box- Whisker Plot sind systolische Blutdruckwerte zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. nach On-Scene Beginn und Klinik bei verschiedenen Verletzungsmusterkombinationen. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 235 Patienten identifiziert werden. (S steht für Schädel-Hirn- Trauma, T für Thoraxtrauma, AB für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, ET für Einklemmungstrauma, min. für Minuten, SAB für Schädel-Hirn- Trauma und Abdominal- und/oder Becken- Trauma, ST für Schädel-Hirn- Trauma und Thoraxtrauma, SABT für Schädel-Hirn- Trauma und Abdominal- und/oder Becken- Trauma und Thoraxtrauma, ABT für Abdominal- und/oder Becken- Trauma und Thoraxtrauma, T TXD- für Thoraxtrauma ohne Thoraxdrainage, T TXD+ für Thoraxtrauma mit Thoraxdrainage, ET TXD- für Einklemmungstrauma ohne Thoraxdrainage, ET TXD+ für Einklemmungstrauma mit Thoraxdrainage; mmHg für Millimeter Quecksilbersäule,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck)



### 3.5.2 Zeitliche Verlaufsanalyse

*Gehen wir auf eine **Verlaufsanalyse** von dem Gesamtkollektiv ein. Dabei wird das **systolische Blutdruckverhalten** in Abhängigkeit von **mehreren Zeitpunkten** beschrieben. Enthalten ist der Zeitpunkt des Erstbefundes, ein anschließender Zeitraum von 30 min. und der Übergabe. Die Polytraumatisierten werden hierfür in **drei relevante Blutdruckgruppen** eingeteilt (Abbildung 5).*

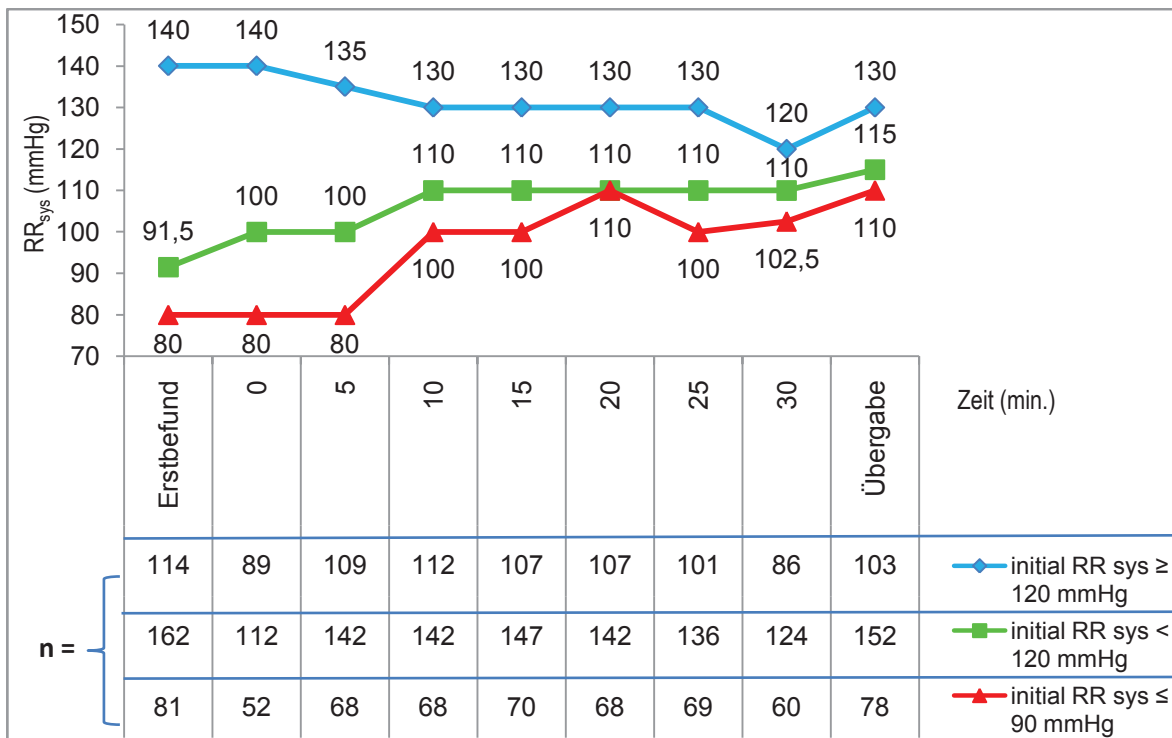
Patienten mit einem **initialen  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg** haben im Median einen initialen  $RR_{sys}$  von 140 mmHg. In einem Beobachtungszeitraum von 30 min. der präklinischen Versorgungsphase nimmt der  $RR_{sys}$  auf 120 mmHg ab. Bei der Übergabe liegt im Median ein  $RR_{sys}$  von 130 mmHg wieder vor. Die Blutdruckwerte nehmen im Zeitbereich Erstbefund bis einschließlich 10 min. von 140 mmHg bis 130 mmHg kontinuierlich ab.

Patienten mit einem initialen  **$RR_{sys} < 120$  mmHg** weisen vom Zeitpunkt Erstbefund bis einschließlich 10 min. der On- scene Phase einen  $RR_{sys}$ -Verlauf von 91,5 mmHg auf 110 mmHg im Median auf. Dabei ist dieser mehr treppenförmig. Bis zur Übergabe zeigt sich keine weitere signifikante Zunahme des  $RR_{sys}$ .

Die dritte Gruppe mit einem initialen  **$RR_{sys}$  von  $\leq 90$  mmHg**, eine Untergruppe von initialem  $RR_{sys} < 120$  mmHg, zeigt erst beim Zeitpunkt 10 min. eine signifikante Zunahme des  $RR_{sys}$  von 80 mmHg auf 100 mmHg. Diese kann als sprunghaft beschrieben werden, da die vorangehenden  $RR$ - Werte gleich sind. Bis zur Übergabe konnte eine weitere Anhebung auf 110 mmHg im Median vollzogen werden.

**Fazit:** Allen drei Gruppen ist gemeinsam, dass sich der  $RR_{sys}$  vom Erstbefund bis einschließlich **10 min. nach On- scene Beginn** am stärksten zeitlich verändert. Hier wird ein **dynamisches Verhalten** des systolischen Blutdrucks besonders deutlich. Nach diesen 10 min. stellt sich eine Art Sättigungsverhalten für den  $RR_{sys}$  ein. Wobei dieser ungefähr dem Übergabewert entspricht. Insgesamt kann der zeitliche Verlauf als ein Einschwingvorgang bis einschließlich 10 min. mit einer sich anschließenden Sättigung interpretiert werden.

**Merkmal eines sehr guten QM:** Je schneller das Einschwingen in eine Sättigung mit einem gewünschten systolischen  $RR_{sys}$ -Wert übergeht, desto optimaler wurde die präklinische Versorgung durch das Traumateam Christoph 22 durchgeführt.



**Abbildung 5: Verlaufsanalyse des systolischen Blutdrucks aller Polytraumatisierten** von Erstbefund bis Übergabe als Liniendiagramm dargestellt. Verlaufsanalyse in 5 min. Intervalle bis maximal 30 min.. Angegeben im Median wird der Verlauf von drei Patientengruppen untersucht. Die blaue Linie zeigt den Verlauf mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\geq 120$  mmHg. Die grüne Linie zeigt den Verlauf mit einem initialen systolischen Blutdruck  $< 120$  mmHg und die rote Linie zeigt den Verlauf mit einem initialen systolischen Blutdruck  $\leq 90$  mmHg. Die Anzahl der Patienten ist unterschiedlich, da nicht alle Dokumentationen kontinuierliche Werte aufweisen und jeder Patient unterschiedliche Einsatzzeiten aufweist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (*min.* steht für Minuten,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, *n* für Fallzahl, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule)

### 3.5.3 Weitere wichtige Ergebnisse aus dem Zeitverlauf

Leider ist mit dem zeitlichen Verlauf in Abbildung 5 nicht die ganze Information enthalten. Deswegen ist noch ein weiteres Diagramm mit Abbildung 6 hinzuzufügen. Aus diesem bekommt man weitere wichtige Ergebnisse, die für die Beurteilung eines QM sehr nützlich sind. Dabei wird von jeder Patientengruppe

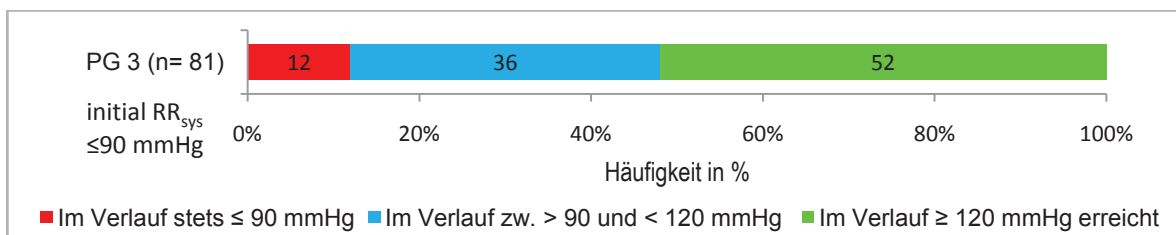
(PG1 - 3) das Kriterium eines  $RR_{sys}$  von  $<120$  mmHg und  $\geq 120$  mmHg untersucht. Im Vergleich zu Abbildung 5 werden hier Ausreißer deutlich, die mit den statistischen Methoden von Abbildung 5 nicht erkennbar sind.

In der PG 1 mit einem initialen  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg ( $n=114$ ) haben von Erstbefund bis Übergabe ( $n=60$  (53%)) immer einen  $RR \geq 120$  mmHg. Dagegen sinkt der systolische Blutdruck bei fast der Hälfte ( $n=54$  (47%)) in der On- scene Phase mindestens einmal unter  $RR_{sys} < 120$  mmHg (Enthalten sind auch Patienten, die bis zur Übergabe nicht den Zielwert von  $RR_{sys} > 120$  mmHg erreicht haben).

Von diesen Patienten ( $n=54$  (47%)), erreichen wiederum  $n=27$  (51%) bis zur Übergabe einen  $RR_{sys}$  von mindestens 120 mmHg. Somit fallen  $n=27$  Patienten unter den Zielblutdruck von  $RR_{sys} > 120$  mmHg.

In der PG 2, initial  $RR_{sys} < 120$  mmHg ( $n=162$ ), erreichen  $n=53$  (33%) während der On- scene Phase ein Blutdruck von mindestens 120 mmHg. 109 (67%) Patienten bleiben permanent unterhalb der Normotension.

In der PG 3 mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg ( $n=81$ ) bleiben nur 10 (12%) Patienten permanent im Kreislaufschock. 29 (36%) Patienten erreichen eine permissive Hypotonie. 42 (52%) Patienten erreichen im Verlauf einen  $RR_{sys}$  von mindestens 120 mmHg.



**Abbildung 6: Erweiterte Verlaufsdarstellung des systolischen Blutdrucks während der On- scene Phase von Patienten (PG 3) mit einem initialen Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) in einem Balkendiagramm.** Angegeben in relativen Häufigkeiten werden drei Verlaufsgruppen dargestellt. Der rote Balken zeigt Patienten, welche im Gesamten präklinischen Verlauf im Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) bleiben. Der blaue Balken zeigt Patienten welche die permissive Hypotension ( $RR_{sys} > 90$  und  $< 120$  mmHg) erreichen und die grüne Farbe zeigt Patienten, die eine Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) erreichen. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 81 Patienten identifiziert werden. (PG steht für Patientengruppe,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, zw. für zwischen)

### 3.6 Kreislaufmanagement bei schwerem SHT (GCS <9)

*Auch hier gehen wir auf Zeitverläufe ein. Um weitere wichtige Informationen zu erhalten, werden unterschiedliche Abbildungen mit bestimmten Fragestellungen herangezogen.*

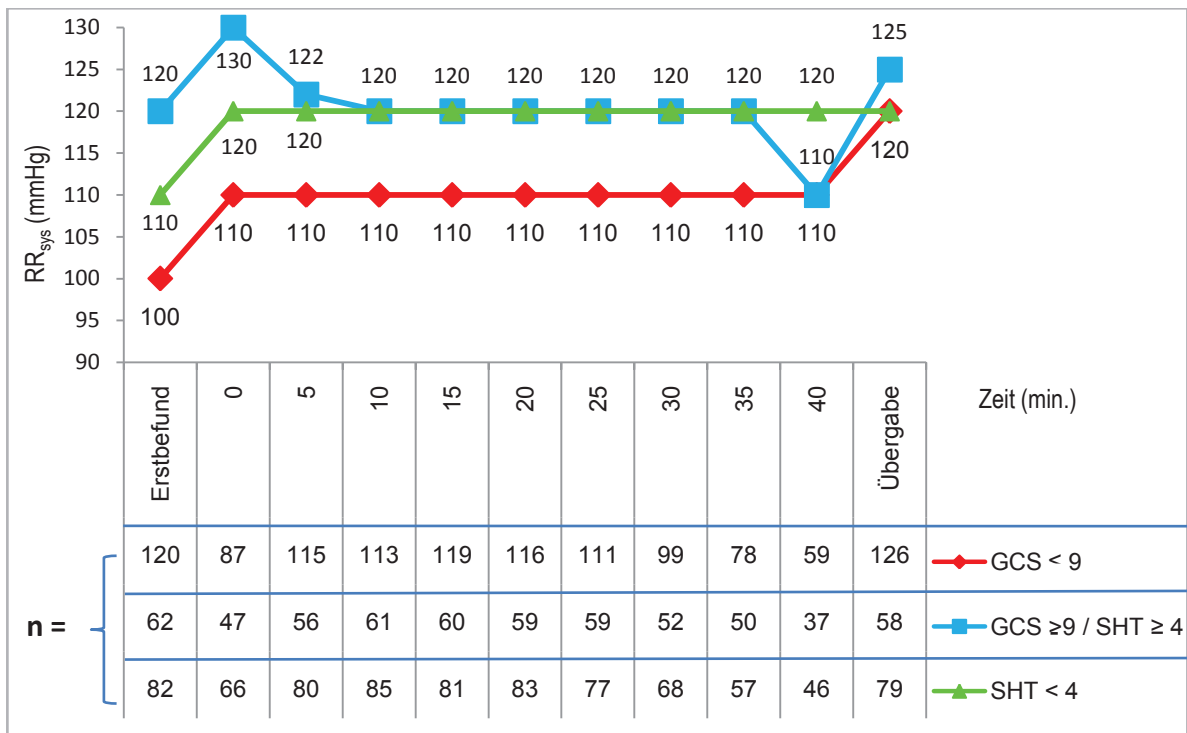
*Es ist noch anzufügen, dass für ein schweres SHT (GCS <9) folgendes Axiom gilt: So schnell wie möglich ein Zielblutdruck von 120 mmHg anzustreben.*

#### 3.6.1 Zeitverlauf

Bei Patienten mit einem SHT kommt der Einteilung nach dem GCS und der subjektiven Einschätzung des Notarztes - SHT, eine besondere Bedeutung zu. Entsprechend sind in Abbildung 7 der Zeitverlauf des  $RR_{sys}$  von drei Gruppen, initial GCS <9, initial GCS >9/ SHT  $\geq 4$ , initial SHT <4, mit Hilfe vom Median aufgetragen.

Deutlich zu erkennen ist, dass bei einem **initialen GCS <9** ab der On- scene Phase (0 min.) nach dem Anstieg vom Erstbefund im weiteren Verlauf der  $RR_{sys}$  konstant bleibt (meint in Sättigung ist). Der  $RR_{sys}$  beträgt immer 110 mmHg.

Patienten ohne ein SHT (**initial SHT <4**) weisen einen ähnlichen Verlauf wie die Gruppe mit einem GCS <9 auf. Im Gegensatz dazu beträgt der  $RR_{sys}$  120 mmHg. Die Gruppe **GCS >9/ SHT  $\geq 4$**  haben bis einschließlich 10 min. das am dynamischste Verhalten. Dabei steigt der  $RR_{sys}$  und fällt wieder, so dass die Sättigung sich ebenfalls bei einem  $RR_{sys}$  von 120 mmHg einpendelt.



**Abbildung 7: Verlaufsanalyse des systolischen Blutdrucks bei Polytraumatisierten mit und ohne relevantem SHT** von Erstbefund bis Übergabe als Liniendiagramm dargestellt. Verlaufsanalyse in 5 min. Intervalle bis maximal 40 min.. Angegeben im Median wird der Verlauf von drei Patientengruppen untersucht. Die blaue Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf mit einem GCS  $\geq 9$ / SHT  $\geq 4$ . Die grüne Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf mit einem SHT < 4 und die rote Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf mit einem GCS < 9. Die Anzahl der Patienten ist unterschiedlich, da nicht alle Dokumentationen kontinuierliche Werte aufweisen und jeder Patient unterschiedliche Einsatzzeiten aufweist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (*min.* steht für Minuten,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, GCS für Glasgow Coma Scale, SHT für Schädel-Hirn- Trauma, *n* für Fallzahl)

In Anlehnung an Abbildung 7 und Tabelle 7a weisen Polytraumatisierte ohne ein schweres SHT, gemeint sind Patienten mit einem GCS  $\geq 9$ / SHT  $\geq 4$  und Patienten mit einem SHT < 4 nach notärztlicher Einschätzung ( $n=162$ ), signifikant weniger initial **einen Kreislaufchock** auf als Patienten mit einem schweren SHT (GCS < 9/  $n=136$ ) (21% vs. 41%,  $p<0,01$ ). Von Polytraumatisierten mit einem schweren SHT (GCS < 9/  $n=136$ ) haben initial 88 (65%) Patienten einen  $RR_{sys} < 120$  mmHg. In dieser Patientengruppe sind auch Patienten, die sich initial im Kreislaufchock inbegriffen.

### 3.6.2 Analyse zum Zeitpunkt der Übergabe

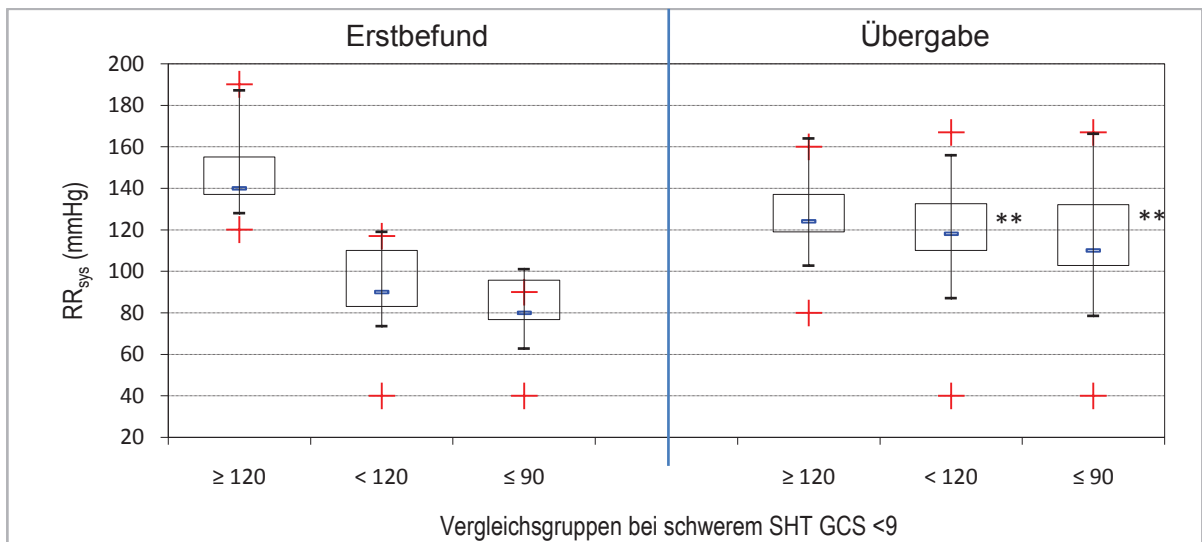
Untersucht wird in diesem Abschnitt das SHT (GCS <9) zum Zeitpunkt der Übergabe im Schockraum. Aus den Zielvorgaben beim schweren SHT werden hinsichtlich des Zielblutdrucks zwei Untergruppen gebildet. Aus Tabelle 8 ist zu erkennen, dass in der Gruppe, welche die Zielvorgabe ( $RR_{sys} \leq 120$  mmHg) nicht erfüllen eine signifikant längere On- scene Zeit aufweisen ( $26,25 \pm 10,4$  min. vs.  $17,7 \pm 12,1$  min.;  $p < 0,01$ ). In Bezug auf die Kreislautsituation befinden sich Patienten mit einem  $RR_{sys} < 120$  mmHg bei Übergabe, doppelt so viele einen initialen Kreislaufschock (60% vs. 30%;  $p < 0,05$ ). Des Weiteren haben Patienten in dieser Gruppe ebenfalls fast doppelt so häufig eine initiale Hypoxie (36% vs. 19%;  $p < 0,05$ ). Beim Kreislauf- und Volumenmanagement finden sich signifikant mehr verabreichte kolloidale Volumenmengen ( $752,8 \pm 358,7$  vs.  $1241,1 \pm 804,9$ ;  $p < 0,05$ ) und Katecholamine und HyperHAES (42% vs. 26%;  $p < 0,05$ ). Als weiteres Ergebnis zeigt sich in der Patientengruppe mit einem  $RR_{sys} < 120$  mmHg bei Übergabe im Verletzungsmuster eine signifikant höhere Verletzungskombination aus schwerem SHT (GCS <9) in Kombination mit einem schweren Thoraxtrauma. Dies wird auch bei der Durchführung von invasiven Maßnahmen wie die Anlage einer Thoraxdrainage deutlich. In der Gruppe, welche die Zielvorgabe nicht erreichen, ist doppelt so häufig eine Thoraxdrainage nötig (44% vs. 22%;  $p < 0,05$ ).

**Tabelle 8: Erweiterte Analyse hinsichtlich der Zielvorgabe:  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg bei schwerem SHT (GCS <9).**

Dargestellt in Mittelwert und Standardabweichung wird der systolische Blutdruck zum Zeitpunkt der Übergabe von Patienten mit  $\geq 120$  mmHg und  $< 120$  mmHg unterschieden. Weitere Werte sind in absoluten und relativen Häufigkeiten dargestellt. Untersucht werden die Gesamteinsatzdauer, das Einklemmungstrauma, die Vitaldaten, invasive Maßnahmen, das Infusionsvolumen, die Verabreichung von Katecholamine und Small- volume Resuscitation und das Verletzungsmuster. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Für diese Auswertung konnten 298 Patienten identifiziert werden, darunter 136 Patienten mit einem schweren Schädel-Hirn-Trauma. ( \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; SHT steht für Schädel-Hirn- Trauma,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, GCS für Glasgow Coma Scale, min. für Minuten, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule,  $SpO_2$  für Sauerstoffsättigung, NFS für Notfallstelle, ITN für Intubation, RTH für Rettungshubschrauber, TXD für Thoraxdrainage, S für Schädel-Hirn- Trauma, A  $\pm$  B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, +TXD für mit Thoraxdrainage, -TXD für ohne Thoraxdrainage, ml für Milliliter, SvR für Small- volume Resuscitation)

|                                                                                                       | Gesamtkollektiv                  | SHT: GCS <9                             |                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                                       |                                  | RR <sub>sys</sub> ≥120 mmHg<br>Übergabe | RR <sub>sys</sub> <120 mmHg<br>Übergabe |
| <b>Prähospitalzeit (min.)</b>                                                                         |                                  | 55%                                     | 45%                                     |
| Gesamtdauer                                                                                           | 60,1 ± 17,5                      | 52,9 ± 11,1                             | 57,8 ± 11,4                             |
| □ <b>Anflug</b> (Alarm-Ankunft Notfallstelle)                                                         | 10,9 ± 6,8                       | 10,8 ± 6,6                              | 11,0 ± 7,4                              |
| □ <b>Ground Zeit</b> (Ankunft Notfallstelle – Beginn Maßnahmen sowie Ende Maßnahmen Beginn Transport) | 8,7 ± 9,3                        | 10,7 ± 9,8                              | 6,75 ± 6,2                              |
| □ <b>On- scene Zeit</b> (eigentliche medizinische Maßnahmen)                                          | 25,8 ± 16,7                      | 17,7 ± 12,1                             | 26,25 ± 10,4 **                         |
| □ <b>Transport</b> (Abflug – Ankunft Zielklinik)                                                      | 14,8 ± 7,1                       | 13,6 ± 6,7                              | 13,8 ± 3,9                              |
| <b>Einklemmungstrauma</b>                                                                             | 19%                              | 13%                                     | 16%                                     |
| <b>Vitaldaten: Eintreffen Notfallstelle</b>                                                           |                                  |                                         |                                         |
| GCS                                                                                                   | 9,3 ± 4,9                        | 4,6 ± 2,1                               | 4,6 ± 2,1                               |
| GCS <9                                                                                                | 46%                              | □                                       | □                                       |
| RR <sub>sys</sub> (mmHg)                                                                              | 113,4 ± 32,5                     | 110,2 ± 31,8                            | 95,5 ± 29,3*                            |
| RR <sub>sys</sub> <120 mmHg                                                                           | 57%                              | 61%                                     | 77%                                     |
| RR <sub>sys</sub> ≤90 mmHg                                                                            | 28%                              | 30%                                     | 60%*                                    |
| SpO <sub>2</sub> (%)                                                                                  | 92,7 ± 8,4%                      | 93,2 ± 9,4%                             | 89,9 ± 9,7%                             |
| SpO <sub>2</sub> <95%                                                                                 | 41%                              | 42%                                     | 55%                                     |
| SpO <sub>2</sub> ≤90%                                                                                 | 24%                              | 19%                                     | 36%*                                    |
| <b>Vitaldaten: Eintreffen NFS-Übergabe (in Klammern)</b>                                              |                                  |                                         |                                         |
| RR <sub>sys</sub> (mmHg)                                                                              | 113,4 ± 32,5<br>(119,7 ± 21,0)** | 110,2 ± 31,8<br>(131,8 ± 12,7)**        | 95,5 ± 29,3<br>(99,3 ± 15,0)            |
| RR <sub>sys</sub> <120 mmHg                                                                           | 91,0 ± 17,7<br>(113,5 ± 20,1)**  | 89,5 ± 18,4<br>(130,6 ± 12,7)**         | 82,8 ± 18,4<br>(97,8 ± 16,6)**          |
| RR <sub>sys</sub> ≤90 mmHg                                                                            | 75,7 ± 11,8<br>(108,1 ± 21,6)**  | 73,3 ± 11,6<br>(131,8 ± 15,6)**         | 75,5 ± 13,9<br>(94,3 ± 16,9)**          |
| <b>Invasive Maßnahmen</b>                                                                             |                                  |                                         |                                         |
| ITN (ITN durch RTH- Christoph 22)                                                                     | 88 (71)%                         | 100 (70)%                               | 100 (74)%                               |
| ITN mit TXD/ ohne TXD                                                                                 | 31%/ 57%                         | 22%/ 78%                                | 44%*/ 56%                               |
| <b>Infusionsvolumen (ml)</b>                                                                          |                                  |                                         |                                         |
| Kristalloide                                                                                          | 858,6 ± 447,8                    | 789,1 ± 262,8                           | 1000,0 ± 756,1                          |
| Kolloide                                                                                              | 949,8 ± 611,1                    | 752,8 ± 358,7                           | 1241,1 ± 804,9*                         |
| ○ HAES                                                                                                | 893,3 ± 561,0                    | 675,0 ± 306,6                           | 1071,4 ± 756,1*                         |
| ○ HyperHAES                                                                                           | 255,5 ± 46,4                     | 250,0 ± 0,0                             | 250,0 ± 0,0                             |
| <b>Katecholamine/ SvR</b>                                                                             |                                  |                                         |                                         |
| Arterenol                                                                                             | 6%                               | 5%                                      | 6%                                      |
| Arterenol + HyperHAES                                                                                 | 23%                              | 25%                                     | 42%*                                    |
| HyperHAES                                                                                             | 23%                              | 27%                                     | 23%                                     |
| <b>Verletzungsmuster<br/>(S: GCS &lt;9; Andere: ≥4)</b>                                               |                                  |                                         |                                         |
| S /                                                                                                   | 46%                              | □                                       | □                                       |
| S / A ± B /                                                                                           | 18%                              | 34%                                     | 47%                                     |
| S / / T                                                                                               | 27%                              | 52%                                     | 69%*                                    |
| S / A ± B / T                                                                                         | 15%                              | 28%                                     | 42%                                     |
| / A ± B /                                                                                             | 42%                              | □                                       | □                                       |
| / A ± B / T                                                                                           | 33%                              | □                                       | □                                       |
| / T                                                                                                   | 61%                              | □                                       | □                                       |
| / T / + TXD                                                                                           | 31%                              | 22%                                     | 44%**                                   |
| / T / - TXD                                                                                           | 30%                              | □                                       | □                                       |

Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9) haben im Median zwischen Erstbefund und Übergabe sowohl bei einem initialen  $RR_{sys}$  <120 mmHg als auch bei einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg eine signifikante Zunahme ( $p < 0,01$ ) des systolischen Blutdrucks (Abbildung 8).



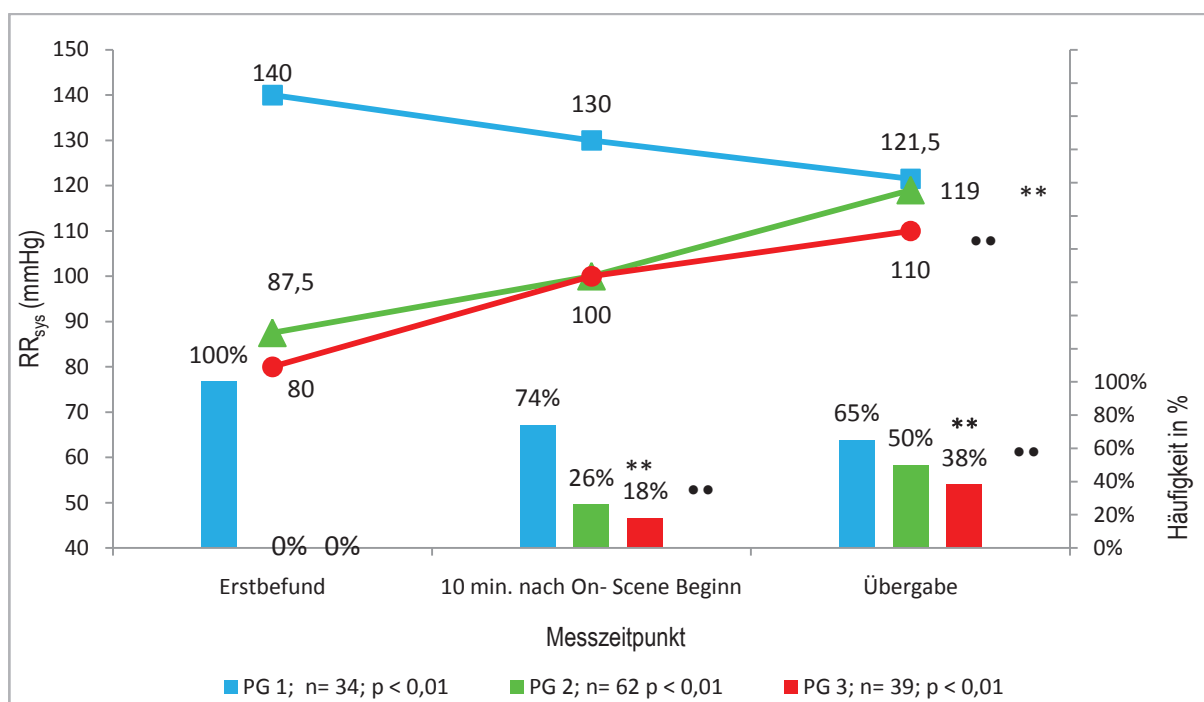
**Abbildung 8: Blutdruckverhalten von Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9) zum Zeitpunkt Erstbefund und Übergabe in der Klinik.** Angegeben im Box-Whisker Plot werden systolische Blutdruckwerte verglichen. Es bestehen drei Vergleichsgruppen. Eine Gruppe mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\geq 120$  mmHg. Eine Weitere mit einem initialen systolischen Blutdruck von <120 mmHg und eine dritte Gruppe mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\leq 90$  mmHg. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 136 Patienten identifiziert werden. ( \*\* $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$ ;  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, GCS für Glasgow Coma Scale, SHT für Schädel-Hirn- Trauma)

### 3.6.3 Drei Patientengruppen mit dem Erreichen einer Normotension

Betrachten wir in Abbildung 9 drei Patientengruppen, die sich auf den  $RR_{sys}$  120 mmHg beziehen. Diese lauten: PG 1  $\geq 120$  mmHg, PG 2 <120 mmHg, PG 3  $\leq 90$  mmHg. Dabei wird der  $RR_{sys}$  auf ein steigendes oder fallendes Verhalten für die Zeitpunkte, Erstbefund, 10 min. On- scene Phase und Übergabe untersucht.

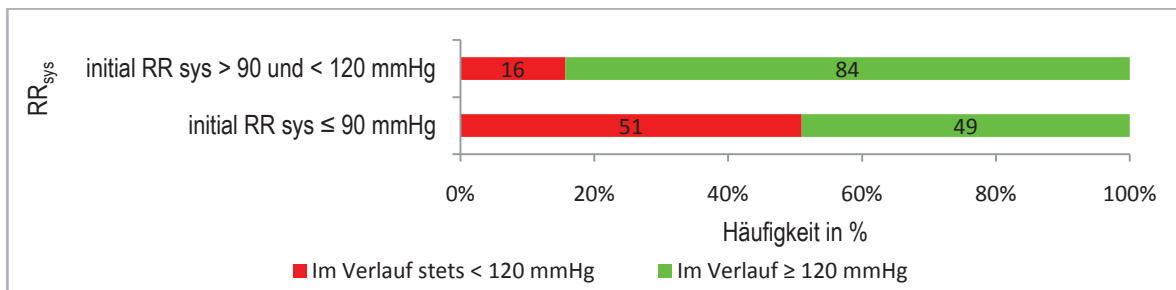
Wird beim Erstbefund für PG 1  $\geq 120$  mmHg gestartet, dann haben nach 10 min. der On- scene Beginn nur noch 74% und bei der Übergabe noch 65% einen  $RR_{sys} > 120$  mmHg. Dies bedeutet, dass zunächst 26% und dann 35% einen  $RR_{sys} < 120$  mmHg haben.

Sowohl in der SHT- Gruppe (GCS <9) mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg (PG 3) als auch mit einem  $RR_{sys} < 120$  mmHg (PG 2) zeigt sich 10 min. nach On- scene Beginn eine Zunahme an Patienten (0% auf 18%; bzw. 0% auf 26%;), welche eine angestrebte Normotension von mindestens 120 mmHg aufweisen. Im weiteren Verlauf bis zur Übergabe steigt weiterhin in beiden Gruppen der Anteil der Patienten, die eine Normotension erreichen, signifikant an (18% auf 38% bzw. 26% auf 50%,  $p < 0,01$ ). Bei PG 2 und PG 3 ist der  $RR_{sys}$  - Anstieg über die drei Zeitpunkte hinweg signifikant (PG 2: 87,5 mmHg auf 119 mmHg,  $p < 0,01$  // PG 3: 80 mmHg auf 110 mmHg,  $p < 0,01$ ).



**Abbildung 9: Patienten mit einem initialen GCS <9 und die Häufigkeit des Zielblutdrucks: Normotension ( $\geq 120$  mmHg), dargestellt als Linien- und Säulendiagramm. Angegeben im Median und relativen Häufigkeiten werden drei Gruppen zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. nach On- scene Beginn und Übergabe verglichen. Die blaue Säule bzw. Linie ist die Gruppe (PG 1) mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\geq 120$  mmHg. Die grüne Säule bzw. Linie ist eine Gruppe (PG 2) mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $< 120$  mmHg und die rote Säule bzw. Linie ist die Gruppe (PG 3) mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\leq 90$  mmHg. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 136 Patienten identifiziert werden. ( \*\*  $p < 0,01$ ; ••  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; PG steht für Patientengruppe,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, min. für Minuten, n für Fallzahl, GCS für Glasgow Coma Scale)**

Kommen wir zu der Abbildung 10, die sich auch auf Aussagen hinsichtlich eines Ziel-  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg beziehen. Die Anzahl von SHT- Patienten (GCS  $<9$ ) ist  $n=136$ . Davon befinden sich  $n=56$  (41%) mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg im Kreislaufschock. Von diesen genannten  $n=56$  (41%) erreichen knapp  $n=27$  (49%) während der On- scene Phase den geforderten  $RR_{sys}$  von mindestens 120 mmHg. 29 (51%) Patienten erreichen zu keinem Zeitpunkt der präklinischen Versorgungsphase den systolischen Mindestzielblutdruck von mindestens 120 mmHg. 32 (24%) Patienten befinden sich initial mit einem  $90 < RR_{sys} < 120$  mmHg in einer permissiven Hypotension. Von diesen  $n=32$  (24%) erreichen  $n=27$  (84%) während der On- scene Phase den geforderten  $RR_{sys}$  von mindestens 120 mmHg.



**Abbildung 10: Systolische Blutdruckverhältnisse bei Patienten mit einem GCS  $<9$  bei einem initialen Kreislaufschock bzw. permissive Hypotension** als Balkendiagramm dargestellt. Angegeben in relativen Häufigkeiten wird die systolische Blutdruckentwicklung während des präklinischen Verlaufs verglichen. In den Gruppen mit initialer permissiver Hypotension ( $RR_{sys} > 90$  und  $< 120$  mmHg,  $n=32$ ) und mit initialem Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg,  $n=56$ ) bezeichnet der rote Balken, dass im präklinischen Verlauf der systolische Blutdruck stets  $< 120$  mmHg bleibt, während der grüne Balken ein Erreichen der Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) darstellt. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 88 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, GCS für Glasgow Coma Scale,  $n$  für Fallzahl)

### 3.6.4 Zeitliches Erreichen einer Normotension

Gegeben sind wie unter 3.6.3 die zwei Gruppen mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg und initial  $90 < RR_{sys} < 120$  mmHg. Ausgangspunkt für nachfolgende Erläuterung für jede Gruppe ist die Anzahl der Patienten, bei denen zum Zeitpunkt der Übergabe ein  $RR \geq 120$  mmHg (Normotension) vorliegt. Diese Anzahl entspricht bei jeder Patientengruppe (PG) 100%. Somit liegt eine Normierung vor, die den gemeinsamen Vergleich von zwei Patientengruppen gewährleistet. Bei initialem  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg entsprechen 100%:  $n=27$ , bei

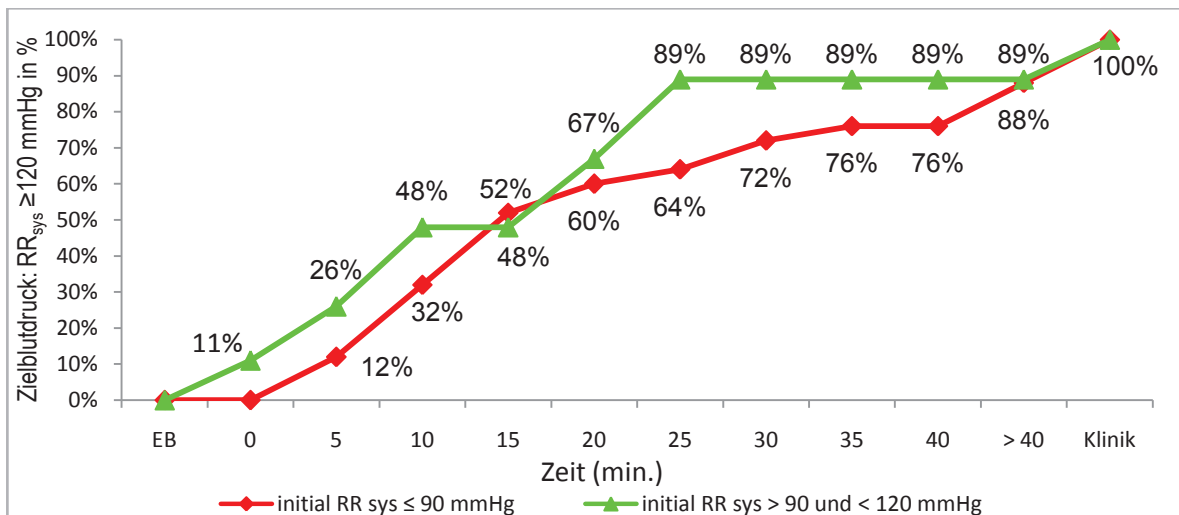
$90 < RR_{sys} < 120$  mmHg sind 100%:  $n=27$ . Zu jedem Zeitpunkt wird nun abgefragt, wie hoch die Anzahl einer Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) ist. In die Abbildung wird nur die Anzahl in Prozent (%) mit einem  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg aufgenommen.

In der nachfolgenden zeitlichen Verlaufsdarstellung (Abbildung 11) erkennt man in Bezug auf das Erreichen einer Normotension in der präklinischen Versorgungsphase bei Patienten mit einem **initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg** ( $n=27$ ) einen nahezu linearen Anstieg innerhalb der ersten 15 min. der On- scene Phase auf 52% ( $n=14$ ). Ab 15 min. zeigt sich eine flachere Steigung auf Grund einer geringeren Zunahme an Patienten, die den geforderten Zielblutdruck von  $\geq 120$  mmHg erreichen.

Patienten mit einem initialen  **$90 < RR_{sys} < 120$  mmHg** haben sowohl zwischen Erstbefund und den ersten 10 min. als auch zwischen 15 min. und 25 min. der On- scene Phase einen linearen Verlauf bei der Zunahme von Patienten, die einen  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg erreichen. Ab 25 min. liegt eine Sättigung vor, d.h. Nahezu konstante Werte im zeitlichen Verlauf.

Vergleicht man beide Blutdruckgruppen untereinander, erkennt man, dass innerhalb den ersten 10 min. Patienten mit einem initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg weniger häufig den geforderten Zielblutdruck von mindestens 120 mmHg erreichen. Die Patientengruppe  $90 < RR_{sys} < 120$  mmHg hat hier einen steileren linearen Anstieg.

Bei 15 min. gibt es zwischen den beiden Blutdruckgruppen keinen relevanten Unterschied in der Häufigkeit. Im Zeitraum nach 20 min. erreichen wiederum Patienten mit einem initialen  $90 < RR_{sys} < 120$  mmHg schneller den Zielblutdruck einer Normotension und sind ab 25 min. in einem Sättigungsverhalten. Für die Patientengruppe  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg liegt ein monoton steigender Verlauf, d.h. ohne Sättigungsverhalten, vor.



**Abbildung 11: Zeitliches Erreichen des Zielblutdrucks:  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg bei Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9)** als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben in relativen Häufigkeiten bestehen zwei Blutdruckgruppen, die im präklinischen Verlauf, dargestellt von Erstbefund über 5 min. Intervalle bis zur Klinik, eine Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) erreichen. Die grüne Linie ist die Gruppe mit einer initialen permissiven Hypotension ( $RR_{sys} > 90$  und  $< 120$  mmHg,  $n=27$ ). Die rote Linie ist die Gruppe mit dem initialen Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg,  $n=27$ ). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 54 Patienten identifiziert werden. (SHT steht für Schädel-Hirn- Trauma, EB für Erstbefund, min. für Minuten, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, GCS für Glasgow Coma Scale)

### **3.7 Kreislaufmanagement bei schwerem Abdominal- und Becken- Trauma**

*Es wird auf drei Abbildungen für Polytraumatisierte mit einem Abdominal-/ Becken- Trauma eingegangen. Dabei werden die mit dem Verletzungsmuster verbundene  $RR_{sys}$  -Werte in einem Zeitbereich diskutiert.*

#### **3.7.1 Zeitverlauf**

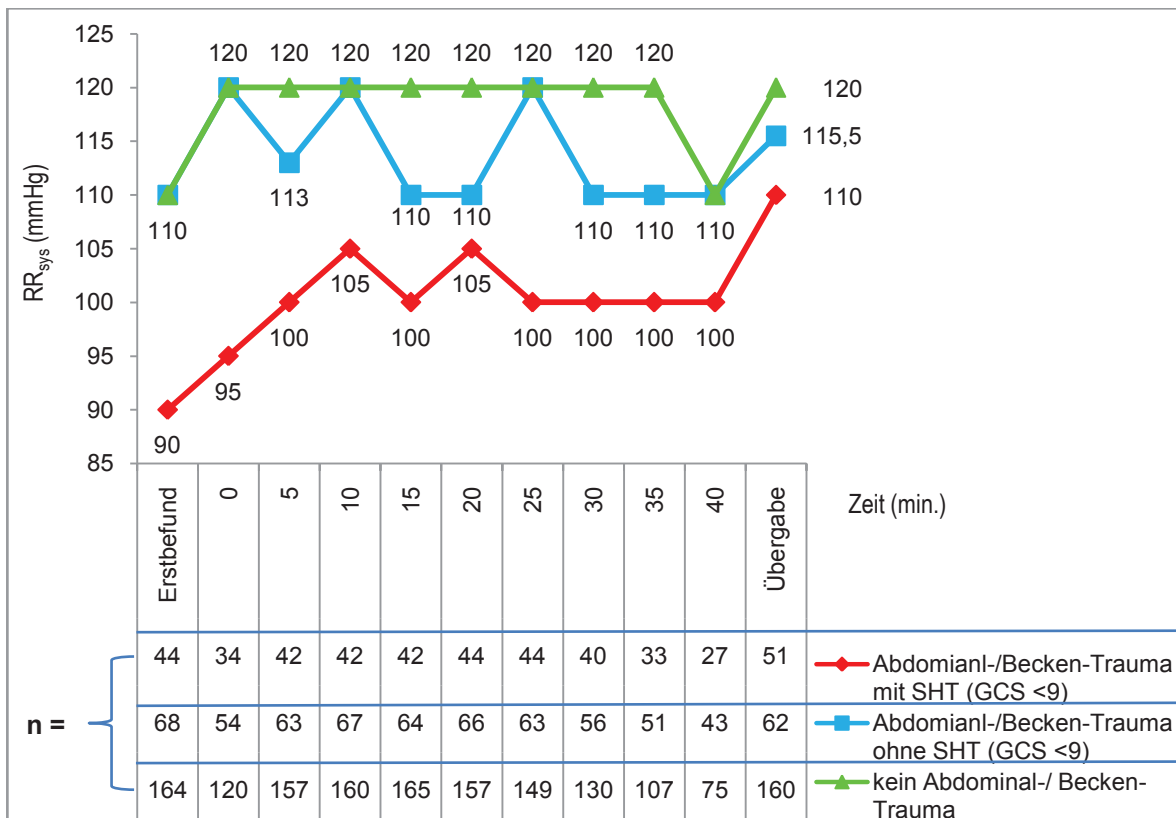
Im Folgenden wird der  $RR_{sys}$  in Abhängigkeit von mehreren Zeitpunkten für ein Abdomen- Becken- Trauma untersucht. Dabei werden für die Analyse der Zeitverläufe drei Gruppen, Abdomen ± Becken mit schwerem SHT (GCS <9), Abdomen ± Becken ohne schweres SHT und kein Abdomen ± Becken- Trauma. Die  $RR_{sys}$  -Werte in Abbildung 12 sind im Median angegeben.

Grundsätzlich ist zu erkennen, dass Patienten mit Abdomen ± Becken- Trauma über den zeitlichen Verlauf hinweg niedrigere  $RR_{sys}$  -Werte haben, als Polytraumatisierte ohne ein Abdomen ± Becken- Trauma.

Für den Fall von einem Abdomen ± Becken- Trauma mit schwerem SHT (GCS <9) liegen immer niedrigere  $RR_{sys}$  -Werte als die gewünschten 120 mmHg vor. Während der gesamten präklinischen Versorgungsphase kann die entsprechende QM-Empfehlung von einem Zielblutdruck von 120 mmHg nicht erreicht werden.

Die  $RR_{sys}$  -Werte von Abdomen ± Becken- Trauma ohne schweres SHT liegen höher als für den vorangegangenen Fall. Hier konnte eine permissive Hypotension nach den QM-Empfehlungen erzielt werden. Diese konnte in dem gesamten Zeitverlauf eingehalten werden.

Ebenso ist ersichtlich, dass die Gruppe ohne Abdomen ± Becken- Trauma im kompletten Zeitbereich stabile, konstante  $RR_{sys}$  -Werte aufweist. Diese liegen bei 120 mmHg.



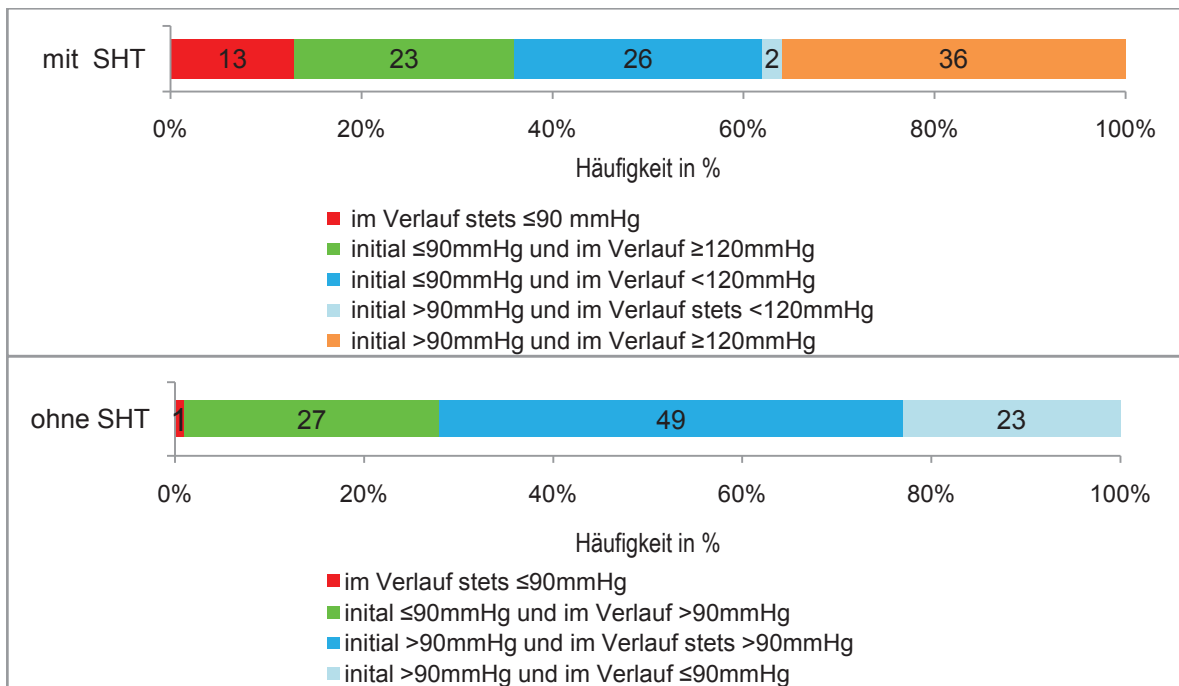
**Abbildung 12: Verlaufsanalyse des systolischen Blutdrucks bei Polytraumatisierten mit und ohne relevantem Abdominal- und/ oder Becken- Trauma von Erstbefund bis Übergabe als Liniendiagramm.** Verlaufsanalyse in 5 min. Intervalle bis maximal 40 min.. Angegeben im Median wird der Verlauf von drei Patientengruppen untersucht. Die blaue Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf mit einem schweren Abdominal-/ Becken-Trauma ohne SHT. Die grüne Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf ohne ein schweres Abdominal-/ Becken-Trauma und die rote Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf eines schweren Abdominal-/ Becken-Traumas mit schwerem Schädel-Hirn- Trauma (GCS <9). Die Anzahl der Patienten ist unterschiedlich, da nicht alle Dokumentationen kontinuierliche Werte aufweisen und jeder Patient unterschiedliche Einsatzzeiten aufweist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (*min.* steht für Minuten, *n* für Fallzahl, GCS für Glasgow Coma Scale, *SHT* für Schädel-Hirn- Trauma, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck)

### 3.7.2 Anzahl der Patienten mit dem erreichten Zielblutdruck (Normotension/ permissive Hypotension)

Hier gehen wir auf eine genauere Betrachtungen für den  $RR_{sys}$  ein. Dabei wird dieser mit einer vorgegeben Anfangsbedingung und einer Verlaufsbedingung für die absolute Häufigkeit der Patienten beschrieben. In Abbildung 13 wird beim Abdomen ± Becken- Trauma zwischen Patienten mit und ohne schwerem SHT (GCS <9) unterschieden.

Liegt ein schweres Abdomen ± Becken- Trauma und ein **zusätzliches schweres SHT (GCS <9)** (n=53) vor, sind im gesamten Zeitbereich n=7 (13%) stets unter  $\leq 90$  mmHg. Bei initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg und im Verlauf einen Zielblutdruck von mindestens 120 mmHg erreicht, liegt bei 12 (23%) Patienten vor. Bei Patienten mit einem initial  $RR_{sys} > 90$  mmHg und gefordertem Zielblutdruck von 120 mmHg sind dies 19 (36%) Patienten.

Bei Patienten **ohne ein schweres SHT** (n=71) bleibt nur 1 (1%) Patient stets unterhalb der permissiven Hypotensionsgrenze. Initial  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg und im Verlauf einen  $RR_{sys} > 90$  mmHg erreicht ist bei 19 (27%) Patienten der Fall. Hier liegt in der präklinischen Phase eine permissive Hypotension vor. N=16 (23%) Patienten haben initial einen  $RR_{sys} > 90$  mmHg. Somit liegt primär eine permissive Hypotension vor. Allerdings fallen diese 16 (23%) Patienten während der On-scene Phase bis zur Übergabe unter die permissive Hypotension ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) (Abbildung 13).



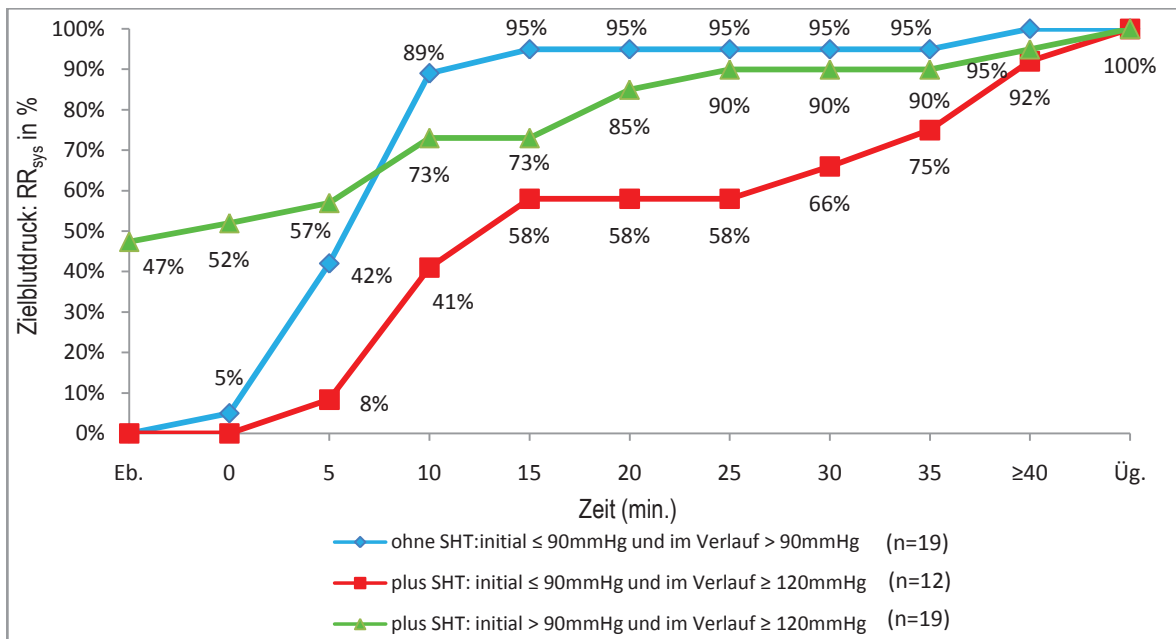
**Abbildung 13: Systolisches Blutdruckverhalten bei Patienten mit einem schweren Abdominal- und/ oder Becken- Trauma mit und ohne schweren SHT während der On- scene Phase** als Balkendiagramm dargestellt. Angegeben in relativen Häufigkeiten werden im oberen Teil der Abbildung Patienten mit einem schweren Abdominal- und/ oder Becken-Trauma und schwerem SHT (GCS  $< 9$ ) (n=53) aufgeführt und im unteren Teil der Abbildung Patienten ohne ein schweres SHT (n=71). Der rote Balkenanteil sind Patienten, die im gesamten präklinischen Verlauf einen systolischen Blutdruck  $\leq 90$  mmHg haben. Der grüne Balkenanteil sind Patienten mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\leq 90$  mmHg und im Verlauf über 90 mmHg angestiegen sind. Der blaue Balkenanteil sind Patienten, die initial und im Verlauf mit dem systolischen Blutdruck immer über 90 mmHg liegen. Der hellblaue Balkenanteil sind Patienten, die initial systolisch über 90 mmHg liegen und sich im Verlauf in ein Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) sinken. Der orange Balkenanteil zeigt Patienten, die initial systolisch über 90 mmHg liegen und im Verlauf eine Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) erreichen. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 124 Patienten identifiziert werden. (SHT steht für Schädel-Hirn- Trauma, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck)

### 3.7.3 Qualitative Verläufe im Zeitbereich hinsichtlich eines Erreichens der Zielblutdruckvorgaben (Normotension/ permissive Hypotension)

Kommen wir dazu qualitativ vergleichbare Zeitverläufe von unterschiedlichen Bedingungen für den  $RR_{sys}$  anzugeben. Qualitativ vergleichbar, meint, dass trotz unterschiedlicher Fallzahlen von den jeweiligen vorgegebenen Bedingungen dennoch die verschiedenen Gruppen miteinander vergleichbar sind. Hierfür wird eine Normierung verwendet, die die Anzahl zu jedem Zeitpunkt mit der absoluten Anzahl der Patienten, bei denen die gestellten Bedingungen zutreffen, dividiert wird und somit in Prozent (%) angegeben ist. Für die vorgegeben Bedingungen wird auf die Legende in Abbildung 14 verwiesen.

Bei Abdomen ± Becken- Trauma mit einem **zusätzlichen schweren SHT** (GCS <9) und einem **initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg** (n=12) mit dem Erreichen des Zielblutdruck während der Versorgungsphase von mindestens 120 mmHg erkennt man, dass innerhalb der ersten 10 min. n=5 (41%) bzw. in den ersten 15 min. 7 (58%) Patienten das Kriterium  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg erreichen. Patienten mit einem **initialen  $RR_{sys} > 90$  mmHg** und die im Verlauf mindestens 120 mmHg erreichen (n=19), haben beim Erstbefund n=9 (47%) Patienten schon die vorgegeben Bedingungen erfüllt. Bis zur Übergabe liegt ein gleichmäßig ansteigender Verlauf vor.

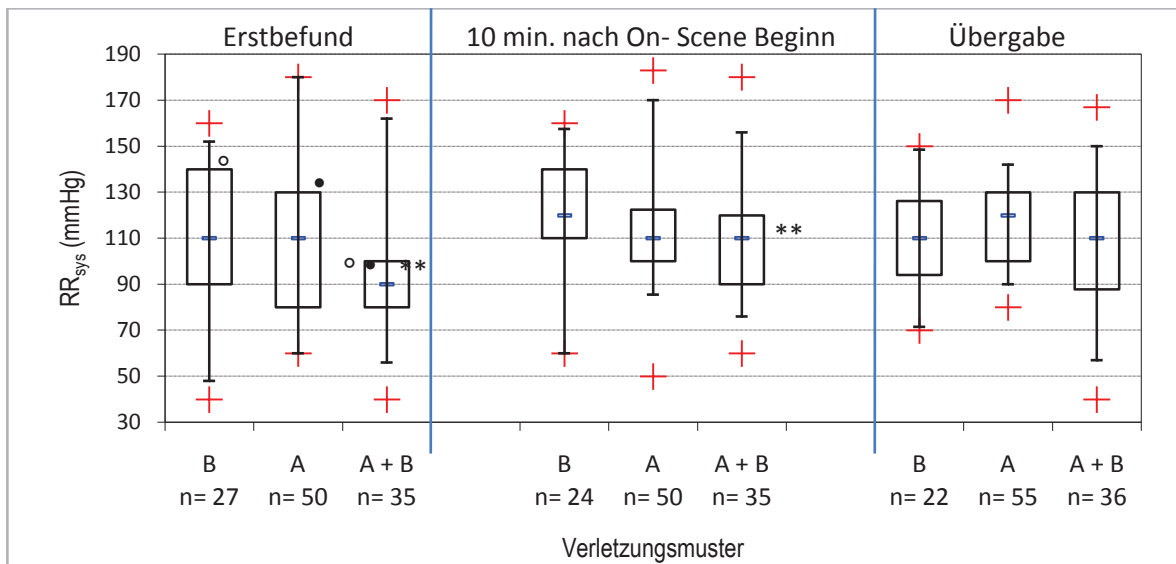
Polytraumatisierte mit schwerem Abdominal ± Becken- Trauma aber **ohne schweres SHT (GCS <9)** mit einem initialen  **$RR_{sys} \leq 90$  mmHg** (n=19) und im Verlauf >90 mmHg erreichen, zeigen bereits 17 (89%) Patienten 10 min. nach der On- scene Phase die geforderte permissive Hypotension für den  $RR_{sys}$  (Abbildung 14).



**Abbildung 14: Zeitliche Darstellung von Patienten mit einem schweren Abdominal ± Becken- Trauma mit und ohne einem zusätzlichen schweren SHT und deren Erreichen der Zielblutdruckvorgaben als Liniendiagramm.** Angegeben in relativen Häufigkeiten wird von Erstbefund bis Übergabe in 5 min. Intervallen das Erreichen von Zielblutdruckwerten aufgezeigt. Die blaue Linie steht für Patienten, die kein SHT, initial im Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) sind und einen Zielblutdruck von  $>90$  mmHg haben. Die rote Linie steht für Patienten, die ein schweres SHT (GCS  $<9$ ) haben, initial im Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) sind und als Zielblutdruck eine Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) haben. Die grüne Linie steht für Patienten mit einem initialen systolischen Blutdruck größer als 90 mmHg und als Zielblutdruck eine Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) haben. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 50 Patienten identifiziert werden. (mmHg steht für Millimeter Quecksilbersäule, SHT für Schädel-Hirn- Trauma,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, min. für Minuten, n für Fallzahl, Eb. für Erstbefund, Üg. für Übergabe)

### 3.7.4 Einzelbetrachtungen des Abdominal ± Becken- Trauma

Einzelbetrachtungen des  $RR_{sys}$  in Abbildung 15 mit Abdominal ± Becken- Trauma zeigen, dass der initiale  $RR_{sys}$  bei Polytraumatisierten mit nur einem Becken- oder nur einem Abdominal- Trauma signifikant (Median: 90 mmHg vs. 110 mmHg,  $p < 0,05$ ) höher ist, als bei Patienten mit Becken- und Abdominal-Trauma. Allerdings ist zu sehen, dass Patienten mit einem kombinierten Abdominal- und Becken- Trauma 10 min. nach Beginn der On- scene Phase eine signifikante Blutdruckanhebung im Median von 90 mmHg auf 110 mmHg aufweisen ( $p < 0,01$ ).



**Abbildung 15: Einzelbetrachtung des systolischen Blutdrucks bei Patienten mit einem Abdominal ± Becken-Trauma** als Box- Whisker Plot angegeben. Es werden drei Gruppen zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. nach On-scene Beginn und Übergabe verglichen. Patienten mit einem schweren Becken-Trauma (B), mit einem schweren Abdominal- Trauma (A) und mit einem schweren Abdominal- und Becken- Trauma (A+B). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 118 Patienten identifiziert werden. (*min.* steht für Minuten,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, B für Becken- Trauma, A für Abdominaltrauma, A+B für Abdominal- und Becken- Trauma, n für Fallzahl)

### 3.8 Kreislaufmanagement bei schwerem Thoraxtrauma mit TXD

Beschreiben wir nun die Resultate aus den unterschiedlichen Zeitanalysen für den Fall, Thoraxtrauma mit Thoraxdrainage (TXD). Die  $RR_{sys}$  - Werte sind im Median angegeben. Insgesamt zeigen  $n=182$  den präklinischen Verdacht eines schweren Thoraxtraumas.

#### 3.8.1 Zeitverlauf

Bei Polytraumatisierten mit einem präklinischen Verdacht des schweren Thoraxtraumas war bei  $n=90$  **keine TXD** erforderlich. Diese weisen während der präklinischen Versorgungsphase identische  $RR_{sys}$  wie diejenigen Polytraumatisierte ohne ein vorherrschendes Thoraxtrauma auf.

Hiervon sind Patienten mit einem schweren Thoraxtrauma, die **eine oder in seltenen Fällen zwei TXD** benötigen ( $n=92$ ), abzugrenzen. Im Durchschnitt wurde die Erstanlage einer Thoraxdrainage nach  $16,6 \pm 11,1$  min. durchgeführt. Diese Patientengruppe mit mindestens einer Thoraxdrainage haben deutlich niedrigere  $RR_{sys}$  über den gesamten präklinischen Verlauf (Abbildung 16).



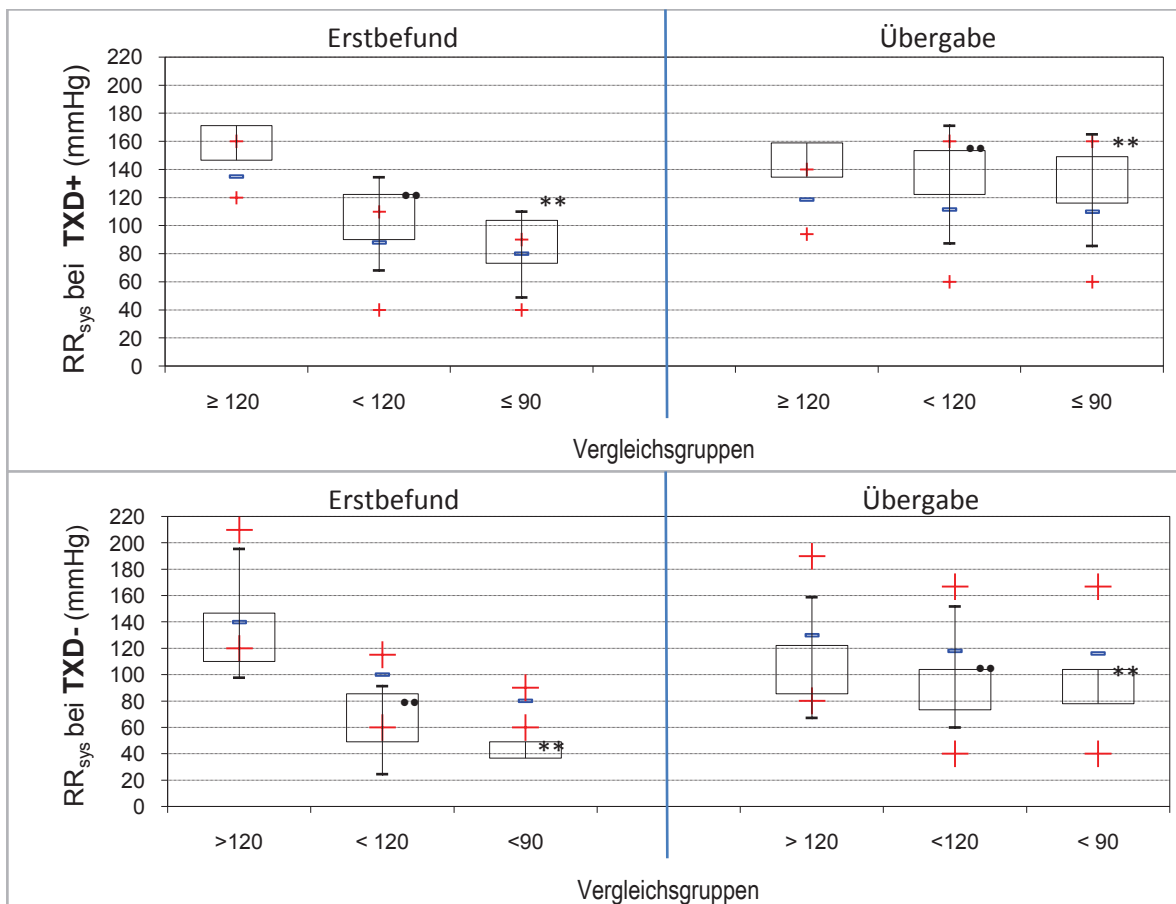
**Abbildung 16: Allgemeiner Verlauf des systolischen Blutdrucks von Polytraumatisierten mit einem schweren Thoraxtrauma** als Liniendiagramm dargestellt. Es sind systolische Blutdruckwerte im Median von Erstbefund bis zur Übergabe im 5 min. Intervall bis maximal 30 min. aufgeführt. Die grüne Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf von Patienten mit einem schweren Thoraxtrauma ohne eine Thoraxdrainage. Die rote Linie zeigt Patienten mit einer Thoraxdrainage. Die Anzahl der Patienten ist unterschiedlich, da nicht alle Dokumentationen kontinuierliche Werte aufweisen und jeder Patient unterschiedliche Einsatzzeiten aufweist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das

Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. (*min.* steht für Minuten, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, *RR<sub>sys</sub>* für systolischen Blutdruck, *n* für Fallzahl, *TXD* für Thoraxdrainage)

In Anlehnung an die Tabelle 7a haben Patienten **mit einer Thoraxdrainage** (n=92) signifikant häufiger einen **initialen RR<sub>sys</sub> von ≤90 mmHg**, als Patienten mit einem schweren Thoraxtrauma ohne eine Thoraxdrainage (n=90) (46% vs. 19%, p<0,01).

Teilt man die Patientengruppen mit und ohne TXD in drei weitere Blutdruckgruppen ein (Abbildung 17), so zeigt sich zwischen den jeweiligen Gruppen (mit und ohne TXD) kein relevanter Unterschied im Blutdruckniveau.

Patienten **mit einer Thoraxdrainage** und einem initialen Blutdruck ≤90 mmHg (Median: 80 mmHg auf 110 mmHg, p<0,01). bzw. <120 mmHg (Median: 90 mmHg auf 110 mmHg; p<0,01) zeigen bis zur Übergabe eine signifikante Zunahme des systolischen Blutdrucks. Der gleiche Sachverhalt zeigt sich in der Patientengruppe **ohne eine Thoraxdrainage**.

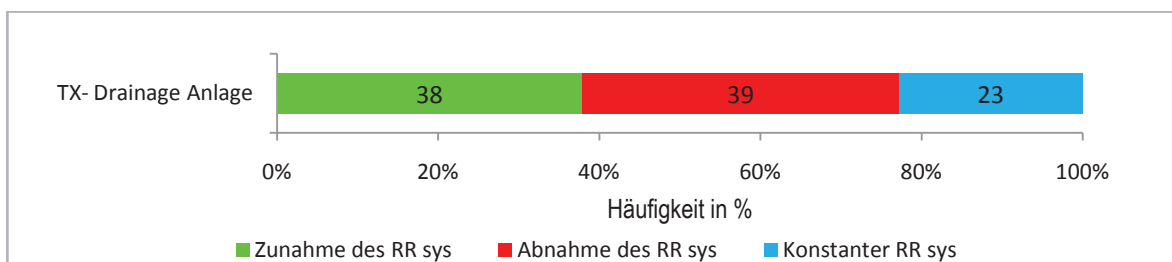


**Abbildung 17: Systolisches Blutdruckverhalten von Patienten mit schwerem Thoraxtrauma mit und ohne Thoraxdrainage** als Box- Whisker Plot dargestellt. Es werden Blutdruckwerte zwischen Erstbefund und Übergabe von

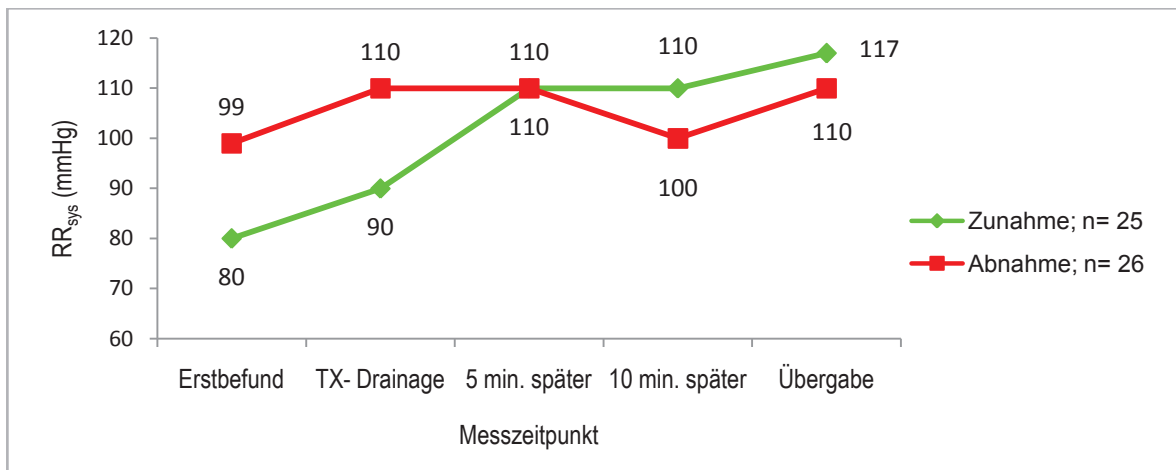
Patienten mit einem initialen systolischen Blutdruck von  $\geq 120$  mmHg,  $< 120$  mmHg und  $\leq 90$  mmHg verglichen. Im oberen Bereich der Abbildung sind Patienten mit einem schweren Thoraxtrauma und einer Thoraxdrainage und im unteren Bereich ohne Thoraxdrainage dargestellt. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 182 Patienten identifiziert werden. (  $**p < 0,01$ ;  $**p < 0,01$ ;  $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, *TXD-* für ohne Thoraxdrainage, *TXD+* für mit Thoraxdrainage)

### 3.8.2 Auswirkung einer TXD auf das systolische Blutdruckverhalten

Betrachtet man im Zeitraum von 10 min. nach Anlage einer TXD ( $n=92$ ) das  $RR_{sys}$  - Verhalten, so zeigen 35 (38%) Patienten unmittelbar eine **Zunahme des systolischen Blutdrucks** (Abbildung 18). Diese haben beim Erstbefund im Median einen Ausgangsblutdruck von 80 mmHg und steigen im Zeitraum 5 min. nach TXD-Anlage signifikant von 90 mmHg auf 110 mmHg ( $p < 0,01$ ) an. In den weiteren 5 min. und bis zur Übergabe bleiben diese auf einem konstanten, stabilen Niveau (Abbildung 19).  $N=36$  (39%) haben im Zeitraum von 10 min. nach einer TXD eine **systolische Blutdruckabnahme** (Abbildung 18). Allerdings sind diese Patienten zum Zeitpunkt der TXD- Anlage in einem relativen stabilen systolischen Kreislaufzustand (Median: 110 mmHg). Diese fallen 10 min. nach der TXD-Anlage nicht signifikant ab (Median: 10 mmHg) (Abbildung 19).



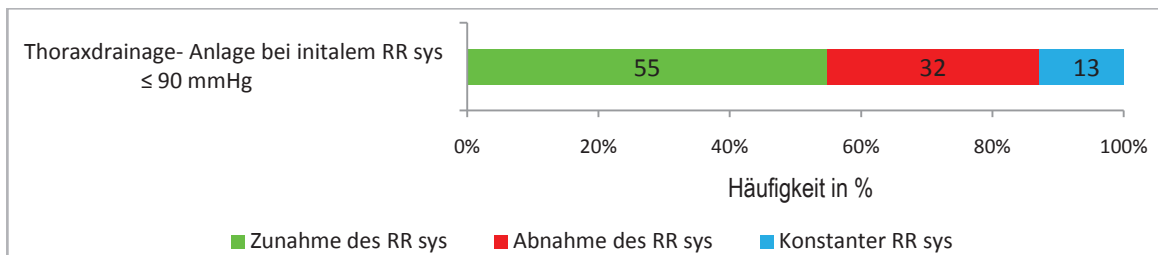
**Abbildung 18: Reaktion des systolischen Blutdrucks nach Anlage einer Thoraxdrainage im Nachfolgezeitraum von 10 min.** als Balkendiagramm dargestellt und in relativen Häufigkeiten angegeben. Der grüne Balkenabschnitt zeigt Patienten mit einer systolischen Blutdruckzunahme, der rote Balkenabschnitt für eine systolische Blutdruckabnahme und der blaue Anteil, wenn keine systolische Blutdruckreaktion zu sehen ist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 92 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, *TX* für Thorax)



**Abbildung 19: Systolischer Blutdruckverlauf 5 min. und 10 min. nach Anlage einer Thoraxdrainage** als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben im Median wird der Verlauf zwischen Erstbefund, Zeitpunkt der Anlage einer TX- Drainage, 5 min. und 10 min später nach Anlage einer TX- Drainage und die Übergabe dargestellt. Die grüne Linie zeigt den Verlauf einer Zunahme des systolischen Blutdrucks. Die rote Linie zeigt den Verlauf einer Abnahme des systolischen Blutdrucks nach Anlage einer TX- Drainage. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 51 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, TX für Thorax, *min.* für Minuten)

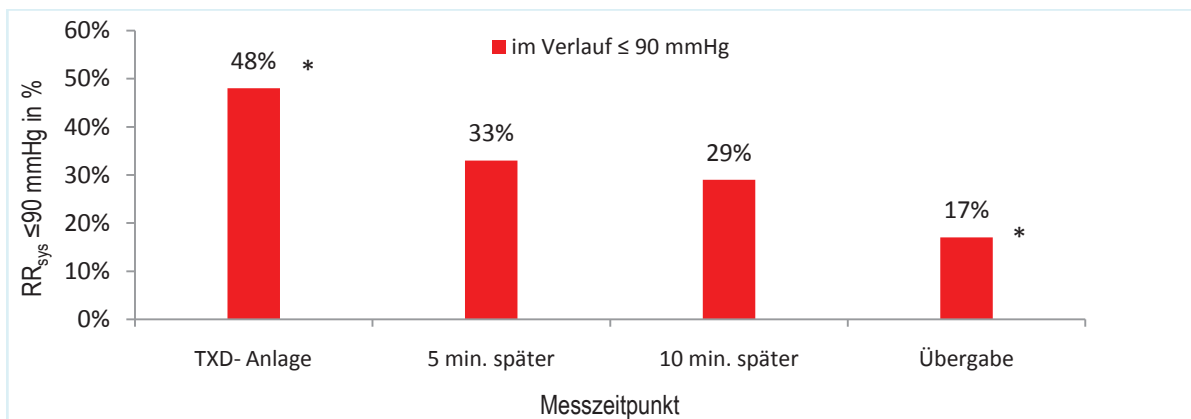
Gehen wir in Abbildung 19 nur auf Patienten mit  **$RR_{sys}$  - Zunahme** ein. Dabei ist der Referenz-  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg. Diesen Wert haben 52% bei der TXD-Anlage. 10 min. nach der TXD- Anlage nur noch 20 % und bei der Übergaben nur signifikante 13% ( $p < 0,05$ ).

Abbildung 20 bezieht sich auf diejenigen 42 (46%) Polytraumatisierte, die durch das Luftrettungsteam Christoph 22 eine TXD bekommen haben und initial einen  $RR_{sys}$  von  $\leq 90$  mmHg aufweisen. Davon zeigen 23 (55%) Patienten in dem 10 min.-Zeitraum nach TXD- Anlage eine Zunahme des  $RR_{sys}$ . 13 (32%) Patienten zeigen im 10 min.-Zeitraum eine Abnahme des  $RR_{sys}$ .



**Abbildung 20: Reaktion des systolischen Blutdrucks 10 min. nach Anlage einer Thoraxdrainage, wenn beim Erstbefund ein Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) vorliegt**, als Balkendiagramm dargestellt. Angegeben in relativen Häufigkeiten zeigt der grüne Balkenabschnitt eine Zunahme des systolischen Blutdrucks. Der rote Balkenabschnitt eine Abnahme und der blaue Balkenabschnitt keine Reaktion des systolischen Blutdrucks. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 42 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, *min.* für Minuten, *n* für Fallzahl)

In Abbildung 21 sind die vier Zeitpunkte auf den initialen Referenz-  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg zu sehen. Der Anteil mit einem  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg und einer TXD-Anlage ( $n=42$ ) nimmt von  $n=20$  (48%) bei der TXD-Anlage bis zu dem Nachfolgezeitpunkt 10 min. später auf  $n=12$  (29%) und bis zur Übergabe signifikant auf 7 (17%) Patienten ab ( $p<0,05$ ; TXD- Anlage bis Übergabe).



**Abbildung 21: Häufigkeit eines  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg nach Anlage einer Thoraxdrainage bei Patienten mit initialen  $RR_{sys} \leq 90$  mmHg**, als Säulendiagramm dargestellt. Angegeben in relativen Häufigkeiten zeigen die roten Säulen die Häufigkeiten eines vorhandenen systolischen Blutdrucks von  $\leq 90$  mmHg. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 42 Patienten identifiziert werden. (\* $p<0,05$ ; TXD steht für Thoraxdrainage, *min.* für Minuten,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule)

### 3.9 Sauerstoffsättigungsmanagement

*In dem ersten Kapitel werden zunächst die  $SpO_2$   $<90\%$  und  $>95\%$  hinsichtlich dem Gesamtkollektiv, Intubation (ITN), verschiedene Verletzungsmuster zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. On-scene Phase und Klinik dargestellt.*

*In dem sich anschließenden Kapitel wird die Intubation mit den verschiedenen Verletzungsmustern im Verlauf zu mehreren Zeitpunkten untersucht.*

#### 3.9.1 Tabellarische Zusammenstellung

In nachfolgender Tabelle 9 zeigt sich im **Gesamtkollektiv**, dass fast ein Viertel (24%/ n= 72) aller Polytraumatisierten eine initiale  $SpO_2$  von  $\leq 90\%$  haben und somit nach der Definition von diversen Leitlinien eine Hypoxie vorliegt. Dieser Anteil konnte bis 10 min. nach Beginn der On- scene Phase und bis zur Übergabe in der Klinik signifikant auf n=30 (10%) bzw. 12 (4%) Patienten reduziert werden. Ebenso konnte der Anteil an Patienten mit einer Zielsauerstoffsättigung von  $\geq 95\%$  bei initial 176 (59%) auf 274 (92%) Patienten bei Übergabe in der Klinik signifikant gesteigert werden ( $p < 0,01$ ).

Betrachtet man die Sauerstoffsättigung nur bis zum Zeitpunkt 10 min. nach Beginn der On- scene Phase, so erkennt man aus Tabelle 9, dass in allen gesonderten Patientengruppen bis zu diesem Zeitpunkt eine signifikante Abnahme an Patienten mit einer Sauerstoffsättigung von  $\leq 90\%$  erreicht werden konnte.

Bei Patienten mit einem **Einklemmungstrauma** mit einer **Thoraxdrainage** kann zwar in den ersten 10 min. nach On- scene Beginn eine Reduzierung erreicht werden, die aber nicht signifikant ist.

Besonders bei Polytraumatisierten mit einem **schweren SHT** (GCS  $< 9$ ; n=136) ist es wichtig eine Hypoxie gänzlich zu vermeiden, bzw. wenn eine Hypoxie vorliegt, diese so schnell wie möglich zu beheben. 42 (31%) Polytraumatisierte mit einem schweren SHT (GCS  $< 9$ ) weisen initial eine Hypoxie ( $SpO_2 \leq 90\%$ ) auf. Dieser Anteil kann innerhalb den ersten 10 min. der präklinischen Behandlungsphase signifikant auf 11 (8%) Patienten reduziert ( $p < 0,01$ ) und bis zur Übergabe gehalten werden.

Polytraumatisierte mit einem schweren Thoraxtrauma, die mindestens eine **Thoraxdrainage** (n=92) benötigen, weisen mit 52 (56%) Patienten den höchsten

Anteil mit einer initialen Hypoxie ( $\text{SpO}_2 \leq 90\%$ ) auf. Dieser Anteil konnte ebenfalls innerhalb den ersten 10 min. signifikant auf 24 (26%) Patienten gesenkt werden ( $p < 0,01$ ). Bei Übergabe weisen innerhalb dieser Patientengruppe nur noch 6 (6%) Patienten eine Hypoxie auf.

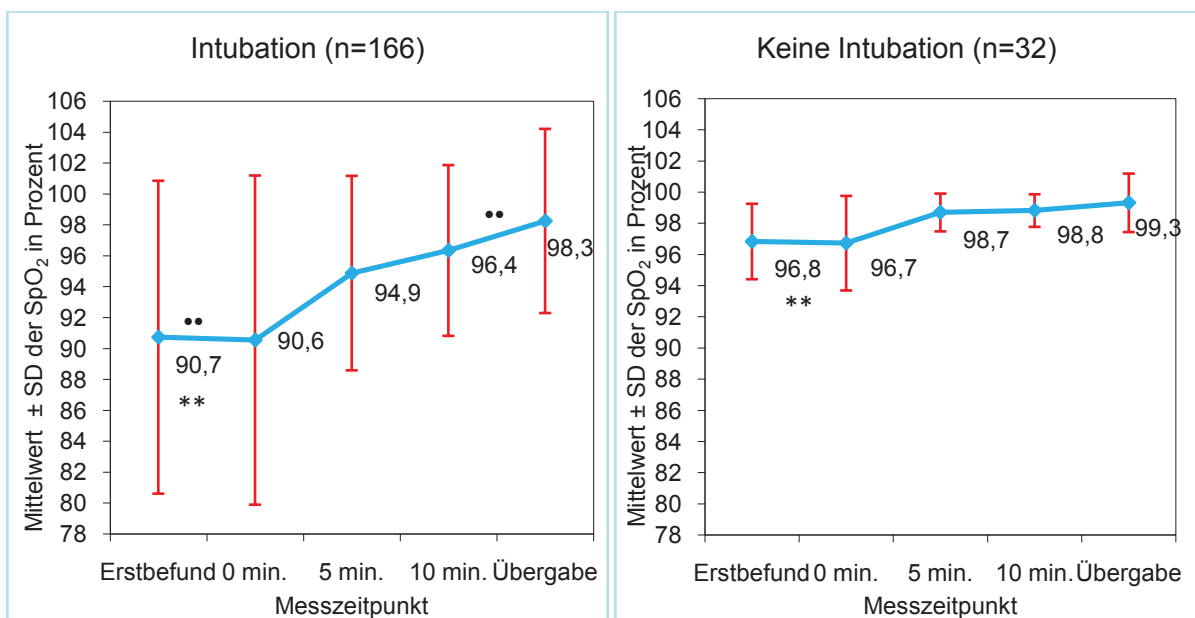
**Tabelle 9: Gesamtübersicht der Sauerstoffsättigung.** Angegeben in relativen Häufigkeiten wird die Sauerstoffsättigung  $\geq 95\%$  und  $\leq 90\%$  zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. nach On-scene und Klinik auf verschiedene Verletzungsmuster und Maßnahmen verglichen. Betrachtet werden Polytraumen mit einer Intubation, schwerem Schädel-Hirn-Trauma (GCS  $< 9$ ) (S), schwerem Thoraxtrauma (T) mit und ohne Thoraxdrainage, schwerem Abdominal-/ Becken- Trauma (A $\pm$ B) und einem Einklemmungstrauma (ET). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 239 Patienten identifiziert werden. ( \*\*p<0,01; \*p<0,05; ITN steht für Intubation, ITN+ für mit Intubation, ITN- für ohne Intubation, S für Schädel-Hirn- Trauma, A  $\pm$  B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, ET für Einklemmungstrauma, TXD für Thoraxdrainage, TXD+ für mit Thoraxdrainage, TXD- für ohne Thoraxdrainage, SpO<sub>2</sub> für Sauerstoffsättigung, min. für Minuten, n für Fallzahl)

|                   |   |       |   |    |      |                      | Zeitpunkte |                |                |     |
|-------------------|---|-------|---|----|------|----------------------|------------|----------------|----------------|-----|
| ITN               | S | A ± B | T | ET | TXD  | SpO <sub>2</sub> (%) | Erstbefund | 10 min.        | Klinik         | n   |
| Gesamt- Kollektiv |   |       |   |    |      | ≥95<br>≤90           | 59%<br>24% | 85%**<br>10%** | 92%**<br>4%**  | 239 |
| ITN+              |   |       |   |    |      | ≥95<br>≤90           | 48%<br>32% | 81%**<br>12%** | 96%**<br>5%**  | 166 |
| ITN -             |   |       |   |    |      | ≥95<br>≤90           | 84%<br>3%  | 100%*<br>0%    | 97%*<br>3%     | 32  |
|                   | S |       |   |    |      | ≥95<br>≤90           | 47%<br>31% | 81%**<br>8%**  | 91%**<br>8%**  | 75  |
|                   | S | A±B   |   |    |      | ≥95<br>≤90           | 52%<br>41% | 78%*<br>15%*   | 81%*<br>15%*   | 27  |
|                   | S |       | T |    |      | ≥95<br>≤90           | 36%<br>45% | 73%**<br>9%**  | 87%**<br>11%** | 44  |
|                   | S | A±B   | T |    |      | ≥95<br>≤90           | 48%<br>43% | 81%*<br>10%*   | 81%*<br>14%*   | 21  |
|                   |   | A±B   |   |    |      | ≥95<br>≤90           | 45%<br>38% | 75%**<br>17%** | 90%**<br>9%**  | 69  |
|                   |   | A±B   | T |    |      | ≥95<br>≤90           | 41%<br>43% | 74%**<br>17%** | 91%**<br>7%**  | 54  |
|                   |   |       | T |    |      | ≥95<br>≤90           | 38%<br>44% | 73%**<br>16%** | 94%**<br>16%** | 108 |
|                   |   |       | T |    | TXD- | ≥95<br>≤90           | 52%<br>31% | 83%**<br>6%**  | 93%**<br>6%**  | 54  |
|                   |   |       | T |    | TXD+ | ≥95<br>≤90           | 24%<br>56% | 63%**<br>26%** | 94%**<br>6%**  | 54  |
|                   |   |       |   | ET |      | ≥95<br>≤90           | 33%<br>48% | 60%*<br>23%*   | 88%**<br>10%** | 40  |
|                   |   |       |   | ET | TXD+ | ≥95<br>≤90           | 25%<br>50% | 50%<br>31%     | 94%**<br>6%**  | 16  |

### 3.9.2 Intubation

Im Durchschnitt wird eine Intubation nach  $11,8 \pm 10,9$  min. On-scene durchgeführt. Es wird die Sauerstoffsättigung im zeitlichen Verlauf zu den Zeitpunkten Erstbefund, 0 min.- 5 min.- 10 min. der On- scene Phase und Übergabe untersucht.

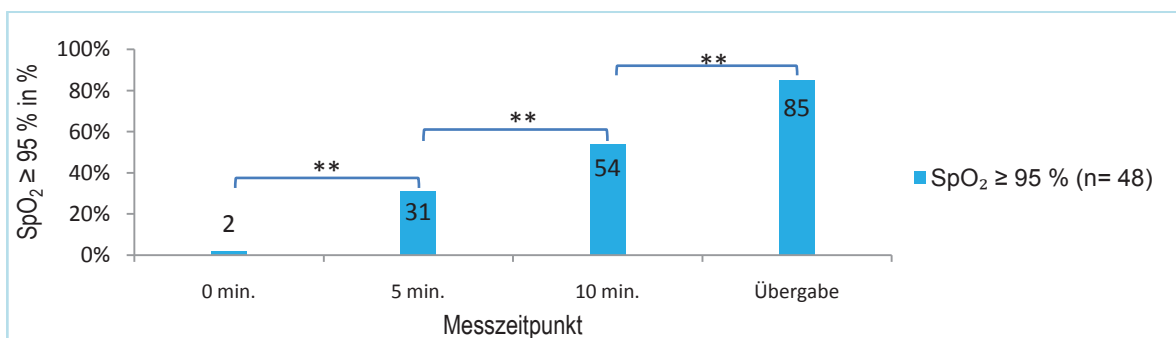
Im Vergleich zwischen **intubierten** und **nicht intubierten** Polytraumatisierten ist beim Erstbefund ein signifikanter Unterschied ( $p < 0,01$ ) der Sauerstoffsättigung zu verzeichnen (Abbildung 22). Patienten, welche **nicht** intubiert werden mussten, erfüllen im Mittelwert gesehen schon zum Zeitpunkt des Erstbefunds die geforderte  $SpO_2 \geq 95\%$ . Patienten die während des präklinischen Verlaufs intubiert und beatmet werden mussten, erfüllen zu Beginn der präklinischen Versorgung im Mittelwert gesehen nicht die geforderte Zielsättigung. Allerdings konnte bei diesen Polytraumatisierten innerhalb den ersten 10 min. der präklinischen On- scene Phase die Sauerstoffsättigung im Mittelwert signifikant ( $p < 0,01$ ) angehoben. Sie erreichen ab diesem Zeitpunkt im Mittelwert bis zur Übergabe die geforderte  $SpO_2$  von  $\geq 95\%$  (Abbildung 22).



**Abbildung 22: Sauerstoffsättigungsverlauf von intubierten und nicht intubierten Polytraumatisierten** als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben als Mittelwert und Standardabweichung werden Sauerstoffsättigungsverläufe von Erstbefund, On-scene Beginn (0 min.), 5 min, 10 min. nach On- scene Beginn und Übergabe verglichen. Die linke Seite der Abbildung zeigt Patienten mit einer Intubation. Die rechte Seite zeigt Patienten ohne eine Intubation. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines

Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 198 Patienten identifiziert werden. ( \*\* $p<0,01$ ; •  $p<0,01$ ; *min.* steht für Minuten,  $SpO_2$  für Sauerstoffsättigung, *SD* für Standardabweichung, *n* für Fallzahl)

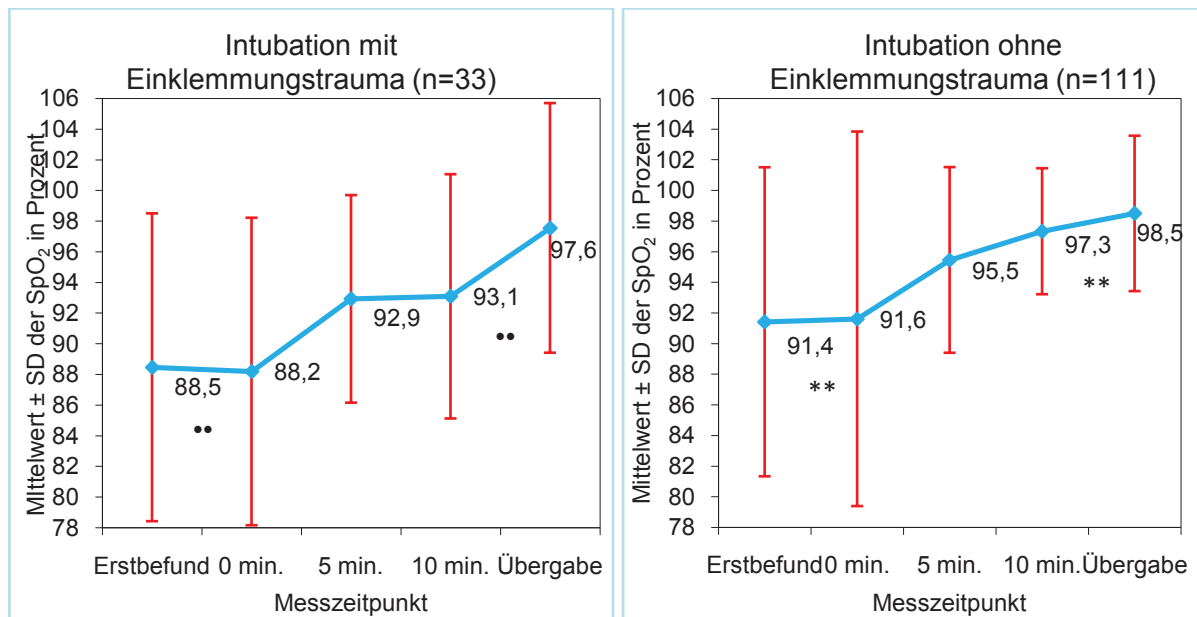
Im **Gesamtkollektiv** haben fast  $\frac{1}{4}$  ( $n=72$  (24%)) aller Patienten eine Sauerstoffsättigung von  $\leq 90\%$ . Von diesen Patienten wurden bis auf einen Patienten alle präklinisch intubiert und beatmet. Für die in Abbildung 23 angegebenen Zeiten konnte für  $n=48$  Patienten eine vollständige Dokumentation festgestellt werden. Bereits 5 min. nach Beginn der On- scene Phase konnte der Anteil an Patienten mit einer Sauerstoffsättigung von  $\geq 95\%$  auf 14 (31%) Patienten gesteigert werden. Bis zum Zeitpunkt 10 min. der On- scene Phase konnte dieser Anteil auf 26 (54%) Patienten signifikant ( $p<0,01$ ) zulegen. Bis zur Übergabe konnte der Anteil weiter signifikant ( $p<0,01$ ) auf 41 (85%) Patienten zunehmen (Abbildung 23).



**Abbildung 23: Anstieg der Sauerstoffsättigung auf  $\geq 95\%$  wenn beim Erstbefund (initial) eine Hypoxie ( $SpO_2 \leq 90\%$ ) vorliegt**, als Säulendiagramm dargestellt. Angegeben in relativen Häufigkeiten zeigen die blauen Säulen eine Sauerstoffsättigung  $\geq 95\%$  zu den Zeitpunkten On- scene Beginn (0. Min.), 5 min. und 10 min. nach On- scene Beginn und Übergabe. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 48 Patienten identifiziert werden. ( \*\* $p<0,01$ ; *min.* steht für Minuten,  $SpO_2$  für Sauerstoffsättigung, *n* für Fallzahl)

Intubierte Polytraumatisierte mit einem zusätzlichen **Einklemmungstrauma** weisen zum Zeitpunkt des Erstbefundes im Mittelwert eine Sauerstoffsättigung von  $88,5 \pm 10,0\%$  auf. Somit weist diese Patientengruppe per Definition eine Hypoxie auf. Bis zum Zeitpunkt 10 min. nach On- scene Beginn konnte der Mittelwert signifikant angehoben werden (Abbildung 24). Allerdings ist die Zielsauerstoffsättigung im Mittel von  $\geq 95\%$  nicht erreicht worden. Diese wird im

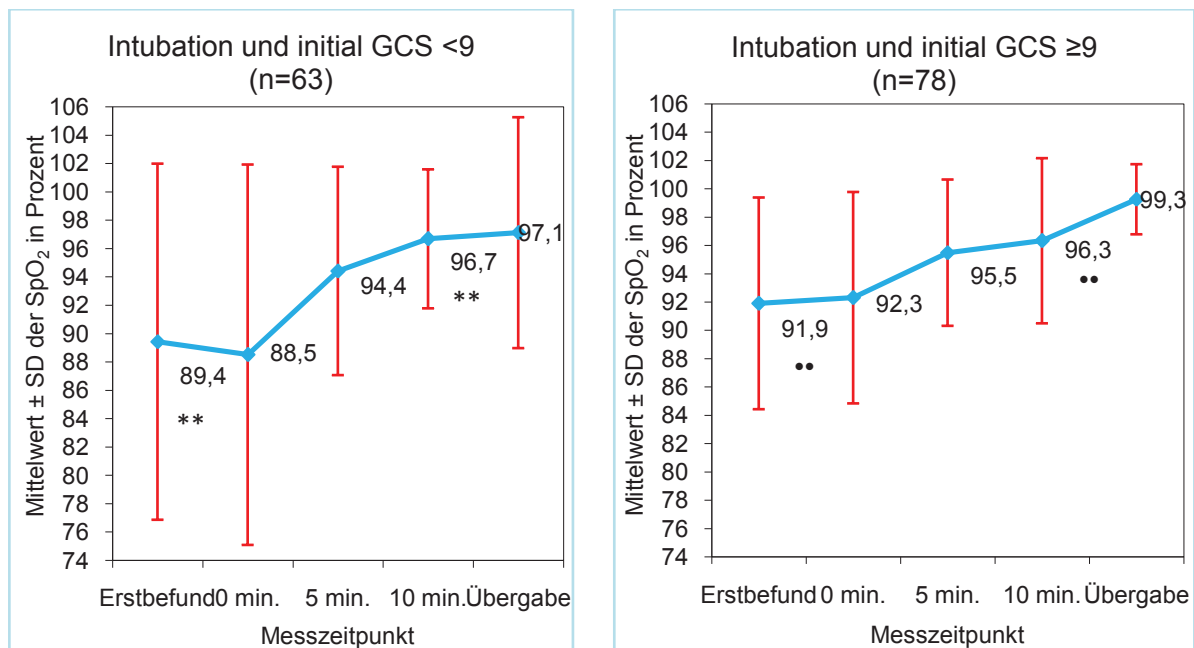
Mittelwert gesehen erst 20 min. nach Beginn der On- scene Phase erreicht (graphisch nicht aufgeführt). Intubierte Polytraumatisierte **ohne** ein **Einklemmungstrauma** liegen initial im Mittelwert oberhalb der Hypoxie-Grenze. Zwischen Erstbefund und 10 min. nach Beginn der On- scene Phase konnte die Sauerstoffsättigung signifikant ( $p<0,01$ ) angehoben werden. Die Zielsauerstoffsättigung von  $\geq 95\%$  konnte bereits 5 min. nach Beginn der On- scene Phase im Mittelwert erreicht werden (Abbildung 24).



**Abbildung 24: Sauerstoffsättigungsverlauf von intubierten Polytraumatisierten mit und ohne Einklemmungstrauma**, als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben als Mittelwert und Standardabweichung werden Sauerstoffsättigungsverläufe von Erstbefund, On-scene Beginn (0 min.), 5 min. und 10 min. nach On- scene Beginn und Übergabe verglichen. Die linke Seite der Abbildung zeigt Patienten mit einer Intubation und Einklemmungstrauma. Die rechte Seite zeigt Patienten mit einer Intubation aber ohne Einklemmungstrauma. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 144 Patienten identifiziert werden. ( \*\*  $p<0,01$ ; ••  $p<0,01$ ; min. steht für Minuten,  $SpO_2$  für Sauerstoffsättigung, SD für Standardabweichung; n für Fallzahl)

Intubierte Patienten mit einem GCS  $<9$  bei vorliegendem Verdacht auf ein **schweres SHT (GCS  $<9$ )** haben initial im Durchschnitt einen Sauerstoffsättigungswert von  $89,4 \pm 12,6\%$ . Somit liegen diese Patienten im Mittelwert initial unterhalb der Hypoxie-Grenze. Allerdings gibt es initial keinen signifikanten Unterschied im Mittelwert gegenüber intubierten Patienten ohne ein schweres SHT (GCS  $<9$ ) (Abbildung 25). Diese liegen jedoch initial knapp oberhalb der Hypoxie-Grenze. Patienten mit dem präklinischen Verdacht auf ein

schweres SHT (GCS <9) erreichen innerhalb den ersten 10 min. der On- scene Phase eine signifikante Zunahme des Mittelwerts ( $p<0,01$ ). Ebenfalls wird zu diesem Zeitpunkt im Mittelwert die Zielsauerstoffsättigung von  $\geq 95\%$  erreicht. Polytraumatisierte ohne ein relevantes SHT weisen ebenfalls vom Erstbefund bis 10 min. nach Beginn der On- scene Phase eine signifikante Zunahme im Mittelwert auf ( $p<0,01$ ) (Abbildung 25).

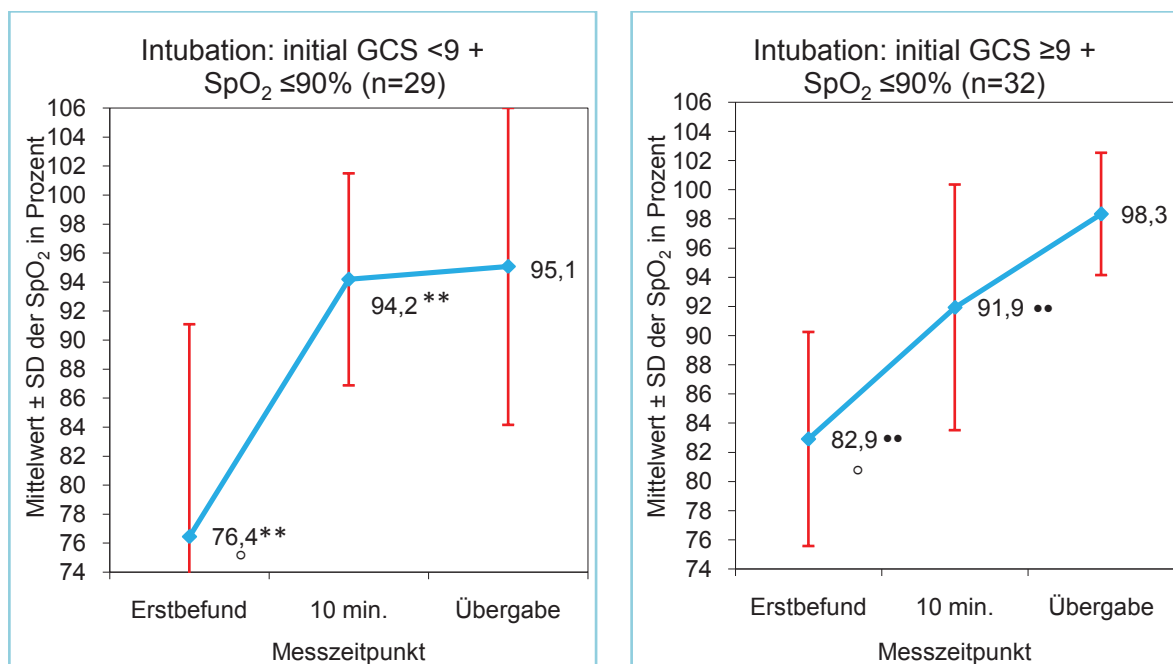


**Abbildung 25: Sauerstoffsättigungsverlauf von intubierten Polytraumatisierten mit und ohne ein schweres SHT (GCS <9),** als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben als Mittelwert und Standardabweichung werden Sauerstoffsättigungsverläufe von Erstbefund, On-scene Beginn (0 min.), 5 min. und 10 min. nach On- scene Beginn und Übergabe verglichen. Die linke Seite der Abbildung zeigt Patienten mit einer Intubation und einem schweren SHT (GCS <9). Die rechte Seite zeigt Patienten mit einer Intubation aber ohne ein schweres SHT. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 141 Patienten identifiziert werden. ( \*\* $p<0,01$ ; ••  $p<0,01$ ; min. steht für Minuten, SpO<sub>2</sub> für Sauerstoffsättigung, SD für Standardabweichung, SHT für Schädel-Hirn- Trauma, GCS für Glasgow Coma Scale, n für Fallzahl)

Aus Tabelle 9 ist zu entnehmen, dass 42 (31%) Patienten mit einem **schwerem SHT** (GCS <9) initial eine Hypoxie (SpO<sub>2</sub> ≤90%) aufweisen. Besonders bei diesen Polytraumatisierten spielt der Faktor der Hypoxie eine außerordentlich wichtige Rolle. Intubierte Patienten mit einem schweren Schädel- Hirn-Trauma (GCS <9) und einer Hypoxie haben initial einen signifikant niedrigeren Sauerstoffsättigungsgehalt ( $p<0,05$ ) als intubierte Polytraumatisierte mit einer

initialen Hypoxie ohne ein schweres SHT (Abbildung 26). Bei Polytraumatisierten mit einem schweren SHT (GCS <9) konnte innerhalb den ersten 10 min. der On-scene Phase die Sauerstoffsättigung im Mittelwert signifikant ( $p<0,01$ ) angehoben werden und liegt im Durchschnitt oberhalb der Hypoxie-Grenze aber immer noch unterhalb der gewünschten Sauerstoffsättigung von  $\geq 95\%$ . Ebenfalls ist bei intubierten Patienten ohne ein schweres SHT innerhalb den ersten 10 min. der On-scene Phase die Sauerstoffsättigung signifikant ( $p<0,01$ ) angehoben worden, sodass diese Patienten im Mittelwert knapp oberhalb der Hypoxie-Grenze liegen (Abbildung 26).

**Wichtiges Resultat:** Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9) steigen innerhalb den ersten 10 min. der On-scene Phase mit der Sauerstoffsättigung an. Im weiteren Verlauf bis zur Übergabe steigt die Sauerstoffsättigung im Mittelwert aber nicht mehr an. Im Gegensatz dazu steigt bei intubierten Patienten ohne SHT auch nach 10 min. der On-scene Phase bis zur Übergabe die Sauerstoffsättigung im Mittelwert an ( $p<0,05$ ) (Abbildung 25).



**Abbildung 26: Sauerstoffsättigungsverlauf von intubierten Polytraumatisierten mit und ohne ein schweres SHT (GCS <9) und einer initialen Hypoxie (SpO<sub>2</sub> ≤90%), als Liniendiagramm dargestellt.** Angegeben als Mittelwert und Standardabweichung werden Sauerstoffsättigungsverläufe von Erstbefund, 10 min. nach On-scene Beginn und Übergabe verglichen. Die linke Seite der Abbildung zeigt Patienten mit einer Intubation und einem schweren SHT (GCS <9) und einer initialen Hypoxie (SpO<sub>2</sub> ≤90%). Die rechte Seite zeigt Patienten mit einer Intubation und keinem schweren SHT aber einer initialen Hypoxie (SpO<sub>2</sub> ≤90%). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des

Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 61 Patienten identifiziert werden. ( °  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; ••  $p < 0,01$ ; *min.* steht für Minuten, *SpO<sub>2</sub>* für Sauerstoffsättigung, *SD* für Standardabweichung, *SHT* für Schädel-Hirn- Trauma, *GCS* für Glasgow Coma Scale, *n* für Fallzahl)

### 3.10 Kreislaufmanagement unter Katecholamine und SvR-Therapie

*Kommen wir zu den Auswertungen für Katecholamine und Small-volume Resuscitation, SvR.*

*Die Therapie mit Small volume Resuscitation (SvR/ HyperHAES) und Katecholamine in der präklinischen Versorgungsphase ist darin begründet, dass ein effizientes Kreislaufmanagement durchgeführt werden kann. Dies bedeutet bei Patienten im manifesten hämodynamischen Kreislaufchock das Erreichen einer permissiven Hypotension und bei Polytraumatisierten mit einem schweren SHT (GCS <9) eine systolische Normotension.*

#### 3.10.1 Überblick

Im Gesamtkollektiv bekommen 155 (52%) polytraumatisierte Patienten Katecholamine und/ oder HyperHAES (SvR).

Polytraumatisierte, die sich initial im Kreislaufchock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg; n=83) befinden, erhalten 41 (49%) Katecholamine  $\pm$  HyperHAES, 27 (32%) eine HyperHAES- Therapie. Bei 16 (19%) Patienten wird keine SvR sondern eine Volumentherapie mittels kolloidalen und kristalloiden Infusionslösungen durchgeführt. In Tabelle 10 ist die Reaktion des  $RR_{sys}$  von Patienten, die sich initial im Kreislaufchock befinden, unter Einfluss von Katecholamine und SvR zu sehen.

**Tabelle 10: Reaktion des systolischen Blutdrucks unter Katecholamine und Small- volume Resuscitation bei Polytraumatisierten, die sich initial im Kreislaufchock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) befinden.** Angegeben im Median wird zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min nach On- scene Beginn und Übergabe der systolische Blutdruck nach der Medikamentengabe von Arterenol und/ oder HyperHAES und nur HyperHAES verglichen. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für die Auswertung 83 Patienten identifiziert werden. ( \*\* p<0,01, \* p<0,05; mmHg steht für Millimeter Quecksilbersäule,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, n für Fallzahl, min. für Minuten)

| Systolischer Blutdruck: initial $\leq 90$ mmHg (n=83) |                                     |                     |                    |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------|
|                                                       | Arterenol $\pm$ HyperHAES<br>(n=41) | HyperHAES<br>(n=27) | Sonstige<br>(n=16) |
| Erstbefund                                            | ** [ 80                             | ** [ 80             | ** [ 80            |
| 10 min. On- scene                                     | 100                                 | 100 ] *             | 99 ] *             |
| Übergabe                                              | 105                                 | 113,5               | 111                |

### 3.10.2 Tabelle- Gesamtkollektiv, mit und ohne schweres SHT (GCS <9)

In Bezug auf Tabelle 10 wird Polytraumatisierten mit einem **schweren SHT** (GCS <9; n=136) signifikant häufiger Katecholamine und/ oder HyperHAES verabreicht als Patienten, die kein schweres SHT (n=162) haben (63% vs. 43%,  $p<0,01$ ).

Bei Schädel-Hirn-Verletzte Patienten (GCS <9), die **keine Katecholamine/ SvR-Therapie** (n=50), bekommen haben, zeigt sich zwischen Erstbefund und Übergabe eine Zunahme der Patienten von 48% auf 61% mit einem Zielblutdruck von mindestens 120 mmHg. Allerdings haben immer noch 20 (39%) Patienten den Zielblutdruck einer Normotension nicht erreicht.

Bei Polytraumatisierten mit einem schweren SHT (GCS <9) **mit Katecholamin/ SvR- Therapie** (n=86) kann der Anteil an Patienten mit der gewünschten Normotension vom Erstbefund bis 10 min. nach On- scene Beginn von 20% auf 35% signifikant ( $p<0,01$ ) gesteigert werden. Bis zur Übergabe kann dieser Anteil weiter signifikant von 35 % auf 45% ( $p<0,05$ ) angehoben werden. Dennoch erreichen mehr als die Hälfte dieser Patienten, trotz einer Katecholamin und HyperHAES-Therapie, nicht die geforderte Normotension.

Initial befinden sich Polytraumatisierte mit schwerem SHT (GCS <9) und einer Katecholamin/ SvR-Therapie signifikant häufiger im hämodynamischen Kreislaufchock als Patienten ohne ein beteiligendes SHT (58% vs. 34%,  $p<0,01$ ). Ein signifikanter Unterschied besteht auch noch 10 min. nach On- scene Beginn. Bei Übergabe besteht zwischen diesen beiden Subgruppen in der Häufigkeit eines Kreislaufchocks kein Unterschied mehr. Innerhalb der Patientengruppe mit schwerem SHT (GCS <9) kann der Anteil, der sich im hämodynamischen Kreislaufchock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) befindlichen Patienten unter Katecholamine/ SvR signifikant verringert werden. (Erstbefund: n=50 (58%) - 10 min. der On- scene Phase: n=27 (31%) – Übergabe: n=14 (16%),  $p<0,01$ ).

SHT- Patienten (GCS <9) unter Katecholamin- und/ oder HyperHAES- Anwendung sind beim Erstbefund und 10 min. der On- scene Phase signifikant häufiger im Kreislaufchock, als Patienten ohne ein SHT (**Erstbefund:** 58% vs. 34%,  $p<0,01$  bzw. **10 min. der On- scene Phase:** 31% vs. 15%,  $p<0,05$ ).

Bei Patienten, mit einem schweren SHT (GCS <9), die Arterenol ± HyperHAES bekommen, kann die Häufigkeit des Kreislausschocks ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) von anfänglich 66% signifikant ( $p < 0,01$ ) auf 37% bei 10 min. nach On- scene Beginn und bis zur Übergabe auf 20% reduziert werden ( $p < 0,01$ ).

SHT- Patienten (GCS <9), denen nur HyperHAES und keine Katecholamine verabreicht wurden, zeigen über die Zeitpunkte Erstbefund, 10 min. nach On- scene Beginn und Übergabe zwar einen steigenden Anteil an Normotension von 23% über 40% auf 55% auf. Zwischen den einzelnen Zeiten ergeben sich aber keine signifikanten Zuwächse. Allerdings konnte in dieser Gruppe der Anteil, die sich im Kreislaufschock befinden, in den ersten 10 min. der On- scene Phase von 47% auf 20% signifikant ( $p < 0,05$ ) reduziert werden. Bis zur Übergabe kann keine weitere Reduzierung erreicht werden.

Von den Polytraumatisierten **ohne Schädel- Hirn- Beteiligung** in der Patientengruppe ohne Katecholamine/ SvR haben nur 3% keine permissive Hypotension erreicht. Bei Polytraumatisierten mit Katecholamine/ SvR weisen 34% zu Beginn einen relevanten Kreislaufschock auf. Allerdings kann der Anteil in den ersten 10 min. nach On- scene Beginn signifikant auf 15% reduziert werden ( $p < 0,01$ ). Im weiteren Verlauf kann aber eine weitere Reduzierung nicht erzielt werden.

Bei Patienten mit Katecholamine ± HyperHAES zeigt sich im Verlauf eine Steigerung derjenigen, die eine permissive Hypotension erreichen. Diese nehmen allerdings zwischen den einzelnen Messzeitpunkten nicht signifikant zu. In der Gruppe mit nur HyperHAES kann der Anteil, die sich im Kreislaufschock befinden, von 37% zum Zeitpunkt der ersten Messung auf 9% bei 10 min. nach On- scene Beginn signifikant ( $p < 0,01$ ) verringert werden. Dieser steigt im weiteren Verlauf wieder bis zur Übergabe auf 12% an (Tabelle 11).

**Tabelle 11: Erweiterte Analyse hinsichtlich des Kreislaufmanagement zwischen Polytraumatisierten mit und ohne schwerem SHT unter Katecholamin- und Small- volume Resuscitation (SvR)- Therapie.** Angegeben in relativen Häufigkeiten werden Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9) und ohne ein schweres SHT zu den Zeitpunkten Erstbefund, 10 min. nach On-scene Beginn und Übergabe auf das Vorliegen einer Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) und eines Kreislaufschocks ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) verglichen. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. ( \*\* $p < 0,01$ ; • $p < 0,01$ ; °°  $p < 0,01$ , \* $p < 0,05$ ; •  $p < 0,05$ ; SHT steht für Schädel-Hirn- Trauma, GCS für Glasgow Coma Scale, SvR für Small- volume Resuscitation,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, min. für Minuten,  $n$  für Fallzahl, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule)

|                                               | Gesamt-<br>kollektiv<br>n=298 | SHT:<br>GCS <9<br>n=136 | Kein SHT:<br>GCS $\geq 9$<br>n=162 |
|-----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| <b>SvR/ Katecholamine</b>                     | 52%                           | 63%**                   | 43%                                |
| Arterenol $\pm$ HyperHAES                     | 29%                           | 39%*                    | 20%                                |
| HyperHAES                                     | 23%                           | 24%                     | 23%                                |
| <b>keine SvR/ Katecholamine</b>               |                               |                         |                                    |
| • $RR_{sys} \geq 120$ mmHg                    |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 48%                     | Ø                                  |
| 10 min. On- scene                             |                               | 53%                     | Ø                                  |
| Übergabe                                      |                               | 61%                     | Ø                                  |
| • $RR_{sys} \leq 90$ mmHg                     |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 17%*                    | 8%                                 |
| 10 min. On- scene                             |                               | 11%                     | 3%                                 |
| Übergabe                                      |                               | 9%                      | 3%                                 |
| <b>SvR/ Katecholamine</b>                     |                               | (n= 86)                 | (n= 69)                            |
| • $RR_{sys} \geq 120$ mmHg                    |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 20%                     | Ø                                  |
| 10 min. On- scene                             |                               | • 35%                   | Ø                                  |
| Übergabe                                      |                               | • 45%                   | Ø                                  |
| • $RR_{sys} \leq 90$ mmHg                     |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 58%**                   | 34%                                |
| 10 min. On- scene                             |                               | •• 31%*                 | °° 15%                             |
| Übergabe                                      |                               | •• 16%                  | 18%                                |
| <b>➤ Arterenol <math>\pm</math> HyperHAES</b> |                               | (n= 53)                 | (n= 33)                            |
| • $RR_{sys} \geq 120$ mmHg                    |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 18%                     | Ø                                  |
| 10 min. On- scene                             |                               | • 33%                   | Ø                                  |
| Übergabe                                      |                               | 39%                     | Ø                                  |
| • $RR_{sys} \leq 90$ mmHg                     |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 66%**                   | 31%                                |
| 10 min. On- scene                             |                               | •• 37%*                 | 16%                                |
| Übergabe                                      |                               | •• 20%                  | 26%                                |
| <b>➤ HyperHAES</b>                            |                               | (n= 33)                 | (n= 36)                            |
| • $RR_{sys} \geq 120$ mmHg                    |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 23%                     | Ø                                  |
| 10 min. On- scene                             |                               | 40%                     | Ø                                  |
| Übergabe                                      |                               | 55%                     | Ø                                  |
| • $RR_{sys} \leq 90$ mmHg                     |                               |                         |                                    |
| Erstbefund                                    |                               | 47%                     | 37%                                |
| 10 min. On- scene                             |                               | • 20%                   | °° 9%                              |
| Übergabe                                      |                               | 18%                     | 12%                                |

## Wichtige Resultate aus den Zeitverläufen

Kommen wir zu den verschiedenen Zeitverläufen vom  $RR_{sys}$ , in Abhängigkeit von einer Katecholamin/ SvR- Therapie. Dabei wird strikt mit und ohne schweres SHT (GCS <9) unterschieden. In Abbildung 27 sind die Werte im Median angegeben.

Zuerst beziehen wir uns auf Abbildung 27/ oben.

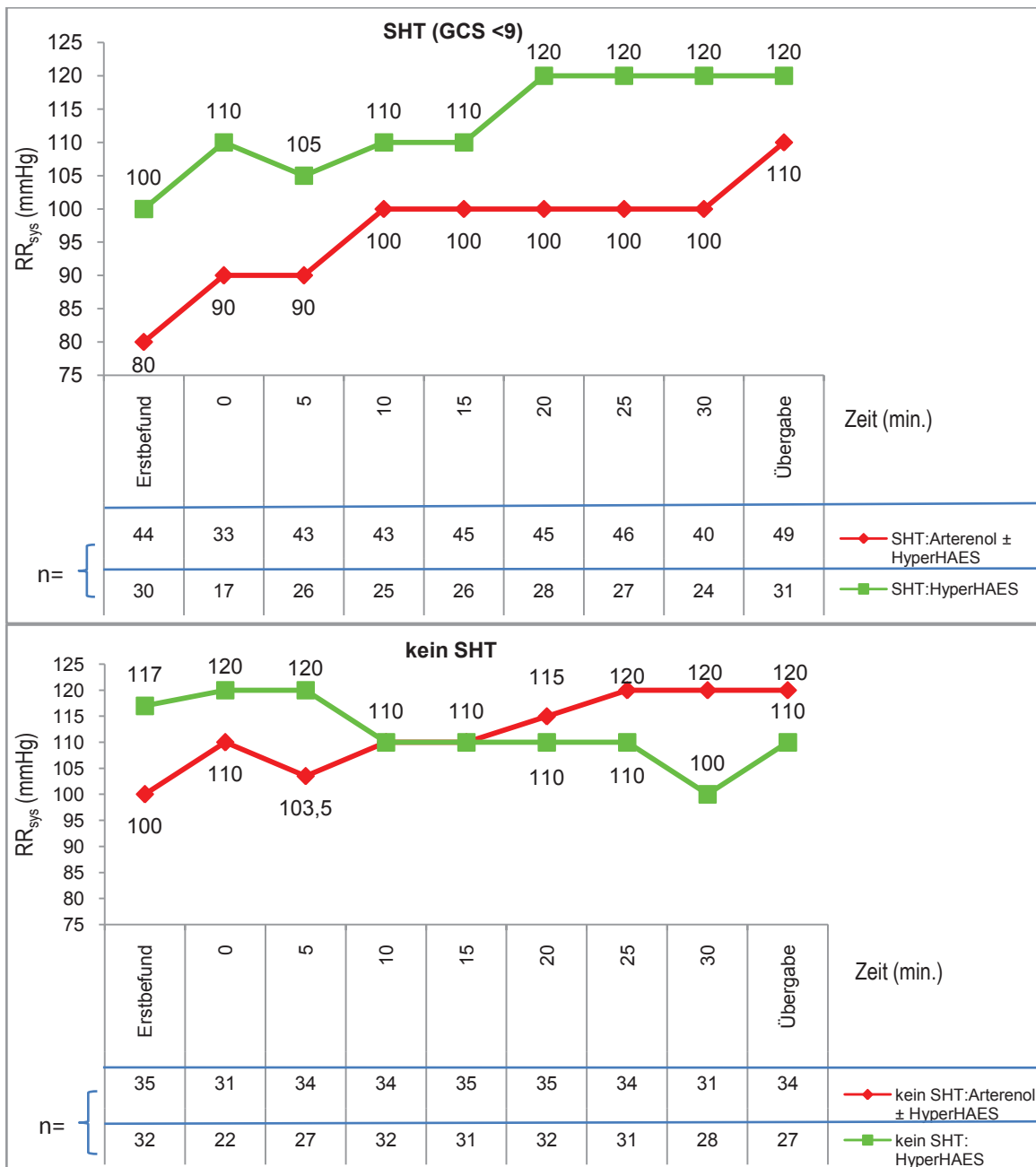
Polytraumatisierte **mit** einem **schweren SHT** (GCS <9) die zusätzlich *Katecholamine* ± *HyperHAES* erhalten, befinden sich bei Eintreffen an der Unfallstelle mit einem  $RR_{sys}$  von 80 mmHg im hämodynamischen Schock. Bis 10 min. nach On- scene Beginn kann in einem stufenförmigen Verlauf der systolische Blutdruck signifikant auf 100 mmHg angehoben werden ( $p < 0,01$ ). Im weiteren Verlauf bleiben diese Patienten konstant auf 100 mmHg und enden bei Übergabe mit 110 mmHg. Somit erreichen diese Patienten zu keinem Zeitpunkt der präklinischen Versorgung den Zielblutdruck von mindestens 120 mmHg.

Dem gegenüber erreichen Patienten mit *nur HyperHAES* 20 min. nach On- scene Beginn eine gewünschte Normotension. Allerdings ist bei diesen der Ausgangsblutdruck mit 100 mmHg signifikant höher ( $p < 0,01$ ).

Zu Abbildung 27/ unten:

Patienten **ohne** ein **schweres SHT** die Arterenol und HyperHAES, oder nur HyperHAES erhalten, haben einen höheren  $RR_{sys}$  -Ausgangswerte (100 mmHg vs. 117 mmHg) als diejenigen mit schwerem SHT (GCS <9).

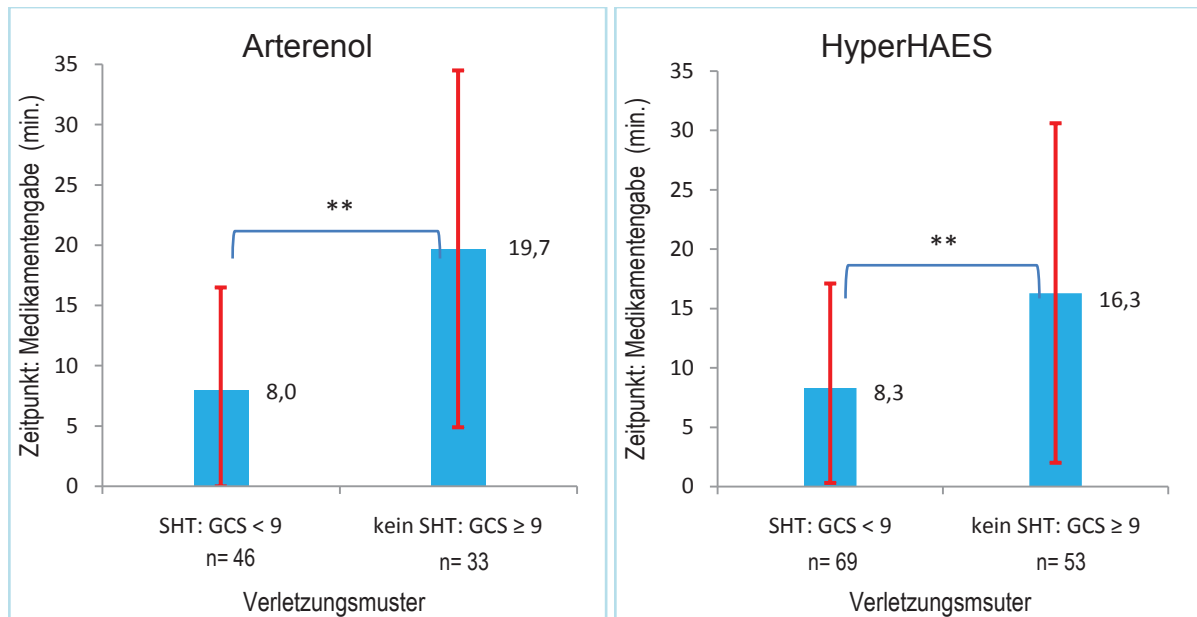
Patienten mit Arterenol ± HyperHAES steigen im weiteren präklinischen Verlauf auf einen  $RR_{sys}$  von 120 mmHg. Patienten mit nur HyperHAES haben innerhalb den ersten 5 min. der On- scene Phase einen Blutdruckabfall. Dennoch ist bei diesen die angestrebte permissive Hypotension während des gesamten präklinischen Verlaufs eingehalten worden.



**Abbildung 27: Allgemeine Darstellung des systolischen Blutdrucks von Patienten mit und ohne schwerem SHT unter Katecholamin und Small- volume Resuscitation (SvR) Therapie, als Liniendiagramm von Erstbefund bis Übergabe dargestellt. Verlaufsanalyse in 5 min. Intervalle bis maximal 30 min.. Angegeben im Median wird der Verlauf von zwei Patientengruppen untersucht. Im oberen Bereich der Abbildung von Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9) und im unteren Bereich von Patienten ohne ein schweres SHT. Die grüne Linie zeigt den Verlauf des systolischen Blutdrucks mit HyperHAES. Die rote Linie zeigt den Verlauf des systolischen Blutdrucks mit Arterenol und/ oder HyperHAES. Die Anzahl der Patienten ist unterschiedlich, da nicht alle Dokumentationen kontinuierliche Werte aufweisen und jeder Patient unterschiedliche Einsatzzeiten aufweist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 155 Patienten identifiziert werden. (SHT steht für Schädel-Hirn- Trauma, GCS für Glasgow Coma Scale,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, SvR für Small- volume Resuscitation mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, min. für Minuten, n für Fallzahl)**

### 3.10.3 Zeitmanagement von Arterenol und HyperHAES

Hinsichtlich des **Zeitmanagements** und der Verabreichung von Arterenol und HyperHAES zeigt sich, dass bei Polytraumatisierten mit einem schweren SHT (GCS <9) sowohl Arterenol als auch HyperHAES signifikant ( $p < 0,01$ ) früher verabreicht wurde als bei Patienten ohne ein SHT (Abbildung 28).

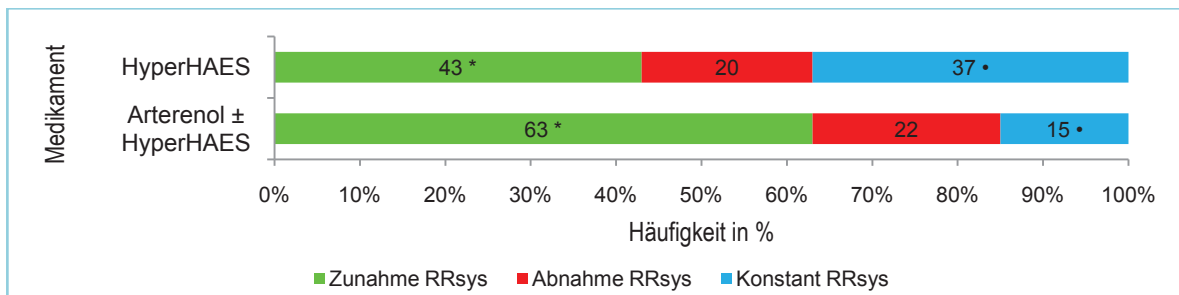


**Abbildung 28: Zeitmanagement von Arterenol und HyperHAES bei Polytraumatisierten mit und ohne schwerem SHT** als Säulendiagramm dargestellt. Angegeben als Mittelwert und Standardabweichung wird der Zeitpunkt von Medikamentengaben gezeigt (blaue Säule). Unterschieden wird zwischen einem schweren SHT (GCS <9) und keinem schweren SHT. Im linken Bereich der Abbildung wird die zeitliche Verabreichung von Arterenol dargestellt und im rechten Bereich die von HyperHAES. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Insgesamt wird in dieser Abbildung eine Fallzahl von 201 Patienten aufgeführt. Auf Grund von kombinierten Gaben von Arterenol und HyperHAES konnten für diese Auswertung 155 Patienten identifiziert werden. ( \*\*  $p < 0,01$ ; min. steht für Minuten,  $n$  für Fallzahl, SHT für Schädel-Hirn- Trauma, GCS für Glasgow Coma Scale)

Untersucht man in der Patientengruppe **mit einem schweren SHT** (GCS <9) die Verabreichungszeit von Arterenol und HyperHAES (n=103), so zeigen sich keine Unterschiede zwischen den 46 (45%) Patienten (Arterenol: 7,8 ± 8,3 min./ HyperHAES: 7,3 ± 6,4 min.), die bei Übergabe eine Normotension erreichen, gegenüber den 57 (55%) Patienten (Arterenol: 8,5 ± 9,4 min./ HyperHAES: 9,4 ± 10,9 min.), die keine Normotension erreichen. Derselbe Sachverhalt ergibt sich bei Patienten **ohne ein schweres SHT (GCS ≥9)** (n= 70). Bei 57 (82%) Patienten (Arterenol: 19,0 ± 17,1min./ HyperHAES: 16,4 ± 14,9 min.), die eine permissive Hypotension bei Übergabe erreichen, wird nicht signifikant früher Arterenol oder HyperHAES verabreicht, gegenüber den 13 (18%) Patienten (Arterenol: 21,4 ± 14,4min./ HyperHAES: 10,0 ± 8,0 min.), die keine permissive Hypotension erreichen. Zwar erkennt man bei den Patienten mit HyperHAES und keine permissive Hypotension erreichen eine um 6,4 min. frühere Verabreichungen. Dieser Unterschied ist allerdings nicht signifikant.

#### **3.10.4 Reaktion des $RR_{sys}$ auf Katecholamine und SvR**

Untersucht man die Reaktion des  $RR_{sys}$  auf die Verabreichung von Katecholamine und Small-volume Resuscitation in einem Zeitraum von 10 min. nach Verabreichung, so reagieren Patienten mit Arterenol ± HyperHAES (n=86) gegenüber Patienten, die nur HyperHAES (n=69) bekommen haben signifikant häufiger mit einer Zunahme des  $RR_{sys}$  (63% vs. 43%,  $p<0,05$ ), (Abbildung 29). Kein Unterschied besteht im Verhalten einer Abnahme des  $RR_{sys}$  zwischen den beiden Untergruppen. Patienten mit nur HyperHAES weisen signifikant häufiger eine neutrale systolische Blutdruckreaktion auf, als Patienten mit Arterenol und HyperHAES (37% vs. 15%,  $p<0,05$ ) (Abbildung 29).

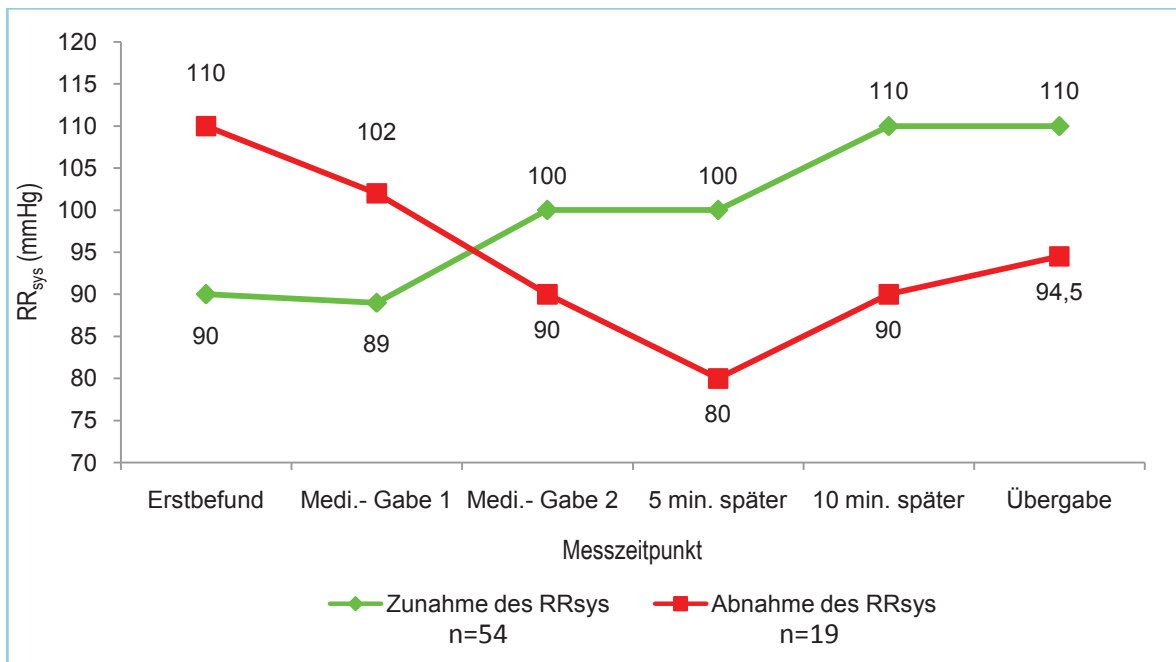


**Abbildung 29: Reaktion des systolischen Blutdrucks 10 min. nach Verabreichung von Katecholamine und HyperHAES**, als Balkendiagramm dargestellt. Aufgeführt sind Medikamentenverabreichungen von HyperHAES und Arterenol und/ oder HyperHAES. Angegeben in relativen Häufigkeiten zeigt der grüne Balkenabschnitt eine Zunahme des systolischen Blutdrucks. Der rote Balkenabschnitt eine Abnahme und der blaue Balkenabschnitt keine Reaktion des systolischen Blutdrucks. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 155 Patienten identifiziert werden. ( \*  $p < 0,05$ ;  $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, *min.* für Minuten)

### 3.10.5 Arterenol ± HyperHAES

Gehen wir genauer auf die Auswirkung von Arterenol ± HyperHAES ein. Dabei wird die Methode des Zeitverlaufs zu bestimmten Zeitpunkten verwendet. Die  $RR_{sys}$  - Werte sind im Median angegeben. Weiter sind zwei Zeitpunkte der Medikamentenverabreichung (Arterenol - Erstgabe/ Wiederholungsgabe und HyperHAES) möglich (Abbildung 30).

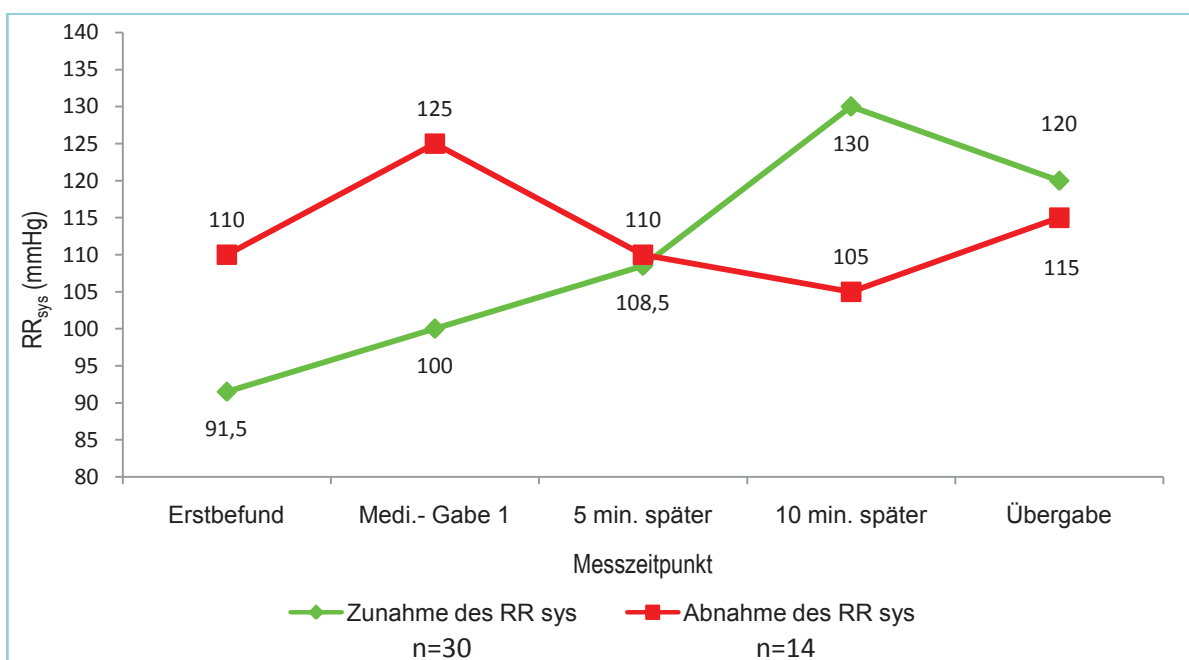
Ausgangspunkt sind aus Abbildung 28 die 54 (63%) Polytraumatisierten mit **Arterenol ± HyperHAES**. Diese haben eine Blutdruckzunahme und weisen eine signifikante Zunahme ab dem Zeitpunkt der ersten Medikamenten-/ Infusionsverabreichung bis 10 min. danach von 89 mmHg auf 110 mmHg ( $p < 0,01$ ) vor. Die 19 (22%) Patienten mit einer Blutdruckabnahme nehmen von der ersten Medikamenten-/ Infusionsverabreichung signifikant von 102 mmHg bis zum Zeitpunkt 5 min. auf 80 mmHg ab ( $p < 0,01$ ). Schließlich steigt der  $RR_{sys}$  nach weiteren 5 min. auf 90 mmHg und bei Übergabe wird 94,5 mmHg erreicht (Abbildung 30).



**Abbildung 30: Systolischer Blutdruckverlauf nach Verabreichung von Arterenol ± HyperHAES,** als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben als Median, wird der Erstbefund, die erste und zweite Medikamentengabe, 5 min. und 10 Minuten nach der Medikamentengabe und die Übergabe aufgezeigt. Die grüne Linie zeigt den Verlauf einer Zunahme des systolischen Blutdrucks. Die rote Linie zeigt den Verlauf einer Abnahme des systolischen Blutdrucks nach Verabreichung von Arterenol und HyperHAES. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 73 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, *Medi.* für Medikament, *min.* für Minuten, *n* für Fallzahl)

### 3.10.6 HyperHAES

Die 30 (43%) der Patienten nach Abbildung 28, die zum Kreislaufmanagement nur **HyperHAES** bekommen haben und eine Zunahme des  $RR_{sys}$  aufweisen, haben ab der Infusionsverabreichung bis 10 min. im weiteren Verlauf eine signifikante Zunahme ( $p<0,01$ ) des  $RR_{sys}$ . Die 14 (20%) Patienten mit einer Blutdruckabnahme weisen zum Zeitpunkt der HyperHAES- Verabreichung einen  $RR_{sys}$  von 125 mmHg auf. Diese fallen dann bis 10 min. im weiteren Verlauf signifikant auf 105 mmHg ab ( $p<0,01$ ) (Abbildung 31).



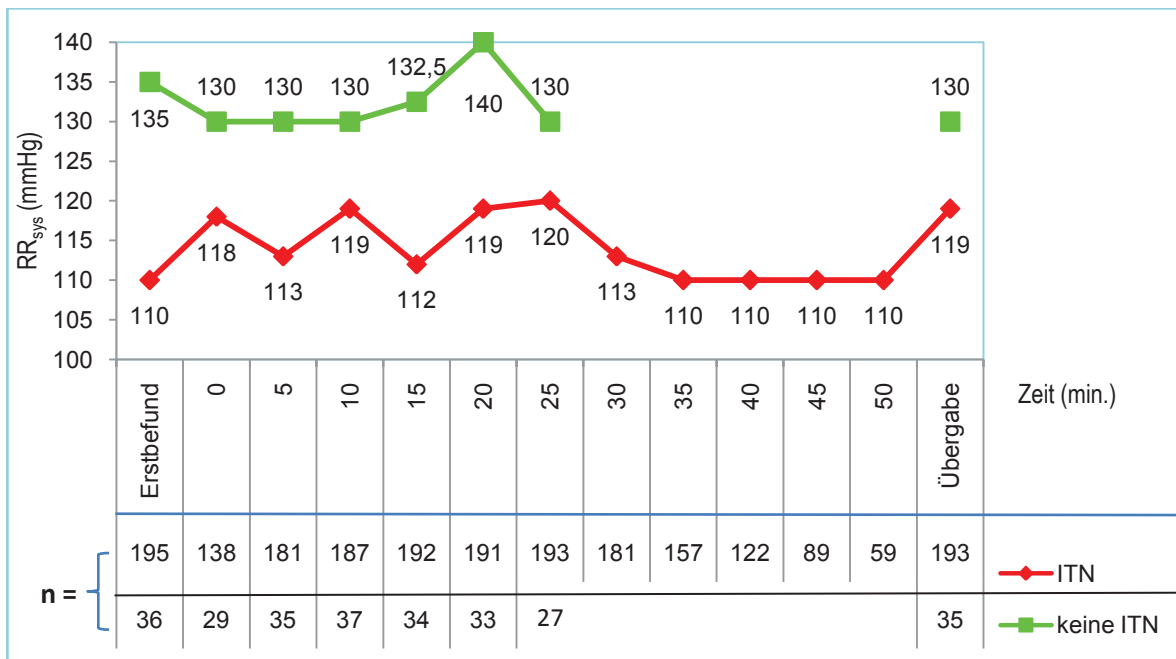
**Abbildung 31: Systolischer Blutdruckverlauf nach Verabreichung von HyperHAES**, als Liniendiagramm dargestellt. Angegeben als Median wird der Erstbefund, die erste Medikamentengabe, 5 min. und 10 Minuten nach der Medikamentengabe und die Übergabe aufgezeigt. Die grüne Linie zeigt den Verlauf einer Zunahme des systolischen Blutdrucks. Die rote Linie zeigt den Verlauf einer Abnahme des systolischen Blutdrucks nach Verabreichung von HyperHAES. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 44 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck,  $mmHg$  für Millimeter Quecksilbersäule, *Medi.* für Medikament, *min.* für Minuten, *n* für Fallzahl)

### 3.11 Beeinflussung der Kreislagsituation durch die frühe präklinische ITN

*Die frühe präklinische Intubation ist bei polytraumatisierten Patienten ein sehr häufig eingesetztes Mittel. Insbesondere wird es zur Abwendung einer drohenden bzw. einer vorhandenen primären Hypoxie/ Hypoxämie eines Patienten/ Polytraumatisierten eingesetzt. Ebenfalls ist die Intubation der Goldstandart zur Sicherung der Atemwege bei Patienten mit verminderten/ nicht vorhandenen Schutzreflexen (z.B. siehe SHT- Patienten (GCS <9)).Des Weiteren kann durch eine adäquate präklinische Narkose eine sinnvolle Analgosedierung bei Polytraumatisierten durchgeführt werden. Nicht nur die primäre Hypoxämie sondern ebenso die Hypoxie gehört mit zu den häufigsten Komplikationen sowohl in der präklinischen, frühen innerklinischen und intensivmedizinischen Versorgungsphase.*

*In diesem Kapitel wird untersucht, wie sich die präklinische Intubation auf die Kreislagsituation bei Polytraumatisierten auswirkt. Dabei greifen wir auf die vom Luftrettungsteam Christoph 22 intubierten Patienten (**n=211**) zurück.*

Vergleicht man den präklinischen Verlauf des systolischen Blutdrucks im Median, so erkennt man, dass Polytraumatisierte, die Aufgrund ihres schweren Verletzungsmusters intubiert und beatmet werden mussten, ein generell niedrigeres Blutdruckniveau und ein inhomogenes systolisches Blutdruckverhalten aufweisen als Patienten ohne Intubation (Abbildung 32).



**Abbildung 32: Allgemeiner systolischer Blutdruckverlauf von intubierten und nicht intubierten Polytraumatisierten** von Erstbefund bis Übergabe als Liniendiagramm dargestellt. Verlaufsanalyse in 5 min. Intervalle bis maximal 25 min. bzw. 50 min.. Angegeben als Median zeigt die rote Linie den systolischen Blutdruckverlauf von Patienten mit einer Intubation und die grüne Linie zeigt den systolischen Blutdruckverlauf von Patienten ohne Intubation. Die Anzahl der Patienten ist unterschiedlich, da nicht alle Dokumentationen kontinuierliche Werte aufweisen und jeder Patient unterschiedliche Einsatzzeiten aufweist. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten 298 Patienten identifiziert werden. ( $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck; mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, min. für Minuten, n für Fallzahl, ITN für Intubation)

### 3.11.1 Verteilung der Medikamentengabe

In der Verteilung von verwendeten Hypnotika in Tabelle 12 zeigt sich, dass sowohl bei Polytraumatisierten mit und ohne einem schweren SHT etwa zu gleichen Teilen Trapanal (46% vs. 45%) verwendet wurde. Im Unterschied dazu wurde bei Polytraumatisierten **ohne ein schweres SHT** (n=113) gegenüber Patienten mit einem schweren SHT (n=98) signifikant häufiger zusätzlich zu Trapanal noch das Anästhetikum **Ketanest** zur Narkoseeinleitung verwendet (47% vs. 26%,  $p < 0,01$ ). Patienten mit einem **Einklemmungstrauma** (n=49) zeigen gegenüber nicht eingeklemmten Patienten signifikant häufiger die Verwendung von zusätzlichem **Ketanest** auf (67% vs. 28%,  $p < 0,01$ ). Demgegenüber zeigt sich bei Polytraumatisierten **ohne ein Einklemmungstrauma** (n=162) eine signifikant häufigere alleinige Narkoseeinleitung mit **Trapanal** (51% versus 27%,  $p < 0,01$ ).

Bei Patienten mit einem initialen **Kreislaufschock** ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) wird häufiger zu Trapanal zusätzlich noch Ketanest zur Narkoseeinleitung eingesetzt. Der Unterschied erweist sich aber als nicht signifikant (43% vs. 35%,  $p > 0,05$ ) (Tabelle 12).

**Tabelle 12: Erweiterte Darstellung von verwendeten Hypnotika bei der ITN in verschiedenen Verletzungsgruppen.** Angegeben in relativen Häufigkeiten wird bei verschiedenen Verletzungsmustern die Verwendung der Narkosemedikamente Trapanal und Ketanest und/ oder Trapanal dargestellt. Aufgeführt sind Patienten mit schwerem Schädel-Hirn- Trauma (GCS <9) (S), ohne schweres Schädel-Hirn- Trauma (S-), mit schwerem Thoraxtrauma (T) mit und ohne Thoraxdrainage, das schwere Abdominal- und/ oder Becken- Trauma (A±B) und das Einklemmungstrauma (ET). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 211 Patienten identifiziert werden. (  $**p < 0,01$ ;  $**p < 0,01$ ;  $^{\circ}p < 0,01$ ; S steht für Schädel-Hirn- Trauma, S- für kein Schädel-Hirn- Trauma, A ± B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, ET für Einklemmungstrauma, TXD für Thoraxdrainage, TXD+ für mit Thoraxdrainage, TXD- für ohne Thoraxdrainage, ITN für Intubation, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule, n für Fallzahl)

| S                 | A ± B | T | ET   | TXD   | ≤90<br>mmHg | Trapanal          | Ketanest<br>±Trapanal | Sonstige | n   |
|-------------------|-------|---|------|-------|-------------|-------------------|-----------------------|----------|-----|
| Gesamt- Kollektiv |       |   |      |       |             | 45%               | 38%                   | 17%      | 211 |
| S                 |       |   |      |       |             | 46%               | 26% <sup>°°</sup>     | 28%      | 98  |
| S -               |       |   |      |       |             | 45%               | 47% <sup>°°</sup>     | 8%       | 113 |
|                   |       | T |      |       |             | 42%               | 40%                   | 18%      | 137 |
|                   |       | T |      | TXD + |             | 38%               | 41%                   | 21%      | 56  |
| S                 |       | T |      | TXD - |             | 52%               | 22%                   | 26%      | 27  |
| S -               |       | T |      | TXD - |             | 44%               | 53%                   | 3%       | 36  |
|                   | A ± B |   |      |       |             | 36%               | 40%                   | 24%      | 90  |
| S -               | A ± B |   |      |       |             | 33%               | 58%                   | 9%       | 54  |
|                   |       |   |      |       | ≤90         | 35%               | 43%                   | 22%      | 63  |
|                   |       |   | ET   |       |             | 27% <sup>**</sup> | 67% <sup>**</sup>     | 6%       | 49  |
|                   |       |   | ET - |       |             | 51% <sup>**</sup> | 28% <sup>**</sup>     | 21%      | 162 |

### 3.11.2 Intubationszeitraum bezüglich der systolischen Kreislaufreaktion

*Untersucht wird das Kreislaufverhalten,  $RR_{sys}$ , von verschiedenen Verletzungsmustern im Intubationszeitraum. Dabei ist der Intubationszeitraum wie folgt definiert:*

*Dieser ist der Zeitraum 5 min. vor der eigentlichen Intubation (Narkoseeinleitung) bis 5 min. nach der Intubation.*

*Ferner werden in den Auswertungen nur Blutdruckschwankungen von mindestens 10 mmHg berücksichtigt. Eine Größe gilt als auffällig, wenn Häufigkeiten von mindestens 50% vorliegt. Nachfolgende Erläuterung bezieht sich auf Tabelle 13.*

Patienten, die **kein schweres SHT** (n=108) aufweisen, erleiden bedeutend häufiger eine Blutdruckabnahme als eine Blutdruckzunahme während des Intubationszeitraumes (51% vs. 34%,  $p < 0,05$ ) als Patienten mit einem schweren SHT (n=83; GCS <9).

Filtert man aus den nicht SHT- Patienten diejenigen Patienten mit einem **schweren Abdominal- Becken- Trauma** (n=51) heraus, erkennt man innerhalb dieser Untergruppe eine deutlich häufigere Blutdruckabnahme als Blutdruckzunahme im Intubationszeitraum (55% vs. 31%). Patienten mit einem schweren Thoraxtrauma, welche eine **Thoraxdrainage** (n=65) benötigen, reagieren im Intubationszeitraum signifikant häufiger mit einer Blutdruckzunahme als Polytraumatisierte mit einem Thoraxtrauma ohne Thoraxdrainage (n=59) (46% versus 27%,  $p < 0,05$ ). Liegt ein **Einklemmungstrauma** (n=46) vor, reagieren im Intubationszeitraum 50% mit einem Blutdruckabfall. Deutlicher wird dieses Ergebnis, wenn zusätzlich noch eine *Thoraxdrainage* nötig war. Dann reagieren 58% mit einem Blutdruckabfall. Polytraumatisierte, welche sich initial im hämodynamischen **Kreislaufschock** befinden, reagieren im Intubationszeitraum 61% mit einer merklichen Blutdruckzunahme.

Nur 23% reagieren demgegenüber mit einer Blutdruckabnahme (Tabelle 13). Im Gesamtüberblick lässt sich erkennen, dass bei Polytraumatisierten **mit einem vorliegenden SHT** (GCS <9) und in deren Untergruppen (Tabelle 13) der Anteil der Blutdruckzunahme gegenüber einer Blutdruckabnahme immer höher liegt. Proportional umgekehrt lässt sich bei der Intubation in diversen

Patientengruppen mit einem **schweren Abdominal- Becken- Trauma oder Thoraxtrauma** ohne eine Beteiligung eines schweren SHT (GCS <9) durchweg häufiger eine Blutdruckabnahme als eine Blutdruckzunahme erkennen (Tabelle 13).

**Tabelle 13: Erweiterte Analyse hinsichtlich des Blutdruckverhaltens Polytraumatisierter im Intubationszeitraum.** Der Intubationszeitraum reicht von 5 min. vor Intubation, als Narkoseeinleitung, bis 5 min. nach der durchgeführten Intubation. Angegeben in relativen Häufigkeiten wird bei verschiedenen Verletzungsmustern die Zunahme, Abnahme und das Konstantbleiben des systolischen Blutdruck dargestellt. Aufgeführt sind Patienten mit schwerem Schädel-Hirn- Trauma (GCS <9) (S), ohne schweres Schädel-Hirn- Trauma (S -), mit schwerem Thoraxtrauma (T) mit und ohne Thoraxdrainage, das schwere Abdominal- und/ oder Becken- Trauma (A±B) und das Einklemmungstrauma (ET) und mit einem initialen Kreislaufchock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 191 Patienten identifiziert werden. (\* $p < 0,05$ ; • $p < 0,05$ ; ↑ = Zunahme; ↓ = Abnahme; → = Konstant; S steht für Schädel-Hirn- Trauma, S+ für mit Schädel-Hirn- Trauma, S- für ohne Schädel-Hirn- Trauma, A ± B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, ET für Einklemmungstrauma, TXD für Thoraxdrainage, TXD+ für mit Thoraxdrainage, TXD- für ohne Thoraxdrainage, GCS für Glasgow Coma Scale,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, min. für Minuten, n für Fallzahl)

|                   |       |   |    |      |                | Reaktion des $RR_{sys}$ |              |              | n   |
|-------------------|-------|---|----|------|----------------|-------------------------|--------------|--------------|-----|
| S                 | A ± B | T | ET | TXD  | $\leq 90$ mmHg | $RR_{sys}$ ↓            | $RR_{sys}$ ↑ | $RR_{sys}$ → |     |
| Gesamt- Kollektiv |       |   |    |      |                | 42%                     | 36%          | 22%          | 191 |
| Gesamt- Kollektiv |       |   |    |      |                | Trapanal ± Ketanest     |              |              | 73  |
|                   |       |   |    |      |                | Trapanal                |              |              | 90  |
| S+                |       |   |    |      | GCS <9         | 34%*                    | 45%          | 22%          | 83  |
| S -               |       |   |    |      | GCS $\geq 9$   | 51%*                    | 35%          | 14%          | 108 |
| S                 | A±B   |   |    |      |                | 27%                     | 47%          | 27%          | 30  |
| S                 |       | T |    |      |                | 35%                     | 46%          | 19%          | 48  |
| S                 | A±B   | T |    |      |                | 29%                     | 46%          | 25%          | 24  |
|                   | A±B   |   |    |      |                | 44%                     | 33%          | 22%          | 81  |
| S -               | A±B   |   |    |      |                | 55%                     | 31%          | 14%          | 51  |
|                   | A±B   | T |    |      |                | 48%                     | 31%          | 22%          | 65  |
|                   |       | T |    |      |                | 45%                     | 37%          | 18%          | 124 |
|                   |       | T |    | TXD+ |                | 42%                     | 46%•         | 12%          | 65  |
|                   |       |   |    | TXD- |                | 49%                     | 27%•         | 24%          | 59  |
|                   |       |   | ET |      |                | 50%                     | 33%          | 17%          | 46  |
|                   |       |   | ET | TXD+ |                | 58%                     | 42%          | 0%           | 19  |
|                   |       |   |    |      | $\leq 90$      | 23%                     | 61%          | 16%          | 57  |

### 3.11.3 Trapanal, Ketanest in Bezug auf den systolischen Blutdruck und Verletzungsmuster

Betrachtet man im Gesamtkollektiv (n=211) in Tabelle 14 die Patienten im Intubationszeitraum mit einer Blutdruckabnahme bzw. Blutdruckzunahme (n= 149), erkennt man, dass in der Gruppe mit einer Blutdruckabnahme (n=69) signifikant häufiger Patienten ein schweres SHT (GCS <9) aufweisen (52% vs. 35%,  $p<0,05$ ). Ebenfalls erkennt man im Gesamtkollektiv (n=149), dass sich in der Patientengruppe mit einer Blutdruckzunahme (n=80) signifikant häufiger Patienten mit einem initialen hämodynamischen Kreislaufschock befinden (51% versus 14%,  $p<0,01$ ).

In einer differenzierten Medikamentenbetrachtung erkennt man, dass bei verwendeten **Trapanal** und einer einhergehenden *Blutdruckzunahme* im Intubationszeitraum signifikant mehr Patienten ein schweres SHT (GCS <9) (60% vs. 37%,  $p<0,05$ ), signifikant häufiger ein schweres Thoraxtrauma mit einer Thoraxdrainage (46% vs. 21%,  $p<0,05$ ) und signifikant häufiger Patienten einen initialen Kreislaufschock (45% vs. 5%,  $p<0,01$ ) haben, als in der Patientengruppe mit einer Blutdruckabnahme. Patienten, die zur Einleitung **Ketanest ± Trapanal** bekommen haben und eine *Blutdruckabnahme* im Intubationszeitraum aufweisen, haben signifikant häufiger eine schweres Abdominal ± Becken- Trauma als Patienten in der gleichen Gruppe mit einer Blutdruckzunahme (45% vs. 13%,  $p<0,05$ ). Umgekehrt dazu sind bei Patienten mit Ketanest ± Trapanal und einer *Blutdruckzunahme* signifikant häufiger Polytraumatisierte mit einem initialen Kreislaufschock (56% vs. 24%,  $p<0,05$ ) (Tabelle 14).

**Tabelle 14: Verteilung des Verletzungsmusters in Abhängigkeit vom Blutdruckverhalten während der Intubation bei verschiedenen Narkotika.** Die Intubation reicht von 5 min. vor Intubation, als Narkoseeinleitung, bis 5 min. nach der durchgeführten Intubation. Angegeben in relativen Häufigkeiten wird bei verschiedenen Verletzungsmustern die Zunahme und Abnahme des systolischen Blutdrucks. Dabei wird zwischen dem Gesamtkollektiv, Patienten mit Trapanal und Patienten mit Ketanest und/ oder Trapanal unterschieden. Aufgeführt sind Patienten mit schwerem Schädel-Hirn- Trauma (GCS <9) (S), mit schwerem Thoraxtrauma (T) mit und ohne Thoraxdrainage, das schwere Abdominal- und/ oder Becken- Trauma (A±B) und das Einklemmungstrauma (ET) und mit einem initialen Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg). Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 149 Patienten identifiziert werden. ( \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,01$ ; ↑ = Zunahme; ↓ = Abnahme; S steht für Schädel-Hirn- Trauma, S- für ohne Schädel-Hirn- Trauma, A ± B für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, T für Thoraxtrauma, ET für Einklemmungstrauma, TXD für Thoraxdrainage, TXD+ für mit Thoraxdrainage, TXD- für ohne Thoraxdrainage, mmHg für Millimeter Quecksilbersäule,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, n für Fallzahl)

| S  | A ± B | T | ET | TXD   | ≤90 mmHg | n | Gesamtkollektiv (n=149) |              | Trapanal (n=73) |              | Ketanest ± Trapanal (n= 56) |              |
|----|-------|---|----|-------|----------|---|-------------------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------------------|--------------|
|    |       |   |    |       |          |   | $RR_{sys}$ ↓            | $RR_{sys}$ ↑ | $RR_{sys}$ ↓    | $RR_{sys}$ ↑ | $RR_{sys}$ ↓                | $RR_{sys}$ ↑ |
|    |       |   |    |       |          | n | 80                      | 69           | 38              | 35           | 33                          | 23           |
| S  |       |   |    |       |          |   | 35%*                    | 52%*         | 37%*            | 60%*         | 24%                         | 30%          |
| S- | A ± B |   |    |       |          |   | 31%                     | 22%          | 21%             | 11%          | 45%*                        | 13%*         |
|    |       | T |    | TXD + |          |   | 31%                     | 45%          | 21%*            | 46%*         | 45%                         | 35%          |
|    |       |   | ET |       |          |   | 26%                     | 20%          | 8%              | 17%          | 52%                         | 26%          |
|    |       |   |    |       | ≤90      |   | 14%**                   | 51%**        | 5%**            | 45%**        | 24*%                        | 56%*         |

### 3.11.4 Fazit und wichtige Resultate aus der zeitlichen Verlaufsanalyse

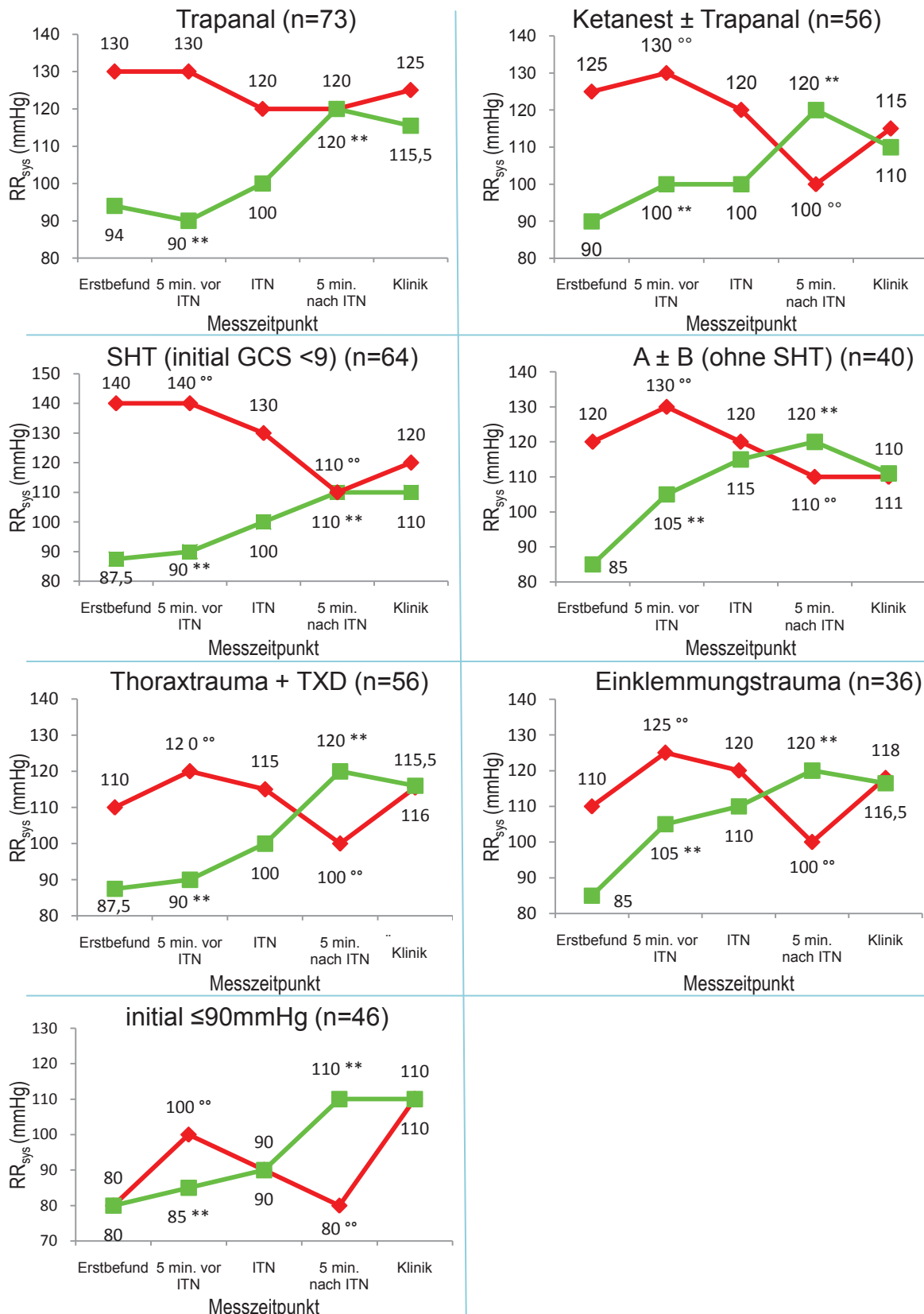
*Dabei beziehen wir uns auf eine  $RR_{sys}$  -Zunahme und  $RR_{sys}$  -Abnahme in Abhängigkeit von einem für den Verlauf markante Zeitpunkte (Erstbefund, Intubationszeitraum, Klinik). Die Werte in Abbildung 33 sind im Median angegeben.*

#### **Systolische Blutdruckabnahme bei Intubation:** (Abbildung 33)

Hinsichtlich des Verhaltens des  $RR_{sys}$  während der Intubation zeigt sich in fast allen betrachteten Untergruppen (Trapanal, Ketanest ± Trapanal, SHT (initial GCS <9), Abdominal ± Becken- Trauma ohne schweres SHT, Thoraxtrauma + Thoraxdrainage, Einklemmungstrauma), dass die Patienten, die während des Intubationszeitraumes eine Blutdruckabnahme haben, beim Erstbefund und zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung *relativ stabile Kreislaufverhältnisse* aufweisen. Entweder besteht mindestens eine Normotension ( $RR_{sys} \geq 120$  mmHg) oder die Patienten befinden sich knapp darunter. Außer Patienten, die sich initial im Kreislaufchock befinden, und während der Intubation einen Blutdruckabfall haben, weisen initial im Median einen  $RR_{sys}$  von 80 mmHg auf. Im Median gemessen weisen alle Patientengruppen eine signifikante Blutdruckabnahme auf ( $p < 0,01$ ).

#### **Systolische Blutdruckzunahme bei Intubation:** (Abbildung 33)

Patienten in den einzelnen Untergruppen, die eine systolische Blutdruckzunahme verzeichnen, befinden sich initial in den jeweiligen Gruppen im Median bis auf Patienten mit Trapanal im hämodynamischen Kreislaufchock. Während des Intubationszeitraumes kann allerdings in allen Untergruppen (Abbildung 33) eine signifikante Zunahme ( $p < 0,01$ ) des systolischen Blutdrucks verzeichnet werden. Patienten mit Trapanal, Ketanest ± Trapanal, einem schweren Abdominal ± Becken-Trauma ohne schweres SHT (GCS <9), Einklemmungstrauma, einem Thoraxtrauma + Thoraxdrainage erreichen im Intubationszeitraum eine **Normotension**. Patienten mit einem schweren SHT (GCS <9) erreichen **keine Normotension**, allerdings im Median eine permissive Hypotension (Md: 110 mmHg). Patienten mit einem initialem Kreislaufchock erreichen ebenfalls innerhalb des Intubationszeitraumes eine permissive Hypotension (Md: 110 mmHg).



**Abbildung 33: Erweiterte Analyse des systolischen Blutdruckverlaufs bei Polytraumatisierten während des Intubationszeitraumes hinsichtlich einer Abnahme oder Zunahme des systolischen Blutdrucks, als Liniendiagramme dargestellt. Der Intubationszeitraum reicht von 5 min. vor Intubation, als Narkoseeinleitung, bis 5 min. nach der durchgeführten Intubation. Im Median angegeben zeigt die grüne Linie eine Zunahme des systolischen Blutdrucks und die rote Linie eine Abnahme des systolischen Blutdrucks. Aufgeführt sind Patienten die Trapanal,**

Ketanest und/ oder Trapanal bekommen haben, ein schweres Schädel-Hirn- Trauma ( $GCS < 9$ ), ein schweres Abdominal- und /oder Becken- Trauma ( $A \pm B$ ), ein schweres Thoraxtrauma mit Thoraxdrainage (TXD), ein Einklemmungstrauma erlitten haben und Patienten, die initial einen Kreislaufschock ( $RR_{sys} \leq 90$  mmHg) aufweisen. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 221 Patienten identifiziert werden. ( °°  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; *SHT* steht für Schädel- Hirn- Trauma,  $A \pm B$  für Abdominal- und/oder Becken- Trauma, *ITN* für Intubation, *TXD* für Thoraxdrainage, *GCS* für Glasgow Coma Scale,  $RR_{sys}$  für systolischen Blutdruck, *mmHg* für Millimeter Quecksilbersäule, *min.* für Minuten, *n* für Fallzahl)

In der Abschließenden Tabelle 15 ist eine erweiterte Analyse hinsichtlich des Blutdruckverhaltens im Zeitraum der Intubation zu sehen. In Bezug auf Tabelle 14 und Abbildung 33 ist zu erkennen, dass in der Intubationsgruppe mit einem Blutdruckanstieg knapp über die Hälfte der Patienten (51% /siehe Tabelle 14) initial einen Kreislaufschock aufweisen. Diese aber in Abbildung 32 im Median eine Blutdruckzunahme im Intubationszeitraum haben. Aus Tabelle 15 ist ersichtlich, dass diese Patienten, welche mit einer Blutdruckzunahme reagieren, signifikant früher nach Beginn der On- scene Phase intubiert wurden, als Patienten, die eine Blutdruckabnahme haben ( $10.1 \pm 7.8$  min. vs.  $14.6 \pm 13.0$  min.;  $p < 0.05$ ). Noch deutlicher wird der Sachverhalt wenn man nur Patienten vergleicht, die Arterenol bekommen haben ( $7.1 \pm 6.6$  min. vs.  $16.1 \pm 15.2$  min.;  $p < 0,01$ ). In der Tendenz wird häufiger Arterenol bei/ vor der Intubation verabreicht. Statistisch allerdings nicht signifikant (53% vs. 34%;  $p = 0.2$ ). Allerdings zeigt sich in beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied im Zeitintervall zwischen Intubation und Verabreichung von Arterenol.

**Tabelle 15: Erweiterte Analyse hinsichtlich systolischer Blutdruckabnahme- und Blutdruckzunahme bei der Intubation in Bezug auf Katecholamin und HyperHAES Verabreichung.** Die Intubation reicht von 5 min. vor Intubation, als Narkoseeinleitung, bis 5 min. nach der durchgeführten Intubation. Unterschieden wird die Patientengruppe die entweder während der Intubation eine systolische Blutdruckabnahme ( $RR_{sys} \downarrow$ ) oder Blutdruckzunahme ( $RR_{sys} \uparrow$ ) haben. Angegeben in absoluten und relativen Häufigkeiten ist die Anzahl an Patienten, aus jener Patientengruppe, die während einer Intubation eine Blutdruckabnahme ( $RR_{sys} \downarrow$ ) oder Blutdruckzunahme ( $RR_{sys} \uparrow$ ) aufweisen und im präklinischen Verlauf Arterenol und HyperHAES bekommen haben. Angegeben in Mittelwert und Standardabweichung sind der Intubationszeitpunkt und der Zeitpunkt der Medikamentenverabreichung in der Medikamentengruppe Arterenol und HyperHAES. Es wurden alle Patienten im Zeitraum vom 01.12.2006 bis zum 31.07.2009 mit dem präklinischen Verletzungsmuster eines Polytraumas, welche durch das Notarztteam des Rettungshubschraubers Christoph 22 im Rahmen eines Primäreinsatzes präklinisch versorgt wurden, in das Studienkollektiv eingeschlossen. Es konnten für diese Auswertung 149 Patienten identifiziert werden. ( °°p<0,01; \*\* p<0,01; \* p<0,05; ↑ = Zunahme; ↓ = Abnahme;  $RR_{sys}$  steht für systolischen Blutdruck, min. für Minuten, ITN für Intubation)

|                                | Intubation            |                     |
|--------------------------------|-----------------------|---------------------|
|                                | $RR_{sys} \downarrow$ | $RR_{sys} \uparrow$ |
| Anzahl (Prozent)               | 80 (100%)             | 69 (100%)           |
| Intubation (min.)              | 14,6 ± 13,0*          | 10,1 ± 7,8*         |
| <b>Arterenol</b>               |                       |                     |
| Anzahl (Prozent)               | 32 (40%)              | 19 (28%)            |
| Intubation (min.)              | 16,1 ± 15,2**         | 7,1 ± 6,7**         |
| Verabreichung Arterenol (min.) | 19,3 ± 15,1°°         | 9,2 ± 8,7°°         |
| vor/ bei ITN                   | 11(34%)               | 10 (53%)            |
| <b>HyperHAES</b>               |                       |                     |
| Anzahl (Prozent)               | 36 (45%)              | 38 (55%)            |
| Verabreichung HyperHAES (min.) | 12,6 ± 15,5           | 10,1 ± 12,5         |
| vor/ bei ITN                   | 25 (70%)              | 25 (66%)            |

## 4 Diskussion

Die Versorgung Polytraumatisierter stellt trotz der heutigen modernen Medizin eine Herausforderung dar. Die wichtigsten zentralen Elemente sind hier insbesondere die präklinische Notfallmedizin bis hin zur primären innerklinischen Versorgungsphase im Schockraum. Hierbei wissensbasierte und kompetente Vorgehensweisen können bei lebensgefährlichen Verletzungen zu einem positiven Outcome führen. Dadurch wird das Ziel, die Mortalität und Morbidität zu senken, umgesetzt.

Die adäquate Versorgung Polytraumatisierter erfordert ein hohes Maß an Professionalität. Die Komplexität der Versorgung Polytraumatisierter wird neben der innerklinischen Notfallversorgung im Schockraum ebenfalls beim präklinischen Versorgungsablauf deutlich.

Ziel dieser Studie ist es Schwachstellen in der präklinischen Versorgung Polytraumatisierter und deren Ursachen herauszufinden.

Für die Beurteilung der Effektivität von Handlungsabläufen erweist sich ein Qualitätsmanagement als sehr vorteilhaft. Bei bisherigen Analysen, die sich nur auf Struktur- und Ergebnisqualität (z.B. Blutdruck bei Übergabe im Schockraum) beziehen, lassen sich Versorgungsprozesse nur sehr eingeschränkt, bis gar nicht erfassen. Im Gegensatz dazu lässt sich in der vorliegenden Prozessanalyse die Qualität der präklinischen Versorgung umfassend evaluieren, um auch Ursachen für mögliche Schwachstellen herauszufiltern. Mit der in dieser Arbeit vorgestellten erweiterten Analyseverfahren (z.B. zeitlicher Verlauf von Vitalparameter) wird somit die Qualität in Bezug auf dynamische Prozesse untersucht. Unter anderem lassen sich hierbei Informationen über die Ursache für die Nichteinhaltung geforderter Kriterien erkennen, sodass nach einer kritischen Reflexion Verbesserungsmöglichkeiten gefordert werden können.

## 4.1 Epidemiologie

Die Ergebnisse dieser retrospektiven Analyse, die die demographischen Variablen, die Verletzungsursache und das Verletzungsmuster der Körperregionen erfasst, entsprechen den Daten des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) [17, 36]. Das mittlere Alter der vorliegenden Studie beträgt  $39,8 \pm 21,8$  Jahre. Ältere Studien zeigen einen eindeutigen Altersgipfel um das zwanzigste Lebensjahr [71]. Im Vergleich dazu, zeigt diese Auswertung nun einen mehrgipfligen Verlauf auf, mit den Maxima von 20 bis 29 Jahren, 40 bis 49 Jahren und  $\geq 60$  Jahre. Eine Altersverschiebung ins höhere Lebensalter ist zu verzeichnen, da circa 1/5 aller Polytraumatisierten die Gruppe der  $\geq 60$  Jährigen umfasst.

Im Traumaregister der DGU liegt das mittlere Alter in unserem Vergleichszeitraum zwischen 43 und 45 Jahre [17]. Von 1994 bis 2008 steigt das durchschnittliche Alter von 38 auf 44 Jahre an [16]. Gleichzeitig verdoppelt sich der Anteil der  $\geq 60$  Jährigen von 12% im Jahr 1994 auf 25% im Jahr 2008 [16, 87].

Die epidemiologischen Altersveränderungen deuten auf ein verändertes Freizeitverhalten im mittleren und höheren Lebensalter hin. Durch die verbesserte Lebensqualität älterer Menschen sind diese mobiler, wodurch die Unfallwahrscheinlichkeit zunimmt. Weiter ist zu beachten, dass Polytraumatisierte  $\geq 60$  Jahre vermehrt unter Komorbiditäten leiden. Circa 60% der  $\geq 65$  Jährigen und 80% der  $> 84$  Jährigen leiden unter mindestens einer bzw. mehr als zwei Grunderkrankungen [92]. Dieses Patientenkontingent weist in Bezug auf das Management in der präklinischen Versorgungsphase Besonderheiten auf. Vorerkrankungen haben verminderte pathophysiologische Kompensationsmechanismen zur Folge. Betroffen sind hierbei besonders das Airway- und Breathing- Management, das Herz- und Kreislaufmanagement und das Blutungs- und Gerinnungsmanagement. Letzteres ist unter anderem durch diverse Medikamenteneinnahmen bedingt [87].

## 4.2 Routineauswertung versus erweitertes Qualitätsmanagement

Hinsichtlich den Auswertungen nach den LIKS<sup>®</sup>-Kriterien sind Optimierungen im Bereich des Kreislaufmanagement bei schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9 // RR<sub>sys</sub> ≥120 mmHg bei Klinikübergabe) und im Bereich des Zeitmanagement (Prähospitalzeit ≤60 min.) ersichtlich.

### 4.2.1 Erweiterte Analyse des Zeitmanagement

In der vorliegenden Analyse beträgt die durchschnittliche Prähospitalzeit  $60 \pm 18$  min.. Verschiedene Analysen deuten darauf hin, dass eine kurze präklinische Verweildauer einen Überlebensvorteil bringt [10, 26, 69]. Allerdings stützt sich diese Aussage hauptsächlich auf dem Paramedic- System im angloamerikanischen Raum. Kleber et al. kann auf der Basis von ca. 20000 Patienten des Traumaregisters der DGU nachweisen, dass eine kürzere Rettungszeit nicht mit einem relevanten Vorteil für das Überleben der Schwerverletzten einhergeht [43]. Eine längere Rettungszeit geht mit einer höheren Verletzungsschwere einher. Korreliert aber nicht mit einer höheren Krankenhausletalität. Dieses positive Ergebnis kann durch die Zunahme der präklinisch angewendeten invasiven Maßnahmen durch einen Notarzt erklärt werden [43]. Dennoch wird im Sinne eines zeitkritischen Vorgehens im Eckpunktepapier zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in Klinik und Präklinik bei Polytraumatisierten eine Maximalzeit von 60 min., vom Unfallzeitpunkt bis Beginn von klinischen Maßnahmen im Schockraum, gefordert [21]. Im Jahr 2011 liegt diese geforderte Zeitdauer in Deutschland durchschnittlich bei  $70 \pm 54$  min. [21]. Die oben beschriebene Versorgungszeit des Traumateam Christoph 22 lässt sich durch die strikte Umsetzung der geforderten Leitlinien erklären. Allerdings erkennt man auch, dass in Deutschland zwischen geforderter Maximalzeit und realer Zeitdauer immer noch eine Differenz besteht. Ein Grund dafür ist zum einen die (zu späte) Nachalarmierung des Rettungshubschraubers bei schwerem Trauma durch das bodengebundene Rettungs-/ Notarztsystem. Gries et al. kann zeigen, dass in solchen Fällen durchschnittlich  $17 \pm 15$  min. nach Eintreffen des bodengebundenen Notarztes der Rettungshubschrauber nachalarmiert wird [29]. Dies schließt auf eine falsche Herangehensweise bei der

Disponierung geeigneter Rettungsmittel [29]. Zum anderen wird kritisch angemerkt, dass der Einsatz von luftgebundenen Rettungsmitteln die Prähospitalzeit verlängert [54]. Die längere Verweildauer des RTH- Teams am Unfallort lässt sich durch die absolute Notwendigkeit einer größeren Anzahl von invasiven Interventionen (Narkosedurchführung, Intubation und Beatmung, Anlage einer Thoraxdrainage) erklären [27]. Trotz des Aspektes einer verlängerten Prähospitalzeit, die auch auf die Schwere der lebensbedrohlichen Verletzungen zurückzuführen ist, ist es absolut sinnvoll präklinisch die oben genannten invasiven Maßnahmen in einer akuten lebensbedrohlichen Lage durchzuführen. Medizinisch indizierte Maßnahmen sollten unbedingt unter dem Grundsatz - **treat and run** - präklinisch durchgeführt werden [2, 43]. Die Vermutung liegt nahe, dass diese Patienten in akuten lebensbedrohlichen Zuständen ohne diese präklinischen Maßnahmen den primären Transport in die Klinik nicht überlebt hätten, oder zumindest mit einer höheren Morbiditätsrate einhergegangen wäre. Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass nicht der Einsatz eines Rettungshubschraubers an sich die Prähospitalzeit verlängert, sondern die falschen Alarmierungsstrategien zu Zeitverzögerungen in der präklinischen Versorgung führen.

Im Durchschnitt kann in der vorliegenden Studie die geforderte Prähospitalzeit von maximal 60 min. eingehalten werden [21]. Dennoch zeigt die erweiterte vorliegende Analyse, dass in 36% der Fälle die geforderte Prähospitalzeit nicht eingehalten werden kann. In diesen Fällen war die On- scene Zeit signifikant verlängert. Der maßgebliche Grund dafür, lässt sich in der signifikant häufigeren Einklemmungssituation erklären (44% bei >60 min. prähospital vs. 10% bei ≤60 min. prähospital //  $p < 0,01$ ).

In einer Studie aus dem Bereich der ADAC- Luftrettung aus den Jahren 2001 und 2002 kann die geforderte Zeit von maximal 60 min. in 64% der Fälle nicht eingehalten werden [71].

Unter dem Aspekt eines zeitkritischen Handelns ist es unabdingbar, schnelle und zugleich schonende Rettungstechniken bei eingeklemmten Patienten zu entwickeln [88]. In der vorliegenden Studie zeigt sich, dass die Phase der technischen Rettung, bei einer Crash- Rettung (Indikation zur Anlage einer Thoraxdrainage) kürzer ist, als bei einer schonender Rettung (keine Indikation zur

Anlage einer Thoraxdrainage) ( $20,4 \pm 12,8$  min. vs.  $14,7 \pm 12,5$  min.) [36, 38]. Bei den eingeklemmten Patienten, die mittels schonender Bergung befreit werden, wurde eine perakute vitale Bedrohung während der Einklemmungssituation behoben [36]. Schlussfolgernd zeigt sich ein sinnvolles und konzeptionell durchdachtes zeitkritisches Vorgehen des Traumateam Christoph 22. Dennoch müssen unter Betrachtung immer robusterer Fahrgastsicherheitszellen sowohl neue Verfahrensweisen und Herangehensweisen aus Sicht der technischen Rettung als auch neue Methoden des Zeitmanagements zwischen der technischen und medizinischen Rettungsmannschaft entwickelt werden [68]. Nur dadurch kann bei diesen Patienten effizient die Prähospitalphase verkürzt werden.

Neben den eingeklemmten Patienten gibt es einen gewissen Anteil, für die es keine direkt ableitbaren Gründe für die signifikant verlängerte Prähospitalzeit gibt. Es besteht die Vermutung, dass bei diesem Anteil an Patienten nicht zeitkritisch genug gehandelt wird [36].

In den Fällen, in denen die geforderten 60 min. nicht eingehalten werden (36% der Polytraumatisierten) ist die Transportzeit ebenfalls verlängert ( $17,3 \pm 9,4$  vs.  $13,3, \pm 4,8$ ,  $p < 0,01$ ). Es ist bewiesen, dass Polytraumatisierte eine erhöhte Überlebensrate und geringere Morbidität aufweisen, wenn diese primär an einem Traumazentrum versorgt werden [15]. Aufgrund der ländlichen Strukturen des untersuchten Gebietes ist der Transport von Polytraumatisierten in spezialisierte Traumazentren automatisch mit einer längeren Flugzeit verbunden. Ein weiterer Grund für die verlängerten Transportzeiten kann ein Notarztmangel im ländlichen Raum sein. Dadurch werden Rettungshubschrauber häufiger über längere Distanzen alarmiert und sind somit außerhalb des optimalen Operationsradius von 50 km tätig. Dies hat wiederum längere Flugzeiten in das nächstgelegene überregionale Traumazentrum zur Folge [36].

Neben der reinen Analyse der Prähospitalzeit muss die On- scene Zeit im Rahmen des Zeitmanagement differenziert betrachtet werden. In der vorliegenden Studie beträgt die durchschnittliche On- scene Zeit  $25,8 \pm 16,7$  min. Bei intubierten Patienten  $27,4 \pm 14,2$  min. und bei zusätzlicher Anlage einer Thoraxdrainage  $31,8 \pm 11,8$  min. Eine Studie von Dissmann et al. weist bei luftrettungsgestützter Polytraumaversorgung eine vergleichbare mittlere On- scene Zeit von 25 min. auf [22]. Daten aus dem Traumaregister der DGU zeigen im Vergleich zu der

vorliegenden Studie bei präklinisch intubierten Polytraumatisierten eine deutlich längere On- scene Zeit von  $37 \pm 21$  min. [18]. Prähospital sowohl intubiert als auch mit einer Thoraxdrainage versorgte Polytraumatisierte, zeigen ebenfalls eine längere On- scene Zeit von  $42 \pm 22$  min. [50]. Wurden Polytraumatisierte weder intubiert noch mit einer Thoraxdrainage versorgt, ergibt sich eine On- scene Zeit von  $26 \pm 16$  min. [50]. Diese Letztgenannten nach dem - scoop and run - Verfahren versorgten und nach dem ISS als polytraumatisiert eingeordnet, zeigen leichtere Verletzungen und weisen signifikant weniger einen initialen Kreislaufschock, schwere nichtkraniale Blutungen und schwere Schädel- Hirn- Traumata auf [50]. Gegenüber der Versorgung von Patienten, die weder intubiert noch beatmet werden, beansprucht die Durchführung einer präklinischen Narkose mit Intubation und Beatmung laut Literatur 12 min. Bei zusätzlich erforderlicher Thoraxdrainage summiert sich die Dauer dieser Maßnahmen auf insgesamt 15 min. [51]. Die präklinische Narkose führt aber lediglich zu einer gesamten On- scene Verlängerung von 10 min. [50, 73].

In einem Vergleichsmodell zwischen einer präklinischen Narkose mit Intubation und Beatmung und einer normaler Maskenbeatmung bei Polytraumatisierten kann keine bzw. nur eine geringe Verlängerung der On- scene Zeit von 2 min. festgestellt werden [25, 77]. Die Durchführung einer Intubation kann also nicht automatisch mit einer Verlängerung der On- scene Zeit gleichgesetzt werden. Diese präklinisch durchgeführten invasiven Maßnahmen können aber zu einer schnelleren Stabilisierung des Polytraumatisierten beitragen. Bei Betrachtung der gesamten Reanimationsphase der Polytraumaversorgung (Präklinische Phase plus Schockraumversorgung), führen diese Maßnahmen nicht zu dessen Verlängerung [50].

Polytraumatisierte, welche präklinisch intubiert wurden, erreichen in der vorliegenden Analyse eine vergleichbar kurze On- scene Zeit ( $27,4 \pm 14,2$  min.) wie diejenigen Patienten, die in der Studie von Kulla et al. nach dem - scoop and run - Modus ( $26 \pm 16$  min./ präklinisch keine Intubation und keine Thoraxdrainage) versorgt werden [50]. Bei zusätzlicher Anlage einer Thoraxdrainage verlängert sich in der vorliegenden Analyse die On- scene Zeit nur um ca. 4 min. Die kurze On- scene Zeit lässt sich durch die hohe Qualifikation des notärztlichen Personals des Traumateam Christoph 22 im Umgang mit invasiven Techniken erklären. Die Daten der vorliegenden Studie zeigen, dass durch die routinemäßige Anwendung

präklinisch durchgeführter Maßnahmen (Intubation, Thoraxdrainage) eine ähnlich kurze On- scene Zeit, wie im - scoop and run - Modus, erreicht werden kann.

Bei Polytraumatisierten mit assoziiertem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9), bei denen zum Zeitpunkt der Übergabe im Schockraum keine Normotension vorliegt, ist die On- scene Zeit signifikant verlängert (26,3 min. vs. 17,7 min. //  $p < 0,01$ ). Im Vergleich zu Schädel- Hirn- Trauma Patienten (GCS <9) mit erreichter Normotension zeigen diejenigen mit einer Hypotension häufiger Verletzungskombinationen mit Thoraxtraumata (96% vs. 52% //  $p < 0,05$ ) und Thoraxtraumata mit Abdomen ± Becken- Traumata (42% vs. 28% //  $p < 0,05$ ) auf.

Die verlängerte On- scene Zeit bei Polytraumatisierten mit assoziiertem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) lässt sich zum einen durch die schweren Begleitverletzungen mit doppelt so häufiger Indikation zur Anlage von mindestens einer Thoraxdrainage erklären (44% bei GCS <9 und Übergabe:  $RR_{sys} < 120$  mmHg vs. 22% bei GCS <9 und Übergabe:  $RR_{sys} \geq 120$  mmHg //  $p < 0,01$ ). Es ist äußerst wichtig, dass diese invasiven Maßnahmen von erfahrenen Notärzten/ Rettungsteams durchgeführt werden, um im Sinne eines kritischen Zeitmanagement zu handeln. Besonders bei zusätzlich bestehenden Abdominalverletzungen ist ein zeitkritisches Vorgehen von großer Bedeutung. Denn drei Minuten, die man länger am Unfallort verweilt, erhöht bei diesen Patienten die Mortalitätsrate um 1% [9].

Wie die vorliegende Studie aufzeigt, ist ein sinnvolles Zeitmanagement unter Anderem in der präklinischen Anwendung invasiver Notfalltechniken wichtig. Nicht die Länge der Rettungszeit im Sinne einer - golden hour - sollte aber im Vordergrund stehen. Das Ziel muss viel mehr eine dem Verletzungsmuster und örtlichen Notfallsituationen angepasste zeitkritische präklinische Versorgung im Sinne einer - **golden period of trauma** - sein [2, 3, 43]. Um diese invasiven Maßnahmen kompetent durchführen zu können ist es unabdingbar, Notärzte und deren Assistenzpersonal in diesen Skills regelmäßig aus/- und weiterzubilden. Nur durch das zeitkritische Handeln von gut ausgebildetem Personal können invasive Notfalltechniken einen Überlebensvorteil für Patienten bieten.

#### **4.2.2 Erweiterte Analyse des Kreislaufmanagement**

Die LIKS<sup>®</sup>- Kriterien und die Empfehlungen der S3- Leitlinie zur Versorgung Polytraumatisierter fordern bei Patienten ohne assoziiertem schwerem Schädel- Hirn- Trauma einen systolischen Zielblutdruck bei Übergabe im Bereich der permissiven Hypotension. Bei Patienten mit assoziiertem schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) setzen diese bei Übergabe einen systolisch normotensiven Zielblutdruck fest. Hinsichtlich dieser Empfehlungen ergeben sich Besonderheiten in der Versorgung mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9). In der vorliegenden Studie erreichen 55% der Patienten mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) diesen Zielblutdruck zum Zeitpunkt der Übergabe im Schockraum. Im Rahmen des Kreislaufmanagement ist es wichtig, dass der Zielblutdruck nicht nur zum Zeitpunkt der Übergabe im Schockraum erreicht bzw. überprüft wird, sondern im Hinblick auf das letale Duo Hypoxie und Hypotension so früh wie möglich, d.h. während des Versorgungsprozesses, erfasst und reguliert werden soll [90]. In der vorliegenden Studie kann durch die Auswertung von Prozessdaten die Geschwindigkeit des Verhaltens des systolischen Blutdrucks erfasst werden. Daher kommt der präklinischen Versorgungsphase im Hinblick auf das Kreislaufmanagement eine große Bedeutung zu [90].

##### **4.2.2.1 Kreislaufmanagement des Gesamtkollektives**

Aus der vorliegenden zeitlichen Verlaufsanalyse ist zu erkennen, dass in den ersten 10 min. On- scene eine dynamische Kreislaufregulierung stattfindet und die Kreislagsituation signifikant verbessert wird (Abb. 4). Sind nahezu 1/3 aller Polytraumatisierter initial im Kreislagschock (hypotensiv), befinden sich nach 10 min. On- scene nur noch knapp über 10% und bei Übergabe im Schockraum 10% in einer Hypotension. Nach den ersten 10 min. On- scene erkennt man kaum mehr eine Dynamik. Hier zeigt sich im weiteren zeitlichen Verlauf bis zur Übergabe im Schockraum ein beinahe konstantes Kreislaufverhalten.

In Betrachtung der unterschiedlichen initialen Ausgangsblutdruckwerten (Median) wird ein generelles dynamisches Blutdruckverhalten innerhalb den ersten 10 min. On- scene beobachtet (Abb. 4). Der gleiche Effekt zeigt sich in ähnlich angelegten Studien mit hohem Anteil an Polytraumatisierten [39, 40]. Die ersten 10 min. On-

scene fungieren als Stellschraube, Regelungs- und Steuerungsstelle in der präklinischen Versorgung. In der Diskussion über das Kreislaufverhalten von Polytraumatisierten ist nicht nur die Betrachtung des Gesamtkollektives sehr wichtig, sondern ebenso aufgrund der inhomogenen Verletzungsmuster die Analyse einzelner Subgruppen von großer Bedeutung.

Wird nur der Wert zwischen Erstbefund ( $RR_{sys}$  113 mmHg) und der Befund bei Übergabe im Schockraum der Zielklinik ( $RR_{sys}$  120 mmHg) während der präklinischen Behandlung betrachtet, ist ebenfalls ein Anstieg des systolischen Blutdrucks zu verzeichnen. Jedoch lässt sich aus diesen Werten lediglich eine Ergebnisanalyse ableiten. Die Dynamik des Behandlungsprozesses, speziell z.B. die wichtigen ersten 10 min. On- scene, geht nicht hervor. In der vorliegenden Studie kann durch die Prozess- und Verlaufsanalyse in Abhängigkeit von der Zeit das Kreislaufverhalten vom Gesamtkollektiv und deren Subgruppen neu erfasst werden.

#### **4.2.2.2 Kreislaufmanagement bei schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9)**

65% der Patienten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) weisen initial den geforderten systolischen Zielblutdruck von mindestens 120 mmHg nicht auf. Zu Beginn befanden sich sogar 41% der Patienten im manifesten Kreislaufschock (Hypotension). Man erkennt zwar eine signifikante Reduktion (41% vs. 20%,  $p<0,01$ ) der sich im manifesten Kreislaufschock befindlichen Patienten um mehr als die Hälfte innerhalb 10 min. On- scene, dennoch steigt die Anzahl der Patienten mit der erreichten Normotension nicht signifikant an. Zusammenfassend können nur etwas mehr als die Hälfte (55%) der Patienten mit einem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) mit dem geforderten systolischen Blutdruck von 120 mmHg an der Zielklinik übergeben werden.

In der Literatur sind ähnliche Ergebnisse für das systolische Blutdruckverhalten bei Polytraumatisierten mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) beschrieben [40, 71].

Trotz signifikanter Verbesserung der Kreislaufverhältnisse erscheint das Niveau der Stabilisierung bei Patienten mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) dennoch nicht zufriedenstellend [36]. Gründe hierfür lassen sich durch die erweiterte Analyse in einem noch größeren Verletzungsumfang begründen [36]. Parallel zum schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) finden sich signifikant häufiger schwere Mehrhöhlentraumata wie Thoraxtrauma und/ oder Abdomen-/ Becken- Traumata. Ebenso ist doppelt so häufig die Anlage einer Thoraxdrainage erforderlich. Grundsätzlich ist es schwer bei nicht kontrollierbaren Blutungen im Rahmen eines Polytraumas präklinisch eine adäquate Kreislaufstabilisierung zu erreichen [36].

Bei Polytraumatisierten mit initialer permissiver Hypotension und mit initialem Kreislaufchock erreichen nur knapp 26% bzw. 18% 10 min. nach On- scene Beginn eine Normotension. Bis zur Übergabe im Schockraum kann der Anteil an Patienten in beiden Subgruppen jeweils verdoppelt werden. Der Anteil an Polytraumatisierten mit initialer Normotension sinkt nach 10 min. On- scene auf 74% und bis zur Übergabe im Schockraum bis auf 65%. In der Patientengruppe, die bei Übergabe keine Normotension erreicht haben, zeigt sich eine signifikant verlängerte On- scene Zeit ( $26,3 \pm 10,4$  min. vs.  $17,7 \pm 12,1$  min.,  $p < 0,01$ ).

Hinsichtlich der Vorgabe, wie schnell bei Patienten mit schwerem Schädel- Hirn - Trauma (GCS <9) die Kreislaufstabilisierung (Zielblutdruck von  $RR_{sys}$  120 mmHg) erreicht werden kann, lässt sich der Einsatz von kreislaufregulierenden Medikamenten diskutieren. In der vorliegenden Studie wird bei Patienten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) das Katecholamin Arterenol und die Small- volume Resuscitation mittels HyperHAES nach  $8,0 \pm 7,9$  min. bzw.  $8,3 \pm 8,2$  min. eingesetzt. Wird keine Normotension erreicht, so zeigt sich ein fast doppelt so häufiger Einsatz von Arterenol und HyperHAES, als beim Erreichen einer Normotension. In den Subgruppen Normotension und Nichterreichen der Normotension ergeben sich also Unterschiede in der Häufigkeit der Medikamentengabe, allerdings keine zeitlichen Unterschiede der Verabreichung. Ein Erklärungsansatz für die erhobenen Ergebnisse ist, dass Katecholamine und die Small- volume Resuscitation noch frühzeitiger und/ oder höher dosiert angewendet werden sollen. Allerdings muss erwähnt werden, dass bei gleichzeitigem Vorliegen einer nicht- kontrollierbaren nichtkraniellen Hämorrhagie

präklinische Möglichkeiten im Sinne einer Kreislaufstabilisierung limitiert sind [47, 65]. Die verlängerte On- scene Zeit bei Nichterreichen einer Normotension lässt sich zum einen auf den bereits oben erwähnten höheren Anteil an schweren Mehrhöhlenverletzungen und zum anderem auf die erforderliche Anlage einer Thoraxdrainage zurückführen. An dieser Stelle bleibt die Frage offen, ob der Einsatz der präklinischen Sonographie bei dieser Subgruppe (Nichterreichen der Normotension) das Katecholamin-, Volumen- und Zeitmanagement (kürzere On- scene Zeit) verändert hätte [42, 86]. Die Durchführung einer präklinischen Sonographie (pFAST) dauert bei entsprechender Schulung ca. 2,4 bis 3 min. [42]. Es ist noch nicht abschließend geklärt, ob im Rahmen der präklinischen Sonographie durch den Ausschluss bzw. die Erfassung von freier Flüssigkeit im Abdomen, eine schnellere Kreislaufstabilisierung und/ oder eine kürzere On- scene Zeit, erreicht werden kann.

#### **4.2.2.3 Kreislaufmanagement beim schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) unter dem Einsatz von Katecholaminen und Small- volume Resuscitation**

Nach diversen Leitlinien und Algorithmen werden, um eine Normotension zu erreichen, das Konzept der Small- volume Resuscitation und der Einsatz von Katecholaminen empfohlen, bzw. sind aktuell noch Gegenstand vieler Diskussionen [47]. Bei schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) mit fortschreitendem Blutverlust wird dies besonders in Erwägung gezogen. In der vorliegenden Analyse kann als Qualitätsmerkmal gezeigt werden, dass die Notärzte vom Traumateam Christoph 22 in diesen besonderen Fällen den Leitlinien Folge leisten. Besonders häufig, in 83% der Fälle, werden bei gleichzeitiger schwerer Verletzung von Schädel, Abdomen ± Becken und Thorax, HyperHAES ± Arterenol verabreicht. Bei Polytraumatisierten mit assoziiertem schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) hat die adäquate Kreislaufstabilisierung (Normotension) und somit die Beseitigung des hämorrhagischen Schocks Vorrang [89]. Helm et al. zeigt bei einem vergleichbaren Patientenkollektiv, dass durch den initialen Einsatz von HyperHAES im unmittelbaren Zeitraum von 10 min. eine signifikante Kreislaufverbesserung zustande kommt [35]. Es muss festgehalten werden, dass im Sinne eines Qualitätsmanagements der Umgang mit Medikamenten, im

Besonderen mit Arterenol nicht routinemäßig in der Präklinik angewendet bzw. erlernt wird. In mehreren Studien kann nachgewiesen werden, dass nicht einmal Notärzte in der Luftrettung die geforderten Fallzahlen im Umgang mit wichtigen Skills, wie dem Umgang mit Katecholamine, erreichen [31, 63]. Erst durch die tägliche Erfahrung und Simulatorübungen im klinischen Alltag entsteht eine Routine in diesen besonderen Skills (z.B. der Verabreichung von Arterenol). Diese erlernten Fähigkeiten können so optimal in die präklinische Versorgung transferiert werden und in speziellen Notfallsituationen zu einem hohen Prozentsatz routinemäßig und korrekt durchgeführt werden [63].

Neben praktischen Fertigkeiten spielen im Rahmen des Kreislaufmanagements kommunikative Fähigkeiten in der präklinischen Versorgung eine wichtige Rolle. In der vorliegenden Auswertung bei Polytraumatisierten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) und initialen Kreislaufschock zeigt sich, dass die Zuwachsrate zur Normotension hin, nach 15 min. On- scene nur noch mit der Hälfte der Geschwindigkeit einhergeht, wie innerhalb den ersten 15 min. (Abb.10).

Ein Erklärungsansatz für die doppelt so steile Geschwindigkeit des Normotonie- Anteils in den ersten 15 min. On- scene ist, dass in diesen Fällen die durchschnittliche Verabreichungszeit von Arterenol bei  $8,0 \pm 7,9$  min. und für HyperHAES bei  $8,3 \pm 8,2$  min. liegt. Allerdings muss man auch eine Latenzzeit einberechnen, ab der die Medikamente ihre blutdrucksteigernde Wirkung entfalten. Mangelnde Kommunikation, bzw. mangelndes Crew resource management innerhalb eines Rettungsteams oder zwischen Rettungsteams (boden- und luftgebundenem Team) lassen eventuell nach einer gewissen Zeit die Prämisse - Zielblutdruck- Normotension bei SHT - aus den Augen verlieren und wäre ebenfalls ein erklärbarer Ansatzpunkt für den oben genannten Sachverhalt. So ist es möglich, dass z.B. HyperHAES oder Katecholamine gar nicht, zu spät, zu ineffektiv angewendet, oder durch andere ineffektive Maßnahmen im Sinne eines nicht zeitkritischen Vorgehens auf Kosten der angestrebten systolischen Normotension beim schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) vernachlässigt werden. Simulationen in der Luftrettung haben gezeigt, dass Fehler oft nicht fachlicher Natur sind, sondern zum Beispiel auf Basis mangelnder Kommunikation und situativer Aufmerksamkeit entstehen [52, 70].

Betrachtet man nun Polytraumatisierte mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) nur unter dem Aspekt der Katecholamin und HyperHAES Verabreichung, erkennt man in der vorliegenden Analyse, dass sich der Anteil an normotensiven Patienten in den ersten 10 min. On- scene unter dem Einsatz dieser blutdruckregulierenden Medikamente signifikant fast verdoppelt (20% vs. 35%,  $p<0,01$ ). Gleichzeitig sinkt der Anteil der sich initial im Kreislaufschock befindlichen Patienten (Hypotension) innerhalb 10 min. On- scene von 58% auf 31% ( $p<0,01$ ) und bis zur Übergabe im Schockraum nochmal um die Hälfte auf knapp 16%.

Eine Hypotension zum Zeitpunkt der Übergabe im Schockraum geht bei Polytraumatisierten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) mit einer doppelt so hohen Mortalität nach 6 Monaten einher [8]. Es stellt sich die Frage, warum nicht alle Patienten durch die Gabe von HyperHAES und Katecholaminen auf eine Normotension stabilisiert werden können bzw. warum bis zur Übergabe im Schockraum ein gewisser Anteil an Patienten im Kreislaufschock verbleibt. Neben der unstillbaren Hämorrhagie oder einer zu geringen Dosierung von Katecholaminen, muss weiter eine zu späte Verabreichung im Einzelfall hinterfragt werden. Allerdings ergibt sich in dieser Analyse bei den Patienten, die keine Normotension erreichen, zu denen, die eine Normotension erreichen, keinen zeitlichen Unterschied in der Verabreichung von Medikamenten. In der Literatur wird beschrieben, dass pathophysiologische Vorgänge für das Nichtansprechen auf HyperHAES und Katecholamine verantwortlich sein können. Wahrscheinlich spielt eine, durch den hämorrhagischen Schockzustand gestörte Mikrozirkulation, ausgelöste Vasoplegie eine Rolle [41, 85]. In diesem Zusammenhang scheint es neue Erkenntnisse zu geben, dass der Einsatz von neuartigen Vasopressoren (Arginin- Vasopressin) die irreversible Phase des hämorrhagischen Schocks beeinflusst und positive Effekte hinsichtlich einer Kreislaufstabilisierung aufweist [57, 85]. Allerdings ist diese Thematik immer noch Gegenstand weiterer aktueller Untersuchungen, speziell hinsichtlich des präklinischen und frühen klinischen Settings.

Neben der Analyse, ob Polytraumatisierte während der präklinischen Versorgung eine Normotension erreichen, sollte ebenfalls die unmittelbare Kreislaufreaktion, d.h. wie schnell die Patienten auf Verabreichung von blutdruckregulierenden Medikamenten mit einem Anstieg reagieren, näher betrachtet werden. In der aktuellen Studie reagieren 43% der Patienten, welchen Small- volume Resuscitation (HyperHAES) verabreicht wurde und 63% der Patienten, die Katecholamine und/ oder HyperHAES bekommen haben, in einem Nachfolgezeitraum von 10 min. mit einer systolischen Blutdruckzunahmen im Median von 100 mmHg auf 130 mmHg (HyperHAES) bzw. von 89 mmHg auf 110 mmHg (Arterenol ± HyperHAES). In einer anderen Studie können vergleichbare Kreislaufeffekte nach Verabreichung von HyperHAES erzielt werden ( $RR_{sys}$ : 90 mmHg auf 110 mmHg/ Median) [35].

Wird nur HyperHAES ohne weitere Gabe von Katecholaminen verabreicht, zeigen fast die Hälfte der Patienten eine signifikante Zunahme des systolischen Blutdrucks. Bei Gabe von Arterenol ± HyperHAES reagieren fast 2/3 der Fälle mit einer signifikanten Zunahme des systolischen Blutdrucks. Dennoch deutet die Auswertung daraufhin, dass ein erheblicher Anteil der Patienten nicht im unmittelbaren Zeitraum auf die Verabreichung von HyperHAES und/ oder Arterenol mit einer systolischen Blutdruckzunahme reagieren. Gründe für das nicht adäquate Reagieren auf Katecholamine und HyperHAES lassen sich in der Auswertung jedoch nicht eindeutig verifizieren. Dennoch liegt die Vermutung nahe, dass die Ursache einer anhaltenden Kreislaufinstabilität in einem großen Blutverlust aufgrund schwerer Verletzungen liegt [48]. Ebenfalls muss kritisch hinterfragt werden, ob häufiger HyperHAES und speziell bei vorliegendem schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) vasoaktive Substanzen (Katecholamine) zur gewünschten Kreislaufstabilisierung eingesetzt werden sollen [91].

#### **4.2.2.4 Kreislaufmanagement ohne schweres Schädel- Hirn- Trauma (GCS $\geq 9$ ) unter dem Einsatz von Katecholaminen und Small-volume Resuscitation**

Bei Polytraumatisierten ohne ein schweres Schädel- Hirn- Trauma (GCS  $\geq 9$ ) werden Katecholamine und HyperHAES weniger häufig eingesetzt. Hinsichtlich der Zielvorgabe einer permissiven Hypotension wird der Anteil Patienten mit einer initialen Hypotension von 34% auf 15% nach 10 min. On- scene, also um mehr als die Hälfte signifikant gesenkt. Bei Übergabe im Schockraum weisen aber 18% einen manifesten Kreislaufschock auf.

Innerhalb 10 min. On- scene zeigt sich auch bei diesen Patienten eine signifikante Reduzierung der sich im Kreislaufschock befindlichen Patienten. Die Verabreichung von sowohl Katecholaminen als auch von HyperHAES erfolgt bei nicht Schädel- Hirn- Traumata (GCS  $\geq 9$ ) signifikant später als bei Schädel- Hirn- Traumata (GCS  $< 9$ ). Katecholamine werden im Durchschnitt erst nach  $19,7 \pm 14,6$  min. und HyperHAES erst nach  $16,3 \pm 14,1$  min. verabreicht. Es ist hier zwar eine große zeitliche Streuung zu erkennen (Abb. 28), jedoch zeigt die erweiterte Analyse der Daten einen ungeklärten zeitlichen Zusammenhang zwischen der Verabreichung dieser Medikamente und der Abnahme der Hypotensionsrate. Die Abnahme der Hypotensionsrate bei Polytraumatisierten ohne ein schweres Schädel- Hirn- Trauma (GCS  $\geq 9$ ) lässt sich somit durch die erfolgten Untersuchungen nicht zwingend auf die Verabreichung von Katecholamine und HyperHAES zurückführen.

#### **4.2.2.5 Auswirkungen der Thoraxdrainage auf das Kreislaufmanagement**

Die positive Kreislaufauswirkung durch die Anlage einer Thoraxdrainage zeigt sich besonders bei Patienten, die sich initial im Kreislaufschock befinden. Knapp die Hälfte der Patienten, welche eine Thoraxdrainage benötigen, zeigt diesen initialen Kreislaufschock (46%). Zum Zeitpunkt der Anlage der benötigten Thoraxdrainage zeigen wiederum knapp die Hälfte (48%) eine Hypotension. Zu einer signifikanten Blutdruckzunahme kommen mehr als die Hälfte (55%) der Patienten in einem unmittelbaren Zeitraum von 10 min. nach Anlage einer Thoraxdrainage. Insgesamt kann vom Zeitpunkt der Anlage einer Thoraxdrainage die Anzahl, der sich im Kreislaufschock befindlichen Patienten, bis zur Übergabe im Schockraum signifikant gesenkt werden (48% vs. 17%,  $p < 0,05$ ).

Die Ursache für die Kreislaufinstabilität und den positiven Kreislauffeffekt nach Anlage einer Thoraxdrainage (signifikante Senkung des Anteils an Patienten mit bestehender Hypotension) lässt auf das Vorliegen und die Behandlung eines Spannungspneumothorax begründen. Wenn diese Maßnahme präklinisch nicht durchgeführt wird, ist davon auszugehen, dass sich die Kreislaufsituation des Patienten nicht merklich bessert und verantwortlich für eine präklinische Letalität sein kann. Hinsichtlich des Kreislaufmanagements ist aus der Analyse klar ersichtlich, dass eine Thoraxdrainage im Rahmen der präklinischen Versorgung bei entsprechender Indikation angelegt werden soll. Daher muss gefordert werden, dass diese, wenn auch selten in Anspruch genommene Technik, von qualifizierten Notärzten sicher beherrscht werden muss. In einer Untersuchung ist ersichtlich, dass, obwohl eine klare Indikation für eine Thoraxdrainage besteht, in 38% der Fälle keine gelegt wird [66].

#### **4.2.2.6 Auswirkungen der präklinischen Narkose/ Intubation auf das Kreislaufmanagement**

Präklinische Narkosen gehen unter anderem mit dem Risiko einer vermehrten Hypotension einher [32]. Allerdings zeigt sich, dass wenn dieses invasive Manöver der präklinischen Narkose/ Intubation von geübtem Personal durchgeführt wird, eine vergleichbar niedrige Komplikationsrate wie bei klinischen Notfallnarkosen aufweist [62].

Die Einleitung der Intubation wird in der vorliegenden Analyse fast ausschließlich mit dem Hypnotikum Trapanal, mit oder ohne Kombination von Ketanest, dem Opiat Fentanyl und dem Muskelrelaxanz Lysthenon durchgeführt. Mort et al. zeigt, dass knapp mehr als ein Drittel der Patienten, denen im Rahmen einer generellen Notfallintubation Trapanal verabreicht wird, mit einer Hypotension reagieren [58]. Notfallpatienten im Allgemeinen, die außerhalb der Klinik durch Anästhesisten intubiert worden sind, weisen in 42% der Fälle eine Hypotension im Zusammenhang mit der Narkose auf [59]. Im vorliegenden Setting wird bei 42% der Polytraumatisierten eine Blutdruckabnahme aufgezeigt. Dabei reagieren 44% der Patienten, die Trapanal bekommen haben und 45%, denen beides, d.h. Trapanal und Ketanest verabreicht wird, mit einer Blutdruckabnahme. Bei Betrachtung einzelner Subgruppen (Abb. 33), sieht man durch die präklinische Narkose eine gewisse paradoxe Abweichung im Blutdruckverhalten. Polytraumatisierte mit einem initialen und zum Zeitpunkt der Intubationseinleitung weiter instabil vorherrschendem hämodynamischem Profil, zeigen kein negatives Blutdruckverhalten im Sinne eines weiteren systolischen Blutdruckabfalls. Demgegenüber sinken Patienten mit einer verhältnismäßig stabilen Ausgangslage mit dem Blutdruck ab, erholen sich aber meist nach Intubation wieder. Einzig Polytraumatisierte mit initialer Hypotension, die bis zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung eine permissive Hypotension erreichen (23%), sinken narkoseassoziiert wieder in die Hypotension ab (Abb. 33).

In diesem Zusammenhang kann Shahid Shafi et al. in einer retrospektiven Auswertung der US Trauma- Datenbank feststellen, dass eine früh eintretende Hypotension durch die präklinische Intubation mit PEEP- Beatmung im Rahmen der präklinischen Versorgung mit einer schlechteren Überlebensrate assoziiert ist

[74]. Weiter wird in der Literatur angegeben, dass insbesondere bei Traumapatienten und bei Patienten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma eine intubationsassoziierte Hypotension ( $RR_{sys} < 90$  mmHg) mit einem schlechterem Outcome einhergeht [6, 24].

Die präklinische Polytraumaversorgung des Traumateams Christoph 22 zeigt, dass eine präklinische Intubation nicht mit einer automatischen Verschlechterung des hämodynamischen Profils gleichzusetzen ist. Dies stellt somit kein Argument für die Nichtdurchführung einer Intubation bei einer adäquaten präklinischen Versorgung dar. In der Literatur wird beschrieben, dass die negative Kreislaufreaktion der Polytraumatisierte nach Narkoseeinleitung unmittelbar vom hypovolämischen und hämorrhagischen Status des Patienten abhängen [44, 74]. Patienten aus der Studie von Shahid Shafi et al. befinden sich zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung in einem traumaassoziiertem hypovolämischem Zustand und eine Kreislaufschocktherapie wurde bisher nicht eingeleitet [74].

Ein Erklärungsansatz für die Blutdruckzunahme bei hämodynamisch instabilen Patienten mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma ( $GCS < 9$ ) durch die Narkose und Intubation, ist das allgemeine zeitliche Management der Katecholamin- und Volumengabe im Zusammenspiel mit der Intubation. Denn der Phase der Intubation ( $\bar{O}$ :  $11,8 \pm 10,9$  min.) geht eine Phase der Kreislauf-Resuscitation ( $8,0 \pm 7,9$  min. Arterenol und  $8,3 \pm 8,2$  min. SvR) voraus. Bei einer intubationsassoziierten systolischen Blutdruckzunahme wurde die Intubation und eine Verabreichung von Arterenol zeitlich signifikant früher eingesetzt (Tab. 15), als bei Patienten mit einer Blutdruckabnahme. Bei Polytraumatisierten mit assoziiertem schwerem Schädel- Hirn- Trauma ( $GCS < 9$ ) hat die adäquate Kreislaufstabilisierung (Normotension) und somit die Beseitigung des hämorrhagischen Schocks Vorrang [89]. Helm et al. zeigt bei einem vergleichbaren Patientenkollektiv, dass durch den initialen Einsatz von HyperHAES im unmittelbaren Zeitraum von 10 min. eine signifikante Kreislaufverbesserung zustande kommt [35]. Ob die Einleitung einer adäquaten Kreislauftherapie mit Katecholaminen und/ oder HyperHAES vor der Einleitung einer präklinischen Intubation eine signifikante Verbesserung des hämodynamischen Profils im Nachfolgezeitraum bis hin zur Übergabe in der Zielklinik mit sich bringt, lässt sich in der vorliegenden Studie nicht abschließend klären.

Der genaue Zusammenhang von verabreichten Medikamenten, der Kreislauftherapie mit vorausgehender Katecholamin- und Volumentherapie (SvR) und dem bestehendem hämodynamischem Profil zum Zeitpunkt der Intubation muss weiter untersucht werden. Durch die erweiterte Intubationsanalyse kann aber zusammenfassend gezeigt werden, dass bei der Versorgung des Traumateams Christoph 22 kreislaufinstabile Patienten, im direkten zeitlichen Zusammenhang mit der Narkoseeinleitung und Intubation, mit einer Verbesserung des hämodynamischem Profils reagieren.

#### **4.2.2.7 Airway- und Breathingmanagement des Gesamtkollektives**

Im Vergleich zur Optimierung der Herz- Kreislauf- Verhältnisse läuft die Optimierung der Oxygenation im Rahmen der präklinischen Versorgung effektiver ab [36]. Dies lässt sich im Zeitintervall der ersten 10 min. On- scene nachweisen.

Bei Betrachtung des Gesamtkollektiv und seiner Untergruppen erkennt man, dass innerhalb von 10 min. On- scene die Hypoxierate ( $SpO_2 \leq 90\%$ ) der Patientin von initial 24% auf 10% ( $p < 0,01$ ) signifikant reduziert wird.

Studien im Setting schweres Schädel- Hirn- Trauma mit einen hohen Anteil an Polytraumatisierten zeigen vergleichbare Ergebnisse auf [39, 40]. Eine weitere Analyse mit einer deutlich größeren Fallzahl an Polytraumatisierten beziffert die primäre Hypoxie mit 22% [71]. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit den Daten der vorliegenden Studie. Allerdings wird in der oben genannten Studie kein Prozessqualitätsmanagement durchgeführt. Der Vorteil in der vorliegenden Analyse liegt darin, dass durch eine erweiterte Datenauswertung nicht nur eine Aussage zur Sauerstoffsättigung am On- scene Beginn und bei Übergabe im Schockraum gemacht werden kann, sondern auch Informationen vorliegen, wie schnell sich innerhalb der präklinischen Versorgung optimierte Sauerstoffsättigungsverhältnisse erreichen lassen bzw. Ursachen gefunden werden, warum dies nicht der Fall ist.

Bei Betrachtung des Gesamtkollektives geht aus der erweiterten Analyse klar hervor, dass die Hypoxierate in fast allen gezeigten Untergruppen (Tab.9) signifikant und sehr schnell innerhalb der ersten 10 min. On- scene verringert werden kann. Dies lässt sich auf das sehr gut geschulte Traumateam

Christoph 22 und deren kompetente und strikte Anwendung eines Airwaymanagement unter Berücksichtigung von Leitlinien zurückführen. Gut qualifiziertes Personal ist in der Lage ein qualitativ gutes Ergebnis im Airway- und Breathingmanagement zu erzielen. In einer durchgeführten Umfrage kann gezeigt werden, dass etwa nur 35% der nicht- anästhesiologischen Notärzte gegenüber 100% der anästhesiologischen Notärzte mehr als 100 Intubationen pro Jahr nachweisen können bzw. im Umgang mit dem Atemwegsmanagement geschult sind. Ähnlich bzw. noch schlechter sieht die Sachlage im Umgang mit alternativen Atemwegsmanagement aus [79]. Unter optimalen klinischen Bedingungen, z.B. im OP, kann gezeigt werden, dass die Durchführung von mindestens 60 Intubationen nötig sind, um eine 90% Intubationsquote zu erreichen [45]. Desweiteren muss man bedenken, dass präklinisch mit schwierigeren Intubationsbedingungen zu rechnen ist. Bei schweren Traumata zeigen sich zusätzlich häufiger schwerere Atemwegssituationen (Verletzungen im Mund- Rachen Raum, Einklemmung, Aspiration) als bei Intubationen im Rahmen einer Reanimation oder bei anderen Erkrankungen (18,6 % vs. 16,7 und 9,7%) [80]. Das Airway- und Breathingmanagement bei Polytraumatisierten, noch dazu bei jenen, die sich in einer Einklemmungssituation befinden, sollte durch Personal mit genügend Erfahrung durchgeführt werden. Denn jede Methode der Atemwegssicherung (hier die Intubation und alternative Methoden) ist nur so gut, wie der Trainingszustand der Anwender [79]. Nur durch die oben beschriebene Erfahrung des Anwenders kann bei Polytraumatisierten, speziell bei eingeklemmten Patienten, die Intubation im Sinne eines zeitkritischen präklinischen Vorgehens durchgeführt und gewährleistet werden. Die Routine im Umgang mit den Skills -- Airway- und Breathingmanagement -- ist in dieser Studie für die signifikante und sehr rasche Reduzierung der Hypoxierate bei Polytraumatisierten anzusehen.

#### **4.2.2.8 Auswirkungen der Thoraxdrainage auf die Sauerstoffsättigung**

Patienten mit schwerem Thoraxtrauma, die eine Thoraxdrainage benötigten, weisen initial mit 56% die höchste Rate an einer primären Hypoxie auf. Nach 10 min. On- scene haben davon immer noch  $\frac{1}{4}$  dieser Patienten (26%) eine Hypoxie. Bis zum Zeitpunkt der Übergabe im Schockraum kann die Hypoxierate auf unter 10% (6%) gesenkt werden. Bei weiteren Subgruppen lässt sich ein anderer Verlauf aufzeigen. Dort kann bereits nach 10 min. On- scene eine geringe Hypoxierate auf niedrigem Niveau erreicht werden, welche im Zeitraum von 10 min. On- scene bis zur Übergabe stabil bleibt.

Der Grund für die signifikante aber im zeitlichen Verlauf nicht so steilen Abnahme der Hypoxierate bei Patienten mit schwerem Thoraxtrauma gegenüber anderen Subgruppen (Tab. 9) in den ersten 10 min. On- scene, lässt sich zum einen durch das schwere Verletzungsmuster erklären und zum anderen aus dem zeitlichen Vorgehen der invasiven Maßnahmen. Die Abnahme der Hypoxierate bis 10 min. On- scene lässt sich primär auf die frühe präklinische Intubation bzw. Airway – und Breathingmanagement zurückführen. Der Erklärungsansatz für die im Verlauf weitere Reduzierung der Hypoxierate ist, dass diese Patienten nach 10 min. On- scene eine Thoraxdrainage ( $\bar{x}$ :  $16,6 \pm 11,1$  min. On- scene) bekommen haben. Es ist zu erkennen, dass die invasive Maßnahme im Sinne einer gezielten Anlage einer Thoraxdrainage einem bestimmten Teil an Polytraumatisierten einen klaren Vorteil hinsichtlich der Reduzierung der Hypoxierate bringt.

#### **4.2.2.9 Airway- und Breathingmanagement beim Einklemmungstrauma**

Aus den erweiterten medizinischen Qualitätsanalysen dieser Studie ist ersichtlich, dass speziell bei eingeklemmten Patienten, die primäre Hypoxie beim Eintreffen an der Notfallstelle besonders zu beachten ist.

In der vorliegenden Studie liegt bei eingeklemmten Patienten mehr als doppelt so häufig eine primäre Hypoxie vor wie bei nicht eingeklemmten Patienten ( $\text{SpO}_2 \leq 90\%$ : 44% vs. 19%;  $p < 0,01$ ). Dies ist bei fast der Hälfte aller eingeklemmten Patienten der Fall.

In der Literatur wird beschrieben, dass circa 1/3 aller eingeklemmten Patienten noch während der technischen Rettung bei bestehender Indikation endotracheal intubiert und beatmet werden müssen [60]. Die Bedeutung einer frühen präklinischen Intubation wird anhand einiger Studien deutlich. Als eine der wichtigsten Ursachen für vermeidbare tödliche Verläufe bei Polytraumatisierten wird neben einer verlängerten Prähospitalzeit eine fehlende Atemwegssicherung genannt [67]. Patienten, bei denen präklinisch eine Indikation für eine Intubation bestand, die aber erst im Schockraum intubiert werden, weisen eine höhere Mortalität auf [1]. Ebenso zeigt sich eine höhere Rate an Organversagen, wenn keine frühe Intubation durchgeführt wird [82].

Die direkte Ursache für die höhere primäre Hypoxierate bei eingeklemmten Patienten lässt sich nicht abschließend klären. Das Verletzungsmuster scheint dabei keine entscheidende Rolle zu spielen, da z.B. schwere Thorax- und oder Schädel- Hirn- Traumen ( $\text{GCS} < 9$ ) bei eingeklemmten Patienten nicht signifikant häufiger vorkommen als bei nicht eingeklemmten Polytraumatisierten. Dennoch ist unter Berücksichtigung der Einklemmungssituation das Airway- und Breathingmanagement schwieriger durchzuführen. Zusätzlich erfordert es besondere Kenntnisse und Routine des Rettungsteams, da die Komplikationsrate bei nicht geübtem Personal in Hinblick auf die Intubation und die Narkosedurchführung größer ist [12].

#### **4.2.2.10      Airway- und Breathingmanagement bei Polytrauma mit schwerem Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9)**

Initial weist jeder dritte Polytraumatisierte mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9) in der vorliegenden Studie eine primäre Hypoxie auf. Nach knapp 10 min. On- scene hat nicht mehr ganz jeder zehnte Patienten eine primäre Hypoxie (31% (initial) vs. 8% (10 min. On- scene);  $p < 0,01$ ). Initial besteht bei den hypoxischen Patienten im Mittel eine  $SpO_2$  von  $76,4 \pm 14,6\%$ . Innerhalb dieser 10 min. On- scene kann die  $SpO_2$  im Mittel auf  $94,2 \pm 7,8\%$  angehoben werden ( $p < 0,01$ ).

In einer ähnlichen Studie mit dem Patientenkollektiv schweres Schädel- Hirn- Trauma, mit einem hohen Anteil an Polytraumatisierter, finden sich vergleichbare Zahlen (Hypoxie initial: 23%, Hypoxie 10 min. On- scene: 7%) [39].

Im angloamerikanischen Raum, mit dem favorisiertem Behandlungsmodell - scoop and run -, kann durch Davis et al. nachgewiesen werden, dass Patienten, speziell mit einem schweren Schädel- Hirn- Trauma (GCS <9), einen signifikanten Überlebensvorteil haben, wenn Sie dennoch präklinisch intubiert werden. Der Überlebensvorteil kommt aber nur zustande, wenn die Maßnahmen durch entsprechendes Personal durchgeführt werden, welches in der Methodik der Rapid Sequence Induction geübt ist [12]. Diese Tatsache und die vorliegenden Daten verdeutlichen die Wichtigkeit eines sinnvollen zeitlichen Airway- und Breathingmanagement, speziell bei Schädel- Hirn- Trauma Patienten (GCS <9). Dies rechtfertigt eine frühe präklinische Intubation, trotz Inanspruchnahme eines zeitlich verlängerten präklinischen Managements. Kulla beschreibt diese Tatsache in einem Zitat treffend, dass dies „bei gegebener Indikation, jedoch [eine] gut investierte Zeit“, ist [51].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch die Erfassung von Daten zur Prozessqualität zunächst ein differenziertes Bild von direkt beeinflussbaren und nicht direkt beeinflussbaren Faktoren aufgezeigt werden kann. Direkt können optimierungsfähige Bereiche in der notfallmedizinischen Versorgung erfasst und aufgeklärt werden. In der vorliegenden Studie zeigt sich, dass bei der Patientengruppe Polytrauma die Betrachtung von einzelnen spezifischen Subgruppen sehr wichtig ist. Ermöglicht wird dies durch ein erweitertes Qualitätsmanagement. Hinsichtlich der präklinischen Versorgung Polytraumatisierter, ergeben sich in dieser Studie Optimierungsbedarf im Zeit- und Kreislaufmanagement. Ursachenbasierte Gründe und daraus schlussfolgernd Ansätze für Optimierungsmöglichkeiten lassen sich nun direkt durch das erweiterte Qualitätsmanagement diskutieren und ableiten.

## 5 Zusammenfassung

In der herkömmlichen Methodik können durch ein standardisiertes Qualitätsmanagement bei der Tracerdiagnose Polytrauma nur die Strukturqualität und die Zielwerte im Sinne einer Ergebnisqualität beurteilt werden. Die Prozessqualität konnte nicht adäquat erfasst werden. Mit Hilfe des digitalen Notarzteinsatzprotokolls (DINO) am Luftrettungszentrum Christoph 22 ist es nun möglich, Prozessdaten zu erheben.

Zur Beantwortung der Fragestellung, warum standardisierte Qualitätsempfehlungen nicht eingehalten werden und ob deren Ursachen und Verbesserungsmöglichkeiten durch ein erweitertes medizinisches Qualitätsmanagement zu finden sind, wurden zunächst Struktur- und Ergebnisdaten der präklinischen Versorgung am Luftrettungszentrum Christoph 22 ausgewertet. Neu in dieser Studie ist, dass in einem zweiten Schritt Prozessdaten ausgewertet wurden, um somit die Effektivität von präklinischen Maßnahmen und Handlungsabläufe interpretieren zu können. Hinzu kommt, dass nicht nur statische Zeitpunkte, wie Anfang- und Ende der Behandlung miteinander verglichen werden, sondern auch der dynamische Zeitverlauf einer präklinischen Polytraumaversorgung (Black Box). Als Grundlage der Analyse wurde nicht das statistisch gemittelte Polytrauma herangezogen, sondern **Subgruppen** gebildet, abgeleitet durch unterschiedliche Verletzungsmuster. Darauf aufbauend wurden bestimmte Zeitpunkte und Interventionen (wie zum Beispiel: 10 Minuten On scene, Intubationszeitraum, Medikamentenverabreichung, Legen einer Thoraxdrainage, Airway + Breathingstrategie/ Oxygenation) einer **Kurzzeitintervall- Analyse** unterzogen.

In einem zweieinhalbjährigen Beobachtungszeitraum konnten 298 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Die Auswertung der Struktur- und Ergebnisdaten zeigt, dass die Zielvorgabe hinsichtlich **Zeitmanagement** (Prähospitalzeit  $\leq 60$  Minuten) in 36% der Fälle nicht erreicht wird. Aus den Prozessdaten lässt sich zum Einen das Einklemmungstrauma mit technischen Rettungsmaßnahmen als signifikante Ursache ableiten. Zum Anderen zeigt sich eine tendenziell längere Anflugzeit und eine signifikant verlängerte Transportzeit, da Patienten häufiger über längere Strecken in spezialisierte Traumazentren geflogen werden. Schnellere Rettungstechniken und eine frühere Alarmierung des

Rettungshubschraubers sollten angestrebt werden. Das **Kreislaufmanagement** beim schwerem Schädel- Hirn- Trauma (Glasgow Coma Scale (GCS) <9), das heißt, das Erreichen eines systolischen Zielblutdrucks von  $\geq 120$  mmHg, kann in 45% der Fälle nicht erfüllt werden. Die Prozessdaten zeigen primär einen signifikant niedrigeren systolischen Blutdruck und signifikant häufiger einen manifesten Kreislaufschock. Diesbezüglich sind dabei signifikant häufiger Thorax- und/ oder Abdomen-/ Beckenverletzungen zu sehen und die Anlage einer Thoraxdrainage erforderlich. Ebenfalls mussten signifikant häufiger Kolloide, Small- volume Resuscitation und Katecholamine eingesetzt werden. Darunter zeigt sich zumindest eine effektive Therapie des schweren Kreislaufschocks. Demzufolge kann dies ein Hinweis sein, dass kardiozirkulatorisch wirksame Medikamente höher dosiert angewendet werden können. Eine definitive Aussage kann hierzu aber nicht getroffen werden, auch unter der Limitation, dass eine nichtkraniale Hämorrhagie präklinisch sehr schwer zu kontrollieren ist. Hinsichtlich **invasiver Maßnahmen** zeigen die Prozessdaten, dass durch die frühe präklinische Narkose mit Intubation und Beatmung die Hypoxie sehr rasch behoben werden kann. Bei hämodynamisch instabilen Patienten führt eine präklinische Narkose bei gleichzeitig effektiver Kreislauftherapie nicht zu einer weiteren Kreislaufinstabilität. Ebenfalls führt die Anlage einer Thoraxdrainage bei gezielter Indikation zu einer signifikanten Verbesserung der Hämodynamik und der Sauerstoffsättigung. Aus den Prozessdaten geht hervor, dass invasive Maßnahmen nur zu einer geringen Verlängerung der prähospitalen Phase führen. Diese Tatsache ist durch die Kompetenz des Rettungsteams im Umgang mit invasiven Maßnahmen ableitbar.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass durch ein erweitertes Qualitätsmanagement, im Sinne einer Validierung der Prozessqualität ein wesentlich differenzierteres Bild auf die präklinische Polytraumaversorgung ersichtlich wird. Die Bildung von Subgruppen ermöglicht die Bewertung von präklinischen Maßnahmen auf deren Effektivität. Folglich können Gründe und Verbesserungsmöglichkeiten für das Nichteinhalten von standardisierten Qualitätsempfehlungen abgeleitet werden. Dadurch lässt sich eine hohe Behandlungsqualität einfordern. Diese sollte ein gut qualifiziertes Personal mit Erfahrungen in Notfallanästhesie, Intensivmedizin und spezieller Notfallmedizin, ein ständiges Training der Fertigkeiten und das Handeln nach wissenschaftlichen Leitlinien umfassen.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Arbabi S, Jurkovich GJ, Wahl WL, Franklin GA, Hemmila MR, Taheri PA, Maier RV: A comparison of prehospital and hospital data in trauma patients. J Trauma 56: 1029-1032 (2004)
2. Beck AB, F. Kinzl, L: Notärztliche Versorgung des Traumapatienten. Notfall Rettungsmed 5: 57-71 (2002)
3. Berger E: Nothing gold can stay?: EMS crashes, lack of evidence bring the golden hour concept under new scrutiny. Ann Emerg Med 56: 17-19 (2010)
4. Bernhard M, Helm M, Aul A, Gries A: [Preclinical management of multiple trauma]. Anästhesist 53: 887-902 (2004)
5. Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H: Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. J Trauma 56: 94-98 (2004)
6. Bushby N, Fitzgerald M, Cameron P, Marasco S, Bystrycki A, Rosenfeld JV, Bailey M: Prehospital intubation and chest decompression is associated with unexpected survival in major thoracic blunt trauma. Emerg Med Australas 17: 443-449 (2005)
7. Charite, AG- Polytrauma: SIRS und Sepsis beim Polytrauma.  
<http://www.ag-polytrauma.de/forschung/sirs-und-sepsis-beim-polytrauma>  
(12.03.2013)
8. Chesnut RM, Marshall LF, Klauber MR, Blunt BA, Baldwin N, Eisenberg HM, Jane JA, Marmarou A, Foulkes MA: The role of secondary brain injury in determining outcome from severe head injury. J Trauma 34: 216-222 (1993)
9. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ: Time to laparotomy for intra-Abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. J Trauma 52: 420-425 (2002)
10. Copes WS, Staz CF, Konvolinka CW, Sacco WJ: American College of Surgeons audit filters: associations with patient outcome and resource utilization. J Trauma 38: 432-438 (1995)
11. Cudnik MT, Newgard CD, Wang H, Bangs C, Herrington Rt: Endotracheal intubation increases out-of-hospital time in trauma patients. Prehospital emergency care : Official journal of the National Association of EMS

- Physicians and the National Association of State EMS Directors 11: 224-229 (2007)
12. Davis DP, Peay J, Sise MJ, Kennedy F, Simon F, Tominaga G, Steele J, Coimbra R: Prehospital airway and ventilation management: A trauma score and injury severity score-based analysis. J Trauma 69: 294-301 (2010)
  13. Deakin C: Preventable pre-hospital trauma deaths from trauma. Pre-hosp Immed Care 1: 198-203 (1997)
  14. DESTATIS -Statistisches Bundesamt :  
<http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/GestorbeneAnzahl.html?nn=50808> (13.10.2013)
  15. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie eV: Behandlung S3- Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletzten. <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html> (21.05.2012)
  16. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie eV: Traumaregister (1994-2008)
  17. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie eV: Traumaregister Jahresbericht 2008 und 2009.  
[http://www.traumaregister.de/downloads/Jahresbericht\\_2008.pdf](http://www.traumaregister.de/downloads/Jahresbericht_2008.pdf) und  
[http://www.traumaregister.de/downloads/Jahresbericht\\_2009.pdf](http://www.traumaregister.de/downloads/Jahresbericht_2009.pdf)  
(14.02.2013)
  18. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie eV: Traumaregister Jahresbericht 2012.  
[http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/tr-dgu-öjahresbericht\\_2012.pdf](http://www.traumaregister.de/images/stories/downloads/jahresberichte/tr-dgu-öjahresbericht_2012.pdf) (10.11.2013)
  19. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie eV: Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung.  
[http://www.dgu-online.de/fileadmin./published\\_content/5.Qualität\\_und\\_Sicherheit/PDF/2010\\_DGU\\_Weissbuch\\_Auflage1.pdf](http://www.dgu-online.de/fileadmin./published_content/5.Qualität_und_Sicherheit/PDF/2010_DGU_Weissbuch_Auflage1.pdf) (21.05.2012)
  20. Dick WF, Baskett P: [Recommendations for uniform documentation according to trauma severity - the Utstein style. An international initiative of the International Trauma Anesthesia and Critical Care Society (ITACCS)]. Anästhesist 49: 255-268 (2000)

21. Dirks B: Eckpunktepapier zur notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in der Klinik und Präklinik. Notfall Rettungsmed 11: 421-422 (2008)
22. Dissmann PD, Le Clerc S: The experience of Teesside helicopter emergency services: doctors do not prolong prehospital On- scene times. Emerg Med J 24: 59-62 (2007)
23. Donabedian A: The quality of care. J Am Med Ass 260: 1743-1748 (1998)
24. Dunham CM, Barraco RD, Clark DE, Daley BJ, Davis FE, Gibbs MA, Knuth T, Letarte PB, Luchette FA, Omert L, Weireter LJ, Wiles CE: Guidelines for emergency tracheal intubation immediately after traumatic injury. J Trauma 55: 162-179 (2003)
25. Eckstein M, Chan L, Schneir A, Palmer R: Effect of prehospital advanced life support on outcomes of major trauma patients. J Trauma 48:643-648 (2000)
26. Feero S, Hedges JR, Simmons E, Irwin L: Does out-of-hospital EMS time affect trauma survival? Am J Emerg Med 13: 133-135 (1995)
27. Frink M, Probst C, Hildebrand F, Richter M, Hausmanninger C, Wiese B, Krettek C, Pape HC: [The influence of transportation mode on mortality in polytraumatized patients. An analysis based on the German Trauma Registry]. Unfallchirurg 110: 334-340 (2007)
28. Gries A, Helm M, Martin E: [The future of preclinical emergency medicine in Germany]. Anästhesist 52: 718-724 (2003)
29. Gries A, Sikinger M, Hainer C, Ganion N, Petersen G, Bernhard M, Schweigkofler U, Stahl P, Braun J: [Time in care of trauma patients in the air rescue service: implications for disposition?]. Anästhesist 57: 562-570 (2008)
30. Gries A, Wilhelm W: [Deficiencies in the practical management of certain emergency situations. Improvement in the emergency medical qualifications through practice oriented course concepts]. Anästhesist 53: 1043-1044 (2004)
31. Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T: Einsatzrealität im Notarztdienst. Notfall Rettungsmed 8: 391-398 (2005)
32. Hassan HG, el-Sharkawy TY, Renck H, Mansour G, Fouda A: Hemodynamic and catecholamine responses to laryngoscopy with vs.

- without endotracheal intubation. *Acta Anaesthesiol Scand* 35:442-447 (1991)
33. Häusler JMC, Zimmermann H, Tobler B, Arnet B, Hüsler J: Die volkswirtschaftlichen Kosten von Polytrauma. SUVA, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (2001)
  34. Helm M (2010 persönliche Mitteilung)
  35. Helm M, Hauke J, Kohler J, Lampl L: [The concept of small volume resuscitation for preclinical trauma management. Experiences in the Air Rescue Service]. *Unfallchirurg* 116: 326-331 (2013)
  36. Helm M, Hauke J, Schlafer O, Schlechtriemen T, Lampl L [Extended medical quality management exemplified by the tracer diagnosis multiple trauma. Pilot study in the air rescue service]. *Anästhesist* 61: 106-107, 110-105 (2012)
  37. Helm M, Hauke J, Schlechtriemen T, Renner D, Lampl L: [Paper-assisted digital Mission documentation in air rescue services. Quality management in preclinical emergency medicine]. *Anästhesist* 56: 877-885 (2007)
  38. Helm M, Hossfeld B, Hauke J, Lampl L: Das Einklemmungstrauma aus notärztlicher Sicht - ein Überblick. *Notarzt* 17: 44-46 (2001)
  39. Helm M, Hauke J, Helmschrott E, Lampl L, Kulla M: Schnittstellenübergreifende Verlaufsdokumentation am Beispiel von Hypotension und Hypoxie bei schwerem SHT. *Notfall Rettungsmed* 15: 675-682 (2012)
  40. Helm M, Hauke J, Renner D, Schlechtriemen T, Lampl L: Kreislaufstabilisierung und adäquate Oxygenation bei präklinischer Versorgung des schweren Schädel- Hirn- Traumas. *Notfall Rettungsmed* 15:521-526 (2012)
  41. Hierholzer C, Billiar TR: Molecular mechanisms in the early phase of hemorrhagic shock. *Langenbeck's arch surg* 386: 302-308 (2001)
  42. Kirschning T, Brenner F, Stier M, Weber CF, Walcher F: [Pre-hospital emergency sonography of trauma patients]. *Anästhesist* 58: 51-60 (2009)
  43. Kleber C, Lefering R, Kleber AJ, Buschmann CT, Bail HJ, Schaser KD, Haas NP: [Rescue time and survival of severely injured patients in Germany]. *Unfallchirurg* 116: 345-350 (2013)

44. Klinger JR: Hemodynamics and positive end-expiratory pressure in critically ill patients. Crit care clin 12: 841-864 (1996)
45. Konrad C, Schupfer G, Wietlisbach M, Gerber H: Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? Anesth Analg 86: 635-639 (1998)
46. Kreimeier U, Lackner CK, Prückner S, Ruppert M, Peter K: [Permissive hypotension in severe trauma]. Anästhesist 51: 787-799 (2002)
47. Kreimeier U, Lackner CK, Prückner S, Ruppert M, Peter K: Neue Strategien in der Volumenersatztherapie beim Polytrauma. Notfall Rettungsmed 6: 77-88 (2003)
48. Kreimeier U, Peter K, Meßmer K: Small volume Resuscitation bei Trauma und Schock. Notfall Rettungsmed 4: 608-618 (2001)
49. Kreimeier U, Prückner S, Peter K: Permissive Hypotension. Schweiz Med Wochenschr 130: 1516-1524 (2000)
50. Kulla M, Helm M, Lefering R, Walcher F: Prehospital endotracheal intubation and chest tubing does not prolong the overall resuscitation time of severely injured patients: a retrospective, multicentre study of the Trauma Registry of the German Society of Trauma Surgery. Emer Med J 29: 497-501 (2012)
51. Kulla M, Schweigkofler U: Präklinische Erstversorgung des Polytraumas. [http://finestonline.org/files\\_old/präklinische\\_erstversorgung\\_des\\_polytraumas\\_ws\\_2011.pdf](http://finestonline.org/files_old/präklinische_erstversorgung_des_polytraumas_ws_2011.pdf) (03.10.2012)
52. Lang B, Ruppert M, Schneibel W, Urban B: Teamtraining in der Luftrettung- Aeromedical Crew Resource Management- Ein europäisches Trainingsprogramm zur Optimierung der Flug- und Patientensicherheit in der Luftrettung. Notfall Rettungsmed 13: 368-374 (2010)
53. Lussmann R: Thrombemboliprophylaxe beim Polytrauma. [http://www.anästhesie-stgallen.ch/Informationen\\_fuer\\_Fachpersonen/Fruehere\\_Veranstaltungen/IPS\\_Symposium\\_2010/Lussmann.pdf](http://www.anästhesie-stgallen.ch/Informationen_fuer_Fachpersonen/Fruehere_Veranstaltungen/IPS_Symposium_2010/Lussmann.pdf) St. Gallen (05.05.2013)
54. Mand C, Müller T, Lefering R, Ruchholz S: Vergleich der Schwerverletztenversorgung in den neuen und alten deutschen Bundesländern. <http://data.ärzteblatt.org/pdf/110/12/m203.pdf> (01.02.2014)

55. Messelken M, Schlechtriemen T: Der minimale Notarztdatensatz MIND 2. Notfall Rettungsmed 6: 189-192 (2006)
56. Mönk S: Die Bedeutung der Simulatoren. Notfall Rettungsmed 6: 37-39 (2003)
57. Morales D, Madigan J, Cullinane S, Chen J, Heath M, Oz M, Oliver JA, Landry DW: Reversal by vasopressin of intractable hypotension in the late phase of hemorrhagic shock. Circulation 100: 226-229 (1999)
58. Mort TC: Complications of emergency tracheal intubation: immediate airway-related consequences: part II. J Intensive Care Med 22: 208-215 (2007)
59. Mort TC: The incidence and risk factors for cardiac arrest during emergency tracheal intubation: a justification for incorporating the ASA Guidelines in the remote location. J Clin Anesth 16: 508-516 (2004)
60. Mutzbauer TS, Helm M: Präklinisches Airway-Management bei Patienten mit Einklemmungstrauma- Darstellung aus Sicht des Anästhesisten als Notarzt an einer Rettungshubschrauberstation. Notarzt 17:57-62 (2001)
61. Nerlich M, Magshudi M: Polytrauma-Management - Präklinisches Handling und Schockraumversorgung. Notfall Rettungsmed 0: 45-54 (1997)
62. Newton A, Ratchford A, Khan I: Incidence of adverse events during prehospital rapid sequence intubation: a review of one year on the London Helicopter Emergency Medical Service. J Trauma 64:487-492 (2008)
63. Prause G, Wildner G, Kainz J, Bossner T, Gemes G, Dacar D, Magerl S: [Strategies for quality assessment of emergency helicopter rescue systems. The Graz model]. Anästhesist 56:461-465 (2007)
64. Raum M, Waydhas C: Präklinische Volumentherapie beim Trauma. Notfall Rettungsmed 12:188-1992 (2009)
65. Raum M, Waydhas C, AG Notfallmedizin: Präklinische Volumentherapie beim Trauma. Notfall Rettungsmed 9:485-500 (2006)
66. Regel G, Seekamp A, Pohlemann T, Schmidt U, Bauer H, Tscherne H: [Must the accident victim be protected from the emergency physician?]. Unfallchirurg 101: 160-175 (1998)

67. Rivara FP, Maier RV, Mueller BA, Luna GA, Dicker BG, Herman CM, Kenagy JW, Copass MK: Evaluation of Potentially Preventable Deaths Among Pedestrian and Bicyclist Fatalities. JAMA 261:566-570 (1989)
68. Rubel D: Technische Rettung aus modernen Neufahrzeugen. incentive MED gGmbH - Gesellschaft zur Förderung der präklinischen Notfallmedizin (2009)
69. Sampalis JS, Denis R, Lavoie A, Frechette P, Boukas S, Nikolis A, Benoit D, Fleischer D, Brown R, Churchill-Smith M, Mulder D: Trauma care regionalization: a process-outcome evaluation. J Trauma 46: 565-579; discussion 579-581 (1999)
70. Schlechtriemen T: Qualitätsmanagement in der Luftrettung. Notfall Rettungsmed 11: 246-251 (2008)
71. Schlechtriemen T, Schäfer S, Stolpe E, Altemeyer KH: [Preclinical care of trauma patients in air rescue. Results of the medical quality management for patients with severe head injury and polytrauma in the years 2000 and 2001]. Unfallchirurg 105: 974-985 (2002)
72. Schmelz A, Ziegler D, Beck A, Kinzl L, Gebhard F (2002) [Costs for acute, stationary treatment of polytrauma patients]. Unfallchirurg 105:1043-1048
73. Schmidt U, Geerling J, Fuhler M, Hubrich V, Richter M, Krettek C: [Pediatric prehospital trauma care. A retrospective comparison of air and ground transportation]. Unfallchirurg 105: 1000-1006 (2002)
74. Shafi S, Gentilello L: Pre-hospital 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 59: 1140-1145; discussion 1145-1147 (2005)
75. Simmel S, Bühren V: [Surviving multiple trauma--what comes next? The rehabilitation of seriously injured patients]. Unfallchirurg 112: 965-974 (2009)
76. Sonntag V: Notärztliche Traumaversorgung durch den Rettungshubschrauber "Christoph Europa 2". Med Dissertation, Universität Münster (2007)
77. Stockinger ZT, McSwain NE, Jr: Prehospital endotracheal intubation for trauma does not improve survival over bag-valve-mask ventilation. J Trauma 56: 531-536 (2004)

78. Stürmer et al: Polytrauma- Leitlinie für die Unfallchirurgische Diagnostik und Therapie. Unfallchirurg 104: 902-912 (2001)
79. Timmermann A, Braun U, Panzer W, Schläger M, Schnitzker M, Graf BM: [Out-of-hospital airway management in northern Germany. Physician-specific knowledge, procedures and equipment]. Anästhesist 56: 328-334 (2007)
80. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Brauer A, Rosenblatt WH, Braun U (2006) Prehospital airway management: a prospective evaluation of anästhesis trained emergency physicians. Resuscitation 70:179-185
81. Tinkoff GH, O'Connor RE: Validation of new trauma triage rules for trauma attending response to the emergency department. J Trauma 52: 1153-1158; discussion 1158-1159 (2002)
82. Trupka A, Waydhas C, Nast-Kolb D, Schweiberer L: [Effect of early intubation on the reduction of post-traumatic organ failure]. Unfallchirurg 98: 111-117 (1995)
83. Tryba MB H, Echtermeyer V: Klassifizierung von Erkrankungen und Verletzungen im Notarztrettungssystem. Notfallmedizin 6: 725-727 (1980)
84. Tscherne H, Trentz, O: über Mehrfachverletzungen. In: Heberer G, Köle WK und Tscherne H (Hrsg) Lehrbuch der Chirurgie, Springer, Berlin, New York, Heidelberg, S. 655 - 658 (1983)
85. Voelckel WG, von Goedecke A, Fries D, Krismer AC, Wenzel V, Lindner KH: [Treatment of hemorrhagic shock. New therapy options]. Anästhesist 53:1151-1167 (2004)
86. Walcher F, Kortum S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I: [Optimized management of polytraumatized patients by prehospital ultrasound]. Unfallchirurg 105: 986-994 (2002)
87. Waydhas C: Polytrauma im Alter. Unfallchirurgie- Universitätsklinik Essen. <http://www.yumpu.com/de/document/view/3881028/polytrauma-im-alter/2> (19.06.2013)
88. Westhoff J, Kroner C, Meller R, Schreiber T, Zech S, Hubrich V, Krettek C: [Entrapped motorists and air rescue services: analysis of tactical rescue approach, rescue techniques, and emergency medical services illustrated by a helicopter emergency medical service]. Unfallchirurg 111:155-161 (2008)

89. Wissenschaftlicher Arbeitskreis Neuroanästhesie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin: Innerklinische Versorgung des Patienten mit Schädel- Hirn- Trauma. *Anästh Intensivmed* 50:489-501 (2009)
90. Wissenschaftlicher Arbeitskreis Neuroanästhesie der DGAI und Arbeitsgemeinschaft Intensivmedizin/ Neurotraumatologie der DGNC und der Sektion Rettungswesen und Katastrophenmedizin der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin: Leitlinie zur Primärversorgung von Patienten mit Schädel- Hirn- Trauma. *Anästh Intensivmed* 38:89-93 (1997)
91. Wissenschaftlicher Arbeitskreis Neuroanästhesie der DGAI und Arbeitsgemeinschaft Intensivmedizin/ Neurotraumatologie der DGNC und der Sektion Rettungswesen und Katastrophenmedizin der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin: Empfehlungen zur Erstversorgung des Patienten mit Schädel-Hirn- Trauma bei Mehrfachverletzungen. *Anästh Intensivmed* 41:39-45 (2000)
92. Wutzler S, Mägele M, Marzi I, Spanholtz T, Wafaisade A, Lefering R: Association of preexisting medical conditions with in-hospital mortality in multiple-trauma patients. *J Am Coll Surg* 209: 75-81 (2009)
93. Ziegenfuss T: [Polytrauma. Preclinical early support and shock management]. *Anästhesist* 47:415-431 (1998)



## **Danksagung**

Herrn OTA Prof. Dr. med. L. Lampl möchte ich für die freundliche Überlassung des hochinteressanten Themas danken.

Bedanken möchte ich mich bei allen Mitarbeitern des Traumateams Christoph 22 für die aktive Unterstützung und sorgfältige Dokumentation der Daten.

Mein größter Dank gilt meinem Vorbild Herrn Prof. Dr. med. M. Helm. Ihm möchte ich ebenfalls für die Überlassung von dem hochinteressanten notfallmedizinischen Thema danken. Zu jeder Zeit unterstützte er mich bei der Durchführung, Planung und Auswertung der vorliegenden Arbeit. Dankbar anerkennen möchte ich die uneingeschränkte und sehr geduldige Bereitschaft großes notfallmedizinisches Wissen weiterzugeben.

Für die Geduld und moralische Unterstützung möchte ich meiner Lebenspartnerin Kathrin Deubler und meiner Familie danken.

# Lebenslauf

## ■ Persönliche Daten

Name: Otmar Schlafer

Geburtsdaten: 30.07.1985

## ■ Schulbildung

08/ 1992 – 07/ 1996 Grundschule Schillerschule Münsingen

09/ 1996 – 07/ 2005 Gymnasium Münsingen

## Allgemeine Hochschulreife

## ■ Zivildienst

08/ 2005 – 10/ 2005 Ausbildung zum staatlich anerkannten Rettungssanitäter

09/ 2005 – 08/ 2006 Zivildienstleistender im Freiwilligen Sozialen Jahr beim Rettungsdienst des DRK Kreisverband Reutlingen e.V.

## ■ Studium

10/ 2006 – 11/ 2012 Studium der Humanmedizin an der Universität Ulm

08/ 2008 – 09/ 2008 1. Ärztliche Prüfung an der Universität Ulm

08/ 2011 – 07/ 2012 Praktisches Jahr am Bundeswehrkrankenhaus Ulm

Anästhesie, Innere Medizin, Chirurgie

10/ 2012 – 11/ 2012 2. Ärztliche Prüfung an der Universität Ulm

## Abschluss des Studiums der Humanmedizin

## ■ Beruf

05/ 2013 – 10/ 2014 Assistenzarzt  
Universitätsklinik für Anästhesie und Allgemeine Intensivmedizin  
der Medizinischen Universität Innsbruck

11/ 2014 – dato Assistenzarzt  
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und  
Schmerztherapie am Medizin Campus Bodensee – Klinikum  
Friedrichshafen

## ■ Promotion

07/ 2009 – 12/ 2015

Thema: Erweitertes medizinisches Qualitätsmanagement am  
Beispiel der Tracer- Diagnose Polytrauma  
*Eine Pilotstudie aus dem Bereich des Luftrettungsdienstes*  
Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Abteilung für Anästhesie und  
Intensivmedizin – Sektion Notfallmedizin

## ■ Publikation

02/ 2012

Erweitertes medizinisches Qualitätsmanagement am Beispiel  
der Tracer- Diagnose Polytrauma  
*Eine Pilotstudie aus dem Bereich des Luftrettungsdienstes*  
M. Helm, J. Hauke, O. Schlafer, T. Schlechtriemen, L. Lampl  
  
Der Anästhesist 2012/02 · 61:106-115, Springer- Verlag

## ■ Qualifikation

04/ 2003 – 06/ 2003

Ausbildung zum staatlich anerkannten Lizenz-Trainer C  
(Rennrad/ MTB)

10/ 2014

ETC Provider des European Resuscitation Council

03/ 2015

ACLS Instructor der American Heart Association

## ■ Mitgliedschaft und Nebentätigkeit

03/ 2001 – dato

aktive Mitgliedschaft TSG Münsingen e. V.– Radsport

06/ 2003 – 10/ 2006

Trainer (Lizenzrennfahrer Junioren, Jugend)

TSG Münsingen e. V.– Radsport

09/ 2006 – 04/ 2013

Beschäftigung im Rettungsdienst des DRK Kreisverband  
Reutlingen e.V.

10/ 2008 – 11/ 2012

Tutor in der Sektion Notfallmedizin der Klinik für  
Anästhesiologie am Universitätsklinikum Ulm

## ■ Sonstiges

Hobby:

Rennrad, Skilanglauf, Bergsteigen

Musik:

Violine

Sprachkenntnisse:

Englisch (gute Kenntnisse)

EDV- Kenntnisse:

Word, Excel, PowerPoint, WinSTAT®

Langenargen, 18.12.2015