

Aus der Klinik für Unfall- und Handchirurgie  
der Heinrich – Heine – Universität zu Düsseldorf  
Direktor: Univ.-Prof. Dr.med. Joachim Windolf

# **Das schwere Schädel-Hirn-Trauma im Traumanetzwerk der DGU**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktor der Medizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich – Heine – Universität Düsseldorf

vorgelegt von  
Jan Raphael Hohbach

2019

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Jan Raphael Hohbach

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Sacha Flohé

Zweitgutachter: PD Dr. med. Bernd Bittersohl

## Zusammenfassung:

Diese Untersuchung der Versorgungsrealität des schweren SHT im Traumanetzwerk zeigt eine funktionierende Verteilung der Patienten. Präklinisch erlaubt der GCS eine Identifikation des SHT, so dass ein gerichteter Transport in ein geeignetes Zentrum erfolgt. Dabei zeigen sich die Kollektive eines ÜTZ und RTZ NC+ vergleichbar hinsichtlich Alter, Verletzungsschwere, Unfallhergang und Transport. Die Verteilung der Patienten im Ballungsraum unterscheidet sich deutlich von derer in ländlichen Gebieten. Im Ballungsraum ist das Überregionale Traumazentrum vornehmlicher Versorger des schweren SHT. In ländlichen Gebieten kommt die Hälfte der Patienten mit SHT in ein ÜTZ, jeweils ein Fünftel jedoch in regionale Traumazentren mit und ohne neurotraumatologische Kompetenz. Das RTZ NC+ weist in der Versorgung des schweren SHT unabhängig von der Region eine höhere SMR gegenüber den ÜTZ auf. Eine Interpretation der Daten deutet darauf hin, dass dies möglicherweise durch die Folgetherapie nach Erstversorgung begründet ist.

Leider sind Zeitdauer des Intensivaufenthaltes und der Beatmung keine Qualitätsindikatoren, die einen direkten Rückschluss auf die Intensivbehandlung zulassen. Eingeschränkt wird diese Aussage durch folgende Einflussfaktoren: Der Ausschluss der verlegten Patienten aufgrund des notwendigen RISC – Scores kann zu einer Selektion von Patienten mit schlechter Prognose führen. Dies gilt ebenso für einen vorliegenden Patientenwille möglicherweise gegen eine invasive Therapie. Die geringeren Fallzahlen der RTZ NC+ erlauben durch Qualitätsunterschiede einzelner Zentren einen stärkeren Einfluss auf die SMR gegenüber ÜTZ. Möglicherweise ist das Suchraster des Traumaregisters aufgrund der Inhomogenität der Einzelverletzungen innerhalb des Kollektives zu grob um einen negativen Bias der RTZ NC+ ausschließen zu können. Auch die Qualität der Dateneingabe in das Register beeinflusst das Ausgangskollektiv, in dem das Vorhandensein des kompletten Datensatzes Voraussetzung für eine Auswahl ist. Für eine bessere Vorhersage des Outcomes beim schweren SHT muss das Augenmerk auf Art und Qualität v.a. der Intensivtherapie gelenkt werden. Die Registerdaten sollten auf ihre Aussagekraft dahingehend geprüft und ggf. erweitert werden. Die Intensivmedizin als eine Domäne des Fachgebietes Anästhesie muss hierbei auf spezifische Besonderheiten der Verletzung wie das SHT eingehen unter Einbezug der Fachkompetenz Neurochirurgie.

## Conclusion:

This study of the real distribution of severe TBI in the Traumanetzwerk DGU® shows a well-functioning distribution of patients. Preclinically, the GCS allows identification of the severe TBI so that directed transport to a suitable center occurs. This shows the collectives of a Level I trauma center and Level II trauma center comparable in terms of age, severity of injury, accident and transport. The distribution of patients in the conurbation differs significantly from those in rural areas. In the conurbation, the Level I trauma center is a primary provider of severe TBI. In rural areas, half of the patients with severe TBI come to an Level I trauma center, but one fifth to Level II trauma centers with and without neurosurgical competence. The Level II trauma center with neurosurgical competence has a higher SMR compared to the Level I trauma center in the supply of the severe TBI independent of the region. An interpretation of the data suggests that this may be due to follow-up treatment after primary care, especially at the ICU.

Unfortunately, the duration of the intensive care stay and the ventilation are not quality indicators that allow a direct inference to the intensive care.

This statement is limited by the following influencing factors: The exclusion of the relocated patients due to the necessary RISC score can lead to a selection of patients with a poor prognosis. This also applies to an existing patient's desire possibly against an invasive therapy. The lower case numbers of the Level II trauma centers with neurosurgical competence allow a greater influence on the SMR over the Level I trauma center due to differences in the quality of individual centers. It is possible that the search grid of the trauma registry is too coarse to exclude a negative bias of the Level II trauma center due to the inhomogeneity of the individual injuries within the collective. The quality of the data input into the register also influences the output collective, in which the presence of the complete data set is a prerequisite for a selection.

For a better prediction of the outcome in severe TBI attention must be paid to the type and quality of the intensive care therapy. The register data should be checked for their meaningfulness and extended if necessary. Intensive care medicine as a domain of the anesthesia department must address specific features of the injury such as the severe TBI, including the expertise in neurosurgery.

## Abkürzungsverzeichnis:

**AiS:** Abbreviated injury scale

**ASA:** American Society of  
Anesthesiologists, ASA-  
Risikoklassifikation

**BE:** Base excess, Basenüberschuss

**CT:** Computertomographie

**CCT:** Cerebrale Computertomographie

**ECS:** Eppendorf cologne scale

**EK:** Erythrozytenkonzentrat

**FFP:** Fresh Frozen Plasma

**GCS:** Glasgow Coma Scale

**GOS:** Glasgow Outcome Scale

**Hb:** Hämoglobin

**ICU:** Intensive Care Unit

**ICP:** Intracranial pressure

**INR:** International Normalized Ratio

**ISS:** Injury severity score

**KH:** Krankenhaus

**LTZ:** Lokales Traumazentrum

**mmHg:** Millimeter Quecksilbersäule,  
Maß für den Blutdruck

**NISS:** New injury severity score

**RISC:** Revised injury severity  
classification

**RR:** Blutdruck (Riva- Rocci)

**RTH:** Rettungshubschrauber

**NA:** Notarzt

**RTS:** Revised trauma score

**RTZ:** Regionales Traumazentrum

**SAB:** Subarachnoidalblutung

**SHT:** Schädel-Hirn-Trauma

**SMR:** Standardisierte Mortalitätsrate

**Sys.:** systolisch

**TBI:** traumatic brain injury

**TNW:** Traumanetzwerk

**TRISS:** Trauma and Injury severity score

**ÜTZ:** Überregionales Traumazentrum

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                        |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| ZUSAMMENFASSUNG:                                                                                       | I         |
| CONCLUSION:                                                                                            | II        |
| ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS:                                                                                 | III       |
| <b>1 EINLEITUNG</b>                                                                                    | <b>1</b>  |
| 1.1 DAS POLYTRAUMA, SCHWERVERLETZTE                                                                    | 1         |
| 1.2 EPIDEMIOLOGISCHE DATEN ÜBER DAS POLYTRAUMA                                                         | 2         |
| 1.3 DAS SHT– EPIDEMIOLOGISCHE DATEN                                                                    | 3         |
| 1.4 DAS SHT – EINTEILUNG UND BEURTEILUNG DER VERLETZUNG                                                | 4         |
| 1.5 „ABBREVIATED INJURY SCALE“, AIS ZUR EINSTUFUNG DER VERLETZUNGSSCHWERE                              | 6         |
| 1.6 STRUKTUR „TRAUMANETZWERK“ IN DER TRAUMAVERSORGUNG                                                  | 6         |
| 1.7 SCORINGSYSTEME IN DER BEURTEILUNG DES TRAUMAS                                                      | 9         |
| 1.8 THERAPIE UND NEUROCHIRURGISCHE INTERVENTION BEIM SCHWEREN SHT                                      | 10        |
| 1.9 ZIELE DER ARBEIT                                                                                   | 12        |
| <b>2. METHODEN</b>                                                                                     | <b>12</b> |
| 2.2 AUSWERTUNGSANTRAG TRAUMAREGISTER DGU®                                                              | 12        |
| 2.3 DATENSCHUTZ                                                                                        | 12        |
| 2.4 ETHIKVOTUM                                                                                         | 13        |
| 2.6 AUSWERTUNG DER DATEN                                                                               | 14        |
| 2.7 STATISTIK                                                                                          | 15        |
| <b>3. ERGEBNISSE</b>                                                                                   | <b>15</b> |
| 3.1.1 DATEN DES KREISKRANKENHAUS GUMMERSBACH                                                           | 15        |
| 3.1.2 FALLBEISPIELE DER PATIENTEN MIT SHT, $AIS_{KOPF} \geq 3$ AUS DEM KREISKRANKENHAUS<br>GUMMERSBACH | 16        |
| 3.1.3 DEMOGRAPHISCHE DATEN DER PATIENTEN DES KREISKRANKENHAUSES<br>GUMMERSBACH                         | 21        |
| 3.2 DATEN DES TRAUMAREGISTER DGU®                                                                      | 23        |
| 3.2.2 DEMOGRAPHISCHE DATEN DER TRAUMAPATIENTEN MIT SHT                                                 | 26        |
| 3.2.3 UNFALLMECHANISMUS FÜR DAS SCHWERE SHT                                                            | 27        |
| 3.2.4 PRÄKLINISCHE DATEN DES SCHWEREN SHT                                                              | 28        |
| 3.2.5 TRANSPORT DES SCHWEREN SHT                                                                       | 29        |

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.6 DER SCHOCKRAUMPROZESS BEI SCHWEREM SHT .....                    | 30        |
| 3.2.7 KRANKENHAUSVERLAUF UND OUTCOME .....                            | 32        |
| 3.2.8 STATISTISCHE BERECHNUNGEN MIT DEM CHI-QUADRAT NACH PEARSON..... | 36        |
| <u>4. DISKUSSION .....</u>                                            | <u>42</u> |
| <u>LITERATURVERZEICHNIS: .....</u>                                    | <u>52</u> |
| <u>DANKSAGUNG.....</u>                                                | <u>58</u> |

# 1 Einleitung

## 1.1 Das Polytrauma, Schwerverletzte

Das Polytrauma beschreibt schwere, durch einen Unfall eingetretene Verletzungen. In der ursprünglichen Bedeutung lag die Gewichtung auf der potentiellen Lebensbedrohlichkeit eines „Polytrauma“. Dabei können gleichzeitige Verletzungen verschiedener Organsysteme vorliegen oder auch eine Einzelverletzung aus der Kombination herausragen. Entscheidendes Charakteristikum ist die potentielle Lebensbedrohlichkeit als Folge der Verletzung oder der Kombination mehrerer Verletzungen. Schwere Verletzungen dieser Art entstehen durch erhebliche Traumata. Hierbei stehen Verkehrsunfälle im Vordergrund. Auch Stürze aus großer Höhe ziehen häufig derartige Verletzungen nach sich. Gewalttaten führen ebenso zum Teil zu schweren Verletzungen, die die Definition eines Polytraumas erfüllen. Jedoch ist in Westeuropa die Gewalttat als Ursache selten. Hier sind neben den Verkehrsunfällen in der Regel Arbeitsunfälle und Sportunfälle die Ursache. In Folge der zunehmenden Risikobereitschaft bezüglich der Sportarten nehmen hier diese Ursachen zu. Alle Organsysteme können bei einem Polytrauma betroffen sein. Für eine systematische Erfassung der Verletzungen bietet sich jedoch eine Aufteilung in „Organsysteme“ an. Diese umfassen Kopf und Hals, Brustkorb, Bauchraum, die Wirbelsäule und Extremitäten, wie auch die „Weichteile“. Somit lassen sich bezüglich der einzelnen Regionen Verletzungen beschreiben, bewerten und graduieren. Da auch eine schwere Einzelverletzung isoliert lebensbedrohlich sein kann ohne durch das gleichzeitige Vorliegen von Mehrfachverletzungen definitionsgemäß ein „Polytrauma“ zu sein, ist die Bezeichnung „Schwerverletzter“ besser geeignet. Die Empfehlungen für die Traumaversorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie sind somit auch im „Weißbuch Schwerverletztenversorgung“ zusammengefasst.

Den Daten des Trauma Registers folgend kommen dabei schwere Verletzungen des Thorax und Kopfverletzungen mit mehr als 60% vor. Verletzungen des Abdomens liegen mit 21% ebenso wie Verletzungen der Extremitäten mit 39% deutlich darunter.

Seit 1993 existiert das TraumaRegister DGU®. Durch die Sammlung der Daten über Schwerverletzte im Traumaregister ist ein Werkzeug zur Qualitätssicherung geschaffen, das zusätzlich die Möglichkeit für wissenschaftliche Untersuchungen schafft.

Die Sterblichkeit als Unfallfolge ist bei Vorliegen eines Polytraumas erhöht. Die Vorhersagbarkeit diesbezüglich scheint jedoch nicht alleine von den Verletzungen abhängig zu sein. Die gesammelten Erfahrungen der letzten Jahre deuten ebenso wie die Auswertungen der Daten aus dem Traumaregister auf zusätzliche Einflussfaktoren hin. Die Definition des Begriffes „Polytrauma“ erfährt somit eine Überarbeitung. Pape und Mitarbeiter schlugen 2014 vor, den Begriff durch Einbeziehen zusätzlicher Faktoren zu erweitern, die zum Teil die Pathophysiologie des schweren Traumas widerspiegeln (Pape et al., 2014). In Hinsicht auf die Sterblichkeit waren der Systolische Blutdruck ( $\leq 90$  mmHg), der GCS ( $\leq 8$ ), das Vorliegen einer Azidose ( $BE \leq -6$ ), eine Koagulopathie ( $INR \leq 1,4$ ) und das Alter ( $\geq 70$  Jahre) von Bedeutung. Das heißt der Begriff „Polytrauma“ wird erweitert. Für die Definition sollte neben dem Vorliegen von mindestens zwei verletzten Organsystemen mit entsprechendem Schweregrad ( $AiS \geq 3$ ) mindestens ein zusätzlicher Physiologie – Faktor vorliegen. Damit wird man der erhöhten Sterblichkeit des Polytraumas durch exaktere Einschätzung auch für die Prognose gerecht. Eine retrospektive Einschätzung schwerverletzter Patienten unter diesen Gesichtspunkten durch die Arbeitsgruppe von Rau und Mitarbeitern bestätigte die Gültigkeit (Rau et al., 2017b). Da jedoch weiterhin eine Schwere Einzelverletzung auch in dieser Definition ausgeklammert wird sollte die Bezeichnung „Schwerverletzter“ in der Beschreibung der Folgen schwerer Traumata gebraucht werden.

## 1.2 Epidemiologische Daten über das Polytrauma

Nach den Angaben der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin kam es in Deutschland 2011 schätzungsweise zu 8,72 Mio Unfällen. 0,02 % der Bevölkerung erlitt dabei einen tödlichen Unfall (Maduz et al., 2017). In den jüngeren Altersgruppen stellen Unfallfolgen die führende Todesursache dar, da sowohl bösartige Erkrankungen, aber auch Herz-Kreislauferkrankungen noch nicht im Vordergrund stehen. Besser ausgedrückt liegt der Verlust in Lebensjahren nach Trauma weit über dem als Folge bösartiger Neubildungen und nach Herz-Kreislauferkrankungen. Dies ist auch wirtschaftlich gesehen von Bedeutung, da der Ausfall an „Arbeitskraft“ nach Trauma deutlich höher ist. Jährlich werden bis zu 38000 Schwerverletzte behandelt.

Der Jahresbericht 2013 des TraumaRegister DGU® beziffert die Letalität insgesamt auf 9,9 %. Da keine der Datenerfassungen hierzu einen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, sind Angaben und Errechnungen nur annäherungsweise möglich. Anhand der Daten des statistischen Bundesamtes, sowie aufgrund der Daten aus dem TraumaRegister DGU®

sowie retrospektiv erhobener Daten aus einem regional begrenzten Kollektiv berechnete Liener die Inzidenz für ein Polytrauma mit etwa 47,23 / 100000 Einwohner (Liener et al., 2004). In einer Studie von Esmer anhand der Registerdaten waren Männer fast doppelt so häufig Unfallopfer als Frauen. Das mittlere Alter lag bei etwa 43 Lebensjahren (Esmer et al., 2017).

### 1.3 Das SHT– Epidemiologische Daten

Das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) kommt dabei im Verletzungsmuster bei Polytraumatisierten mit 61 % neben dem Thoraxtrauma (62 %) häufig vor. Rickels verweist 2009 und 2011 auf Ergebnisse über zwei prospektiv beobachtete Kollektive mit insgesamt 6783 Schädel-Hirn-Traumata (Rickels, 2009, Rickels et al., 2011).

Die Kollektive umfassten einen städtischen und ländlichen Raum. Hieraus schließt er auf 267.000 SHT in Deutschland pro Jahr. Dabei umfasst diese Zahl SHT's aller Schweregrade. Leichtverletzte machen mit über 90 % den Hauptteil aus. Schwere SHT liegen bei 5,2 % vor, das entspricht einer Inzidenz von 17/100.000. In der Studie 2011 zur Versorgungsqualität des SHT findet Rickels eine Letalität für das SHT von 3,3/100000, welches einer Gesamtletalität von 1 % entspricht (Rickels et al., 2011). Trotz immer flächendeckender Datenerfassung existiert auch für das SHT keine umfassende Datenerhebung, so dass Angaben über die Häufigkeit annäherungsweise oder exemplarisch erfolgen.

Neben einer inhomogenen Einstufung des Schweregrades des SHT kommen auch regionale Unterschiede zum Tragen. Strowitzki hält dadurch eine angenommene allgemeine Inzidenz für das SHT von 200 bis 300 /100000 Einwohner pro Jahr für zu gering eingeschätzt (Strowitzki, 2013). Maegele konnte anhand der retrospektiven Untersuchung die Inzidenz für ein relevantes SHT im Ballungsraum Köln mit 7,3/100000 Einwohner pro Jahr errechnen. Dabei wurde die Einstufung als relevantes SHT bei einem GCS  $\leq$  8 gewählt (Maegele et al., 2008). Rickels beschreibt in seinen Untersuchungen allgemein ohne Unterscheidung in Schweregrade eine Inzidenz des SHT von 332/100000 Einwohner pro Jahr (Rickels, 2009). Der Anteil der mittelschweren und schweren SHT liegt hieran mit 3,9 %, respektive 5,2 %. Das Durchschnittsalter in der Untersuchung von Maegele lag bei 40 Jahren und 70 % der eingeschlossenen Patienten waren männlich. Ähnliche Daten beschrieb Esmer in seiner Untersuchung über die Intrakranielle Blutung im Rahmen des Polytraumas anhand der Trauma Register Daten (Esmer et al., 2013). Während er auch bei dem schweren SHT den Verkehrsunfall als häufigste Ursache

identifizierte beschreibt Rickels den Sturz als vornehmliche Ursache des SHT (Rickels, 2003, Maegele et al., 2008). Das häufige Zusammentreffen des SHT im Rahmen des Polytraumas hat erheblichen Einfluss auf Outcome und Letalität dieser Verunfallten. Grundsätzlich steigt die Letalität des Polytraumas bei Vorliegen eines SHT deutlich an (Antoni et al., 2017, Esmer et al., 2013). Untersuchungen hinsichtlich der Häufigkeit des schweren SHT in Europa deuten auf eine Zahl von 40000 Verunfallten in Europa, die in Folge eines schweren SHT in ein Krankenhaus gebracht werden (Mauritz et al., 2011). Dabei ist das schwere SHT die Hauptursache für einen unfallbedingten Tod in Europa.

## 1.4 Das SHT – Einteilung und Beurteilung der Verletzung

Die Einteilung des Schweregrades des SHT erfolgt weiterhin zunächst klinisch durch Feststellen des Glasgow Coma Scale (GCS). Dieser klinische Score wurde bereits 1974 von Teasdale und Jennett eingeführt. Über die Beurteilung von 3 verschiedenen Qualitäten wird ein Punktwert erhoben, der als Grad für die Schwere des SHT gilt. Neben der verbalen Reaktion wird die Motorik und das Augenöffnen beurteilt. Dabei wird bei einem GCS von 15 bis 13 von einem leichten SHT, zwischen 9 und 12 von einem mittelschweren und bei einem GCS kleiner gleich 8 von einem schweren SHT gesprochen (Piek, 2002, Pingel, 2013, Rickels, 2009, Rickels et al., 2011, Strowitzki, 2013). Dabei ist der GCS eine klinische Einschätzung des Schweregrades des SHT ohne Berücksichtigung der patho-anatomischen Veränderungen. Es wird also von dem klinischen Erscheinungsbild auf die Hirnfunktionsstörung geschlossen. Dies hat jedoch den Vorteil der guten „inter – observer“-Zuverlässigkeit und erlaubt auch eine prognostische Aussage. Schwächen hat die Einschätzung in der Beurteilung leichter SHT's und darin, dass die Pupillomotorik nicht für die Beurteilung herangezogen wird. Jedoch kann durch wiederholte Bestimmungen des GCS eine Verschlechterung der Hirnfunktion schnell und einfach erkannt werden. Durch die Summation der „Einzelparameter“ im GCS werden die unterschiedliche Gewichtung der motorischen und verbalen Reaktion, sowie der Augenreaktion bezogen auf die Schwere des SHT angeglichen. Bei schwerem SHT ist die motorische Reaktion in der Beurteilung von größerer Bedeutung als die Augenreaktion, während bei leichterem Verletzungsausmaß die verbale- und Augenreaktion zur Beurteilung im Vordergrund steht (Reith et al., 2017). Auch scheint die Anwendung des GCS zur Beurteilung des SHT v.a. bei Vorliegen eines leichten SHT altersabhängige Unterschiede aufzuweisen (Rau et al., 2017a). Dennoch ist eine Einschätzung des SHT mit Hilfe des GCS schnell und ubiquitär anwendbar. Bei schweren SHT nimmt jedoch die prognostische Aussagekraft des GCS ab.

Da in der Regel keine „verbale Reaktion“ und auch keine „Augenreaktion“ bei Bewusstlosigkeit festzustellen ist. Hoffmann und Mitarbeiter stellten damit 2012 den Eppendorf-cologne-scale vor (Hoffmann et al., 2012). Dafür wird die Pupillomotorik und motorische Antwort, entnommen aus der GCS – Beurteilung verwendet. Dadurch, dass mit der Pupillomotorik auch bei Unfallverletzten mit schwerem SHT noch eine Abstufung der Verletzungsschwere erfolgen kann gewinnt der ECS eine stärkere Gewichtung in der Aussagekraft bezüglich der Letalität als der GCS. SHT – Verletzte mit einem GCS von 3 können immer noch unterschiedliche Werte im ECS erlangen. Und natürlich können Patienten mit bereits eintretendem irreversiblen Hirnschaden (weite lichtstarre entrundete Pupillen) von tief – komatösen Patienten ohne Einklemmungszeichen in der Gruppe der Patienten mit GCS 3 differenziert werden.

Rein patho- anatomische Klassifikationen des traumatischen Hirnschadens, z.B. wie die Marshall – CT – Klassifikation erlauben hingegen keine direkten Schlüsse auf das klinische Bild oder Outcome des Verunfallten. Diese Klassifikationen orientieren sich anhand der erfolgten Bildgebung mittels CT (Huang et al., 2008). Grundsätzlich ist die Computertomographie im Rahmen der Polytraumadiagnostik zur Beurteilung der pathoanatomischen Veränderungen des schweren SHT zeitnah erforderlich und unwidersprochen (Zock et al., 2011).

Dem schweren SHT kommt im Rahmen der Mehrfachverletzung die größte Relevanz bezüglich der Überlebenswahrscheinlichkeit zu. Die Mortalität des schweren SHT bei Mehrfachverletzten ist hoch. Bei isoliertem schweren SHT liegt sie bei bis zu 32 % (Kühne et al., 2013) und steigt bei Polytrauma und schwerem SHT auf 46 % (Antoni et al., 2017). Weiterentwickelte Score – Systeme wie der ECS können in der Klinik zur Beurteilung der Prognose des schweren SHT herangezogen werden und geben Hilfe in der Therapiewahl.

Für die Beurteilung des Zustandes nach Schädel-Hirn-Trauma dient der Glasgow- Outcome-Scale. Bereits 1975 von Jennet und Bond beschrieben gibt er eine einfache und schnelle Möglichkeit den Zustand eines Patienten zu beschreiben und in Schweregrade einzuordnen. 1981 haben eben dieselben Autoren ihre Erfahrungen im Gebrauch des Scores veröffentlicht (Jennett et al., 1981). Die Qualitäten in der Beurteilung betreffen eine gute Wiederherstellung („good recovery“), eine mäßige und schwere Behinderung („moderate disability“, „severe disability“), sowie einen lediglich vegetativen Status („vegetative state“) und den Tod. Diese Qualitäten finden in der Bezifferung 5 bis 1 in Anlehnung an den Glasgow Coma Scale ihre Skalierung. Immer noch stellt dieser Score

eine gute und vor allem einfache und reliable Methode in der Beschreibung des Zustandes nach SHT dar (McMillan et al., 2016).

## 1.5 „abbreviated injury scale“, AIS zur Einstufung der Verletzungsschwere

Die Therapie bezüglich des schweren SHT stützt sich ebenso wie die Indikationsstellung zur Neurochirurgischen Intervention neben des klinisch erhobenen Status auf die Computertomographie des Schädels. Die anhand des CCT gefundenen morphologischen Veränderungen dienen des Weiteren neben der klinischen Beurteilung zur Einstufung des Schädel - Hirn – Traumas im Rahmen des Abbreviated Injury Scale (AIS) und gewichten den Grad des SHT im Rahmen der Dokumentation der Schwerverletztenversorgung (Andruszkow et al., 2013). Der AIS erlaubt eine Graduierung der Verletzungsschwere nach Körperregionen durch Zuordnung eines Verletzungsgrades 1 (gering) bis 6 (maximal). Dies erfolgt unter Berücksichtigung patho-anatomischer Befunde. Für das SHT werden damit die morphologischen Veränderungen aus dem CCT berücksichtigt. Ein  $AIS_{Kopf} \geq 3$ , dem Schweregrad mindestens als „schwer“ eingestuft, umfasst Schädel Hirn Traumata mit Schädelbasisfrakturen ebenso wie Kontusions- und intrazerebrale Blutungen. Sowohl GCS als auch  $AIS_{Kopf}$  haben für sich alleine nur eingeschränkte prognostische Aussagequalität. Zusätzlich sind Parameter wie das Alter und der Verletzungsmechanismus für eine prognostische Beurteilung wichtig. Demetriades und Mitarbeiter konnten in Ihrer Arbeit über die Aussagekraft beider Parameter ebenso zeigen, dass keine hohe Korrelation zwischen GCS und  $AIS_{Kopf}$  besteht (Demetriades et al., 2004). Über den AIS wird durch mathematische Zusammenführung der ISS, „injury severity score“ gebildet. Der ISS beschreibt die Gesamtverletzungsschwere des Verunfallten. Die 3 am schwersten betroffenen Körperregionen fließen in die Beurteilung ein. Dabei werden die AIS - Werte der 3 am schwersten betroffenen Körperregionen quadriert und zu einem Wert ISS summiert. Bei einem Wert des  $ISS \geq 16$  wird von einem Polytrauma gesprochen. Nach Daten des TraumaRegister DGU® liegt bei 58 % der Unfallverletzten und einem Verletzungsmuster mit  $ISS \geq 16$  ein Schädel – Hirn – Trauma mit  $AIS_{Kopf} \geq 3$  vor (Kühne et al., 2013).

## 1.6 Struktur „Traumanetzwerk“ in der Traumaversorgung

Dem amerikanischen Vorbild folgend werden seit 1993 auch in Deutschland Traumadaten geordnet im TraumaRegister DGU® zusammengetragen. Die Versorgung

Polytraumatisierter in spezialisierten Zentren in den USA zeigte deutlich verbesserte Ergebnisse hinsichtlich vermeidbarer Sterblichkeit, so dass 2004 das Projekt TraumaRegister DGU® ins Leben gerufen wurde. Ein analoges System der Traumaversorgung wie in den USA eins zu eins in Deutschland um zu setzen, war weder sinnvoll noch praktikabel. Mit dem Erschaffen von regionalen Netzwerken entstanden Strukturen und Kompetenzen zur spezialisierten Versorgung Mehrfach- und Schwerverletzter. Notwendige Standards für eine Qualitätsgarantie in der Schwerverletztenversorgung wurden im „Weißbuch Schwerverletztenversorgung“ der DGU 2006 festgelegt. Um diese Anforderungen auch auf das Traumanetzwerk zu übertragen entstand 2006 der Arbeitskreis AKUT (Arbeitskreis Umsetzung Weißbuch / Traumanetzwerk DGU). Im Rahmen der Zertifizierung und Auditierung wird damit die Realisierung der festgelegten Standards unterstützt und überprüft. Aktuell liegt das Weißbuch Schwerverletztenversorgung in der überarbeiteten 2. Auflage 2012 vor. Die flächendeckende Versorgung von Schwerverletzten in Deutschland soll dafür sorgen, dass die Versorgung überall mit derselben Überlebenswahrscheinlichkeit stattfindet. Dies soll durch eine lückenlose Abdeckung mit Traumanetzwerken gewährleistet werden. Hierbei kommen regionale Besonderheiten ebenso wie eine angemessene Größe der Netzwerke mit geographischer Überlappung im Randbereich zum Tragen. Die teilnehmenden Kliniken werden in drei Versorgungsstufen eingeteilt. Den definierten Messgrößen, Strukturen und Prozessanforderungen entsprechend gibt es Überregionale Traumazentren (ÜTZ), regionale Traumazentren (RTZ) und lokale Traumazentren (LTZ). Mindestanforderungen eines Traumanetzwerkes sind ein Überregionales Traumazentrum, zwei regionale Traumazentren und drei lokale Traumazentren. Kliniken, welche als Lokales Traumazentrum fungieren müssen in der Lage sein eine Akutversorgung des Polytraumatisierten vorzunehmen. Damit ist ein Personalbedarf für eine 24 stündige Versorgungskapazität, sowie ein entsprechendes Schockraummanagement vorzuhalten. Die Unterschiede zum regionalen und überregionalen Traumazentrum bestehen in einer Ausweitung der Kapazitäten bis zur „Maximalversorgung“ im überregionalen Traumazentrum, in dem jegliche Fachkompetenz für eine 24 – stündige Versorgungsmöglichkeit von zwei Schwerverletzten gleichzeitig vorgehalten wird. Ein entscheidender Unterschied in der Abstufung besteht in der Möglichkeit der Neurochirurgischen Versorgung. Im Lokalen Traumazentrum besteht in der Regel keine Möglichkeit der neurochirurgischen Intervention. Das ÜTZ hingegen sichert dagegen eine 24 stündige Neurochirurgische Operationsbereitschaft zu. Im RTZ wird eine

neurochirurgische Fachkompetenz als Voraussetzung gefordert, jedoch mit der Möglichkeit einer Kooperation mit einer Neurochirurgischen Klinik mit teleradiologischer Anbindung oder einer Neurotraumatologischen Akutversorgung durch einen Unfallchirurgen mit entsprechendem Kompetenznachweis. Eine Neurochirurgische Hauptabteilung existiert häufig nur in einem ÜTZ.

Dazu kommen natürlich auch umfangreiche Möglichkeiten der intensivmedizinischen Betreuung, Weiterbehandlung und Rehabilitation. Auch diese bedeuten analog der Abstufung zwischen LTZ, RTZ und ÜTZ einen stetig steigenden Personal- und Sachmittelressourcenbedarf. Diesen Anforderungen folgend zeigen die Zahlen aus dem Jahr 2010 des TraumaRegister DGU®, dass in einem ÜTZ durchschnittlich im Jahr 57 Schwerverletzte, in einem LTZ nur 6 und in einem RTZ 28 Schwerverletzte versorgt werden (Weißbuch DGU 2012).

In der Versorgung von Schwerverletzten scheint der „Übungsfaktor“ bei der Versorgung von mindestens einem Schwerverletzten pro Woche in einem ÜTZ gegenüber der Versorgung von einem Schwerverletzten alle zwei Monate in einem LTZ evident (Margulies et al., 2001, Nathens and Maier, 2001). Es ist davon auszugehen, dass sowohl die zeitlichen Abläufe, als auch das Ineinandergreifen der unterschiedlichen Prozesse durch ein „eingespieltes“ und „geübtes“ Team reibungsloser und schneller sind. Zurückgreifend auf den unstrittig im Vordergrund stehenden Zeitfaktor in der Versorgung Schwerverletzter ist somit auch eine Qualitätssteigerung im Behandlungsergebnis zu erwarten (Frink et al., 2013).

Die Arbeitsgruppe um M. Zacher fand in Ihrer retrospektiven Untersuchung bezüglich des Zusammenhanges zwischen Mortalität und Anzahl der versorgten Polytraumata einen direkten Zusammenhang (Zacher et al., 2015). Auch wenn keine exakte Anzahl der Polytraumata angegeben werden kann, bei der sich die Mortalität signifikant bessert, wird eine Zahl von 40 /Jahr als Grenze angenommen.

Aktuell finden sich in Deutschland 53 zertifizierte Traumanetze mit 677 teilnehmenden Kliniken ([www.dgu-traumanetzwerk.de](http://www.dgu-traumanetzwerk.de)). Dabei gibt es deutliche Unterschiede in der Versorgungsdichte zwischen Ballungsgebieten und ländlichen Gebieten. Nordrhein – Westfalen mit einer Fläche von 34084 km<sup>2</sup> hat derzeit 8 zertifizierte Traumanetzwerke mit insgesamt 129 Kliniken. Brandenburg mit einer Fläche von 29477 km<sup>2</sup> derzeit 4 zertifizierte Netzwerke mit 15 Kliniken. Nicht nur in der flächendeckenden Versorgung gibt es Unterschiede, sondern auch in den Letalitätsraten unterscheiden sich Zentren. In dem Versuch der Ursachenerforschung hinsichtlich dieser Unterschiede in der Letalität

konnte Hilbert in seiner Untersuchung anhand der Registerdaten keine Einzelursache finden. Vielmehr verweist er auf Fakten, die für ihn bedeutsam sind und neben einem straffen Zeitmanagement in der Traumaversorgung auch eine komplette und schnelle Diagnostik mittels CT darstellen (Hilbert et al., 2010).

## 1.7 Scoringssysteme in der Beurteilung des Traumas

Die Grundlage für eine Vergleichbarkeit in der Traumaversorgung liegt in der Übersetzung der individuellen Traumafolgen jedes Einzelnen in Zahlenwerte. Somit wird eine „objektive“ Einschätzung der Verletzungsschwere erlaubt und ein Vergleich sowohl des einzelnen Traumas, als auch von gebildeten Kollektiven ermöglicht. Nur so ist ein Abstrahieren von der Einzelverletzung möglich. In diese Zahlenwerte müssen sowohl die individuellen Gegebenheiten des Verunfallten wie Alter und Geschlecht einfließen, wie auch eine vom Untersucher „unabhängige“ Einstufung der erlittenen Verletzungen. Neben dem GCS werden im Traumaregister über den AIS der ISS und NISS, der RTS, RISC und TRISS bestimmt. Der NISS, „new injury severity score“, bewertet die 3 höchsten AIS – Bezifferungen unabhängig von der betroffenen Körperregion und erhöht damit die Sensitivität und Spezifität seiner Aussagekraft bezüglich der Verletzungsschwere und Überlebenschance gegenüber des ISS (Lefering, 2002). Für die Bestimmung des RTS, „revised trauma score“, fließen 3 physiologische Messgrößen ein und er stellt damit einen physiologischen Score in der Graduierung der Traumaschwere dar. Bewertet werden die Vigilanz, gemessen über den GCS, der systolische Blutdruck als Maß für die Kreislautsituation, sowie die Atemfrequenz. Damit drückt der RTS die physiologische Antwort des Verunfallten auf das Trauma aus. Eine Aussage für die Überlebenswahrscheinlichkeit erlaubt der TRISS – Wert, „Trauma and injury severity score“. Aus der Berechnung des ISS – Wertes und RTS – Wertes wird ein Wert zwischen 0 und 1 errechnet. Einbezogen wird das Alter als wichtiger prognostischer Faktor für das Überleben. Der ermittelte Wert ermöglicht direkt eine Aussage über die Überlebenswahrscheinlichkeit. Die Prognoseeinschätzung beruht jedoch auf „alten“ Daten aus Nordamerika.

Im TraumaRegister DGU® wurde der TRISS durch den RISC ersetzt. Als „revised injury severity classification“ entsteht ein Zahlenwert zwischen 0 und 1, der ebenso wie der TRISS Wert eine Prognoseabschätzung bezüglich der Letalität nach Trauma erlaubt. In die Berechnung gehen 13 Variablen ein, die neben dem Verletzungsmuster – und Schwere

auch das Alter, Parameter des physiologischen Zustandes einschließlich erhobener Laborparameter und mögliche Primärtherapiemaßnahmen erfassen. Dieser Score lässt sich jedoch nur bei Primärpatienten erheben. Bei Unfallverletzten, die verlegt werden ist eine Bestimmung nicht möglich. Über den RISC ist durch Standardisierung eine Sterblichkeitsrate berechenbar, welche als Qualitätskontrolle der Kliniken und Zentren dient und eine Vergleichsanalyse ermöglicht. Für die sogenannte SMR (standardized mortality ratio) wird die erwartete Sterblichkeit, dargestellt durch den RISC zu der tatsächlichen Sterblichkeit in Verhältnis gesetzt. Der erhaltene Zahlenwert, größer / kleiner 1 gibt eine Aussage ob mehr oder weniger Unfallverletzte verstorben sind als aufgrund der Verletzungsschwere erwartet (Hilbert et al., 2010, Ruchholtz et al., 2008).

Der RISC- Wert zeigt sich in seiner Aussagekraft stärker. Nachteilig ist die Notwendigkeit in der Erhebung vieler Parameter, die nicht immer vollständig erhoben oder in das Traumaregister eingegeben werden und darin, dass eine Aussage über verletzte Patienten nicht möglich ist.

Des Weiteren sollte nie außer Acht gelassen werden, dass in der Eingabe der Daten in das Traumaregister individuelle Unterschiede zwischen jedem Zentrum bestehen. Dies betrifft v.a. die Beurteilung der Verletzungsschwere gemessen über die Trauma – Scores. Am Beispiel eines Zentrums aus den Niederlanden fanden Horton und Mitarbeiter zwar eine gute Wiedergabe der Unfälle im Register, jedoch keine 100 % Übereinstimmung im Vergleich der Traumabewertungen (Horton et al., 2017).

## 1.8 Therapie und Neurochirurgische Intervention beim schweren SHT

Im Rahmen des schweren SHT kommt es unfallbedingt zu einem Hirnschaden. Dieser morphologische Schaden wird als primärer Hirnschaden bezeichnet und ist nicht „heil“- oder „behandelbar“. Die nachfolgenden Veränderungen können zu einer weiteren Schädigung des Gehirnes führen und stellen den sekundären Hirnschaden dar. Die Basistherapie des schweren SHT stellt damit die Grundlage in der Behandlung da, den sekundären Hirnschaden so gering wie möglich zu halten. Diese Behandlung beginnt im Prinzip bereits präklinisch und setzt sich gewissermaßen bis zu einer anschließenden Intensivtherapie fort. Normotension und Normovolämie, Normoxämie und Normokapnie dienen ebenso wie Normoglykämie und Normothermie dazu optimale physiologische Bedingungen für das bereits geschädigte Gehirn zu schaffen und sich negativ auswirkende Zustände unbedingt zu vermeiden (Engelhard et al., 2008). Hierzu werden

intensivmedizinisch alle notwendigen Maßnahmen der Beatmung, Lagerung, Volumentherapie, Sedierung und deren Monitoring angewendet. Ergänzt wird diese Basistherapie durch medikamentöse Therapieansätze wie die Gabe von Osmodiuretika und die Anlage einer Hirndrucksonde mit der Möglichkeit der Ventrikeldrainage zur Kontrolle des Hirndruckes. Durch laufende Überprüfung der Effektivität dieser Maßnahmen werden die bestehenden Richtlinien angepasst wie in den „Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition“ von 2017 (Carney et al., 2017).

In der Indikationsstellung zur Operation bei schwerem SHT spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Die morphologische Veränderung infolge des Traumas definiert die Operation. Der klinische Befund mit Beurteilung der Bewusstseinsstörung und des neurologischen Status beeinflusst Zeitpunkt und Art der Operation. Dazu kommen noch Alter und Grunderkrankung des Verunfallten, ebenso wie Patientenwille und mögliches Vorliegen von Verfügungen oder Angehörigenwünsche. Strowitzki hat 2013 die Standards in der Versorgung des SHT in Deutschland zusammengefasst (Strowitzki, 2013), Pingel die Akuttherapie des schweren SHT's (Pingel, 2013). Epidurale Hämatoome können bis zu einer Größe von 30 cm<sup>3</sup> und einer Dicke bis 15 mm bei einer Mittellinienverlagerung kleiner 5 mm unter Umständen konservativ behandelt werden. In der Regel werden akute epidurale Blutungen osteoplastisch dekomprimiert. Akute Subdurale Hämatoome mit Bewusstseinsstörung erfordern eine Hirndruckmessung. Hämatoome mit erhöhtem intrakraniellen Druck (ICP) von mehr als 20 mmHg werden über eine Kraniektomie dekomprimiert. Ebenso wie akute subdurale Hämatoome dicker als 10 mm und einer Mittellinienverlagerung von mehr als 5 mm. Auch intrazerebrale Hämatoome werden abhängig von ihrer Einwirkung auf den ICP und ihrer Größe (>20 cm<sup>3</sup>) offen ausgeräumt. Für den Zeitfaktor Unfallzeitpunkt bis zur Neurochirurgischen Intervention wurde bereits der Einfluß auf das Outcome anhand der Traumaregisterdaten untersucht. Hierbei fanden die Autoren keine Signifikanz für ein besseres Outcome bei frühzeitig nach Unfallzeitpunkt erfolgter Neurochirurgischer Intervention (Kühne et al., 2013). Eine Neurochirurgische Intervention erfolgt nach Kühne und Mitarbeitern in annähernd 10 % der Fälle. Wenn gleich diese Aussage nur in Bezug zu dem verwendeten Datensatz der Traumaregisterdaten gilt und bei isolierter Betrachtung von Einzelentitäten wie dem akuten subduralen Hämatom durchaus eine deutliche Abnahme der Mortalität bei frühzeitiger Intervention beschrieben wurde. Auch scheint sich die Kraniektomie zur Drucksenkung v.a. bei frühzeitiger Anwendung positiv auf das Outcome auszuwirken (Eberle et al., 2010).

## 1.9 Ziele der Arbeit

Ziel dieser Arbeit war die Versorgungsrealität von Patienten mit Neurotrauma in Regionalen Traumazentren mit (RTZ+) und ohne Neurochirurgischer Hauptabteilung (RTZ-) und Überregionalen Traumazentren (ÜTZ) darzustellen. Zusätzlich soll die Prozess- und Ergebnisqualität in den verschiedenen Versorgungsstufen analysiert und verglichen werden.

Als Datengrundlage dienten zum einen die Daten aus der Klinik des Promovierenden (Regionales Traumazentrum ohne Neurochirurgische Hauptabteilung), zum anderen wurde auf die Daten des TraumaRegister DGU® zurückgegriffen. Zusätzlich wurden regionale Unterschiede ländlicher und städtischer Gebiete berücksichtigt.

## 2. Methoden

### 2.1 Datenkollektiv Regionales Traumazentrum ohne Neurochirurgische Hauptabteilung

Seit 2007 wurden die Daten der „Polytraumatisierten Patienten“ des Kreiskrankenhauses Gummersbach als regionales Traumazentrum ohne Neurochirurgische Hauptabteilung in das TraumaRegister DGU® eingegeben. Diese Daten der Polytraumatisierten Patienten ab 2007 bis einschließlich 2010 wurden kontrolliert und bewertet. Im Jahre 2011 änderte sich die Klinikstruktur bezüglich der Neurochirurgischen Kompetenz, so dass das Datenkollektiv auf den angegebenen Zeitraum eingegrenzt wurde. Aus diesem Kollektiv wurden Patienten mit SHT ( $\text{AIS}_{\text{Kopf}} \geq 3$ ) in die Untersuchung eingeschlossen.

### 2.2 Auswertungsantrag TraumaRegister DGU®

Um eine Aussage über die Versorgung des SHT in Deutschland treffen zu können wurde ein Antrag auf Datenauswertung des TraumaRegister DGU® gestellt.

Auswertungszeitraum 2008 bis 2012, Suchraster Patienten mit  $\text{AIS}_{\text{Kopf}} \geq 3$ ,  $\text{GCS} < 9$ .

### 2.3 Datenschutz

Die Daten der Patienten des regionalen Traumazentrums Gummersbach wurden numerisch pseudonymisiert. Eine retrospektive individuelle Überprüfung der Daten war somit lediglich durch den Behandler möglich. Für den Vergleich mit den Daten des

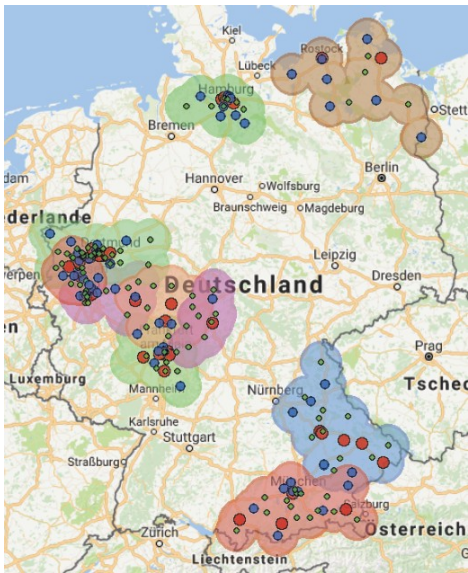
Traumaregisters wurden die erhobenen Parameter anonymisiert und entsprechend der Daten aus dem TraumaRegister verwendet. Die Daten des TraumaRegisters sind anonymisiert.

## 2.4 Ethikvotum

Für die Verwendung der Daten aus dem Traumaregister zur Überprüfung zentrenbezogener Versorgungsstrukturen wurde ein Antrag bei der Ethikkommission der Universität Düsseldorf gestellt. Ein Votum der Ethikkommission Studiennummer 5978 für die Verwendung der Daten liegt vor.

## 2.5 Daten des TraumaRegister DGU®

Folgende Netzwerke wurden als repräsentative Gruppen definiert. Als Ländliche Gebiete wurden Region Ostbayern, Mecklenburg Pommern, München Oberbayern-Süd, Hessen/Region Mittelhessen und Region Osthessen ausgewählt (Abb. 1). Die Traumanetze Ballungsraum bildeten Köln, Düsseldorf, Hessen Region Südhessen, Hamburg und Ruhrgebiet.



**Abb. 1: Netzwerkkarte der gewählten Netzwerke.** Entnommen aus dem Traumanetzwerk DGU Mai 2018 (<http://map.telekooperation-tnw.de>); Hamburg(hellgrün, oben), Mecklenburg-Vorpommern (hellbraun oben rechts), Ruhrgebiet(hellgrün, Mitte links), Köln (magenta Mitte links), Düsseldorf(hellrot Mitte links), München Oberbayern-Süd(hellrot unten), Ostbayern(hellblau), Region Mittelhessen(hellrot Mitte rechts), Region Osthessen(magenta Mitte rechts), Region Südhessen (hellgrün Mitte links), ÜTZ rot, RTZ blau, LTZ grün.

Der Zeitraum von 2008 bis 2012 wurde erfasst. Das untersuchte Kollektiv umfasste 111 Kliniken mit 30 ÜTZ, davon 19 in Ballungsräumen und 11 in ländlichen Gebieten, 53 RTZ, davon 3 RTZ NC+ in Ballungsgebieten und 6 RTZ NC+ in ländlichen Gebieten, 44 RTZ NC-, von denen 20 RTZ NC- in ländlichen Gebieten, 24 RTZ NC- in Ballungsräumen lagen, 28 LTZ mit 10 LTZ in Ballungsräumen und 18 LTZ in ländlichen Gebieten. Das Zielkollektiv „Schwerverletzte Patienten mit einem schweren Schädel Hirntrauma“ wurde aus den Patienten der gewählten Zentren nach Erstaudit gebildet.

## 2.6 Auswertung der Daten

Folgende Kollektive wurden verglichen: aus 10 zertifizierten Traumanetzen mit je 5 Netzen in Ballungsräumen und 5 Netzen in ländlichen Gebieten wurden RTZ NC+, sowie RTZ NC- mit ÜTZ und LTZ verglichen.

Die Daten des Traumaregisters wurden bezüglich der Verteilung im Traumanetzwerk, der Demographie, des Unfallmechanismus, der Präklinik, des Transportes, der Schockraumdaten und des Outcomes ausgewertet.

Das Grundkollektiv bildeten alle Patienten der gebildeten Traumanetze mit einem ISS > 9. Hieraus wurde die Zielgruppe mit Einschlusskriterium  $AiS_{Kopf} \geq 3$  gebildet. Dieses Kollektiv umfasste „Primäre Patienten“, das heißt Patienten die direkt nach Trauma in die Klinik gebracht wurden. Weiterverlegte Patienten wurden ausgeschlossen, da kein RISC Score ermittelt werden kann und damit keine prognostische Aussage und keine Aussage zum Outcome zu treffen war (Abb.2).



Abb. 2, Flussdiagramm Patientenkollektiv schweres SHT aus den Traumaregisterdaten

## 2.7 Statistik

Für die Überprüfung der Zusammenhänge wurden Statistische Berechnungen mit SPSS (Version 23 und 24) durchgeführt. Dabei wurden die Mittelwerte der numerischen Parameter mit einer Kruskal – Wallis – Anova verglichen. P – Werte  $< 0,05$  zeigen statistisch signifikante Unterschiede innerhalb des Untersuchungskollektives mit den gebildeten Gruppen ÜTZ, RTZ NC+, RTZ NC- und LTZ an. Eine Differenzierung zwischen den Einzelgruppen hinsichtlich einer statistischen Aussage ist darüber nicht möglich. Dennoch erlaubt eine asymptotische Signifikanz  $< 0,05$  in der Analyse die Aussage, dass Unterschiede zwischen ÜTZ, RTZ NC+, RTZ NC – und LTZ hinsichtlich des berechneten Parameters nicht zufällig sind.

Für die berechneten Prozentwerte der Gruppen wurden  $\chi^2$  Tests nach Pearson durchgeführt um Zusammenhänge zwischen den gewählten Parametern statistisch zu prüfen. Hier zeigen  $p < 0,05$  Werte eine Signifikanz für den Zusammenhang der Parameter im Gesamtkollektiv an.

Aufgrund der großen Zahl an Parametern wurden keine multiplen Paarvergleiche zwischen den gebildeten Gruppen hinsichtlich der multiplen Parameter berechnet.

Eine Überprüfung der SMR wurde zwischen ÜTZ und RTZ NC+ durchgeführt, wie auch in der Überprüfung der Schockraumzeiten in diesen Zentren.

Die Einzelberechnungen werden im Folgenden nur bei Vorliegen eines p-Wertes  $< 0,05$  und einer bestehenden Aussagekraft aufgeführt.

Die Patienten mit einem SHT unter der Bewertung  $\text{AIS} \geq 3_{\text{Kopf}}$  wurden in das Vergleichskollektiv übernommen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Regionales Traumazentrum ohne neurochirurgische Hauptabteilung

#### 3.1.1 Daten des Kreiskrankenhauses Gummersbach

Als RTZ NC- diente das Klinikum Oberberg mit dem Krankenhaus Gummersbach. Das Krankenhaus Gummersbach wurde 2007 als regionales Traumazentrum zertifiziert (RTZ NC-). Die Traumadaten wurden ab 2007 gesammelt und in das Traumaregister eingegeben. Die Auswertung der Daten wies eine Inkonsistenz in den erhobenen Parametern auf, so dass ein aussagekräftiger Vergleich zu Daten eines Überregionalen Traumazentrums nicht

möglich war. Somit wurde der Vergleich auf die gesammelten Daten des Traumanetzwerkes ausgeweitet und in dem Vergleich auch die regionalen Unterschiede ländlicher und städtischer Gebiete berücksichtigt.

Die als Polytrauma erfassten Patienten des KKH Gummersbach aus den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2010 stellten eine inhomogene Gruppe dar. Von 72 eingeschlossenen Patienten wiesen 38 Patienten ein SHT auf, welches nach  $AiS_{Kopf}$  eine Einstufung  $\geq 3$  zuließ. Die Schweregrade der Verletzungen nach ISS und  $AiS$  zeigen Tabelle 1 und 2.

Tabelle 1: Im Traumaregister erfasste Patienten des Kreiskrankenhaus Gummersbach, Angaben in numerischer Zahl.

| Polytraumapatienten<br>Anzahl | Jahr 2007 | Jahr 2008 | Jahr 2009 | Jahr 2010 |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ISS $\geq 16$ nein            | 8         | 0         | 9         | 3         |
| ja                            | 11        | 7         | 14        | 20        |
| Gesamt                        | 19        | 7         | 23        | 23        |

Tabelle 2: Anteil der Patienten mit  $AiS_{Kopf} \geq 3$  im Kollektiv der Polytraumapatienten des Kreiskrankenhaus Gummersbach. Angabe als Anzahl mit Prozent in Klammern().

| $AiS_{Kopf} \geq 3$<br>Anzahl | Jahr 2007 | Jahr 2008 | Jahr 2009 | Jahr 2010 | Gesamt   |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| $AiS_{Kopf} \geq 3$ nein      | 13 (68%)  | 3 (43%)   | 12 (52%)  | 10 (43%)  | 38 (53%) |
| ja                            | 6 (32%)   | 4 (57%)   | 11 (48%)  | 13 (57%)  | 34 (47%) |
| Gesamt                        | 19        | 7         | 23        | 23        | 72       |

### 3.1.2 Fallbeispiele der Patienten mit SHT, $AiS_{Kopf} \geq 3$ aus dem Kreiskrankenhaus Gummersbach

Die in das Traumaregister eingegeben Daten dieser Patienten wurden einschließlich der Patientenindividuellen Computertomographien des Schädels überprüft und ggf. korrigiert. Die folgenden Abbildungen zeigen repräsentative Schnitte aus dem CCT und zeigen die Heterogenität der morphologischen Veränderungen der Patienten, die entsprechend der gewählten Kriterien jedoch ein Kollektiv bilden.

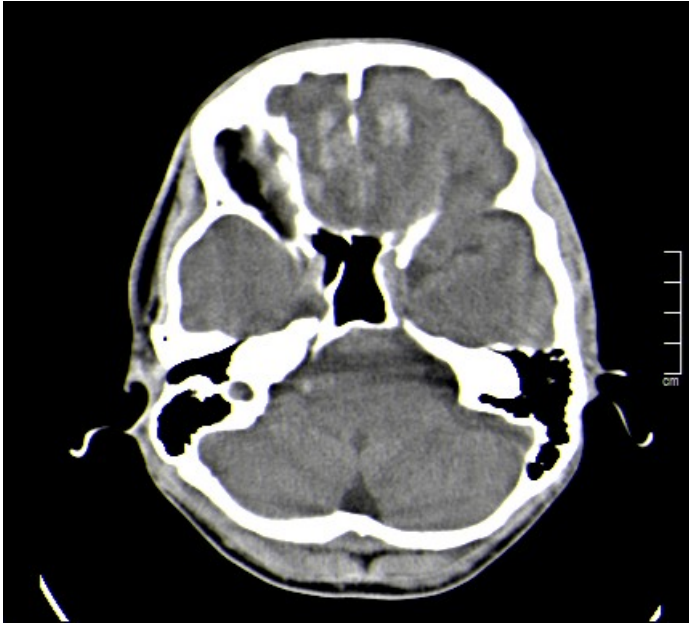


Abb. 3: Native Computertomographie des Schädels. Kontusionseinblutungen beidseits frontobasal, links betont mit einer Größe bis 4 cm im Durchmesser, in weiteren Schichten besteht eine subdurale Einblutung in den vorderen Interhemisphärenspalt sowie hochfronto-parietal. Des weiteren geringe SAB in der rechten Fissura sylvii. Nicht dislozierte Kalottenfraktur rechts frontal.

In Abbildung 3 sind die Folgen einer Schlägerei abgebildet. Die Daten des Traumaregisters weisen folgende Parameter auf: GCS 15, ISS 25, RISC 86,4, GOS 5. Dieser Verunfallte wurde konservativ therapiert. Eine intensivmedizinische Überwachung war für 2 Tage erforderlich. Nach 20 Tagen folgte die Entlassung in die neurologische Rehabilitation in gutem Zustand, gemessen anhand des GOS mit 5.

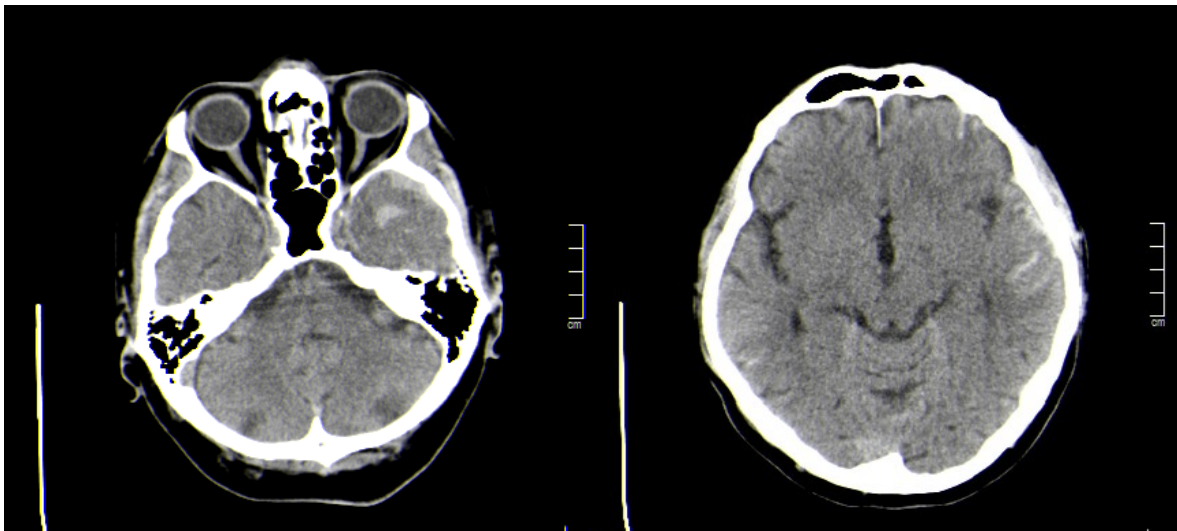


Abb. 4: Native Computertomographie des Schädels: Kontusionsblutung links temporal und links frontobasal. SAB-Anteile frontal und perisylvisch, etwas subdurales Hämatom entlang des Tentorium, temporale Kalottenfraktur rechts.

Die Folgen eines Leitersturzes über 3 m finden sich in Abb. 4. Neben dem SHT mit oben genannten Veränderungen bestanden bei diesem Traumapatienten Querfortsatzfrakturen der Lendenwirbelsäule. Die erhobenen Scores im Rahmen des Traumaregisters zeigten einen GCS 14, ISS 13, RISC 92,3 und einen GOS von 4. Es folgte eine konservative Therapie mit 4 tägiger intensivmedizinischer Überwachung. Die Entlassung erfolgte am 31. Tag mit Verlegung direkt in die Rehabilitation. Aufgrund der bestehenden subduralen Blutungsanteilen ist die Einstufung  $AiS_{Kopf}$  mind. 4!. Bei Entlassung fand sich ein gering reduzierter Zustand entsprechend eines GOS von 4.

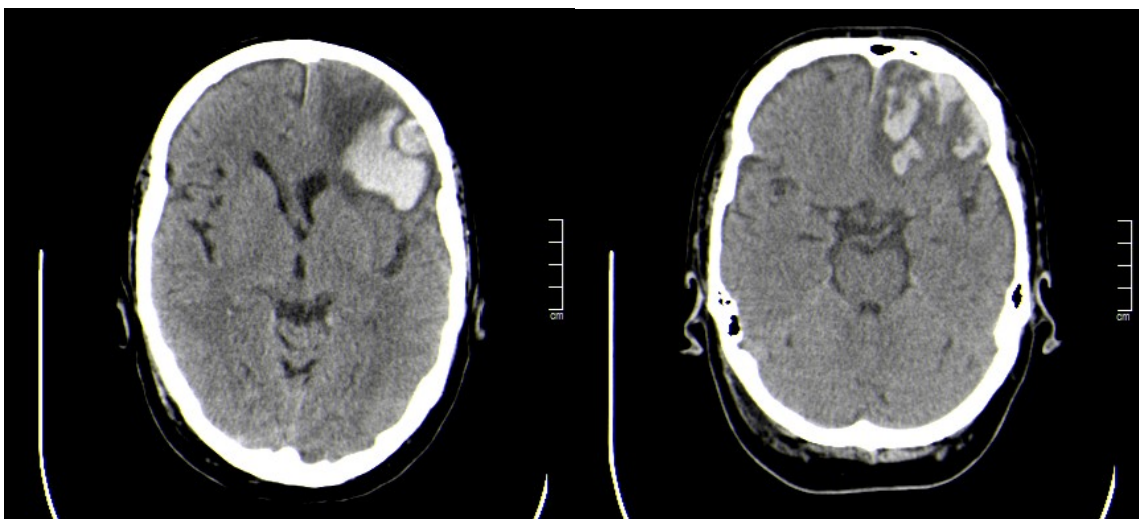


Abb. 5: Native Computertomographie des Schädels: ausgedehnte fronto-basale Kontusionsblutungen links. Des weiteren bestehen Contre coup-Verletzung mit kleineren Kontusionsherden rechts cerebellär. SAB bds. parieto-occipital

Die Folgen eines „einfachen Sturzes“ bei bestehenden Grunderkrankungen sind in Abb. 5 abgebildet. Die Daten des Traumaregisters weisen einen GCS von 14 auf. Der ISS mit 25 liegt jedoch deutlich höher, als die Einstufung der Verletzungsschwere infolge des Unfalles aus Abb. 4. Auch der RISC mit 40,4 weist auf den Unterschied in der Beurteilung der Verletzungsschwere hin. Nach eintägiger intensivmedizinischer Überwachung erfolgte die Verlegung auf die Peripherstation. Aufgrund der bestehenden internistischen Grunderkrankungen fand eine Übernahme in die internistische Klinik nach 18 Tagen statt. Der abschließende Zustand infolge des SHT zeigte deutliche Einschränkungen mit einer Beurteilung im GOS mit 3.

In den folgenden Abbildungen 6, 7, 8 und 9 finden sich Beispiele von Schädel – Hirn – Traumata, die ebenso in das gewählte Kollektiv anhand der Einschlusskriterien fallen. Dennoch zeigen die morphologischen Veränderungen verbunden mit den klinischen Daten,

wie inhomogen das Kollektiv zusammengesetzt ist. Des Weiteren deuten diese Beispiele auf die Schwierigkeiten in der Versorgungsrealität des schweren SHT hin.

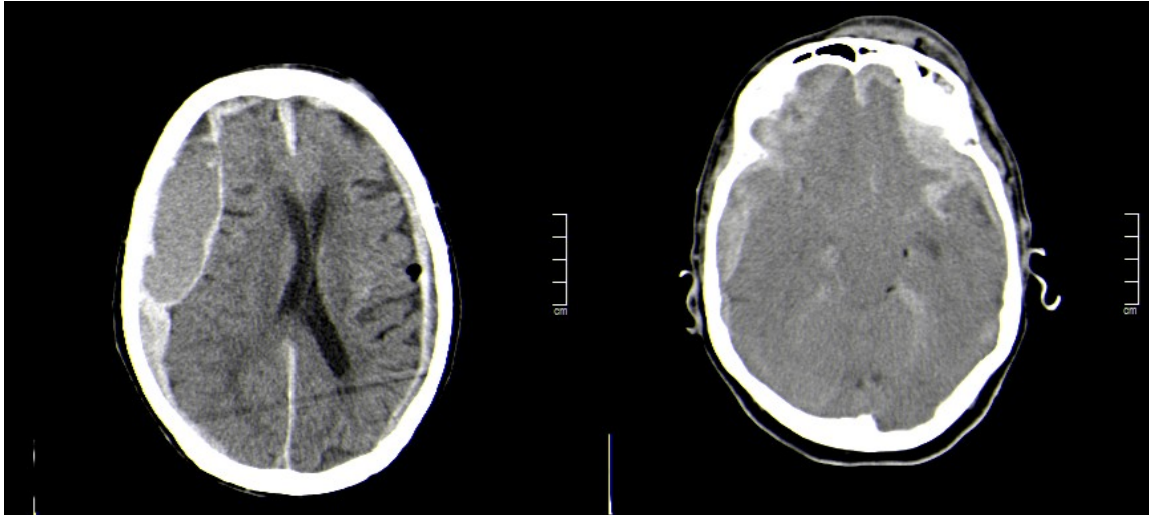


Abb. 6: Native Computertomographie des Schädels: epidurale und subdurale Blutung bds., rechts deutlicher ausgebildet, des Weiteren subarachnoidale Blutung; Zeichen des Hirnödems mit beginnender Einklemmung und verstrichenen basalen Zisternen. Mittellinienverlagerung nach links von 1 cm.

Die Traumapatientin aus Abb. 6 zeigte bei Ankunft im Schockraum eine rapide Zustandsverschlechterung. Die Daten des Traumaregisters weisen einen GCS von 5 auf. Der ISS lag bei 41, der RISC bei nur 13,2. Trotz umgehender Intubation vor der bildgebenden Diagnostik und Mono – Verletzung des SHT's war die Prognose aufgrund der Verletzung Neurochirurgisch als infaust einzuschätzen. Der GOS lag bei 1.



Abb. 7: Native Computertomographie des Schädels: Ausgedehnte rechts temporale Kontusionsblutung mit subduralem Hämatom, verstrichenen Liquorräumen entlang des Hämatomes.

Die Monoverletzung des Patienten aus Abb. 7 zeigt eine ausgedehnte Kontusionsblutung mit einem subduralem Hämatom infolge eines Sturzes bei Krampfleiden. Aufgrund einer tiefen Beinvenenthrombose in der Vorgeschichte bestand eine Blutverdünnung mit Marcumar und einem Quickwert von 13%. Nach teleradiologischer Anbindung folgte eine Neurochirurgische Entscheidung zur Sofortverlegung. Bei Ankunft in der Klinik GCS 13. Die Registerdaten weisen einen ISS von 25 auf. Nach Verlegung wurde eine Kranioplastische Dekompression durchgeführt.

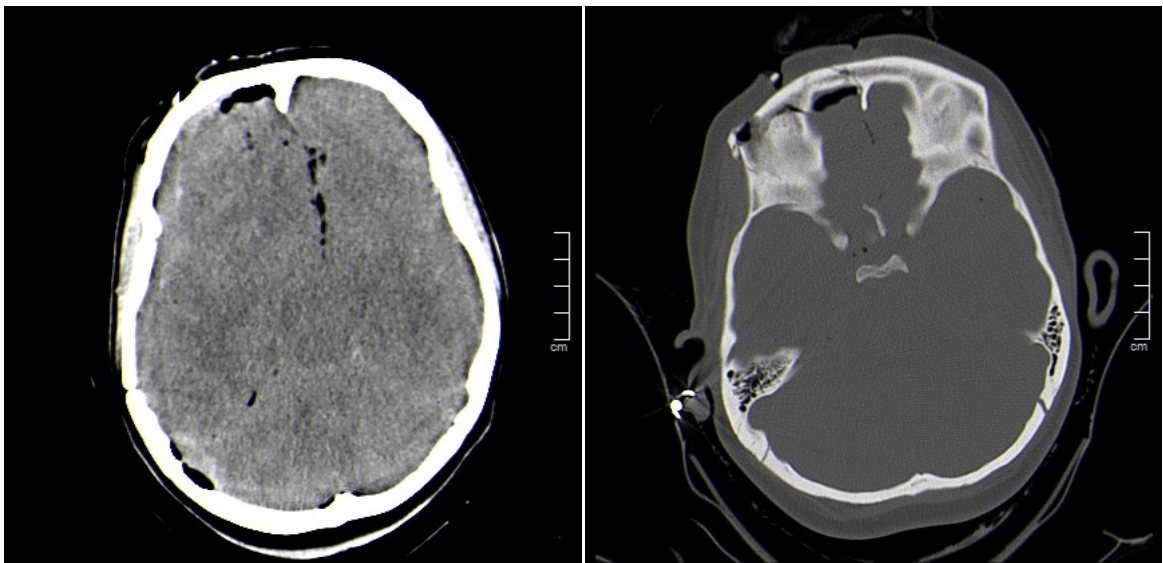


Abb. 8: Native Computertomographie des Schädels: Massives Schädel-Hirntrauma. Hirnswellung, zusätzlich großflächiges subdurales Hämatom rechts fronto-parieto-okzipital mit einer Breite bis zu ca. 1,1 cm. Verstrichene Hirnsulzi beider Großhirnhemisphären und kaum abgrenzbare Ventrikel. Deutliche Kompressionszeichen mit Mittellinienverlagerung nach links gut 1 cm und multiplen intrakraniellen Lufteinschlüssen.

Die zerebralen Folgen eines Sprunges aus 30 m Höhe sind in Abb.8 dargestellt. Trotz jungen Alters der Verunfallten wurden bereits durch das Rettungsteam am Unfallort Reanimationsmaßnahmen durchgeführt. Bei Ankunft in der Klinik konnte nur der Hirntod festgestellt werden. Diese Schädelverletzung entspricht einem  $AiS_{Kopf}$  von 6! Die Daten des Traumaregisters weisen einen GCS von 3 auf. Im Register wurde der ISS mit 25 bestimmt, der RISC lag bei 20,6. Der GOS liegt bei 1.

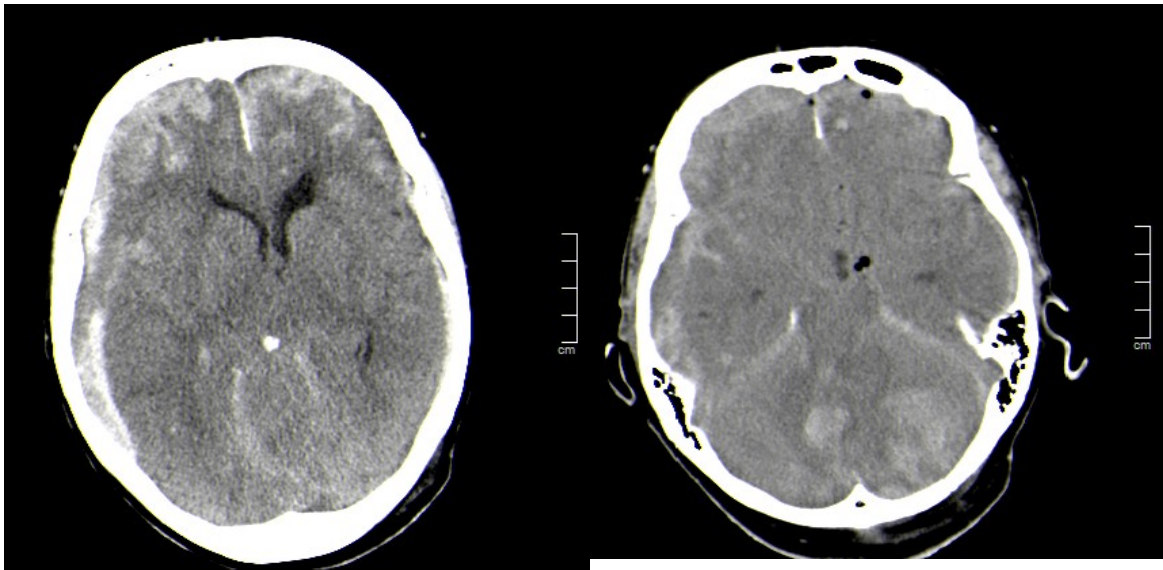


Abb. 9: Native Computertomographie des Schädels: Ausgedehntes großflächiges subdurales Hämatom rechts fronto-temporo-parieto-occipital mit einer Breite bis zu 1,5 cm. Das linksseitige subdurale Hämatom fronto-temporo-parietal ist etwas schmaler mit einer Breite bis zu 1 cm. Zusätzlich bestehen intracerebrale Einblutungen infratentoriell in beiden Kleinhirnhemisphären. Der 4. Ventrikel ist nicht abgrenzbar, Mittellinienverlagerung nach links bis zu 7 mm. Subarachnoidale Einblutungen bds.. Schädelbasisfrakturen mit intracraniellen Lufteinschlüssen und Frakturen um das Foramen magnum.

Auch die Veränderungen in Abb.9 sind schwergradig. Bereits am Unfallort intubiert zeigte die alte Dame nach häuslichem Treppensturz das SHT als Monoverletzung. Bei Vorliegen einer Patientenverfügung erfolgte kein operativer Therapieversuch. Die Prognose anhand der Bildgebung muss als infaust angesehen werden. Die Registerdaten beschreiben diesen Unfall mit einem GCS von 3. Der ISS wurde mit 25 berechnet und der RISC mit 32. Der GOS lag bei 1.

### 3.1.3 Demographische Daten der Patienten des Kreiskrankenhauses Gummersbach

Bei der Altersverteilung der Patienten zeigten sich 1/5 der Verunfallten aus der Altersgruppe über 80 Jahre. Der Mittelwert lag jedoch bei 53 Jahren bei einem Median von 55 Jahren. Eine graphische Darstellung der Altersverteilung gibt Abb. 10 wieder. Mit einem Mittelwert von 9,6 im GCS war die klinische Einstufung des SHT in der beobachteten Gruppe der Polytraumatisierten eher mittelgradig. Mit einem mittleren systolischen Blutdruck von 131 mmHg war die Kreislagsituation meist stabil, so dass eine Schock – Situation in der beobachteten Gruppe im Schockraum die Ausnahme darstellte. Die bestimmten Parameter sind im Mittelwert, Median und Standardabweichung in Tabelle

3 wiedergegeben. Mit einem ISS von 25 kann jedoch das Vorliegen einer schweren Verletzung voraus gesetzt werden.

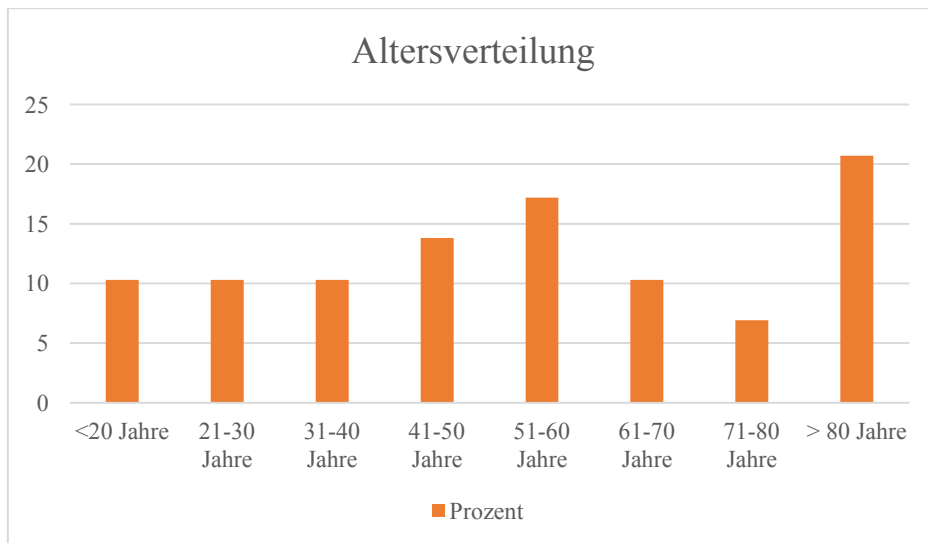


Abb. 10: Altersverteilung der Traumapatienten Kreiskrankenhaus Gummersbach mit einem  $AiS_{Kopf} \geq 3$ , Angaben in Prozent des Gesamtkollektives.

Tabelle 3: Parameter der Traumapatienten Kreiskrankenhaus Gummersbach mit einem  $AiS_{Kopf} \geq 3$

|                                  | Mittelwert | Median | Standard-<br>abweichung |
|----------------------------------|------------|--------|-------------------------|
| Alter (Jahre)                    | 53,6       | 55,5   | 25,7                    |
| GCS                              | 9,6        | 10     | 4,7                     |
| RR syst.(mmHg)                   | 131,7      | 120    | 39,8                    |
| Infusion kristalloid (ml)        | 436,6      | 500    | 280                     |
| Zeit t (min) Unfall – Ankunft KH | 63,2       | 50     | 54                      |
| Zeit t (min) Ankunft - OP/ICU    | 76         | 61     | 52                      |
| Dauer Aufenthalt ICU (h)         | 118,3      | 48     | 150,3                   |
| Dauer t (h) Beatmung             | 43,4       | 0      | 99,9                    |
| EK (Anzahl)                      | 0,2        | 0      | 0,9                     |
| FFP (Anzahl)                     | 0,3        | 0      | 1,2                     |
| ISS                              | 23,6       | 25     | 8,9                     |
| NISS                             | 32,5       | 29     | 13,8                    |
| GOS                              | 3,3        | 4      | 1,6                     |

Um einen Zusammenhang zwischen der leicht betonten Altersgruppe über 80 Jahre und einem möglichen schlechten Outcome der Patienten auszuschließen wurde ein Korrelationskoeffizient berechnet, der für die Parameter Alter und Outcome nach GOS - 0,25 und für die Parameter Alter und ISS als Maß für die Verletzungsschwere bei 0,12 lag. Damit kann eine direkte Beeinflussung der Ergebnisse durch Überwiegen einer besonders betroffenen Altersgruppe vernachlässigt werden. Insgesamt lassen sich statistisch valide Aussagen bei der vorliegenden geringen Fallzahl nicht treffen. Daher wurde auf die Daten des TraumaRegister DGU® zurück gegriffen.

## 3.2 Daten des TraumaRegister DGU®

### 3.2.1 Patientenverteilung und Verletzungsschwere

In den ausgewählten Netzwerken wurden nach Erstaudit 34284 Patienten in das Traumaregister eingegeben. Von diesen Verunfallten hatten 27982 einen  $ISS \geq 16$ . 6115 Patienten wiesen einen  $AiS_{Kopf} \geq 3$  auf. Aus dieser Gruppe waren 369 Patienten zuverlegt. Diese Patienten wurden ausgeschlossen, weil der Prognose-score RISC bei diesen Patienten nicht errechnet werden kann. In Tabelle 5 sind die Patientenzahlen aufgeteilt auf die ausgewählten Jahre wieder gegeben.

Die Verteilung der Traumapatienten mit einem  $AiS_{Kopf} \geq 3$  zeigt eine Betonung der ÜTZ, in welche 2/3 der Patienten gebracht wurden. 27% der Patienten wurden in einem RTZ versorgt und 7% gelangten in ein LTZ. Die Verteilung der Patienten mit Absolutzahlen und Prozentangaben zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Verteilung der Traumapatienten mit einem  $AiS_{Kopf} \geq 3$  in den Traumanetzwerken ÜTZ, RTZ und LTZ, unterteilt in Ballungsraum und ländlichen Bereich.

| Anzahl Patienten<br>$AiS_{Kopf} \geq 3$ | ÜTZ        | RTZ        | LTZ       | Gesamt |
|-----------------------------------------|------------|------------|-----------|--------|
| Ländlicher Bereich                      | 1325 (51%) | 1030 (40%) | 251 (10%) | 2606   |
| Ballungsraum                            | 2688 (77%) | 664 (19%)  | 157 (4%)  | 3509   |
| Gesamt                                  | 4013 (65%) | 1694 (27%) | 408 (8%)  | 6115   |

Auffällig war eine unterschiedliche Verteilung in ländlichen Gebieten und Ballungsräumen. Diese Verteilung verdeutlichen die Abbildungen 11 und 12. Im

ländlichen Bereich war die Verteilung der Patienten zwischen ÜTZ und RTZ annähernd vergleichbar mit 51 und 40 %, während im Ballungsraum die überwiegende Zahl der SHT mit 77% primär in einem ÜTZ versorgt wurden. Nur knapp 20 % gelangten in ein RTZ.

Tabelle 5: Gesamtkollektiv der Traumapatienten aus dem TraumaRegister. Anzahl der Verletzten.

| Anzahl      | Jahr 2008 | Jahr 2009 | Jahr 2010 | Jahr 2011 | Jahr 2012 | Gesamt |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| ISS 16 nein | 9         | 381       | 1372      | 2044      | 2496      | 6302   |
| ja          | 43        | 838       | 2531      | 3536      | 3892      | 10840  |
| Gesamt      | 52        | 1219      | 3903      | 5580      | 6388      | 17142  |

Die LTZ spielen mit 10 % im ländlichen Bereich und mit nur 4 % zumindest im Ballungsraum keine entscheidende Rolle in der Versorgung des schweren SHT. Nach Aufteilung der RTZ in Zentren mit (NC+) und ohne (NC-) Neurotraumatologische Kompetenz zeigt sich, dass im ländlichen Bereich die Verteilung der SHT mit gleicher Gewichtung in RTZ NC+ und RTZ NC- stattfindet. Im Ballungsraum wiederum wird bei Betrachtung ausschließlich der RTZ die überwiegende Anzahl der schweren SHT in ein RTZ NC- gebracht und nur wenige Patienten gelangen in ein RTZ mit neurotraumatologischer Kompetenz.

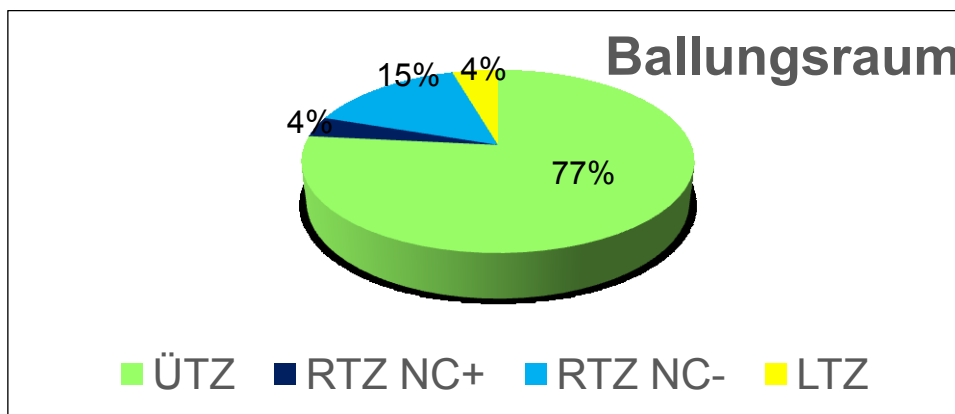


Abb. 11: Verteilung der Traumapatienten AIS<sub>Kopf</sub> ≥ 3 im Ballungsraum, Aufteilung in RTZ NC+ und RTZ NC-, Angabe in Prozent.

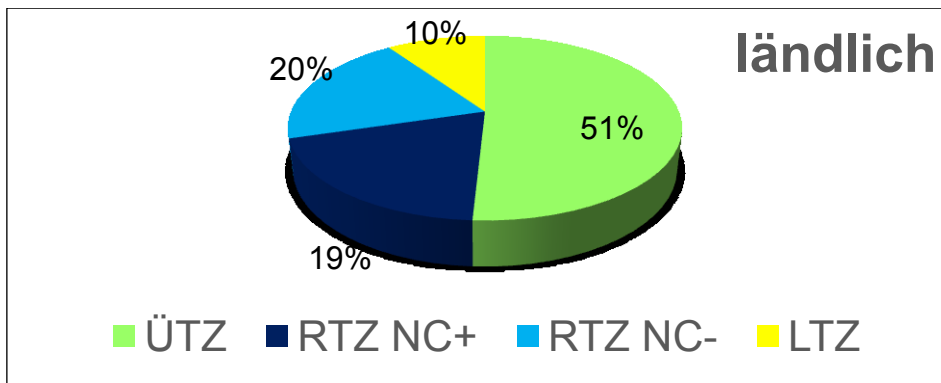


Abb. 12: Verteilung der Traumapatienten AIS<sub>Kopf</sub> ≥ 3 im ländlichen Gebiet, Aufteilung in RTZ NC+ und RTZ NC-, Angabe in Prozent.

Neben dem Schädel Hirn Trauma zeigt das Verletzungsmuster bezogen auf alle Körperregionen zwischen ÜTZ und RTZ keine deutlichen Unterschiede. Lediglich zusätzlich bestehende Verletzungen des Gesichtes liegen bei Patienten des ÜTZ mit 19 % häufiger vor als bei Patienten des RTZ NC+ mit 16 %. Patienten, die in das LTZ gebracht werden zeigen insgesamt geringe Zusatzverletzungen. Dies ist als Folge der Zuordnung der Patienten nach Verletzungsschwere zum jeweiligen Traumazentrum zu erwarten. Jedoch weisen die Patienten mit schwerem SHT eines ÜTZ, RTZ NC+ und auch eines RTZ NC- in etwa 40% zusätzliche Verletzungen des Brustkorbes auf. Dazu bestehen 15 % Verletzungen des Abdomens und Verletzungen der Extremitäten / Beckens in etwa 34 % (Tabelle 6). Die Betonung der Zusatzverletzungen des Gesichtes und der Extremitäten bei den Patienten des ÜTZ erscheinen in der statistischen Berechnung signifikant (Tabelle 22, 23, 24 und 25). So zeigt die Berechnung des p-Wertes für AiS<sub>Gesicht</sub> ein  $p < 0,0001$  und für AiS<sub>Extremitäten/Becken</sub> ein  $p < 0,007$ . Für zusätzliche Verletzungen des Brustkorbes liegt ebenso ein positiver Zusammenhang vor. So zeigt sich im Chi<sup>2</sup> Test eine asymptotische Signifikanz von 0,035 (Tabelle 30 und 31). Die p-Werte für die anderen Körperregionen liegen über einem p- Wert von 0,05.

Tabelle 6: Zusatzverletzungen bei Patienten mit schwerem SHT, dem Schweregrad nach AIS  $\geq 2$ .

| Zusatzverletzungen AIS $\geq 2$    | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|------------------------------------|-----|---------|---------|-----|
| AIS <sub>Gesicht</sub>             | 19% | 16%     | 11%     | 7%  |
| AIS <sub>Thorax</sub>              | 39% | 39%     | 41%     | 29% |
| AIS <sub>Abdomen</sub>             | 16% | 15%     | 14%     | 11% |
| AIS <sub>Extremitäten/Becken</sub> | 36% | 34%     | 33%     | 25% |
| AIS <sub>Weichteile</sub>          | 8%  | 7%      | 8%      | 8%  |

### 3.2.2 Demographische Daten der Traumapatienten mit SHT

Patienten mit einem schweren SHT zeigen einen Altersdurchschnitt von 51 Jahren.

Patienten eines RTZ NC- sind im Durchschnitt mit 55 Jahren etwas älter. Im LTZ haben diese Patienten im Mittel sogar ein Alter von 57 Jahren. Verglichen mit dem

Durchschnittsalter aller Traumapatienten zeigt sich hier nur ein Trend zu höherem Alter für das schwere SHT. Auch in der Beurteilung des körperlichen Zustandes, gemessen mit dem ASA zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede in den Mittelwerten der SHT – Patienten der ÜTZ und RTZ. Die Verletzungsschwere gemessen mit dem ISS weist vergleichbare Muster der Patienten aus ÜTZ und RTZ NC+ auf. SHT – Patienten im RTZ NC- haben eine tendenziell geringere Verletzungsschwere, wie auch die SHT – Patienten der LTZ (Tabelle 7).

Die klinische Beurteilung des Schweregrades des SHT mit dem GCS zeigt einen durchschnittlichen GCS von 9 für die Patienten aus dem ÜTZ und dem RTZ NC+. Dem gegenüber haben die Patienten mit SHT in einem RTZ NC- einen GCS von 11 und einen GCS von 12 in einem LTZ (Tabelle 7).

Es scheint somit einen zielgerichteten Patientenstrom schwerer SHT's in Zentren mit Neurotraumatologischer Kompetenz zu geben.

Tabelle 7: demographische Daten der Traumapatienten mit SHT aus dem TraumaRegister (Mittelwerte mit Standardabweichung)

| Mittelwerte  | ÜTZ       | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       |
|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Alter /Jahre | 51 ± 23   | 51 ± 23   | 55 ± 24   | 57 ± 23   |
| ASA          | 1,6 ± 0,8 | 1,6 ± 0,7 | 1,8 ± 0,8 | 1,9 ± 0,8 |
| ISS          | 27 ± 14   | 26 ± 13   | 24 ± 14   | 22 ± 11   |
| GCS          | 9 ± 5     | 9 ± 5     | 11 ± 4    | 12 ± 4    |

### 3.2.3 Unfallmechanismus für das schwere SHT

Als Unfallhergang steht auch beim SHT der Verkehrsunfall im Vordergrund. Sowohl im ÜTZ, aber auch in den RTZ machen die Verkehrsunfälle gut 40 % der Unfallursachen für ein schweres SHT aus. Lediglich im LTZ liegt bei der Ursachenhäufigkeit der Verkehrsunfall mit 32 % an zweiter Stelle hinter dem Sturzereignis aus eine Höhe unter 3m (Tabelle 8). Bezüglich der Ursachen zeigen sich keine gravierenden Unterschiede zwischen dem Patientengut eines ÜTZ und einem RTZ, mit und ohne neurotraumatologischer Kompetenz. Gefolgt wird der Verkehrsunfall in der Ursachenrangliste von dem Sturzereignis unter 3 m Höhe mit etwa 30 %. Der Sturz aus großer Höhe macht mit 12 bis 15 % die drittgrößte Gruppe aus. Hiermit entspricht die Verteilung im ÜTZ ebenso wie der der RTZ der Häufigkeit in der Gesamtverteilung des beobachteten Kollektives.

Tabelle 8: Unfallmechanismus des schweren SHT, Darstellung als prozentualer Anteil des zentrumbezogenen Gesamtkollektives

| Prozente des Gesamtkollektiv | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ | Gesamt |
|------------------------------|-----|---------|---------|-----|--------|
| Verkehr                      | 42% | 43%     | 41%     | 32% | 41%    |
| Sturz <3m                    | 30% | 28%     | 35%     | 47% | 31%    |
| Sturz >3 m                   | 16% | 17%     | 13%     | 9%  | 15%    |
| Sonstige                     | 12% | 12%     | 11%     | 12% | 12%    |

### 3.2.4 Präklinische Daten des schweren SHT

Trotz der Schwere der Verletzung erscheint die Kreislagsituation der Patienten mit schwerem SHT in der Regel stabil zu sein. Die präklinischen Daten zeigen einen Mittelwert für den systolischen Blutdruck größer als 120 mmHg unabhängig vom Traumazentrum. Auch die Infusionsmenge weist mit einem durchschnittlichen Volumen unter einem Liter kristalloider Lösung nicht auf eine Kreislaufdepression infolge des SHT hin. Die Parameter für die Kreislagsituation sind in Tabelle 9 und 10 wiedergegeben. Neben Infusion kristalloider Lösungen werden auch kolloidale Lösungen verwendet. Die Mengen umfassen jedoch im Mittel lediglich 200 ml.

Tabelle 9: Präklinische Daten der Kreislagsituation (Mittelwerte mit Standardabweichung) und Anzahl der Intubationen präklinisch in Prozent

| Prälinik                  | ÜTZ       | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| RRsyst (mmHg)             | 125 ± 42  | 127 ± 42  | 127 ± 41  | 137 ± 40  |
| Infusion kristalloid (ml) | 763 ± 502 | 770 ± 534 | 635 ± 402 | 579 ± 399 |
| Infusion kolloid (ml)     | 208 ± 349 | 223 ± 268 | 121 ± 363 | 107 ± 250 |
| Intubation                | 58%       | 56%       | 34%       | 34%       |

Dafür wurden mehr als die Hälfte der Patienten mit SHT, welche in ein ÜTZ und RTZ NC+ gebracht werden intubiert. Nur 1/3 von den Patienten des LTZ und RTZ NC- wurden intubiert. Bezüglich der Intubation zeigt die Berechnung des p-Wertes ein  $p < 0,001$  an und weist darauf hin, dass die Unterschiede zwischen ÜTZ /RTZ NC+ und den anderen Versorgungsstufen nicht zufällig sind (Tabelle 32 und 33)!

Auch bei Betrachtung der Kreislagsituation hinsichtlich des Vorliegens eines Schocks bestätigt sich der stabile Kreislauf bei über 80 Prozent der Patienten mit schwerem SHT (Tabelle 10). In der statistischen Überprüfung finden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen ÜTZ, RTZ NC+, RTZ NC- und LTZ bei einem p-Wert  $< 0,068$ .

Tabelle10: Vorhandensein eines Schockes beim schweren SHT präklinisch, Angabe in Prozent.

| Schock präklinisch | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|--------------------|-----|---------|---------|-----|
| Kein Schock        | 83% | 86%     | 83%     | 89% |
| Schock             | 17% | 14%     | 17%     | 11% |

### 3.2.5 Transport des schweren SHT

Der präklinische Transport des schweren SHT erfolgt in das ÜTZ zu zwei Dritteln bodengebunden unter Begleitung des Notarztes. Knapp ein Drittel der Verunfallten werden mit dem Rettungshubschrauber in die Klinik gebracht. Diese Zahlen entsprechen annähernd denen eines RTZ mit neurotraumatologischer Kompetenz. Patienten, die in ein RTZ ohne Neurochirurgie gebracht werden erreichen dies überwiegend ebenso bodengebunden mit Notarztbegleitung. Der Transport eines Unfallopfers mit schwerem SHT in ein RTZ NC- und ein LTZ mit dem Hubschrauber stellt die Ausnahme dar (Tabelle 11). Der Patiententransport ohne Notarzt bei vorliegendem schwerem SHT erfolgt insgesamt mit geringer Häufigkeit und stellt nur bei Transport in ein lokales Traumazentrum mit 1/5 der Fälle eine nennenswerte Zahl dar.

Tabelle 11: Patiententransport in das Krankenhaus, Angabe in Prozent aller Patienten mit schwerem SHT in dem jeweiligen Zentrum.

| Transportart           | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|------------------------|-----|---------|---------|-----|
| Boden-gebunden NA      | 65% | 63%     | 84%     | 67% |
| RTH                    | 31% | 34%     | 6%      | 5%  |
| Boden-gebunden ohne NA | 3%  | 3%      | 8%      | 22% |
| Privat                 | 0%  | 0%      | 2%      | 5%  |

Die Transportdauer präklinisch umfasst einen relativ großen Zeitrahmen. Im Mittel liegen die Transportzeiten im ÜTZ und RTZ NC+ bei gut 70min. Die Transportdauer in ein LTZ weist die längste Transportdauer auf, zeigt jedoch eine erhebliche Standardabweichung. Das RTZ NC- erreicht ein Patient mit schwerem SHT in 62 min und damit im Mittel 10 min schneller als ein ÜTZ. Die Werte im Mittel mit entsprechender Standardabweichung sind in Tabelle 12 aufgelistet.

Tabelle 12: Transportzeit bis in die Klinik in min (Mittelwert mit Standardabweichung)

| Zeit präklinisch | ÜTZ     | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ      |
|------------------|---------|---------|---------|----------|
| Dauer (min)      | 75 ± 85 | 72 ± 90 | 62 ± 77 | 84 ± 132 |

Die statistische Überprüfung dieser beschriebenen Unterschiede zwischen den Traumazentren zeigen eine asymptotischen Signifikanz kleiner 0,0001. Die Betonung sowohl des RTH als Transportmittel in das ÜTZ und RTZ NC+ gegenüber den Zentren ohne neurochirurgische Kompetenz ist ebenso wie der Privattransport von SHT Patienten in das LTZ nicht zufällig (Tabelle 13).

Tabelle 13: Transportart ins Krankenhaus, Chi2 Test bezüglich der prozentualen Werte Tabelle 11

|                                   | Wert    | df | Asymptotische Signifikanz<br>(2 Seitig)+ |
|-----------------------------------|---------|----|------------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson          | 441,978 | 12 | 0,000                                    |
| Likelihood-Quotient               | 407,130 | 12 | 0,000                                    |
| Zusammenhang linear mit<br>linear | 66,804  | 1  | 0,000                                    |
| Anzahl der gültigen Fälle         | 4796    |    |                                          |

### 3.2.6 Der Schockraumprozess bei schwerem SHT

Die Schockraumzeiten zeigen deutliche Unterschiede in den Mittelwerten zwischen den Zentren mit Neurochirurgischer Kompetenz und den anderen. Hierbei liegen das ÜTZ und RTZ NC+ bei gut 70 min für die komplette Schockraumverweildauer. Patienten im RTZ NC- verbleiben im Mittel nur 58 min im Schockraum, während Patienten mit SHT im lokalen Traumazentrum 90 min im Schockraum verbringen. Dabei liegt die Zeit von der Ankunft bis zum CCT im ÜTZ bei 28 min, sowohl im RTZ NC+, als auch im RTZ ohne neurochirurgische Kompetenz und im LTZ liegt diese Zeit im Mittel über 30 min. Wird über den Schockraum eine CT - Traumaspirale gefahren unterscheiden sich die Zeitdaten wieder. Hier liegen das RTZ NC- und ÜTZ vorne, RTZ NC+ und LTZ brauchen etwas länger (Tabelle 14). Sowohl für die Zeit bis zum CCT, als auch für die Schockraumzeit sind diese Unterschiede signifikant bei p-Werten  $< 0,005$ .

Tabelle 14: Zeiten im Schockraum, Mittelwerte in min mit Standardabweichung

| Schockraum -Zeit | ÜTZ     | RTZ NC+  | RTZ NC-  | LTZ     |
|------------------|---------|----------|----------|---------|
| t bis CCT (min)  | 28 ± 81 | 33 ± 126 | 36 ± 130 | 38 ± 33 |
| t bis MSCT (min) | 27 ± 76 | 31 ± 104 | 26 ± 79  | 38 ± 26 |
| Schockraum (min) | 76 ± 38 | 71 ± 48  | 58 ± 36  | 90 ± 46 |

Bei Betrachtung der Mediane zeigt sich, dass im ÜTZ 17 min, im RTZ NC+ 15 min für die erste Schockraumphase bis zum CCT gebraucht werden. RTZ NC- und LTZ liegen über 20 min. Paarvergleiche bezüglich der Schockraumzeiten zwischen ÜTZ und RTZ NC + zeigen p-Werte > 0,05, so dass diese Unterschiede nicht signifikant sind.

Die Mittelwerte des systolischen Blutdruckes und des Hämoglobins zeigen für die Patienten mit SHT im Mittel eine kompensierte Kreislagsituation im Schockraum. Dies gilt sowohl für das ÜTZ, als auch für das RTZ und LTZ.

Weiter scheint auch in der Regel kein deutlicher Blutverlust zu bestehen. Die Mittelwerte von Thromboplastinzeit (Quick – Wert) sowie des Base Exzess deuten auf eine nicht besonders gestörte Gerinnungssituation hin (Tabelle 15)

Tabelle15: Aufnahmezustand Schockraum, physiologische Parameter, Mittelwerte mit Standardabweichung

| Kreislaufparameter Schockraum | ÜTZ      | RTZ NC+  | RTZ NC-  | LTZ      |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| RR Syst. (mmHg)               | 124 ± 35 | 127 ± 35 | 129 ± 33 | 140 ± 34 |
| Hb (g/dl)                     | 12 ± 2   | 12 ± 2   | 13 ± 2   | 13 ± 3   |
| Quick (%)                     | 79 ± 24  | 79 ± 24  | 85 ± 23  | 84 ± 26  |
| BE (mmol/l)                   | -2,8 ± 5 | -2,3 ± 5 | -2,2 ± 5 | -2,1 ± 5 |

Tabelle 16 gibt prozentual das Vorliegen eines Schocks, definiert als Blutdruck RR unter 100 mmHg im Schockraum wieder, wie auch die prozentuale Häufigkeit der Gabe von Erythrozytenkonzentraten. Die Gabe von mindestens einem EK kommt im ÜTZ und RTZ NC+ mit 17 und 14 Prozent fast doppelt so häufig vor als im RTZ NC- und LTZ mit jeweils 8 %. Mit einem p-Wert < 0,001 ist dies im Vergleich auch statistisch signifikant (Tabellen 34 und 35). Lediglich 14 % der Patienten mit SHT weisen im ÜTZ eine Schock

– Situation auf. Im RTZ NC+ haben 13 % der Patienten im Schockraum eine Hypotension unter 100 mmHg.

Die Gabe von Massentransfusionen (Gabe von mehr als 10 Erythrozytenkonzentraten) ist mit maximal 3 % in den ÜTZ verschwindend gering. Im RTZ NC- und LTZ kommt es in der Regel nie zu einer Transfusion von mehr als 10 EK's beim schweren SHT.

Insgesamt zeichnet sich der Patient mit schwerem SHT nicht durch einen Kreislaufchock oder hohen Blutverlust aus.

Tabelle16: Kreislaufsituation im Schockraum, gemessen als Blutdruck systolisch <100 mmHg; Transfusion im Schockraum. Angabe in Prozent der Patienten mit einem Blutdruck im Schockraum <100 mmHg und Angabe in Prozent der Patienten, die mindestens 1 Erythrozytenkonzentrat oder mehr als 10 Erythrozytenkonzentrate erhielten.

| Schock im Schockraum (RR<100mmHg) | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|-----------------------------------|-----|---------|---------|-----|
| Nein                              | 86% | 87%     | 88%     | 94% |
| Ja                                | 14% | 13%     | 12%     | 6%  |
| Transfusion von mind. 1 EK        | 17% | 14%     | 8%      | 8%  |
| Massentransfusion, > 10 EK's      | 3%  | 2%      | 0%      | 0%  |

### 3.2.7 Krankenhausverlauf und Outcome

Patienten mit einem schweren SHT verbleiben in einem ÜTZ und einem RTZ NC+ im Durchschnitt 10 Tage auf der Intensivstation. Dabei liegt das ÜTZ mit 10,7 Tagen etwas über der Verweildauer in einem RTZ NC+ mit 9,8 Tagen. Der Intensivaufenthalt in einem RTZ NC- und einem LTZ liegt deutlich darunter mit 6 und 4,8 Tagen im Mittel. Auch in der Betrachtung der Beatmungstage finden sich vergleichbare Zeiten in einem ÜTZ und RTZ NC+ mit 6 Tagen gegenüber einer halb so lange notwendigen Intubationszeit von 3 bzw. 1,9 Tagen in einem RTZ NC- und LTZ. Der Gesamtaufenthalt der Patienten mit SHT liegt in einem ÜTZ bei 3 Wochen. In einem RTZ NC+ werden die Patienten im Mittel nach 16 Tagen entlassen. In einem RTZ NC- liegt die mittlere Krankenhausverweildauer dieser Patienten bei 2 Wochen, im LTZ bei 12 Tagen (Abb.13).

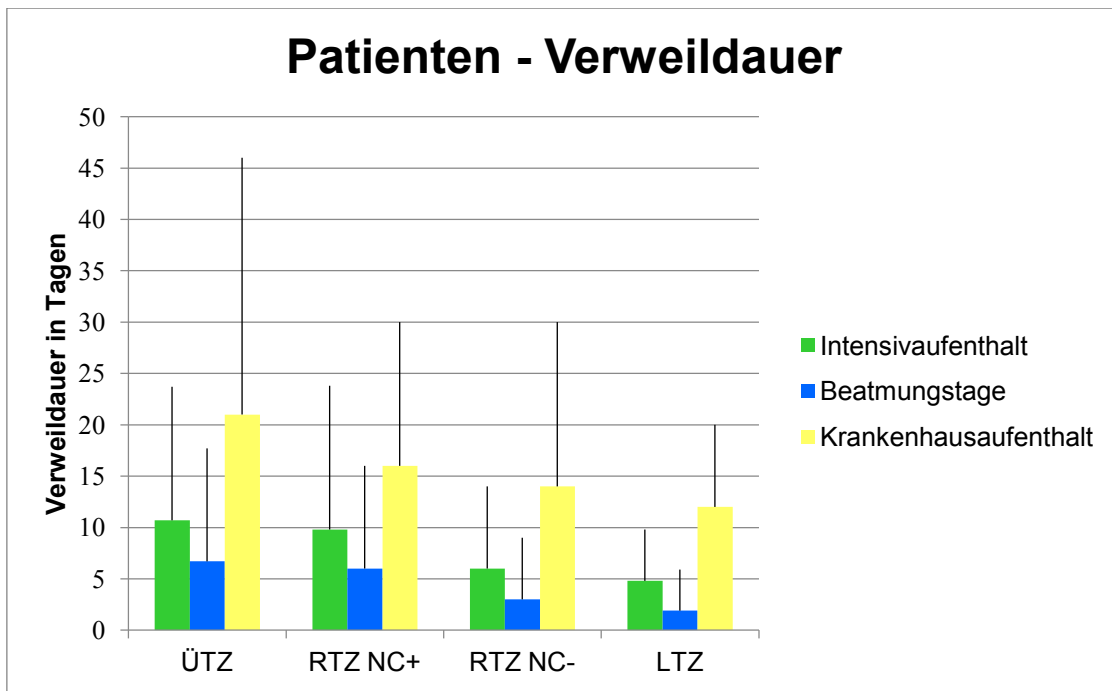


Abb. 13: Verweildauer der Patienten mit schwerem SHT in Tagen, getrennt aufgeführt für Aufenthalt auf der Intensivstation, Beatmungstage und Krankenhausaufenthalt insgesamt. Angabe in Mittelwerten und Standardabweichung.

In der Betrachtung des Outcomes der Patienten, gemessen über den Glasgow Outcome Scale zeigen sich in den Mittelwerten nur geringe Unterschiede zwischen den Traumazentren (Tabelle 17). Tendenziell weisen Patienten eines RTZ NC+ mit 3,2 das schlechteste Outcome auf, Patienten eines LTZ mit 3,8 das Beste. Nun muss man erwarten, dass entsprechend der Traumaschwere eine Begünstigung im Outcome für LTZ besteht. Die Median – Werte bestätigen die Erwartung mit einem GOS von 5 für die Patienten eines LTZ und jeweils einem Punktwert von 4 im GOS für Patienten im ÜTZ und RTZ unabhängig vom Vorliegen einer Neurotraumatologischen Kompetenz.

Tabelle 17: Outcome des schweren SHT, bestimmt über den GOS. Angabe des Mittelwertes und des Median

| Outcome        | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|----------------|-----|---------|---------|-----|
| GOS Mittelwert | 3,4 | 3,2     | 3,5     | 3,8 |
| GOS Median     | 4   | 4       | 4       | 5   |

Dabei werden in einem ÜTZ und RTZ NC+ vergleichbar viele Patienten nach Hause oder in eine Rehabilitation entlassen. In einem RTZ NC- und einem LTZ wird der größte Anteil

der Patienten nach einem schweren SHT nach Hause entlassen (Tabelle 18).

Tabelle 18: Entlassungsart der Patienten mit schwerem SHT. Angabe in Prozent aller Patienten mit schwerem SHT in dem jeweiligen Zentrum.

| Entlassungsart | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|----------------|-----|---------|---------|-----|
| nach Hause     | 33% | 30%     | 46%     | 49% |
| Reha           | 36% | 36%     | 25%     | 25% |
| Sonstige       | 5%  | 2%      | 2%      | 5%  |
| Tod            | 26% | 33%     | 27%     | 21% |

Stellt man die Letalität bezogen auf den Zeitpunkt des Todes als Anteil aller Verstorbenen eines Zentrums dar (Tabelle 19), zeigt sich, dass in einem RTZ NC- und LTZ 1/3 der Todesfälle nach SHT innerhalb von 6 h auftreten. In einem RTZ NC+ und einem ÜTZ versterben innerhalb von 6 h nur 19 % beziehungsweise 25 %. In diesen Zentren liegt der Todeszeitpunkt nach SHT zu etwa 50 % nach 48h.

Tabelle 19: Letalität bezogen auf die Zeit, Prozentsatz der Verstorbenen der schweren SHT

| Letalität     | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ |
|---------------|-----|---------|---------|-----|
| innerhalb 6 h | 25% | 19%     | 33%     | 32% |
| innerhalb 24h | 16% | 14%     | 18%     | 12% |
| innerhalb 48h | 11% | 16%     | 13%     | 12% |
| größer 48h    | 48% | 51%     | 36%     | 42% |

Betrachtet man die Gesamtletalität als prozentuale Krankenausletalität der Zentren bezogen auf die SHT – Patienten, so versterben in einem LTZ 21 % der schweren SHT Patienten. Während 26 % der schweren SHT Patienten eines ÜTZ, 27 % derer eines RTZ NC- und 33 % der Patienten in einem RTZ NC+ versterben (Tabelle 20). Diese Unterschiede weisen in der statistischen Berechnung Signifikanz auf (Tabelle 26 und 27)!

Tabelle 20: Krankenhausletalität des schweren SHT in Prozent

| Krankenhausletalität                    | ÜTZ | RTZ NC+ | RTZ NC- | LTZ | p-Wert  |
|-----------------------------------------|-----|---------|---------|-----|---------|
| Verstorben, Prozent der SHT - Patienten | 26% | 33%     | 27%     | 21% | < 0,001 |

Die Berechnung der standardisierten Mortalitätsrate (SMR) erfolgt über den RISC – Score. Die tatsächliche Anzahl der Verstorbenen der Zentren wurde in das Verhältnis zur erwarteten Letalitätssrate gesetzt. Die erwartete Letalitätssrate wird durch den Prognosescore RISC widerspiegelt.  $SMR = \text{beob. Letalität} / \text{RISC}$ . Dabei zeigen Werte  $>1$  eine gegenüber der erwarteten Sterblichkeit erhöhte Anzahl Verstorbenen an, Werte  $<1$  weniger Verstorbene. In den RTZ zeigt sich gegenüber den ÜTZ eine erhöhte Sterblichkeit in der Standardisierte Mortalitätsrate in den untersuchten Gebieten. Dabei weist das RTZ NC + die höchste Sterblichkeitsrate mit 1,24 auf. Im Statistischen Paarvergleich zwischen ÜTZ und RTZ NC+ ist diese Differenz mit einem  $p < 0,001$  signifikant (Abb.14).

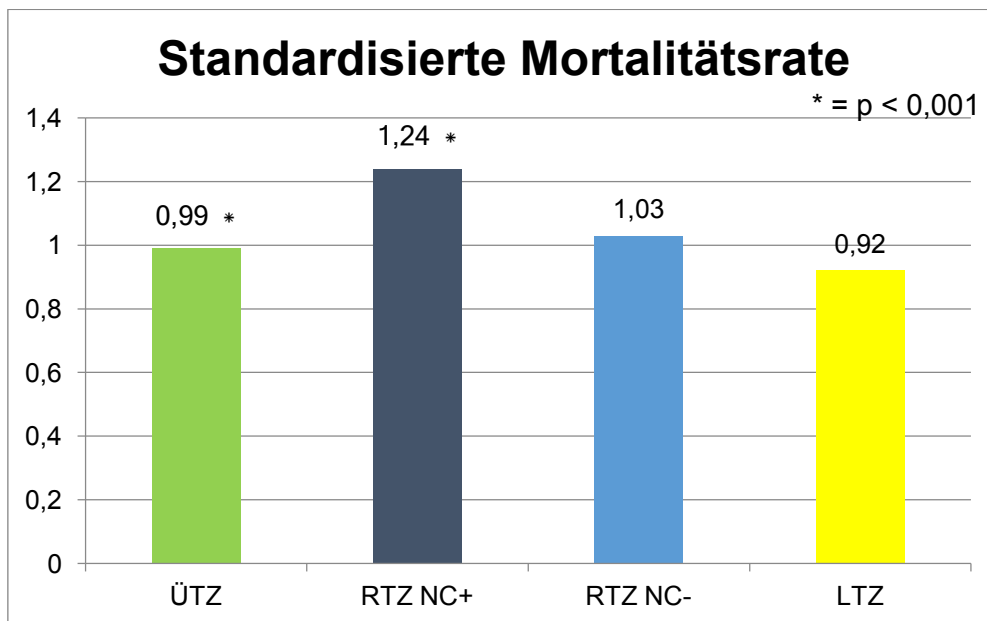


Abb. 14: Standardisierte Mortalitätsrate des schweren SHT. Angabe der SMR und des p – Wertes bezüglich statistischer Signifikanz des Unterschiedes zwischen ÜTZ und RTZ NC+.

Bezüglich der Verteilung zwischen städtischen und ländlichen Gebieten gibt es keine weiteren statistisch signifikanten Unterschiede, so dass hier der Faktor Ballungsraum / ländliches Gebiet keinen entscheidenden Einfluss hat (Tabelle 21).

Tabelle 21: SMR mit Differenzierung ländliches Gebiet-Ballungsraum

|                      | Standardisierte Mortalitätsratio | Konfidenz - Intervall | Anzahl der Kliniken<br>n |
|----------------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| ÜTZ ländlich         | 1,00                             | 0,90 - 1,11           | 11                       |
| ÜTZ Ballungsraum     | 0,99                             | 0,93 - 1,05           | 19                       |
| RTZ NC+ ländlich     | 1,23                             | 1,06 - 1,40           | 6                        |
| RTZ NC+ Ballungsraum | 1,28                             | 0,97 - 1,60           | 3                        |
| RTZ NC- ländlich     | 1,04                             | 0,84 - 1,23           | 20                       |
| RTZ NC- Ballungsraum | 1,01                             | 0,83 - 1,19           | 24                       |
| LTZ ländlich         | 0,64                             | 0,34 - 0,94           | 18                       |
| LTZ Ballungsraum     | 1,26                             | 0,85 - 1,67           | 10                       |

### 3.2.8 Statistische Berechnungen mit dem Chi-Quadrat nach Pearson

Statistisch signifikante Werte fanden sich bezüglich folgender untersuchter Parameter:

„Trauma-Art“, „Vorhandensein AiS<sub>Gesicht</sub>  $\geq 2$ “, „Vorhandensein AiS<sub>Extremitäten / Becken</sub>  $\geq 2$ “, „Vorhandensein AiS<sub>Thorax</sub>  $\geq 2$ “, „Unfallhergang“, „Transport“ und „Intubation“, ebenso wie für „Transfusion“ und „Letalität“.

Kein Zusammenhang ließ sich statistisch bezüglich „Vorhandensein AiS<sub>Abdomen</sub>  $\geq 2$ “ und „Vorhandensein AiS<sub>Weichteile</sub>  $\geq 2$ “ finden.

Tabelle 22: Zusatzverletzung AiS<sub>Gesicht</sub> bei schwerem SHT, Angabe als Gesamtzahl und Prozent der Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum.

| AiS <sub>Gesicht</sub> $\geq 2$ | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       | Gesamt     |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Nein      Anzahl                | 3467 (81%) | 501 (84%) | 585 (89%) | 175 (93%) | 4728 (82%) |
| Ja      Anzahl                  | 838 (19%)  | 97 (16%)  | 70 (11%)  | 13 (7%)   | 1018 (18%) |
| Gesamt      Anzahl              | 4305       | 598       | 655       | 188       | 5746       |

Tabelle 22 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen einem schweren SHT und einer Verletzung des Gesichtes. Lediglich im ÜTZ finden sich bei schwerem SHT auch deutlichere Verletzungen des Gesichtes. In einem RTZ NC+ sind es nur 16 %, während in einem LTZ nur 7 % zusätzliche Gesichtsverletzungen bei schwerem SHT vorliegen. Überprüft man nun die Unterschiede statistisch findet sich wie bereits dargelegt eine asymptotische Signifikanz deutlich kleiner 0,05 (Tabelle 23). Eine Ursachenprüfung für diese Häufung der Gesichtsverletzung bei Verunfallten eines ÜTZ gegenüber der anderer Versorgungsstufen ist anhand der vorliegenden Daten nicht möglich. Es mag in einer Bevorzugung eines ÜTZ durch den Rettungsdienst liegen, wenn eine Gesichtsverletzung vorliegt, welche direkt und offensichtlich erkennbar ist.

Tabelle 23: Chi<sup>2</sup> Test nach Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 23.

|                                | Wert   | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|--------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 47,203 | 3  | 0,000                                 |
| Likelihood-Quotient            | 53,609 | 3  | 0,000                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 23,829 | 1  | 0,000                                 |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 5746   |    |                                       |

Tabelle 24: Zusatzverletzung AiS Extremitäten/Becken, Angabe als Gesamtzahl und Prozent der Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum

| AiS 5 ≥ 2          | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       | Gesamt     |
|--------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Nein      Anzahl   | 2753 (64%) | 394 (66%) | 441 (67%) | 141 (75%) | 3729 (65%) |
| Ja      Anzahl     | 1552 (36%) | 204 (34%) | 214 (33%) | 47 (25%)  | 2017 (35%) |
| Gesamt      Anzahl | 4305       | 598       | 655       | 188       | 5746       |

Tabelle 25: Chi<sup>2</sup> Test Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 25

|                                | Wert   | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|--------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 12,079 | 3  | 0,007                                 |
| Likelihood-Quotient            | 12,566 | 3  | 0,006                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 2,804  | 1  | 0,094                                 |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 5746   |    |                                       |

In der Untersuchung des Zusammenhanges zwischen des schweren SHT's und Vorliegen eines schweren Abdominaltraumas lagen die p-Werte über 0,05. Auch für schwere Weichteilverletzungen lag keine Signifikanz vor. Das galt auch für den Zusammenhang zwischen dem Vorliegen eines schweren SHT und dem Vorliegen eines präklinischen Schockes.

Hinsichtlich der Letalität (Tabelle 26) zeigte der Chi-Quadrat Test nach Pearson eine asymptotische Signifikanz von 0,001, welche auch in der Betrachtung der Letalität abhängig von der Zeit nach Trauma zu finden war (Tabelle 27, 28 und 29).

Tabelle 26: Letalität des schweren SHT, Angabe als Gesamtzahl und Prozent der Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum

| verstorben         | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       | Gesamt     |
|--------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Nein      Anzahl   | 3189 (74%) | 401 (67%) | 476 (73%) | 148 (79%) | 4214 (73%) |
| Ja      Anzahl     | 1116 (26%) | 197 (33%) | 179 (27%) | 40 (21%)  | 1532 (27%) |
| Gesamt      Anzahl | 4305       | 598       | 655       | 188       | 5746       |

Tabelle 27: Chi<sup>2</sup> Test nach Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 26

|                                | Wert   | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|--------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 16,204 | 3  | 0,001                                 |
| Likelihood-Quotient            | 15,820 | 3  | 0,001                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 8,641  | 1  | 0,003                                 |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 5746   |    |                                       |

Tabelle 28: Letalität des schweren SHT, gestaffelt nach Zeit post – Trauma, Angabe als Gesamtzahl und Prozent der Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum

| verstorben                 | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       | Gesamt     |
|----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Innerhalb 6h    Anzahl     | 279 (6%)   | 38 (6%)   | 59 (9%)   | 13 (7%)   | 389 (7%)   |
| Innerhalb 24h    Anzahl    | 180 (4%)   | 27 (5%)   | 32 (5%)   | 5 (3%)    | 244 (4%)   |
| Innerhalb 48h    Anzahl    | 119 (3%)   | 31 (5%)   | 23 (4%)   | 5 (3%)    | 178 (3%)   |
| Nach 48 h    Anzahl        | 538 (12%)  | 101 (17%) | 65 (10%)  | 17 (9%)   | 721 (13%)  |
| Nicht verstorben    Anzahl | 3189 (74%) | 401 (67%) | 476 (73%) | 148 (79%) | 4214 (73%) |
| Gesamt    Anzahl           | 4305       | 598       | 655       | 188       | 5746       |

Tabelle 29: Chi<sup>2</sup> Test nach Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 28

|                                | Wert   | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|--------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 36,598 | 12 | 0,000                                 |
| Likelihood-Quotient            | 34,582 | 12 | 0,001                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 7,881  | 1  | 0,005                                 |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 5746   |    |                                       |

Das Thoraxtrauma als Zusatzverletzung bei schwerem SHT findet sich bei etwa 40 % der Verunfallten eines ÜTZ, RTZ NC+ und RTZ NC-. Im LTZ liegt dies nur bei knapp 30 % (Tabelle 30). Auch wenn diese Differenz bei einem  $p=0,035$  nicht zufällig ist, sind die Unterschiede statistisch nicht so eindrücklich wie bei Betrachtung der Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (Tabelle 31, 34 und 35) mit p-Werten deutlich kleiner als 0,05.

Tabelle 30: Zusatzverletzung AiS<sub>Thorax</sub>, Angabe als Gesamtzahl und Prozent der Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum

| AiS $3 \geq 2$ |        | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       | Gesamt     |
|----------------|--------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Nein           | Anzahl | 2641 (61%) | 362 (61%) | 387 (59%) | 133 (71%) | 3523 (61%) |
| Ja             | Anzahl | 1664 (39%) | 236 (39%) | 268 (41%) | 55 (29%)  | 2223 (39%) |
| Gesamt         | Anzahl | 4305       | 598       | 655       | 188       | 5746       |

Tabelle 31: Chi<sup>2</sup> Test Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 30

|                                | Wert  | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|-------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 8,577 | 3  | 0,035                                 |
| Likelihood-Quotient            | 8,839 | 3  | 0,032                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 1,145 | 1  | 0,285                                 |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 5746  |    |                                       |

Wie Tabelle 32 darlegt liegt die Intubationsrate präklinisch bei Verunfallten mit schwerem SHT für das ÜTZ und RTZ NC+ deutlich über der für RTZ NC- und LTZ.

Tabelle 32: Intubation präklinisch. Angabe als Gesamtzahl und Prozent der intubierten Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum

| Intubation |        | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ       | Gesamt     |
|------------|--------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Ja         | Anzahl | 2027 (58%) | 304 (56%) | 210 (34%) | 28 (17%)  | 2569 (53%) |
| Nein       | Anzahl | 1471 (42%) | 237 (44%) | 402 (66%) | 133 (83%) | 2243 (47%) |
| Gesamt     | Anzahl | 3498       | 541       | 612       | 161       | 4812       |

Prüft man diese Unterschiede statistisch bestätigt eine asymptotischen Signifikanz deutlich kleiner 0,05 einen belegbaren nicht zufälligen Zusammenhang (Tabelle 33).

Tabelle 33: Chi<sup>2</sup> Test Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 33

|                                | Wert    | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|---------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 204,238 | 3  | 0,000                                 |
| Likelihood-Quotient            | 210,649 | 3  | 0,000                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 56,193  | 1  | 0,000                                 |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 4812    |    |                                       |

Tabelle 34: Transfusion von mindestens einem Erythrozytenkonzentrat. Angabe als Anzahl und Prozent der Patienten mit schwerem SHT im jeweiligen Zentrum

| Transfusion mind.1 EK |        | ÜTZ        | RTZ NC+   | RTZ NC-   | LTZ      | Gesamt     |
|-----------------------|--------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| Nein                  | Anzahl | 2696 (83%) | 333 (86%) | 380 (92%) | 96 (92%) | 3505 (84%) |
| Ja                    | Anzahl | 557 (17%)  | 56 (14%)  | 31 (8%)   | 8 (8%)   | 652 (16%)  |
| Gesamt                | Anzahl | 3253       | 389       | 411       | 104      | 4157       |

Tabelle 35: Chi<sup>2</sup> Test Pearson bezüglich der Prozentualen Werte Tabelle 34

|                                | Wert   | df | Asymptotische Signifikanz (2 Seitig)+ |
|--------------------------------|--------|----|---------------------------------------|
| Chi-Quadrat nach Pearson       | 31,202 | 3  | 0,000                                 |
| Likelihood-Quotient            | 36,123 | 3  | 0,000                                 |
| Zusammenhang linear mit linear | 18,500 | 1  | 0,00                                  |
| Anzahl der gültigen Fälle      | 4157   |    |                                       |

## 4. Diskussion

Das Schädel-Hirn-Trauma stellt eine ernste Traumafolge dar und liegt bei fast 2/3 der Polytraumatisierten vor. Die Einschätzung der Verletzungsschwere präklinisch muss durch einen klinischen Score erfolgen, der schnell und einfach zu erheben ist. Hier ist weiterhin der GCS unbestritten gut einsetzbar. Damit wird dem Rettungsteam eine Einschätzung der Verletzungsschwere des SHT ermöglicht. Dennoch ist der GCS alleine kein sicherer Score alle Verletzungen richtig einzuschätzen. Esmer konnte in einer Untersuchung anhand der Daten des Traumaregisters zeigen, dass durchaus schwerere Schäden vorlagen bei GCS - Werten über 12 (Esmer et al., 2013). Der GCS erlaubt somit auch keine valide Aussage bezüglich des Outcomes des Patienten. Als klinischer Score wird er durch viele andere Parameter, wie Kreislagsituation, Alkohol- oder Medikamentenspiegel und andere beeinflusst. Im Rahmen der Dokumentation im Traumaregister wird im Rahmen der Datenerhebung der AIS<sub>Kopf</sub> bestimmt. Dieser greift in seiner Einschätzung auf die bereits erfolgte Bildgebende Diagnostik mittels CCT zurück. Demetriades und Mitarbeiter haben die Vorhersagekraft beider Scores bezüglich des Outcomes verglichen und konnten zeigen, dass keine ausreichende Korrelation zwischen GCS und AIS bezüglich der Vorhersage über das Outcome besteht (Demetriades et al., 2004). Vielmehr existieren weitere Faktoren mit erheblichem Einfluss auf das Outcome nach SHT. Der Hirnschaden manifestiert sich häufig nicht alleine durch das initiale Trauma, sondern in der Nachfolge von Stunden bis Tagen (Bullock and Povlishock, 2007). Hierbei spielen Schwellungsgrad, Perfusion und Sauerstoffversorgung des Gehirns und v.a. die durchgeführte Therapie eine entscheidende

Rolle. Die Therapie richtet sich vorrangig an den morphologischen Veränderungen aus. Die Beispiele eines regionalen Traumazentrums wie dem KKH Gummersbach (Abb.3 bis 9) zeigen, wie inhomogen die morphologischen Veränderungen bezüglich des SHT in den gleichen  $AiS_{Kopf}$  - Graden sein können. Somit ist es nur eingeschränkt möglich einheitliche Therapierichtlinien für das schwere SHT aufzustellen, nach denen eine eindeutige Zuordnung der Verletzten zu einem Therapiezweig erfolgen kann. Eberle und Mitarbeiter sprechen der Kraniektomie einen positiven Effekt durch Senkung des Intrazerebralen Druckes und Verbesserung der zerebralen Perfusion zu (Eberle et al., 2010). Bezüglich der intrazerebralen Blutung werden die indikatorischen Grenzen zur operativen Therapie von Bullock und Mitarbeitern bei 10 mm eines akuten subduralen Hämatoms oder einer Mittellinienverlagerung von mehr als 5 mm gesehen, unabhängig vom GCS (Bullock et al., 2006a, Bullock et al., 2006b). Bei komatösen Patienten, d.h. kleiner gleich einem GCS von 8 sollte auch eine operative Therapie bei Blutungen kleiner des vorgeschilderten Ausmaßes erfolgen. Bezüglich epiduraler Hämatome wird von der gleichen Arbeitsgruppe eine operative Hämatomausräumung bei  $30\text{ cm}^3$  empfohlen. Bei kleinerem Hämatom oder einer Dicke kleiner 15 mm und einer Mittellinienverlagerung kleiner 5 mm wird bei einem GCS größer 8 auch die Möglichkeit einer nicht – operativen Therapie unter regelmäßigen CCT – Kontrollen in einem Neurochirurgischen Zentrum gesehen. Kontusionsblutungen oder subarachnoidale Blutungen werden hier abhängig von ihrer Lokalisierung, dem Intrazerebralen Druck und dem neurologischen Status operativ oder konservativ behandelt (Bullock et al., 2006a). Interessanter Weise fand diese Arbeitsgruppe bezüglich intrazerebraler Traumafolgen unterschiedliche Gewichtungen prädiktiver Faktoren für das Outcome. So ist bei frontaler Lokalisierung scheinbar lediglich der absolute intrazerebrale Spitzendruck prädiktiv für das Outcome. Bei temporoparietaler Lokalisierung kamen auch Grad des Ödems, Zustand der basalen Zisternen, GCS und Hämatomgröße dazu. Zusätzlich wiesen die Autoren auf die Bedeutung der Dynamik der Hirnverletzung nach schwerem SHT hin. Somit ist auch die CCT – Diagnostik nicht statisch zu verstehen, sondern muss durch wiederholte Untersuchung dem zeitlichen Verlauf der erlittenen Verletzung Rechnung tragen. Eindeutig ist in dem Review eine negative Auswirkung zu erkennen, wenn eine operative Therapie erst bei Verschlechterung des Neurologischen Status erfolgt. Der Faktor Zeit gewinnt daher v.a. beim schweren SHT Bedeutung. Ein einheitlich anwendbares Schema mit sicheren prädiktiven Faktoren für und gegen eine operative oder konservative Therapie kann jedoch nicht gegeben werden.

Neben der operativen Entlastung raumfordernder Blutungen wird im weiteren die Therapie des schweren SHT durch Prävention des sekundären Hirnschadens bestimmt. Verhindert werden soll Hypotension, Hyper-/Hypokapnie, Hypoxämie, Hyperthermie und Hyper-/hypoglykämie. Zusätzlich muss über das Management des intrazerebralen Druckes eine konstante Perfusion des Gehirnes aufrecht erhalten werden (Engelhard et al., 2008). Auch wenn es Empfehlungen für die Therapie bei schwerem SHT gibt fehlen eindeutige Entscheidungspfade. Die Untersuchung von van Essen 2017 über die Variation in der Therapie des SHT anhand eines akuten subduralen Hämatomes zeigt die Schwierigkeit im Vergleich der Patienten mit schwerem SHT. Und in der Arbeit von van Essen wurden ausschließlich Neurochirurgen befragt. Dennoch fand sich eine von der Arbeitsgruppe nicht erwartete Variabilität in der Entscheidung operativ – konservativ ebenso wie in der Entscheidung Anlage einer Hirndrucksonde ja oder nein. Die Kollegen kommen zu dem Schluss, dass die individuelle Ansicht, Erfahrung und Vorliebe des einzelnen Neurochirurgen erheblichen Einfluss auf die Prognose bei schwerem SHT haben kann (van Essen et al., 2017). In die Therapieentscheidungen spielen unter anderem ethische Fragen hinsichtlich des zu erwartenden Zustandes nach schwerem SHT, „Lebenswerter Zustand?“ hinein.

Bei uns scheint das bereits klinisch als schwer eingestufte SHT vornehmlich in ein ÜTZ oder RTZ NC+ gebracht zu werden. Die erhöhte Intubationszahl bei den SHT im ÜTZ und RTZ NC+ sprechen für eine präklinisch gute Einschätzung des SHT. Dennoch zeigt die Überprüfung anhand der Registerdaten, dass die präklinische Einschätzung der Verletzungsschwere schwierig ist (Esmer et al., 2017). Sie trifft präklinisch bei schwerem SHT wahrscheinlich besser zu als die Einschätzung leichterer Formen des SHT. Bossers gab den Hinweis, dass gerade bei mildem SHT die Einschätzung nach Abschluss der Diagnostik zu einem upgrade der Verletzungsschwere führte (Bossers et al., 2017).

In der Betrachtung der SHT – Traumata anhand der Traumaregister-Daten zeigt sich, dass die Patienten eines ÜTZ und RTZ NC+ neben einem vergleichbaren Alter auch eine vergleichbare Verletzungsschwere aufweisen. Als Unfallursache steht der Verkehrsunfall im Vordergrund. Patienten, die in ein RTZ NC- gebracht werden sind ebenso wie die Patienten eines LTZ gering älter und weisen eine gering höhere Einstufung nach ASA auf. Jedoch ist die Verletzungsschwere bei Patienten des RTZ NC- und LTZ niedriger. In der Regel zeigen die Patienten eine kompensierte Kreislagsituation und bekommen weniger als 1 Liter meist kristalloide Infusionslösung. Die Netzwerkstruktur zeigt eine deutliche Betonung des ÜTZ als Ziel des Rettungsdienstes für das schwere SHT mit 4013

Verunfallten, die in ein ÜTZ gelangen. Damit erreichen 65 % der schweren SHT's ein überregionales Traumazentrum (Tabelle 4, Abb. 11 und 12).

Der Transport bis in die Klinik braucht im Mittel über eine Stunde und findet v.a. bodengebunden unter Notarztbegleitung statt. Die Schockraumzeiten zeigen einen deutlich schnelleren Ablauf im ÜTZ und RTZ NC+. Neben einem entsprechenden Trainingseffekt steht hier auch das Zeitmanagement im Fokus der Traumaversorgung beim schweren SHT.

Zuletzt wiesen Studien auf den Vorteil für das Outcome nach Polytrauma bei Hubschrauber gebundenem Transport in das Krankenhaus. Polites beschrieb den Vorteil für Kinder bei einer Verletzungsschwere mit einem ISS >15 in den Vereinigten Staaten, Bekelis den Vorteil im Outcome bei Vorliegen eines Schweren SHT (Bekelis et al., 2015, Polites et al., 2017). Weitere Studien aus dem Ausland unterstreichen den Vorteil des Hubschraubertransportes. Leider wird in diesen Arbeiten keine Korrelation zur Rettungszeit durchgeführt. Unstrittig ist der Zeitfaktor in der Behandlung des schweren SHT. Das bedeutet die präklinische Rettung des schweren SHT ist erheblich von der vorliegenden Infrastruktur und Verfügbarkeit der Rettungsmittel abhängig. Einen nachteiligen Effekt des Transportes hinsichtlich der Sterblichkeit bei schwerem SHT zwischen ÜTZ und RTZ NC+ lässt die Auswertung der Daten in dieser Arbeit nicht zu. Vielmehr muss davon ausgegangen werden, dass die Rettung Schwerverletzter in Deutschland über das Traumanetzwerk DGU anhand der oben genannten Faktoren nach striktem Zeitmanagement erfolgt.

Deutliche Unterschiede zeigen sich in der Verteilung der Patienten mit schwerem SHT im Ballungsraum gegenüber ländlichen Gebieten. Im Ballungsraum werden nur 4 % der SHT – Traumata in ein RTZ NC+ gebracht. Patienten mit schwerem SHT werden hier überwiegend in Überregionale Traumazentren gebracht (77 %). In ländlichen Gebieten kommen 51% der Verunfallten mit schwerem SHT in ein ÜTZ, während ein Fünftel der Verunfallten in ein RTZ NC+ gelangen, weitere ein Fünftel kommen in ein RTZ NC-. Die große Dichte überregionaler Traumazentren in Ballungsräumen bietet dem Rettungsdienst gute Möglichkeiten für einen gezielten Transport des Verunfallten mit SHT in ein ÜTZ. Im ländlichen Gebiet herrscht eine andere Verteilung der Traumazentren.

Aufgrund der komplexen Pathophysiologie des SHT ist eine prognostische Aussage anhand des primären neurologischen Befundes kaum möglich (Rickels, 2003). Und es bleibt weiterhin schwierig prognostische Faktoren bezüglich des Outcomes für das schwere SHT heraus zu arbeiten. Taussky und Mitarbeiter stellten hier das Alter, den

initialen GCS und Störungen der Pupillenmotorik als die Faktoren heraus, die mit dem Outcome am besten korrelierten (Taussky et al., 2008). Bereits 1993 hat Pospiech nach retrospektiver Untersuchung prognostische Faktoren für akute epidurale Hämatoome und subdurale Hämatoome untersucht. Als Schlussfolgerungen ergaben sich der Initialbefund und die Dauer der Bewusstseinsstörung als Hauptfaktoren, ebenso wie zusätzliche Verletzungen des Gehirns. Das Alter hatte in dieser Untersuchung keinen signifikanten Einfluss auf das Outcome (Pospiech et al., 1993).

Bezüglich des therapeutischen Outcomes haben Liu und Mitarbeiter 2500 akute schwere SHT retrospektiv untersucht (Liu et al., 2008). Sie stellten fest, dass für das Überleben mehr als nur die Notfalloperation von Bedeutung ist. Vielmehr verläuft die Pathophysiologie nach SHT in verschiedenen Phasen. Sie unterscheiden eine akute Phase (1 Woche nach Trauma), eine subakute Phase (2. und 3. Woche nach Trauma) und eine chronische Phase (nach 3 Wochen). In den Phasen sind unterschiedliche therapeutische Ansätze notwendig und wichtig. Auftretende Komplikationen wie das Versagen verschiedener Organsysteme und die Entwicklung einer katabolen Stoffwechsellage sind an zu gehen. Kraniale Dekompression und Überwachung des intrazerebralen Druckes konnten in dieser Studie v.a. in der akuten Phase die Mortalität senken.

Nach den Daten des Traumaregisters liegt die standardisierte Mortalitätsrate in den RTZ NC+ statistisch signifikant über der des ÜTZ (Abb. 14, Tabelle 21). Dabei tritt der prozentual größte Teil der Todesfälle nach schwerem SHT in allen Zentren zu einem Zeitpunkt nach 48h auf (Tabelle 19). Das RTZ NC + steht mit 51 % vor dem ÜTZ mit 48 %. Das heißt im Falle des Todes nach schwerem SHT liegt der Todeszeitpunkt im RTZ NC+ zu 51 % nach 48h. Auch wenn statistisch ein signifikanter Unterschied in der Letalität zwischen den Gruppen besteht, lassen die Zahlen aus dem Register keinen eindeutigen Rückschluss auf die Ursache zu. Die Verletzungsschwere zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen ÜTZ und RTZ NC+ (Tabelle 6). Somit kann nur spekuliert werden, ob die vermehrte Sterblichkeit im RTZ NC+ tendenziell durch den Verlauf > 48h bestimmt wird und therapieimmanent ist. Jedoch ist unstrittig, dass das Management des intrazerebralen Druckes und der zerebralen Perfusion nach schwerem SHT zentraler Bestandteil der Behandlung ist. Ein Anstieg des ICP ist nach 24 h post Trauma zu erwarten. Hierzu tragen Ödem und Störungen in der Regulation der Perfusion bei. Adams fand in seiner Studie bezüglich des zeitlichen Verlaufes von Hirndruck und zerebro- vasculärer Regulation einen ICP > 20 mmHg nach 48 h post Trauma in der

Gruppe mit letalem Verlauf (Adams et al., 2017)!

Die Beispieldaten aus dem KKH Gummersbach zeigen wie inhomogen die Verletzungen sein können. Es kann davon ausgegangen werden, dass auch in anderen Zentren eine vergleichbare Verteilung der Verletzungen auftritt. Auch die Arbeitsgruppe von Saatmann hat die Heterogenität der pathoanatomischen Veränderungen unter dem Bild „SHT“ aufgezeigt mit dem Hinweis auf eine zusätzlich notwendige Klassifikation mit Hinsicht auf stringente Therapiezeige, denen die Patienten mit schwerem SHT dann zugeführt werden könnten (Saatman et al., 2008). Überträgt man die Erkenntnisse aus der Studie von van Essen aus den Niederlanden und Belgien auf Deutschland kommt neben der fehlenden eindeutigen Therapieempfehlungen für individuelle Verletzungen bei schwerem SHT eine weitere Diversität in einer individualisierten Therapieentscheidung hinzu. Diese Tatsache unterstreicht den Sachverhalt zusätzlich.

Trotz der strengen Suchkriterien anhand des Registers ist daher weiterhin eine deutliche Variabilität innerhalb der Gruppe „schweres SHT“ möglich. Dazu kommt noch der Unsicherheitsfaktor in der Eingabe der Originaldaten für das Register. Dies kann zwar nur vorsichtig vermutet werden. Aber entsprechend der Beispielfälle des KKH Gummersbach kann man davon auszugehen, dass allgemein zu einem unbekannten Prozentsatz in einer Nachkontrolle der Befunde eine Korrektur in der Einstufung der primären Verletzung erfolgen würde. Diesen Sachverhalt konnte Horton in den Niederlanden anhand einer Überprüfung der Eingabedaten und Errechnung des ISS anhand der Daten innerhalb eines Traumacenters aufzeigen (Horton et al., 2017).

Auch hier ist denkbar, dass ein Bias zum Nachteil RTZ NC+ entsteht.

Wie oben angeführt ist auch die Therapieentscheidung schwierig zu schematisieren. Stets werden hier Einzelfaktoren individuell betrachtet und aus der Zusammenschau dann ein Therapiepfad eingeschlagen. Die Diversität in der CT – Morphologie trägt zu individuellen Therapieentscheidungen bei. Neben der individuellen Sicht der behandelnden Ärzte kommen noch Patienten – und Angehörigenwille hinzu. Diese Faktoren beeinflussen das Outcome, ohne dass sie in den Daten des Registers ihr Pendant haben. Dazu kommt die Möglichkeit, dass vor allem bei infauster Prognose eine Entscheidung getroffen wird Patienten eher in einem RTZ NC+ ohne operative Therapie zu belassen. Auch damit könnte eine „negative“ Gewichtung erfolgen. Insgesamt liegt die Zahl der schweren SHT's der ÜTZ mit 4013 deutlich über denen der RTZ NC+ mit 635. Somit kann die Qualität eines einzelnen Zentrums in dieser Gruppe im Vergleich der Gesamtheit der Traumazentren erhebliche, auch negative Auswirkungen haben.

Der Gedanke des Traumanetzwerkes, jedem Schwerverletzten an jedem Ort die gleichen Überlebenschancen zu bieten zwingt zu einem Transport des schweren SHT in die Hände einer neurochirurgischen Versorgung. In den USA bestätigte die Untersuchung von Sugermann 2012 die Notwendigkeit des Transportes des schweren SHT in ein hochqualifiziertes Zentrum mit neurochirurgischer Expertise (Sugerman et al., 2012). Diese Notwendigkeit erstreckt sich auch auf die angeschlossene intensivmedizinische Überwachung.

Die erhöhte SMR der RTZ NC+ gegenüber der ÜTZ ist ein bedeutendes Argument in der Versorgung des schweren SHT. Wie oben angeführt ist die Verletzungsschwere und das Verletzungsmuster der Patienten des ÜTZ und RTZ NC+ gemessen an den Daten des Traumaregisters vergleichbar. Werden die erhobenen präklinischen Daten verglichen, ergeben sich auch hier keine Unterschiede, die eine Benachteiligung der Patienten eines RTZ NC+ erkennen lassen, die man auf eine Schwäche oder Versagen des Systems „Traumanetzwerk“ zurückführen kann. Transportart und Zeit sind ebenso vergleichbar, wie Kreislaufsituation und Flüssigkeitsgabe. Die oft als tödliches Duo für das schwere SHT bezeichneten Faktoren Hypoxämie und Hypotension scheiden als Ursache für die Unterschiede zwischen ÜTZ und RTZ NC+ aus. Der gemessene systolische Blutdruck zeigt im Mittel keinen Unterschied zwischen ÜTZ und RTZ NC+ und liegt bei mehr als 120 mmHg, sowohl präklinisch als auch im Schockraum. Die Hypotension nach Trauma erscheint schwieriger über die Flüssigkeitssubstitution zu steuern zu sein als eine kontrollierte Ventilation durchzuführen und damit ausreichende Sauerstoffsättigung zu erreichen (Helm et al., 2012). Auch aktuelle Empfehlungen für eine restriktive Flüssigkeitssubstitution nach Trauma gelten nicht in diesem Masse für das schwere SHT (Kaske and Maegele, 2017, Maegele et al., 2017). Liegt ein schweres SHT vor ist vielmehr v.a. ein mittlerer arterieller Druck von mehr als 80 mmHg aufrecht zu halten (Kaske and Maegele, 2017). In dem untersuchten Kollektiv zeigten sich dahingehend keine Unterschiede zwischen den Patienten, die in ein ÜTZ und denen, die in ein RTZ NC+ gebracht wurden (Tabellen 9 und 10).

Die Intubationsrate liegt mit 58 % und 56 % für Patienten des ÜTZ und RTZ NC+ nicht deutlich auseinander. Auch die Primäre Phase der Patientenversorgung im Schockraum ist zwischen ÜTZ und RTZ NC+ ohne gravierende Unterschiede. Im Schnitt zeigen sich Gesamtzeiten von im Mittel 60 min. Während die Zeiten bis zum CCT unter 20 min liegen. Auch liegen die prozentualen Letalitätzahlen bezogen auf die Zeit nach Trauma in den Zeiträumen kleiner 6 h und innerhalb 24 h im ÜTZ und RTZ NC+ nahe zusammen. Erst

innerhalb 48 h und nach 48 h ergeben sich hier nachteilig Unterschiede für das RTZ NC + (Tabelle 19, Tabelle 28 und 29). Dabei ist der Gebietsbezug nicht verantwortlich. Nicht nur im ländlichen Gebiet, in dem deutlich mehr schwere SHT – Patienten ein RTZ NC + erreichen als in einem Ballungsgebiet, sondern auch im Ballungsraum weisen die RTZ NC+ eine erhöhte SMR auf. Betrachtet man die Daten über Intensivtherapie und Verweildauer fällt eine länger andauernde Intensivtherapie, Beatmungsphase und auch ein längerer Krankenhausaufenthalt in einem ÜTZ gegenüber den RTZ und LTZ auf. Leider kann aus diesen Daten kein Rückschluss auf die Qualität der Therapie gezogen werden. Dennoch kann aus den Daten möglicherweise geschlossen werden, dass die höhere Sterblichkeitsrate der Patienten mit einem schweren SHT in einem RTZ NC+ gegenüber des Überregionalen Traumazentrums in der sekundären Behandlung des schweren SHT begründet sein könnte.

Interessant sind dahingehend die Untersuchungen von Alali und Mitarbeitern 2017. Durch die unterschiedlichen Outcome – Ergebnisse nach schwerem SHT in Amerika angetrieben wurden die Intensivstationen hinsichtlich ihrer Strukturen, ihrem Vorgehen und Ihrer Personalie betrachtet. Es zeigten sich erhebliche Unterschiede in Hinsicht auf Faktoren bezüglich der Behandlung des Schweren SHT (Alali et al., 2017b). Überträgt man diese Fakten auf Deutschland wird folgendes wahrscheinlich: An ÜTZ besteht eine neurochirurgische Hauptabteilung. Man kann also davon ausgehen, dass bereits bei Diagnosestellung des schweren SHT eine neurochirurgische Fachbeurteilung stattfindet und auch auf die Therapie Einfluss nimmt. Die RTZ weisen hinsichtlich ihrer Neurotraumatologischen Kompetenz unterschiedliche Strukturen auf. Neben einer Kooperation mit einer Neurochirurgischen Abteilung ist auch die Akutversorgung durch einen Unfallchirurgen möglich. Dies gilt natürlich auch für die Organisation der anschließenden intensivmedizinischen Behandlung. Auch hier ist es möglich dass die Behandlung des schweren SHT allein anästhesiologisch oder unfallchirurgisch erfolgt ohne eine prüfbare neurochirurgische Kompetenz. Das mag auch für RTZ NC+ gelten. Das bedeutet, dass möglicher Weise bereits in der Entscheidung zur Anlage einer Ventrikel – oder Hirndrucksonde allein aufgrund der bestehenden Klinikstrukturen und v.a. bezüglich der intensivmedizinischen Therapie erhebliche Unterschiede bestehen. Umfang und Qualität der Neurochirurgischen Abteilungen hinsichtlich einer Neurotraumatologischen Kompetenz mag sich zudem deutlich zwischen ÜTZ und RTZ NC+ unterscheiden. Eine Zertifizierung im Rahmen der Zentrums – Zuordnung erreicht in der Überprüfung gerade dieser Kompetenz möglicher Weise ihre Grenzen. Denn auch wenn eine 24 stündige

Versorgungsbereitschaft auf neurochirurgischem Gebiet besteht, ist das nicht gleichbedeutend mit vorhandener Erfahrung und Kompetenz in der Versorgung eines schweren SHT. Das könnte jedoch ein entscheidender Unterschied zwischen ÜTZ und RTZ NC+ sein.

Auch wenn skandinavische Untersuchungen die Möglichkeit einer Neurotraumatologischen Notfallversorgung durch einen „Neurochirurgisch weiter gebildeten“ Chirurgen, der die Notfalldekompression einer akuten Blutung durchführt befürworten, ist dies nicht mit der Situation in Deutschland vergleichbar (Fischerstrom et al., 2014). Auch die Arbeit von A. Antoni aus Wien bestätigt eine unfallchirurgische Kompetenz zur Neurotraumatologischen Versorgung (Antoni et al., 2017). Jedoch lassen sich auch die Strukturen der Versorgung des Schweren SHT in Österreich nicht direkt auf Deutschland übertragen. Zumal diese Arbeit zwar auf die Akut – Versorgung, jedoch nicht auf die folgende Intensivtherapie abzielt.

Dies wird durch die Erkenntnisse von Alali und Mitarbeiter unterstrichen. Die Sterblichkeit nach schwerem SHT scheint in Zentren mit hohem Aufkommen der SHT geringer zu sein als in Krankenhäusern mit geringeren Zahlen an SHT. Dabei konnte ausgeschlossen werden, dass die höhere Letalität in „kleineren Krankenhäusern“ Folge von „Hauptkomplikationen“ ist (Alali et al., 2017a). Vielmehr sehen die Untersucher das bessere weitere Management von Patienten mit schwerem SHT in „Maximalversorgern“ als Grund für verringerte Sterblichkeit nach schwerem SHT.

Wie oben angeführt bestehen mögliche Einflussfaktoren, die die Aussage bezüglich der erhöhten Sterblichkeit in RTZ NC+ limitieren. Neben einem bestehenden Patientenwille können die unterschiedlichen Fallzahlen ebenso wie die Inhomogenität der Einzelverletzung und der Ausschluss der verlegten Patienten von Bedeutung sein.

Unbestritten hat der primäre Hirnschaden erheblichen Einfluss auf das Outcome der Patienten. Kühne und Mitarbeiter untersuchten anhand der Registerdaten den Einfluss der Zeit der operativen Intervention auf das Outcome des schweren SHT. Sie fanden in Gruppen mit früher neurochirurgischer Operation (< 6h) eine erhöhte Mortalität, jedoch auch einen Bias für Patienten mit tendenziell schwererem Hirnschaden gegenüber Patienten, welche zu einem späteren Zeitpunkt operiert werden (Kühne et al., 2013).

Interessant ist die Interpretation dieser Studie bezüglich der Fragestellung, ob der Zeitpunkt der neurochirurgischen Intervention nach schwerem SHT entscheidend ist. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass der Faktor Zeit überschätzt wird, betrachtet man die operative Intervention. Zumal die operative Interventionsrate in der Studie bei 9 % lag.

Offensichtlich wird, dass das Outcome nach schwerem SHT nicht nur vom primären Hirnschaden bestimmt wird, sondern v.a. von der nachfolgenden Behandlung, die in der Regel intensivmedizinisch erfolgt. Diese Behandlung scheint in einem ÜTZ optimiert gegenüber regionalen Traumazentren ab zu laufen.

Dennoch gibt es auch Kritik an einem Vergleich zwischen Traumazentren vornehmlich über die Krankenhausletalität. Auch wenn diese standardisiert über die SMR bestimmt wird. Sharma und Mitarbeiter empfahlen nach Ihrer Studie über das Outcome nach schwerem SHT die „Entlassung nach Hause“ als Marker für den Qualitätsvergleich zwischen den Traumazentren zu wählen. Anhand einer Auswertung von immerhin 240 Zentren und über 19000 eingeschlossenen Patienten sahen die Autoren die „Entlassung nach Hause“ als ein Qualitätsmerkmal, welches die Patientenversorgung besser beschreibt als die typischer Weise verwendete Sterblichkeit. Damit könne eine qualitativ andere Charakterisierung der Traumazentren im Vergleich stattfinden (Sharma et al., 2013).

Der Anspruch des Traumanetzwerkes an einen ubiquitär bestehenden hohen Standard der Patientenversorgung muss für das schwere SHT geprüft werden. Die Arbeit zeigt deutliche Unterschiede im Outcome nach schwerem SHT zwischen ÜTZ und RTZ NC+ auf.

Qualitative Differenzen begründen sich vermutlich in einer verbesserten intensivmedizinischen Patientenversorgung im Überregionalen Traumazentrum. Jedoch muss des Weiteren überprüft werden, ob die bestehenden Parameter, die in das Register eingegeben werden für eine Qualitätsbeurteilung der Behandlung nach schwerem SHT ausreichend sind und ob ggf. in dem Zertifizierungsprozess andere Indikatoren zur Einstufung herangezogen werden müssen.

## Literaturverzeichnis:

- ADAMS, H., DONNELLY, J., CZOSNYKA, M., KOLIAS, A. G., HELMY, A., MENON, D. K., SMIELEWSKI, P. & HUTCHINSON, P. J. 2017. Temporal profile of intracranial pressure and cerebrovascular reactivity in severe traumatic brain injury and association with fatal outcome: An observational study. *PLoS Med*, 14, e1002353.
- ALALI, A. S., GOMEZ, D., MCCREDIE, V., MAINPRIZE, T. G. & NATHENS, A. B. 2017a. Understanding Hospital Volume-Outcome Relationship in Severe Traumatic Brain Injury. *Neurosurgery*, 80, 534-542.
- ALALI, A. S., MCCREDIE, V. A., MAINPRIZE, T. G., GOMEZ, D. & NATHENS, A. B. 2017b. Structure, Process, and Culture of Intensive Care Units Treating Patients with Severe Traumatic Brain Injury: Survey of Centers Participating in the American College of Surgeons Trauma Quality Improvement Program. *J Neurotrauma*, 34, 2760-2767.
- ANDRUSZKOW, H., PAPE, H. C., SELLEI, R. & HILDEBRAND, F. 2013. [Prognosis of polytraumatized patients: estimates in the shock room and intensive care station]. *Unfallchirurg*, 116, 451-64.
- ANTONI, A., HEINZ, T. & LEITGEB, J. 2017. [Polytrauma and concomitant traumatic brain injury : The role of the trauma surgeon]. *Unfallchirurg*, 120, 722-727.
- BEKELIS, K., MISSIOS, S. & MACKENZIE, T. A. 2015. Prehospital helicopter transport and survival of patients with traumatic brain injury. *Ann Surg*, 261, 579-585.
- BOSSERS, S. M., POL, K. M., OUDE OPHUIS, E. P. A., JACOBS, B., VISSER, M. C., LOER, S. A., BOER, C., VAN DER NAALT, J. & SCHOBBER, P. 2017. Discrepancy between the initial assessment of injury severity and post hoc determination of injury severity in patients with apparently mild traumatic brain injury: a retrospective multicenter cohort analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg*.
- BULLOCK, M. R., CHESNUT, R., GHAJAR, J., GORDON, D., HARTL, R., NEWELL, D. W., SERVADEI, F., WALTERS, B. C., WILBERGER, J. & SURGICAL MANAGEMENT OF TRAUMATIC BRAIN INJURY AUTHOR, G. 2006a. Surgical management of traumatic parenchymal lesions. *Neurosurgery*, 58, S25-46; discussion Si-iv.
- BULLOCK, M. R., CHESNUT, R., GHAJAR, J., GORDON, D., HARTL, R., NEWELL, D. W., SERVADEI, F., WALTERS, B. C., WILBERGER, J. E. & SURGICAL MANAGEMENT OF TRAUMATIC BRAIN INJURY AUTHOR, G. 2006b. Surgical management of acute epidural hematomas. *Neurosurgery*, 58, S7-15; discussion Si-iv.

- BULLOCK, M. R. & POVLISHOCK, J. T. 2007. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. Editor's Commentary. *J Neurotrauma*, 24 Suppl 1, 2 p preceding S1.
- CARNEY, N., TOTTEN, A. M., O'REILLY, C., ULLMAN, J. S., HAWRYLUK, G. W., BELL, M. J., BRATTON, S. L., CHESNUT, R., HARRIS, O. A., KISSOON, N., RUBIANO, A. M., SHUTTER, L., TASKER, R. C., VAVILALA, M. S., WILBERGER, J., WRIGHT, D. W. & GHAJAR, J. 2017. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*, 80, 6-15.
- DEMETRIADES, D., KUNCIR, E., MURRAY, J., VELMAHOS, G. C., RHEE, P. & CHAN, L. 2004. Mortality prediction of head Abbreviated Injury Score and Glasgow Coma Scale: analysis of 7,764 head injuries. *J Am Coll Surg*, 199, 216-22.
- EBERLE, B. M., SCHNURIGER, B., INABA, K., GRUEN, J. P., DEMETRIADES, D. & BELZBERG, H. 2010. Decompressive craniectomy: surgical control of traumatic intracranial hypertension may improve outcome. *Injury*, 41, 894-8.
- ENGELHARD, K., MULLER-FORELL, W. & WERNER, C. 2008. [Therapy of head trauma]. *Anaesthesist*, 57, 1219-31.
- ESMER, E., DERST, P., LEFERING, R., SCHULZ, M., SIEKMANN, H., DELANK, K. S. & DAS TRAUMAREGISTER, D. G. U. 2017. [Prehospital assessment of injury type and severity in severely injured patients by emergency physicians : An analysis of the TraumaRegister DGU(R)]. *Unfallchirurg*, 120, 409-416.
- ESMER, E., STEINMETZ, A., ZEH, A., STACHOW, M., SIEKMANN, H., LEFERING, R., BRINKMANN, V., SCHÜTTE, V., FRECHE, S. & DELANK, K. S. 2013. Intrakranielle Blutung bei Polytrauma und leichtem Schädel-Hirn-Trauma. *Notfall + Rettungsmedizin*, 16, 532-538.
- FISCHERSTROM, A., NYHOLM, L., LEWEN, A. & ENBLAD, P. 2014. Acute neurosurgery for traumatic brain injury by general surgeons in Swedish county hospitals: a regional study. *Acta Neurochir (Wien)*, 156, 177-85.
- FRINK, M., KUHNE, C., DEBUS, F., PRIES, A. & RUCHHOLTZ, S. 2013. [The TraumaNetzwerk DGU project. Goals, conception, and successes achieved]. *Unfallchirurg*, 116, 61-71; quiz 72-3.
- HELM, M., HAUKE, J., RENNER, D., SCHLECHTRIEMEN, T. & LAMPL, L. 2012. Kreislaufstabilisierung und adäquate Oxygenation bei präklinischer Versorgung des schweren Schädel-Hirn-Traumas. *Notfall + Rettungsmedizin*, 15, 521-526.
- HILBERT, P., LEFERING, R. & STUTTMANN, R. 2010. [Different case fatality rates at German trauma centres : Critical analysis]. *Anaesthesist*, 59, 700-3, 706-8.

- HOFFMANN, M., LEHMANN, W., RUEGER, J. M., LEFERING, R. & TRAUMA REGISTRY OF THE GERMAN SOCIETY FOR TRAUMA, S. 2012. Introduction of a novel trauma score. *J Trauma Acute Care Surg*, 73, 1607-13.
- HORTON, E. E., KRIJNEN, P., MOLENAAR, H. M., SCHIPPER, I. B. & TRAUMA WEST RESEARCH, G. 2017. Are the registry data reliable? An audit of a regional trauma registry in the Netherlands. *Int J Qual Health Care*, 29, 98-103.
- HUANG, A. P., TU, Y. K., TSAI, Y. H., CHEN, Y. S., HONG, W. C., YANG, C. C., KUO, L. T., SU, I. C., HUANG, S. H. & HUANG, S. J. 2008. Decompressive craniectomy as the primary surgical intervention for hemorrhagic contusion. *J Neurotrauma*, 25, 1347-54.
- JENNETT, B., SNOEK, J., BOND, M. R. & BROOKS, N. 1981. Disability after severe head injury: observations on the use of the Glasgow Outcome Scale. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 44, 285-93.
- KASKE, S. & MAEGELE, M. 2017. [Volume therapy in the severely injured patient : Recommendations and current guidelines]. *Unfallchirurg*, 120, 85-90.
- KÜHNE, C. A., MAND, C., LEFERING, R., LENDEMANS, S. & RUCHHOLTZ, S. 2013. [Urgency of neurosurgical interventions for severe traumatic brain injury]. *Unfallchirurg*, 116, 39-46.
- LEFERING, R. 2002. Trauma Score Systems for Quality Assessment. *European Journal of Trauma*.
- LIENER, U. C., RAPP, U., LAMPL, L., HELM, M., RICHTER, G., GAUS, M., WILDNER, M., KINZL, L. & GEBHARD, F. 2004. [Incidence of severe injuries. Results of a population-based analysis]. *Unfallchirurg*, 107, 483-90.
- LIU, B., TIAN, Y., ZHANG, Y. & ZHANG, W. 2008. Therapeutic effect analysis of acute traumatic brain injuries. *Neurol Res*, 30, 594-7.
- MADUZ, R., KUGELMEIER, P., MEILI, S., DORING, R., MEIER, C. & WAHL, P. 2017. Major influence of interobserver reliability on polytrauma identification with the Injury Severity Score (ISS): Time for a centralised coding in trauma registries? *Injury*, 48, 885-889.
- MAEGELE, M., FROHLICH, M., CASPERS, M. & KASKE, S. 2017. Volume replacement during trauma resuscitation: a brief synopsis of current guidelines and recommendations. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 43, 439-443.
- MAEGELE, M., LEFERING, R., FACH, H., ENGEL, D., RAUM, M., BUCHHEISTER, B., HÖFFGEN, A., DOLL, H., KLUG, N., WEBER, F., NEUGEBAUER, E. & BOUILLON, B. 2008. Inzidenz und Outcome nach relevantem Schädel-Hirn-Trauma. *Notfall + Rettungsmedizin*, 11, 266-272.

- MARGULIES, D. R., CRYER, H. G., MCARTHUR, D. L., LEE, S. S., BONGARD, F. S. & FLEMING, A. W. 2001. Patient volume per surgeon does not predict survival in adult level I trauma centers. *J Trauma*, 50, 597-601; discussion 601-3.
- MAURITZ, W., WILBACHER, I., LEITGEB, J., MAJDAN, M., JANCIAK, I., BRAZINOVA, A. & RUSNAK, M. 2011. One-year outcome and course of recovery after severe traumatic brain injury. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 37, 387-95.
- MCMILLAN, T., WILSON, L., PONSFORD, J., LEVIN, H., TEASDALE, G. & BOND, M. 2016. The Glasgow Outcome Scale — 40 years of application and refinement. *Nature Reviews Neurology*, 12, 477.
- NATHENS, A. B. & MAIER, R. V. 2001. The relationship between trauma center volume and outcome. *Adv Surg*, 35, 61-75.
- PAPE, H. C., LEFERING, R., BUTCHER, N., PEITZMAN, A., LEENEN, L., MARZI, I., LICHT, P., JOSTEN, C., BOUILLON, B., SCHMUCKER, U., STAHEL, P., GIANNOUDIS, P. & BALOGH, Z. 2014. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *J Trauma Acute Care Surg*, 77, 780-786.
- PIEK, J. 2002. Schädel-Hirn-Trauma. *Notfall & Rettungsmedizin*, 5, 383-393.
- PINGEL, A. 2013. Akuttherapie des schweren Schädel-Hirn-Traumas. *Trauma und Berufskrankheit*, 15, 96-106.
- POLITES, S. F., ZIELINSKI, M. D., FAHY, A. S., WAGIE, A. E., MOIR, C. R., JENKINS, D. H., ZIETLOW, S. P. & HABERMANN, E. B. 2017. Mortality following helicopter versus ground transport of injured children. *Injury*, 48, 1000-1005.
- POSPIECH, J., KALFF, R. & HERWEGEN, H. 1993. [Prognostic factors in acute traumatic epi- and subdural hematoma]. *Aktuelle Traumatol*, 23, 1-6.
- RAU, C. S., WU, S. C., CHEN, Y. C., CHIEN, P. C., HSIEH, H. Y., KUO, P. J. & HSIEH, C. H. 2017a. Effect of Age on Glasgow Coma Scale in Patients with Moderate and Severe Traumatic Brain Injury: An Approach with Propensity Score-Matched Population. *Int J Environ Res Public Health*, 14.
- RAU, C. S., WU, S. C., KUO, P. J., CHEN, Y. C., CHIEN, P. C., HSIEH, H. Y. & HSIEH, C. H. 2017b. Polytrauma Defined by the New Berlin Definition: A Validation Test Based on Propensity-Score Matching Approach. *Int J Environ Res Public Health*, 14.
- REITH, F. C. M., LINGSMA, H. F., GABBE, B. J., LECKY, F. E., ROBERTS, I. & MAAS, A. I. R. 2017. Differential effects of the Glasgow Coma Scale Score and its

- Components: An analysis of 54,069 patients with traumatic brain injury. *Injury*, 48, 1932-1943.
- RICKELS, E. 2003. Das Schädel-Hirn-Trauma. *Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 40, 658-671.
- RICKELS, E. 2009. [Diagnosis and treatment of traumatic brain injury]. *Chirurg*, 80, 153-62; quiz 163.
- RICKELS, E., VON WILD, K. & WENZLAFF, P. 2011. [Treatment of traumatic brain injury in Germany]. *Unfallchirurg*, 114, 417-23.
- RUCHHOLTZ, S., LEFERING, R., PAFFRATH, T., OESTERN, H. J., NEUGEBAUER, E., NAST-KOLB, D., PAPE, H. C. & BOUILLON, B. 2008. Reduction in mortality of severely injured patients in Germany. *Dtsch Arztebl Int*, 105, 225-31.
- SAATMAN, K. E., DUHAIME, A. C., BULLOCK, R., MAAS, A. I., VALADKA, A., MANLEY, G. T., WORKSHOP SCIENTIFIC, T. & ADVISORY PANEL, M. 2008. Classification of traumatic brain injury for targeted therapies. *J Neurotrauma*, 25, 719-38.
- SHARMA, S., DE MESTRAL, C., HSIAO, M., GOMEZ, D., HAAS, B., RUTKA, J. & NATHENS, A. B. 2013. Benchmarking trauma center performance in traumatic brain injury: the limitations of mortality outcomes. *J Trauma Acute Care Surg*, 74, 890-4.
- STROWITZKI, M. 2013. Derzeitiger Standard der Behandlung von Schädel-Hirn-Traumen. *Trauma und Berufskrankheit*, 15, 276-282.
- SUGERMAN, D. E., XU, L., PEARSON, W. S. & FAUL, M. 2012. Patients with severe traumatic brain injury transferred to a Level I or II trauma center: United States, 2007 to 2009. *J Trauma Acute Care Surg*, 73, 1491-9.
- TAUSSKY, P., WIDMER, H. R., TAKALA, J. & FANDINO, J. 2008. Outcome after acute traumatic subdural and epidural haematoma in Switzerland: a single-centre experience. *Swiss Med Wkly*, 138, 281-5.
- VAN ESSEN, T. A., DE RUITER, G. C., KHO, K. H. & PEUL, W. C. 2017. Neurosurgical Treatment Variation of Traumatic Brain Injury: Evaluation of Acute Subdural Hematoma Management in Belgium and The Netherlands. *J Neurotrauma*, 34, 881-889.
- ZACHER, M. T., KANZ, K. G., HANSCHEN, M., HABERLE, S., VAN GRIENSVEN, M., LEFERING, R., BUHREN, V., BIBERTHALER, P., HUBER-WAGNER, S. & TRAUMAREGISTER, D. G. U. 2015. Association between volume of severely injured patients and mortality in German trauma hospitals. *Br J Surg*, 102, 1213-9.

ZOCK, M., WERNER, J. C., BOGNER, V., BIBERTHALER, P., KANZ, K. G. & LEIDEL, B. A. 2011. Internationale und nationale Leitlinien für die Indikation zur Bildgebung bei Verdacht auf leichtes Schädel-Hirn-Trauma. *Notfall + Rettungsmedizin*, 14, 275-285.

# Danksagung

Ulrike Nienaber, AUC Akademie der Unfallchirurgie