

**Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. N. Roewer**

---

**Integration der Ganzkörper-Computertomographie in einen modernen  
Schockraumalgorithmus - Auswirkung auf den Zeitpunkt der frühen operativen  
Versorgung und das klinische Outcome  
polytraumatisierter Patienten**

**Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg  
vorgelegt von  
Constanze Quaisser  
aus Würzburg**

**Würzburg, Juni 2010**



**Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. N. Roewer**

---

**Integration der Ganzkörper-Computertomographie in einen modernen  
Schockraumalgorithmus - Auswirkung auf den Zeitpunkt der frühen operativen  
Versorgung und das klinische Outcome  
polytraumatisierter Patienten**

**Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg  
vorgelegt von  
Constanze Quaisser  
aus Würzburg**

**Würzburg, Juni 2010**



**Referent: Prof. Dr. med. N. Roewer**

**Korreferent: Prof. Dr. med. W. Kenn**

**Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch**

**Tag der mündlichen Prüfung: 19. August 2010**

**Die Promovendin ist Ärztin.**



*Meinen Eltern und der „Wach B“*



# INHALTSVERZEICHNIS

	<b>Seite</b>
<b>I. Einleitung</b>	1
<b>I.1. Hintergrund</b>	1
<b>I.2. Bedeutung des Polytraumas und Definition</b>	1
<b>I.3. Klinische Polytraumaversorgung</b>	3
I.3.1. Ziele und Strukturvoraussetzungen der modernen Schockraumversorgung	3
I.3.2. Konventionelle Diagnostik- und Behandlungskonzepte	6
I.3.3. Moderne Schockraumkonzepte	6
<b>I.4. Stand der Wissenschaft</b>	9
<b>I.5. Zielsetzung und Fragestellung dieser Arbeit</b>	11
<b>II. Materialien und Methodik</b>	12
<b>II.1. Rahmenbedingungen: Der Würzburger Schockraum</b>	12
II.1.1. Konventionelles und MSCT-Traumaprotokoll	12
II.1.2. Das Würzburger MSCT	15
II.1.3. MSCT-Standardprotokoll	16
II.1.4. Organisatorische, personelle und klinische Rahmenbedingungen	18
<b>II.2. Studienprotokoll</b>	19
II.2.1. Patientenkollektiv	19
II.2.2. Verwendete Score-Systeme	19
II.2.3. Einschlusskriterien	20
II.2.4. Ausschlusskriterien	20
II.2.5. Verwendete Verfahren	20
II.2.6. Primärdatenanalyse und statistische Verfahren	21



<b>III.</b>	<b>Ergebnisse</b>	22
<b>III.1.</b>	<b>Einteilung der Patienten nach Zeitpunkt der Schockraumversorgung</b>	22
<b>III.2.</b>	<b>Demographische Daten</b>	23
<b>III.3.</b>	<b>Klinischer Zustand der Patienten beider Gruppen beim Eintreffen im Schockraum</b>	24
	III.3.1. Glasgow-Coma-Scale-Wert (GCS)	24
	III.3.2. Initial gemessener systolischer Blutdruck ( $RR_{\text{sys}}$ )	24
	III.3.3. Initiale periphere Sauerstoffsättigung ( $SpO_2$ )	24
	III.3.4. Primäre Intubation am Unfallort	24
<b>III.4.</b>	<b>Einteilung der Gruppen nach Traumaart, Unfallmechanismus und operativem Eingriff</b>	25
	III.4.1. Traumaart	25
	III.4.2. Unfallmechanismus	27
	III.4.3. Art des operativen Eingriffes	28
<b>III.5.</b>	<b>Einteilung der Gruppen nach ISS</b>	29
<b>III.6.</b>	<b>Zeitliche Analyse des Intervalles tOR</b>	30
<b>III.7.</b>	<b>Darstellung des klinischen Outcome</b>	31
	III.7.1. Dauer des Intensivaufenthaltes	31
	III.7.2. Beatmungsdauer	31
	III.7.3. Mortalität	32
<b>III.8.</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b>	32
<b>IV.</b>	<b>Diskussion</b>	34
<b>V.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	41
<b>VI.</b>	<b>Anhang</b>	43
<b>VII.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	48



## **Abkürzungen**

<b>AIS</b>	<b>Abbreviated injury scale</b>
<b>ATLS</b>	<b>Advanced trauma life support</b>
<b>cCT</b>	<b>cranielle Computertomographie</b>
<b>CT</b>	<b>Computertomographie</b>
<b>FAST</b>	<b>Focused assessment with sonography for trauma</b>
<b>GCS</b>	<b>Glasgow Coma Scale</b>
<b>IQR</b>	<b>Interquartile range</b>
<b>ISS</b>	<b>Injury severity score</b>
<b>KOF</b>	<b>Körperoberfläche</b>
<b>MSCT</b>	<b>Multislice Computed Tomography= Mehrzeilen Spiral Computertomographie</b>
<b>OR</b>	<b>Operation room= OP</b>
<b>PACS</b>	<b>Picture Archiving and Communication System</b>
<b>SpO<sub>2</sub></b>	<b>periphere Sauerstoffsättigung</b>
<b>RR<sub>sys</sub></b>	<b>systolischer Blutdruckwert</b>
<b>SOP</b>	<b>Standard operating procedure</b>
<b>tOR</b>	<b>Time to operation</b>



# **I. Einleitung**

## **I.1. Hintergrund**

Polytraumatisierte Patienten benötigen oft schnellstmöglich nach Klinikaufnahme und Durchführung der klinischen und radiologischen Primärdiagnostik eine chirurgische Versorgung.

Bekannt ist, dass die erste Stunde nach Traumaereignis entscheidend für die Überlebenschancen des Patienten ist, auch bezeichnet als „golden hour of trauma“[1]. Dies gilt für die präklinische Versorgung des Patienten ebenso wie für die innerklinische Erstversorgung.

Mehrere Studien [16,30,81] haben gezeigt, dass Verzögerungen in der primären Versorgung und Diagnostik mit einem schlechteren Outcome des Patienten verbunden sind. Im Rahmen der Schockraumversorgung polytraumatisierter Patienten hat es daher in den vergangenen Jahren verschiedene Ansätze gegeben, um die Zeit zwischen dem Eintreffen des Patienten im Schockraum und der weiteren Versorgung, sei es operativ, sei es intensivmedizinisch, zu verkürzen. Neben Verbesserungen der medizinischen Versorgungsstrategien und Damage-Control beispielsweise durch das „ATLS®“-Konzept (Advanced Trauma Live Support, s.u.) und Standardisierung der Struktur des Schockraummanagements, u.a. durch Einführung fester Schockraum-Algorithmen [22,50,66,81,100], war der entscheidende Schritt der primäre Einsatz der Computertomographie als Standarddiagnostik und ihre feste Integration in neue Behandlungsalgorithmen [37,44,46,47,52,93,94,102,103,104].

## **I.2. Bedeutung des Polytraumas und Definition**

Obwohl die Zahl der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden ebenso wie die Zahl der schwer verletzten Personen im Lauf der letzten Jahre deutlich zurückgegangen ist, gilt der Tod durch einen Unfall immer noch als die häufigste Todesursache bei Menschen bis zum vierzigsten Lebensjahr mit einer Letalität um zwanzig Prozent [91]. Von den Patienten, die die Klinik lebend erreichen, sterben ca. fünfzehn Prozent während ihres Krankenhausaufenthaltes, davon die Hälfte innerhalb der ersten vierundzwanzig Stunden [66].

Der Begriff „Polytrauma“ wurde im Lauf der Zeit unterschiedlich definiert. Zunächst wurde das Polytrauma als „gleichzeitig entstandene Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme“ bezeichnet, „wobei mindestens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer [Verletzungen] lebensbedrohlich sind“ [41,75].

Diese ungenaue Erfassung des Verletzungsmusters und die fehlende Möglichkeit einer genaueren Einteilung haben zu weiteren Modifikationen geführt. Im klinischen Alltag wird heute meistens eine Zusammenschau des Unfallmechanismus, der wichtigsten Vitalparameter und des Verletzungsmusters nach den in Abb. VI.1. im Anhang aufgelisteten Kriterien durchgeführt [54,68,69,100]. Wird mindestens ein Kriterium aus den genannten Kategorien erfüllt, wird die Verdachtsdiagnose „Polytrauma“ gestellt.

Eine weitere Definition des Begriffes „Polytrauma“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) [30,54] richtet sich nach verschiedenen „Trauma-Score“-Systemen, bei denen die Verletzungsschwere durch einen Zahlenwert quantifiziert und somit vergleichbar wird [17,54,81,82,83]. International haben sich folgende Score-Systeme etabliert [66,68,69]:

1 *Abbreviated Injury Scale (AIS)*: Anatomischer Score zur Einteilung des Verletzungsgrades der verschiedenen Körperregionen. Unterteilt werden sechs Körperregionen: Kopf/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und Weichteile. Jede Region erhält einen Schweregrad von eins (= leichte Verletzung) bis sechs (= tödliche Verletzung). Eine genaue Übersicht über die AIS ist im Anhang in Abb.VI.2 dargestellt.

2 *Injury Severity Score (ISS)*: Der ISS wird aus dem AIS berechnet und trifft eine Aussage über den anatomisch-morphologischen Verletzungsgrad ohne Berücksichtigung weiterer klinischer Daten (s. ebenfalls II.2.2.) [17]. Das Traumaregister der Arbeitsgemeinschaft „Polytrauma“ der DGU definiert das Vorliegen eines Polytraumas nach dem ISS ab einem ISS-Wert von ISS >16 Punkten [82,84].

3 *Trauma Score*: Kombiniert die Glasgow Coma Scale (=GCS, Punktesystem zur Beurteilung der Vigilanz von 3=keine Reaktion, keine Motorik, keine verbale Äußerung bis 15 = orientiert, motorische Reaktion auf Aufforderung, adäquate verbale Äußerung, spontane Augenbewegungen mit klinischen Parametern wie Atmung- und Kreislauffunktion. Der *Trauma Injury Severity Score (TRISS)* kombiniert den Trauma Score, ISS und Patientenalter.

### **I.3. Klinische Polytraumaversorgung**

#### I.3.1. Ziele und Strukturvoraussetzungen der modernen Schockraumversorgung

Im Rahmen der Standardisierung der Schockraumversorgung wurden in den letzten Jahren von den beteiligten Fachgesellschaften bestimmte Kriterien festgelegt, die als Grundvoraussetzung für die klinische Primärversorgung polytraumatisierter Patienten gelten [30,54,82,84]. Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der Kliniken, die an der Schwerverletztenversorgung in Deutschland teilnehmen, sind 2006 im Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) veröffentlicht worden [5]. Zur Umsetzung der im Weißbuch Schwerverletztenversorgung der DGU beschriebenen Inhalte wurde als Konsequenz das bundesweite Projekt TraumaNetzwerk<sup>D</sup> DGU eingerichtet.

Für den schwerverletzten Patienten sollen damit deutschlandweit weitgehend identische und standardisierte Bedingungen, entsprechend der zugrunde liegenden Versorgungsstufe, vorgehalten werden [30].

#### *1. Fachliche Voraussetzungen:*

Das Klinikum, in das der Schockraum integriert ist, muss über alle für die Polytraumaversorgung notwendigen Fachgebiete verfügen. Dazu gehören Chirurgie (auch Gefäß-, Thorax- und Plastische Chirurgie), Unfallchirurgie, Anästhesie, Radiologie, Neurochirurgie, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Augenheilkunde, Urologie, Gynäkologie und Pädiatrie. Außerdem muss rund um die Uhr eine ausreichende und kompetente Intensivüberwachung/-therapie gewährleistet werden. Es müssen entsprechend freie Operations- und Intensivkapazitäten bereitstehen.

#### *2. Personelle Voraussetzungen:*

Grundvoraussetzung für die Schockraumversorgung ist ein sog. „Basisteam“, bestehend aus Ärzten der Fachdisziplinen Unfallchirurgie/Chirurgie, Anästhesie und Radiologie sowie dem nicht-ärztlichen Personal dieser Fachabteilungen und der Notaufnahme. Im Regelfall sind also drei bis fünf Ärzte (gefordert sind mindestens drei Ärzte) primär vor Ort, ergänzt durch zwei bis drei Pflegekräfte [38,81,82]. Es gilt der Facharztstandard, außerdem sollte die Präsenz eines erfahrenen Oberarztes innerhalb von fünfzehn bis

zwanzig Minuten gewährleistet sein. Das „Basisteam“ wird bedarfsgerecht innerhalb von maximal dreißig Minuten durch die ärztlichen Kollegen der oben genannten Fachdisziplinen zum „erweiterten Schockraumteam“ ergänzt.

### *3. Aufgabenverteilung:*

Je klarer die Aufgabenverteilung im Schockraumteam gegliedert ist, umso besser lassen sich Unsicherheiten vermeiden, die wiederum zu Fehlern in Ablauf und Versorgung führen. Die Grundaufgabenverteilung im Schockraum ergibt sich aus der Fachgebietszugehörigkeit der einzelnen Teammitglieder: Die primäre Stabilisierung der Vitalfunktionen (Atemwegs-, Flüssigkeitsmanagement, Katecholamintherapie, notwendige Instrumentierungen, Transfusion, Gerinnungssubstitution etc.) wird durch die Anästhesie vorgenommen, während sich die Chirurgen durch eine erste klinische Untersuchung einen ersten Überblick über das Verletzungsmuster machen. Gemeinsam mit den Kollegen der Radiologie wird dann in Zusammenschau der klinischen Situation und den Ergebnissen der primären Bildgebung die weitere Therapiestrategie festgelegt.

Studien haben außerdem gezeigt, dass die Etablierung eines Teamleaders mit festen Aufgaben zu einer Verbesserung des Behandlungs- und Organisationsablaufes führt. Der Teamleader ist meist ein Facharzt aus einer der beteiligten Fachdisziplinen Chirurgie/Unfallchirurgie oder Anästhesie, die Teamleitung kann aber auch interdisziplinär (Unfallchirurgie plus Anästhesie) geteilt sein. Aufgaben des Teamleaders sind u.a. die Patientenübergabe, Untersuchung des Patienten, Durchführung und Überwachung diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen, konsiliarische Konsultation anderer Fachdisziplinen, Koordinierung aller medizinischen und technischen Teammitglieder, Vorbereitung der weiteren Behandlung nach der Schockraumphase, Kontaktaufnahme mit Angehörigen bzw. der Polizei.

Neben dieser Grundstruktur ist es sinnvoll, den einzelnen Teammitgliedern feste Positionen am Patienten (z.B. beim Umlagern, Anästhesie am Kopf) und Aufgaben (z.B. Protokollführung, Anforderung von Laboruntersuchungen, Blutabnahme, Kommunikation mit der Transfusionsmedizin) zuzuweisen.

#### *4. Strukturelle Voraussetzungen:*

Die Anfahrtswege zum Schockraum müssen klar gekennzeichnet sein und ständig freigehalten werden. Außerdem ist eine möglichst kurze und ebene Wegstrecke (bzw. einen direkten und frei zu haltenden Aufzug) zur Krankenfahrt und zum Hubschrauberlandeplatz anzustreben. Die minimale Größe eines Schockraumes zur Versorgung eines Schwerverletzten sollte 25m<sup>2</sup> betragen, zur gleichzeitigen Versorgung zweier Polytraumata werden mindestens 50m<sup>2</sup> gefordert (evtl. aufgeteilt auf zwei Räume) [50]. Der Schockraum sollte integriert sein in eine Notaufnahme mit entsprechenden Eingriffs-/Behandlungs- und Gipsräumen für Notfallpatienten. Ebenfalls in unmittelbarer Nachbarschaft sollten sich die radiologische Abteilung, der Operationstrakt und die Intensivstation befinden. Der Schockraum muss über eine zentrale Gasversorgung/-entsorgung, eine Notstromversorgung und entsprechende Kommunikationseinrichtungen (mindestens ein fernamtsberechtigtes Telefon, krankenhauserne Gegengsprechanlage). Vorteilhaft ist außerdem eine Liegenkonstruktion, bei der ein mehrfaches Umlagern des polytraumatisierten Patienten entfällt. Der Schockraum selbst oder ein benachbarter Raum sollten für die Durchführung von Notfalleingriffen ausgestattet sein (separates Narkosegerät, OP-Siebe für unfall-, allgemein-, neuro- und thoraxchirurgische Noteingriffe).

#### *5. Organisatorische Voraussetzungen:*

Es muss rund um die Uhr eine interdisziplinäre Versorgung mit entsprechendem Schockraum- und OP-Management und speziellen OP- Teams gewährleistet sein. Die Alarmierung des Schockraumteams muss vorab erfolgen, so dass bei Eintreffen des Patienten bereits das vollständige Basisteam bereitsteht, und so eine unnötige Verzögerung des Behandlungs- und Diagnostikbeginnes mit Verschlechterung der späteren Prognose vermieden wird (drei Minuten Verzögerung bedeuten eine Steigerung der Letalität um ein Prozent [3]). Die Alarmierung sollte daher üblicherweise zentral über gleichzeitig auszulösende Funker erfolgen [38], außerdem sollten sich die einzelnen Teammitglieder bei Alarmierung sofort zurückmelden, um einen etwaigen Ausfall frühestmöglich kompensieren zu können.

### *6. Diagnostische Voraussetzungen:*

Neben einem konventionellen Radiographen und einem Sonographiegerät sollte ein jederzeit verfügbarer und in wenigen Minuten erreichbarer Spiral-Computertomograph für eine optimale Polytraumaversorgung vorhanden sein. Die Daten der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) geben an, dass von 56 Kliniken 48 Kliniken jederzeit über ein Spiral-CT verfügen, bei acht Kliniken ist die Anlage inzwischen in den Schockraum integriert; zwölf Kliniken nutzten 2007 die alleinige Ganzkörper-Computertomographie als Diagnostik der ersten Wahl. Ist ein Spiral-CT im Schockraum nicht vorhanden, sollte zumindest eine komplette Röntgenanlage und ein Sonographiegerät mit Dopplerfunktion Standard sein [30,49,54,81,87].

#### I.3.2. Konventionelle Diagnostik- und Behandlungskonzepte

Konventionelle Schockraumprotokolle basieren auf der primären klinischen Untersuchung des polytraumatisierten Patienten durch das Schockraumteam. Es wird dann eine konventionelle Röntgenbasisdiagnostik (seitliche Aufnahme der HWS, a.p.-Aufnahme des Thorax, a.p.-Aufnahme des Beckens) durchgeführt. Ergänzt werden diese Aufnahmen immer durch eine abdominelle Sonographie (FAST), je nach Verletzungsmuster durch Röntgendiagnostik der Wirbelsäule und Extremitäten bzw. eine organfokussierte Computertomographie.

#### I.3.3. Moderne Schockraumkonzepte

Nachdem in den 1970er Jahren die wesentlichen mathematischen und physikalischen Grundlagen der sequentiellen Computertomographie gelegt worden waren [48,90], gelang in den frühen 1980er Jahren zunächst die Entwicklung einer ersten, um den Patienten rotierenden Gantry. 1989 kam dann der erste Spiral-Computertomograph (SIEMENS SOMATOM Plus) in den klinischen Routinebetrieb. Mit seiner Einführung wurde die Computertomographie zur wichtigsten bildgebenden Routinediagnostik. Für die Schockraumversorgung bedeutete dies die Möglichkeit, zeitnah organ-fokussierte Untersuchungen einzelner Organsysteme (z.B. einzelne cranielle Computertomographie und abdominelle/ thorakale CT) durchzuführen, was die weitere Therapieplanung entscheidend beeinflusste.

In den 1990er Jahren brachte die Spiral-Computertomographie durch die Echtzeitrekonstruktion der Bilder den Durchbruch in der Angiographie und der

modernen Diagnostik. Durch das spiralförmige Abtasten des Patienten mit einem bzw. mehreren um den Körper rotierenden Röntgenstrahlen werden inkonsistente dreidimensionale Datenvolumina (sog. Voxeldaten) erstellt. Aus diesem werden dann mittels bestimmter Berechnungsverfahren (Interpolationsverfahren) planare Datensätze für jede Tischposition errechnet. Bewegungsartefakte werden so herausgefiltert, die einzelnen Schichtbilder sind artefaktfrei. So werden Mehrfach-Scans nicht mehr erforderlich, was eine kürzere Untersuchungszeit und geringere Strahlenexposition für den Patienten bedeutet.

Die Entwicklung sehr schneller Mehrzeilen-Spiralcomputertomographen (MSCT) machte auch den Einsatz zu einem frühen Zeitpunkt in der Notfalldiagnostik möglich und führte zu einer grundlegenden Verbesserung des primärdiagnostischen Arbeitsablaufes [6,25,46,70,73,78,96].

Das Ziel moderner Schockraumalgorithmen [52,88,100,102,106] ist, durch eine optimale Verknüpfung standardisierter Behandlungs- und Diagnostikpfade eine schnellstmögliche differenzierte Primärversorgung des polytraumatisierten Patienten zu gewährleisten, die dann in die weitere operative oder intensivmedizinische Therapie mündet [64,71,106]. Aufgabenverteilung und Struktur des Schockraumteams werden ebenso festgelegt wie die einzelnen Schritte des diagnostischen und primärtherapeutischen Arbeitsablaufes [92,103].

Angelehnt an das ATLS<sup>®</sup>-Konzept wurde in den modernen Schockraumalgorithmen die klinische Erstuntersuchung standardisiert, um die bedrohlichsten Verletzungen und Störungen der Vitalfunktionen schnellstmöglich zu erfassen und zu behandeln. In diesem sogenannten „Primary Survey“ wird nach einem festen Schema vorgegangen (s. Abb.I.3.3.1), um eine prioritätenorientierte systematische Vorgehensweise zu gewährleisten.

<b>A</b>	<b>A</b> irway with cervical spine protection	Atemweg- Sicherung
<b>B</b>	<b>B</b> reathing and Ventilation	Beatmung
<b>C</b>	<b>C</b> irculation <b>C</b> ontrol external bleeding	Kreislaufstabilisierung Blutungskontrolle
<b>D</b>	<b>D</b> isability Neurological status	Neurologischer Status
<b>E</b>	<b>E</b> xposure <b>E</b> nvironment	Entkleiden Wärme

Abb. 1.3.3.1.: Die „Primary survey“ nach dem ATLS® – Konzept

Nach dieser klinischen Erstuntersuchung und gleichzeitigen Stabilisierung der Vitalfunktionen erfolgt in den meisten Schockraumalgorithmen weiterhin zunächst eine konventionelle Bildgebung, die dann mit einer organfokussierten Computertomographie kombiniert wird. Durch die schnelle Bildgebung der modernen 16- bis 64-Zeilen-Geräte ist eine Untersuchungszeit von etwa zehn Minuten bis zum Abschluss der kompletten Diagnostik (ohne Befundung und Sekundärberechnungen) möglich. Dies bedeutet auch eine schnellere Entscheidungsfindung über die weitere Therapie.

Der Zeitpunkt und die Vollständigkeit von Diagnostik und Diagnosestellung sowie der initiale Behandlungsablauf (auch Art, Umfang und Zeitpunkt der ersten operativen Maßnahmen) beeinflussen bei polytraumatisierten Patienten maßgeblich weitere Schockfolgereaktionen, das Auftreten von Infektionen und Organdysfunktionen [68,72]. Da schon kleine Fehler fatale Folgen für den Patienten haben können, wird in Schockraumalgorithmen auch versucht, durch Einführung bestimmter Standards Fehlerquellen, die durch Chaos, Hektik und vermeidbare Verzögerungen im Ablauf entstehen, frühzeitig zu erkennen und zu eliminieren. (zum Beispiel Festlegung von Kommunikations- und Hierarchiestrukturen innerhalb des Schockraumteams, zeitlich genaue Vorgaben für den Ablauf der Aufgaben in den einzelnen Fachgebieten und Zeitpunkte der interdisziplinären Konferenz) [103,106].

Auf dieser Basis sind die meisten der heute gültigen Schockraumalgorithmen formuliert worden, so auch der neue Schockraumalgorithmus der Universitätsklinik Würzburg, der ausführlich später vorgestellt werden soll (s.II.1.1).

#### **I.4. Stand der Wissenschaft**

Die oben genannten Standards für die Etablierung moderner Schockraumalgorithmen haben gemeinsam mit der festen Etablierung der MSCT bereits zu einem deutlichen Zeitgewinn in der primären Therapie polytraumatisierter Patienten geführt. Die MSCT galt schon vor Einführung in die modernen Schockraumalgorithmen als Diagnostikmethode der ersten Wahl in der Primärdiagnostik einzelner Organsysteme bei Traumatopatienten [55,67,77,78,79]. Auch die Ganzkörper-MSCT gilt als sensitiver und spezifischer als die Kombination aus konventioneller Röntgendiagnostik und Sonographie [3,5,12,23,98]. Mehrere Studien haben bereits gezeigt, dass die Integration der MSCT in Schockraumalgorithmen zu einer grundlegenden Verbesserung des primären diagnostischen Arbeitsablaufes geführt hat [6,25,46,70,73,77,96]. Die meisten Autoren beschreiben einen signifikanten Zeitgewinn [6,37,47,55,73,96]. Erste Untersuchungen haben kürzlich eine Reduktion der Mortalität gezeigt [10,47].

Trotz vieler Berichte über Zeitgewinn und Verbesserung der primären Bildgebung durch Einsatz der MSCT in Schockraumalgorithmen wird aber weiterhin diskutiert, ob die Ganzkörper-MSCT oder die konventionelle Röntgendiagnostik in Kombination mit Ultraschalluntersuchung und einer verletzungsorientierten Computertomographie mit Fokus auf einzelnen Organsystemen zu einem späteren Zeitpunkt das diagnostische Mittel der ersten Wahl ist [3,9,10,37,55,63,101]. Der Vorteil der MSCT liegt neben der höheren diagnostischen Genauigkeit in der genannten Zeitersparnis, die gerade eine eventuell notwendige operative Versorgung beschleunigen und somit einen positiven Einfluss auf die gesamte Therapie haben könnte [47].

Bisher gab es jedoch noch keine Beweise, dass sich die o.g. positiven Eigenschaften der MSCT im Rahmen der Schockraumversorgung polytraumatisierter Patienten auch positiv auf das spätere klinische Outcome auswirken könnten. Huber-Wagner et al. [44] untersuchten in einer retrospektiven Multicenter-Studie 2009 erstmals die Überlebensrate polytraumatisierter Patienten im direkten Vergleich zwischen MSCT-

basierten und konventionellen Schockraumprotokollen. Sie postulierten erstmals den Einsatz der Ganzkörper-MSCT als unabhängigen Faktor für eine signifikant geringere Letalität ( $p < 0.02$ ).

Besondere Bedeutung für die vorliegende Studie kommt den Veröffentlichungen von Wurmb et al. aus den letzten Jahren zu: Mit der Vorstellung des „Würzburger T“ 2004 als Planung des neuen Schockraumes der Würzburger Universitätsklinik hatten Kuhnigk et al. [52] bereits ein Konzept zur räumlichen, strukturellen, organisatorischen und medizinischen Verbesserung der bisherigen Schockraumdiagnostik mit dem Ziel einer parallelen und interdisziplinären Patientenversorgung vorgestellt. Gleichzeitig erfolgte auch die Gliederung der Schockraumversorgung in die Phasen A-C mit fester Integration der MSCT [100]. Diese sicherte zunächst eine zielgerichtete Untersuchungsreihenfolge für schwerstverletzte Patienten. Die direkte Einbindung aller beteiligten Fachdisziplinen in diagnostische und therapeutische Entscheidungen führte zu einer Harmonisierung der Prozessorganisation. Laut Driscoll et al. [22] reduziert allein diese horizontale Organisationsform den Zeitbedarf für die Schockraumversorgung von 122min auf 56min.

Wurmb et al. [100] stellten auf der Basis des „Würzburger T“ den neuen Würzburger Schockraumalgorithmus mit fester Integration der MSCT vor. Sie untersuchten in einer retrospektiven Studie 2005 die ersten 120 Patienten, die dem neuen Algorithmus zugeführt wurden, und verglichen ihre Daten, insbesondere die Zeit für die MSCT-Diagnostik, mit den bisherigen Daten der DGU. Sie fanden eine deutliche Zeitverkürzung durch die alleinige Anwendung der MSCT im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik in Kombination mit Sonographie. Die Vorteile der Würzburger MSCT liegen also ganz klar in der schnelleren Erstellung der cCT und der Ganzkörper-MSCT.

Gleichzeitig wurde in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe versucht, die Prozessqualität der Schockraumversorgung zu verbessern [103]. Dies gelang einerseits durch die Etablierung eines festen Behandlungspfades, der klinikumsspezifisch die Zusammenarbeit der einzelnen Fachdisziplinen regelt, andererseits durch die Formulierung von Standard Operating Procedures (SOPs), die die konkreten Einzelschritte der Patientenbehandlung festlegen (s. Abb.II.1.2.). Der Erfolg wurde zunächst in einer retrospektiven Studie an 82 Patienten vom März- September 2004 überprüft, die eine signifikante Reduktion der Schockraumzeit zeigte.

In einer weiteren Studie [106] wurde von Wurmb et al. untersucht, inwiefern die Einführung der Ganzkörper-MSCT als alleiniges bildgebendes Verfahren einerseits und die Erstellung der oben genannten SOPs andererseits zu einer Verbesserung der Prozessqualität führen. Es wurden drei Patientenkollektive (n gesamt = 240 Patienten) untersucht, Kollektiv I vor der Einführung des neuen MSCT-gesteuerten Schockraumalgorithmus, Kollektiv II vor Einführung der SOPs und Kollektiv III nach Einführung der SOPs. Für die Dauer der Diagnostik ergab sich für Kollektiv III eine signifikante Zeitverkürzung auf 17min gegenüber 23min in Kollektiv II und 70min in Kollektiv I ( $p < 0.001$ ), für die Gesamtdauer der Schockraumversorgung eine signifikante Zeitverkürzung ( $p < 0.05$ ) in Kollektiv III auf 42min gegenüber 47min in Kollektiv II und 82min in Kollektiv I. In dieser Studie wurde erstmals auch die Zeit bis zum Beginn dringlicher operativer Eingriffe (tOR) erfasst, allerdings nur bei einem Gesamtkollektiv von  $n = 31$  Patienten. Hier zeigte sich eine signifikante Zeitersparnis durch Einführung der SOPs ( $p < 0.05$ ) von 105min auf 77min. Die Autoren forderten aufgrund der niedrigen Fallzahl weitere Untersuchungen insbesondere zur tOR [106].

### **I.5. Zielsetzung und Fragestellung dieser Arbeit**

Die bisher erhobenen Daten (s. oben) zeigen eine signifikant kürzere Dauer der Primärdiagnostik nach Integration der MSCT im Vergleich mit traditionellen Schockraumkonzepten.

Die erste Hypothese dieser Studie ist, dass die Ganzkörper-MSCT als primäres diagnostisches Verfahren das Zeitintervall zwischen Eintreffen des Patienten im Schockraum und Beginn eines notwendigen operativen Eingriffes im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik in Kombination mit Ultraschall und einer Organsystem-fokussierten Computertomographie signifikant verkürzt.

Die zweite Hypothese ist, dass eine schnellere Primärdiagnostik und dadurch bedingte frühere operative Versorgung mit einer Verbesserung des klinischen Outcome des Patienten verbunden sind. Es wird also die Frage gestellt, ob der Einsatz der MSCT als Primärdiagnostik im Schockraum die intensivmedizinische Behandlungsdauer verkürzt und die Mortalität senkt.

## **II. Materialien und Methodik**

### **II.1. Rahmenbedingungen: Der Würzburger Schockraum**

#### **II.1.1. Konventionelles und MSCT- Traumaprotokoll**

Im Universitätsklinikum Würzburg fließen seit 2004 alle oben genannten Aspekte der modernen Schockraumdiagnostik und –organisation zusammen:

Mit dem Umzug in das Zentrum für Operative Medizin im Jahre 2004 erfolgte die Einführung der Ganzkörper-Computertomographie als führende bildgebende Methode im Schockraum und somit die Umstellung von konventioneller Röntgendiagnostik auf einen MSCT-basierten Traumaalgorithmus [52,100]. Zum Vergleich werden die beiden Algorithmen im Folgenden dargestellt:

#### *Konventionelles Traumaprotokoll*

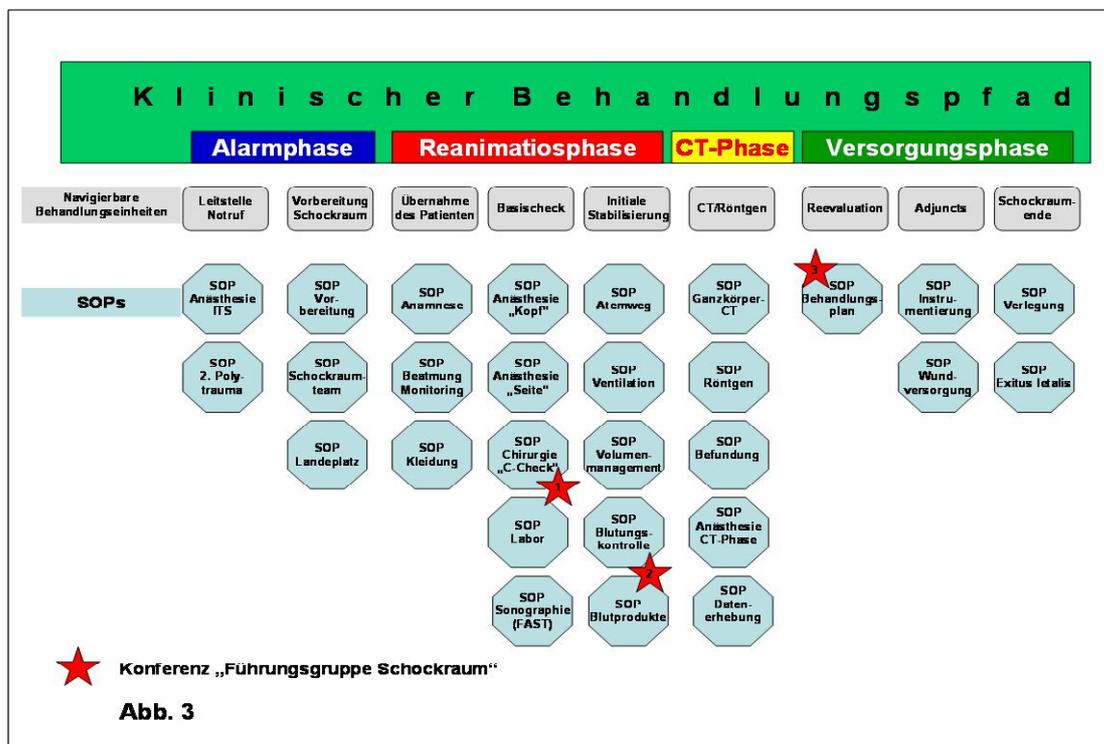
Der frühere Schockraum (1984-2004) war mit einer deckengestützten, konventionellen Röntgenröhre und einem mobilen Ultraschallgerät ausgestattet [52]. Bei Eintreffen des Patienten begann das Traumateam mit einer Prioritäten-orientierten Behandlung. Nach Diagnose und Therapie lebensbedrohlicher Probleme startete der diagnostische Arbeitsablauf mit konventionellen Röntgenaufnahmen von Thorax, Becken und Halswirbelsäule sowie der Sonographie des Abdomen mittels „Focused Assessment with Sonography for Trauma“ (FAST). Zusätzliche Röntgenaufnahmen wurden je nach klinischer Verdachtsdiagnose angefertigt. Eine Reevaluation des Patienten und notwendige interventionelle Maßnahmen wurden durchgeführt, bevor der Patient in die Röntgenabteilung verbracht wurde, wo eine organ-fokussierte Computertomographie angefertigt wurde.

Die diagnostische Phase endete mit Ende der Computertomographie-Untersuchung. Die CT-Bilder wurden entwickelt, es mussten Papierkopien hergestellt werden, die dann dem Radiologen zur Befundung vorgelegt wurden. Der Zustand des Patienten und die Zusammenschau aller Befunde bestimmten anschließend das weitere Procedere.

*MSCT-Trauma-Protokoll: Der neue Würzburger Schockraumalgorithmus*

Der diagnostische Abschnitt des aktuellen Würzburger Schockraumalgorithmus (seit 2004) basiert auf dem Einsatz der Ganzkörper-MSCT in der Primärversorgung von Patienten, die nach Triage (s. Abb. VI.1.) als polytraumatisiert eingestuft werden [68,102,104]. Traumapatienten, die nicht unter die Triage-Kriterien fallen, werden als leicht verletzt gewertet. Die Primärdiagnostik bei diesen Patienten erfolgt mit verletzungsbezogener konventioneller Röntgendiagnostik und Sonographie, eventuell ergänzt durch eine Computertomographie einzelner Organsysteme.

In der Schockraumversorgung der Universitätsklinik Würzburg ist seit 2004 ein fester Algorithmus etabliert worden [100,102,103,104,105,106], der die Vorgehensweise, Ziele und Regeln klar strukturiert und festlegt. Ziel dieses Algorithmus ist, die Fehlerwahrscheinlichkeit im Behandlungsprozess möglichst gering zu halten und Unsicherheiten zu vermeiden. Dieses erfolgt z.B. mit der Regelung der Zusammenarbeit aller an der Versorgung beteiligten Fachdisziplinen und Festlegung konkreter Einzelschritte der Patientenbehandlung durch „Standard Operating Procedures“ (SOPs) [103]. Alle SOPs und bedeutenden Schnittstellen des Würzburger Schockraumalgorithmus sind in folgender Abbildung dargestellt [103,106]:



**Abb. 3**

Abb. II.1.2.: SOPs und Aufbau des Würzburger Schockraumalgorithmus [103,106]

Nach dem Würzburger Schockraumalgorithmus werden vier Phasen [100,102,103,106] unterschieden:

1. *Die Alarmierungsphase:* Die Notfallmeldung der Rettungsleitstelle geht direkt über das Notfalltelefon der Anästhesiologischen Intensivstation ein. Der diensthabende Stationsarzt löst den Schockraumalarm für das Basisteam über den automatischen Funksammelruf aus. Die einzelnen Teammitglieder melden sich persönlich auf der Intensivstation und werden über das erste Meldebild und den geplanten Zeitpunkt der Schockraumaufnahme informiert. Bei Verdacht auf ein Schädel-Hirn-Trauma erfolgt primär eine Mitalarmierung der Neurochirurgie.

2. *Die Reanimationsphase:* In dieser Phase erfolgt die Diagnostik und Therapie lebensgefährlicher Verletzungen. Sie bezeichnet das Zeitintervall zwischen Eintreffen des Patienten im Schockraum und dem Anfang der ersten Bilderserie der Ganzkörper-MSCT [100,102,103]. Diese Phase beginnt mit dem Umlagern des Patienten auf den CT-Tisch, der Übergabe des Notarztes an die „Führungsgruppe Schockraum“ und einer ersten klinischen Untersuchung/Behandlung der lebensbedrohlichen Verletzungen.

Das Procedere erfolgt nach den Standard Operating Procedures (SOPs) [103,106] der Klinik. Es wird streng prioritätenorientiert vorgegangen (s. „ABC“-Schema der Einleitung, Abb.I.3.3.1). Neben einer klinischen Untersuchung erfolgt die Anlage peripher-venöser Zugänge durch die Anästhesie, ggf. die Intubation und die Blutentnahme für Laboruntersuchungen, Blutgasanalyse und Kreuzung von Blutkonserven. Eine primäre Untersuchung mittels FAST wird ausschließlich bei hämodynamisch nicht zu stabilisierenden Patienten vorgenommen. Die Reanimationsphase wird möglichst kurz gehalten um einen optimal frühen Beginn der CT- Diagnostik zu gewährleisten.

3. *Die CT-Phase:* In dieser Phase wird ein Ganzkörper-Protokoll mit drei standardisierten Spiralserien angewendet (a.-p. Topogramm, Nativspirale des Kopfes und der gesamten Halswirbelsäule sowie Kontrastmittelserien des Thorax, des Abdomens und des Beckens, s. Abb. II.1.4.). Sie dauert bis zum Erhalt des unverarbeiteten Datenmaterials (Echtzeitgenerierung der Bilder).

4. *Die Versorgungsphase:* In dieser Phase erfolgen die klinische Reevaluation des Patienten, die Feststellung des endgültigen Verletzungsausmaßes und die Festlegung des weiteren Procedere. Außerdem wird die Instrumentierung vervollständigt (arterielle Verweilkanüle, zentraler Venenkatheter, Blasendauerkatheter etc.). Mit eingeschlossen ist auch die Rekonstruktionszeit, d.h. die Verarbeitung der Rohdaten aus dem Scan zu zwei- und dreidimensionalen Bildern und deren vorläufige Beurteilung durch den Radiologen.

### II.1.2. Das Würzburger MSCT

Ein 16-Zeilen-Multidetektor-Spiral-Computertomograph (MSCT, „Sliding Gantry“ – Somatom Sensation 16; Siemens AG Medical Solutions, Forchheim) ist direkt im Schockraum installiert.



*Abb.II.1.3.: Der Würzburger Schockraum mit Sliding-Gantry-MSCT, Narkosearbeitsplatz und Carbontisch. Der Pfeil markiert die Fahrtrichtung des Computertomographen, am Fußboden sind die Führungsschienen zu erkennen. [100,103,106]*

Die Besonderheit dieses Gerätes liegt in seiner auf Schienen beweglichen und steuerbaren Gantry: Bewegt wird nicht der Patient zur Gantry, sondern die Gantry zum Patienten. Der Patient wird direkt vom Rettungsdienst übernommen und auf einen Carbonisch gelagert, auf dem die weitere Diagnostik und evtl. Notfalloperationen im Schockraum durchgeführt werden können. Ein weiteres Umlagern in der Primärphase entfällt, Anästhesiearbeitsplatz, Beatmung und Kabel bleiben unangetastet, ein Zugang zum Kopf des Patienten, zum Tubus, ggf. zum zentralen Venenkatheter und zum Anästhesiearbeitsplatz (Perfusorspritzen, Beatmungsgerät und Monitoring) ist jederzeit uneingeschränkt möglich. Alle lebensrettenden Maßnahmen, einschließlich Atemwegsmanagement und Notfall-Eingriffe (Laparotomie, Thorakotomie) können auf dem Carbon-CT-Untersuchungs- und Eingriffstisch durchgeführt werden [100,102]. Auch der Transport aus dem Schockraum auf die Intensivstation bzw. in den Operationssaal kann ohne weiteres Umlagern erfolgen [100,102].

### II.1.3. MSCT-Standardprotokoll

Der erste Scan durch die Computertomographie wird begonnen, sobald primär lebensbedrohliche Probleme gelöst sind. Alle Instrumentierungen wie Beatmungsschläuche, zentraler Venenkatheter etc. können unverändert belassen werden, während die „Sliding-CT-Gantry“ sich vom Fuß zum Kopf des Patienten bewegt. Die Ganzkörper-MSCT wird nach einem vordefinierten Standardprotokoll durchgeführt:

	<i>Serie 1</i> craniales CT und Halswirbelsäule	<i>Serie 2</i> Thorax und Abdomen Frühe Phase = arterielle Anflutungsphase	<i>Serie 3</i> Thorax und Abdomen Späte Phase = Parenchymphase
Schichtdicke	2mm (HWS)-5mm	3mm (WS)-5mm	5mm
Kollimation	16x 0,75	16x 0,75	16x 0,75
Kontrastmittel	Nein	Ja	Ja
Flussrate des Kontrastmittels	Keine	3ml/sec	3ml/sec
Gesamtmenge Kontrastmittel			150ml

Abb. II.1.4: Standardprotokoll zur Durchführung der Ganzkörper- MSCT [41], WS= Wirbelsäule

Zur Planung wird vor Beginn der ersten Spiralserie ein a.p.-Topogramm von bis zu 153cm Gesamtlänge erstellt, das gleichzeitig zur Basisdiagnostik des Thorax verwendet wird. Die Arme verbleiben während des gesamten Scans seitlich am Körper und werden nicht über den Kopf gelagert. Gegebenenfalls können je nach Verletzungsmuster Spezialuntersuchungen ergänzt werden. Bei Fraktur der langen Röhrenknochen wird die dritte Spiralserie nach kaudal verlängert [41,100,102]. Die Dokumentation erfolgt nach folgendem Standard: kraniales Computertomogramm (cCT) Deutsche Horizontale im Knochen- und Weichteilfenster; Gesamtwirbelsäule sagittal knöchern; Thorax axial im Mediastinal- und Lungenfenster; Abdomen axial im Weichteilfenster [41,100,102]. Weitere Sekundärberechnungen (v. a. dreidimensional) folgen indikationsbezogen.

Nach Beendigung des primären Scans wird der Algorithmus mit einer erneuten körperlichen Untersuchung des Patienten und notwendigen interventionellen Maßnahmen fortgesetzt. In der Zwischenzeit werden die erhobenen Daten der

Computertomographie durch einen Radiologen ausgewertet. Der Zustand des Patienten und die Befunde der Computertomographie bestimmen das weitere Procedere.

Der Patient wird im Anschluss entweder direkt in den Operationssaal (OR) oder auf eine Intensivstation verbracht.

#### II.1.4. Organisatorische, personelle und klinische Rahmenbedingungen

Die Struktur, Zusammensetzung und Schulung des Traumateams blieb in beiden Traumaprotokollen unverändert [52,100].

Die organisatorische Verantwortung trägt die Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie. Hierzu zählen u.a. die Sicherstellung des rund um die Uhr besetzten Notfalltelefons (s.o.) und die organisatorische Koordination des gesamten Schockraumeinsatzes.

Das Basistraumateam in beiden Schockraummodellen besteht aus

- 2 Anästhesisten (Facharzt plus Assistenzarzt in Weiterbildung)
- 2 Chirurgen (Facharzt plus Assistenzarzt)
- 1 Unfallchirurgen
- 1 Radiologen
- 1-2 Anästhesiepflegekräften, 1-2 OP-Pflegekräften, 2 Röntgenassistenten

Fachärzte der Anästhesie, Chirurgie und Radiologie bilden gemeinsam die „Führungsgruppe Schockraum“ und tragen die medizinische Verantwortung. Ärzte der Neurochirurgie, Herz-/Thoraxchirurgie, Urologie, Kinderchirurgie, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde und Augenheilkunde sind als Konsiliaren innerhalb von fünfzehn Minuten rund um die Uhr verfügbar. Die Oberärzte der Unfallchirurgie, Chirurgie und Anästhesie sind als Rufdienst innerhalb von zwanzig bis dreißig Minuten vor Ort. Zur besseren Führung der Therapie erhalten alle Patienten noch im Schockraum einen arteriellen und zentralvenösen Zugang. Die Erhebung von Laborbefunden ist im alten und neuen Schockraummodell ähnlich, da die Probenentnahme früher während der Primärversorgung erfolgte und durch Notfallkurier in das Zentrallabor gebracht wurde.

## **II.2. Studienprotokoll**

### II.2.1. Patientenkollektiv

Im Zeitraum von Januar 2001 bis Dezember 2006 wurden anhand der archivierten Anästhesieprotokolle alle Patienten erfasst, die primär durch das Schockraumteam der Universität Würzburg versorgt wurden. Anhand der Schockraumprotokolle wurden die Patienten ermittelt, die sich direkt im Anschluss an die Schockraumversorgung einer Notfall-Operation unterziehen mussten.

### II.2.2. Verwendete Score-Systeme

Anhand der „Abbreviated Injury Scale“ (AIS) wurde bei allen Patienten der „Injury Severity Score“ (ISS) zur Beurteilung des Verletzungsgrades berechnet.

Die AIS gliedert sich in sechs Körperregionen (Kopf/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten, Weichteile). Je nach Verletzung wird eine Punktzahl von 1 = leichte Verletzung bis 6 = tödliche Verletzung zugeordnet. Die AIS ist in der Abbildung Abb.VI.2. im Anhang dargestellt. Der ISS wird berechnet, in dem die Verletzung mit der höchsten AIS-Punktzahl jeder Körperregion quadriert und dann addiert wird. Wie bei der Glasgow Coma Scale gibt es auch hier einen maximal und einem minimal erreichbaren Wert: 0-75. Ein ISS-Wert unter 16 Punkten entspricht einem leichteren Verletzungsmuster. Ab 16 Punkten wird von einem polytraumatisierten Patienten gesprochen. Bei einem ISS-Wert unter 25 Punkten ist das Mortalitätsrisiko minimal, über 25 Punkten erhöht sich das Risiko linear. Bei einem ISS-Wert von 50 Punkten entspricht die Mortalität 50%.

Wir nahmen deshalb für die vorliegende Arbeit die Unterteilung jeder Gruppe nach dem ISS-Wert in folgende Untergruppen vor:

1. ISS-Wert 0-15 = leichtes Trauma
2. ISS-Wert 16-24 = Polytrauma mit niedrigem Mortalitätsrisiko
3. ISS-Wert 25-75 = Polytrauma mit hohem Mortalitätsrisiko

### II.2.3. Einschlusskriterien

Gruppe I: Polytraumatisierte Patienten, die nach dem konventionellen Traumaprotokoll 2001- 2003 behandelt wurden und sich direkt im Anschluss an die Schockraumphase einer Früh-Operation unterziehen mussten.

Gruppe II: Polytraumatisierte Patienten, die nach dem MSCT-Trauma-Protokoll von 2004 bis Dezember 2006 behandelt wurden und sich direkt im Anschluss an die Schockraumphase einer Früh-Operation unterziehen mussten.

Als Früh-Operationen werden alle operativen Eingriffe bezeichnet, die direkt nach Abschluss der kompletten Schockraumdiagnostik durchgeführt werden.

### II.2.4. Ausschlusskriterien

Patienten, bei denen direkt im Schockraum ein operativer Notfall-Eingriff (z.B. einer Laparotomie oder Thorakotomie) durchgeführt werden musste, ohne dass vorher die Primärdiagnostik abgeschlossen wurde, wurden von der Studie ausgeschlossen.

### II.2.5. Verwendete Verfahren

Diese Studie wurde als retrospektive Datenanalyse anhand von Schockraumprotokollen, Narkoseprotokollen, Krankenakten, dem krankenhausinternen Informations-System (SAP) sowie den Daten des Picture Archiving and Communication System (PACS) durchgeführt. Nach Durchsicht der archivierten Anästhesieprotokolle wurden alle Patienten ermittelt, die primär durch das Traumateam im Schockraum versorgt wurden. Diese Patientendaten wurden dann anonymisiert und in ein standardisiertes Protokoll (Computerbasierte Datenverarbeitung) aufgenommen.

Die für die Studie interessanten Variablen sind die Zeit bis zum Beginn der Operation (=Time to operation, „tOR“), demographische Daten (Alter, Geschlecht) und die Schwere des Verletzungsmusters (eingeteilt nach dem Injury Severity Score= ISS).

Das klinische Outcome wird anhand der Variablen Mortalität, Beatmungsdauer und Intensivliegezeit in Tagen untersucht und in Korrelation zu der Variable „tOR“ und der Variable ISS gestellt. Diese Variablen sind objektive Zahlen, die routinemäßig in der Akte jedes polytraumatisierten Patienten erfasst werden, der primär im Schockraum behandelt wurde. Der Unfallmechanismus und die unterschiedlichen Operationsarten werden ebenfalls deskriptiv festgehalten.

Als Zeitintervall „tOR“ wird die „time to operation“, die Zeit zwischen Eintreffen des Patienten im Schockraum (= Zeitpunkt der ersten im Narkoseprotokoll notierten Vitalparameter) und dem Beginn des operativen Eingriffes (= Zeitpunkt des im Narkoseprotokoll dokumentierten Hautschnittes) bezeichnet. Hierbei erfolgt die Dokumentation durch die im Protokoll vorgegebene Skala in Abständen von fünf Minuten, d.h. der exakte Zeitpunkt wird entsprechend auf- oder abgerundet. Die tOR beinhaltet alle lebensrettenden Maßnahmen und alle diagnostischen Prozeduren im Schockraum. Mit eingeschlossen sind die ersten Interpretationen der Bildgebung durch den Radiologen, die Bekanntgabe der definitiven Diagnose und die Festlegung des Therapieplanes. Außerdem erfasst die tOR den Transfer in den Operationssaal und die komplette Operationsvorbereitung bis zum Zeitpunkt des Operationsbeginnes (Desinfektion, Saalvorbereitung, Stellung des Operationsteams). Die tOR wird für beide Gruppen analysiert. Um herauszufinden, ob es Unterschiede in Zusammenhang mit der Schwere der Verletzungen gibt, werden die Patienten gemäß dem Injury Severity Score (ISS) in drei Untergruppen unterteilt (s.II.2.2.).

Eine Verblindung der Untersucher während der Datenerhebung fand nicht statt.

#### II.2.6. Primärdatenanalyse und Statistische Verfahren

Die erhobenen Daten der Analyse von tOR, ISS, Beatmungs- und Intensivaufenthaltsdauer sowie der Mortalität wurden mit dem Kolmogorow-Smirnow-Test auf Normalverteilung getestet. Da keine Normalverteilung der Daten nachgewiesen werden konnte, werden die Daten als Median mit IQR (IQR 25% bis 75% Perzentile) angegeben. Als nicht-parametrischer Test wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Als Signifikanzniveau wurde  $p < 0.05$  eingesetzt.

### III. Ergebnisse

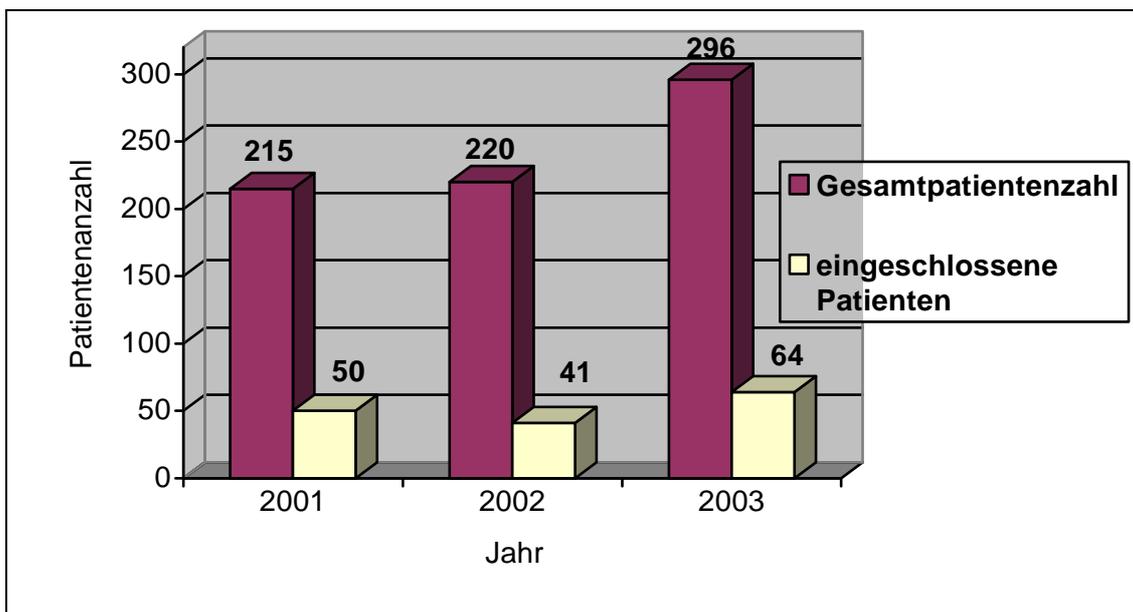
#### **III.1. Einteilung der Patienten nach Zeitpunkt der Schockraumversorgung**

Insgesamt wurden die Schockraumprotokolle von 1519 Patienten im Zeitraum von Januar 2001 bis Dezember 2006 gesichtet. Von diesen Patienten wurden in die vorliegende Studie nur die Patienten eingeschlossen, die sich direkt im Anschluss an die Primärversorgung im Schockraum einer operativen Versorgung unterziehen mussten, insgesamt 318 Patienten:

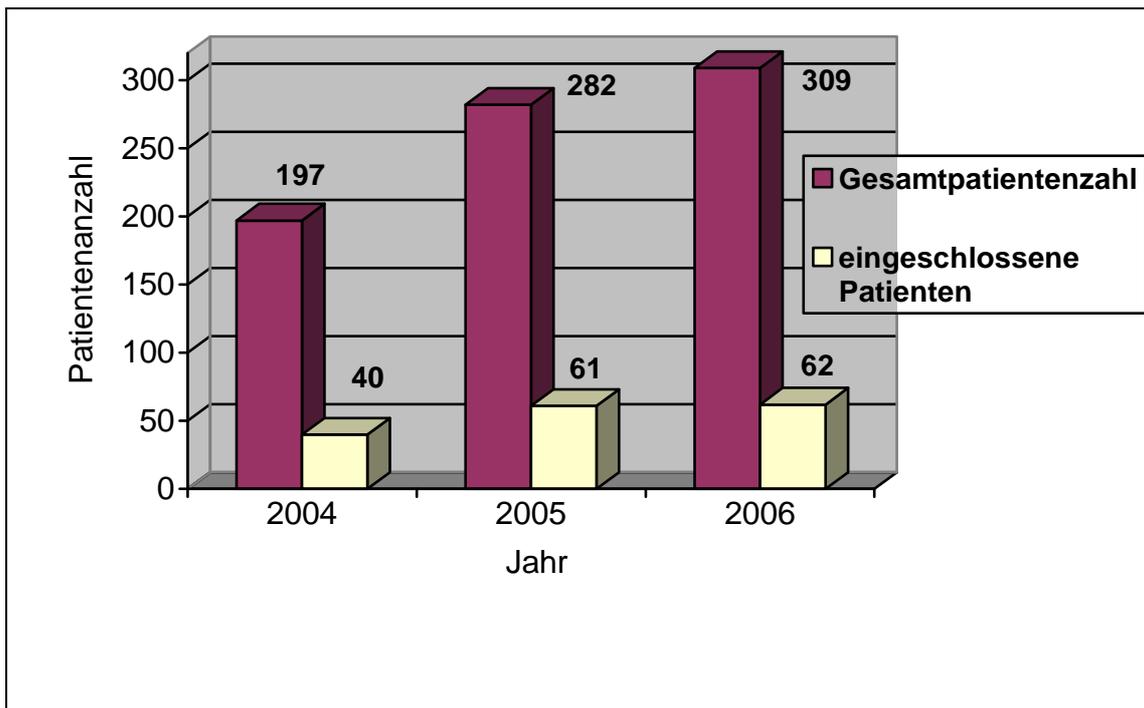
Diese wurden wiederum in zwei Gruppen unterteilt:

Gruppe I: 2001 – 2003, Gruppe II: 2004 – 2006.

Die zeitliche Verteilung der eingeschlossenen Patienten in beiden Gruppen zeigen unten stehende Graphiken:



*Abb. III.1.3.A.: Gesamtpatientenkollektiv und eingeschlossene Patienten nach Zeitpunkt der Schockraumversorgung – Gruppe I*



*Abb. III.1.3.B: Gesamtpatientenkollektiv und eingeschlossene Patienten nach Zeitpunkt der Schockraumversorgung- Gruppe II*

In die Gruppe I wurden 155 Patienten von insgesamt 731 Patienten (21,2%) eingeschlossen. In die Gruppe II wurden 163 Patienten von insgesamt 788 Patienten (20,7%) eingeschlossen. Alle Patienten beider Gruppen wurden durch das Traumateam im Schockraum behandelt. Sämtliche Patienten der Gruppe I durchliefen das konventionelle Traumaprotokoll (s. II.1.1.), alle Patienten der Gruppe II unterzogen sich dem MSCT-Trauma-Protokoll (s.II.1.2.).

### **III.2. Demographische Daten**

In die Gruppe I wurden 36 Frauen (23%) und 119 Männer (77%) eingeschlossen. Das Durchschnittsalter lag bei 38 Jahren, der jüngste Patient war zwei Jahre, der älteste 81 Jahre alt.

In die Gruppe II wurden 41 Frauen (25%) und 122 Männer (75%) eingeschlossen. Auch in Gruppe II lag das Durchschnittsalter bei 38 Jahren, in dieser Gruppe war der jüngste Patient 3 Jahre, der älteste 87 Jahre alt.

### **III.3. Klinischer Zustand der Patienten beider Gruppen beim Eintreffen im Schockraum**

Bei allen Patienten wurden bei Aufnahme die wichtigsten klinischen Parameter und Vitalparameter erhoben um möglichst genau den klinischen Gesamtzustand des Patienten beim Eintreffen im Schockraum zu beschreiben: Hierzu gehören der initiale Glasgow-Coma-Scale-Wert am Unfallort und die wichtigsten Vitalparameter nach Eintreffen im Schockraum: Der initial gemessene systolische Blutdruck (im Folgenden mit „RR<sub>sys</sub>t“ bezeichnet), die initial gemessene periphere Sauerstoffsättigung (im Folgenden mit „SpO<sub>2</sub>“ bezeichnet). Außerdem wurde erfasst, ob eine primäre Intubation durch den Notarzt noch am Unfallort durchgeführt wurde.

#### III.3.1. Glasgow-Coma-Scale-Wert (GCS)

In Gruppe I lag der Median des initialen GCS-Wertes bei 11,3 (IQR 10-15). In Gruppe II wurde der initiale GCS-Wert im Durchschnitt mit 11,7 Punkten angegeben (IQR 12-15).

#### III.3.2. Initial gemessener systolischer Blutdruck (RR<sub>sys</sub>t)

Bei allen Patienten wurde sofort nach Eintreffen im Schockraum der initiale systolische Blutdruck (RR<sub>sys</sub>t) gemessen und dokumentiert. In Gruppe I lag der Median der gemessenen RR<sub>sys</sub>t-Werte bei 116,6mmHg (IQR 100-135). In Gruppe II lag der Median bei 118,3mmHg (IQR 100-130).

#### III.3.3. Initiale periphere Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>)

Bei allen Patienten wurde sofort nach Eintreffen im Schockraum die initiale periphere Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>) gemessen. In Gruppe I betrug der Median 97,8% (Interquartilabstand 97-100), in Gruppe II bei 97,3% (Interquartilabstand 98-100).

#### III.3.4. Primäre Intubation am Unfallort

In Gruppe I waren 71% der Patienten bei Eintreffen im Schockraum bereits intubiert. In Gruppe II wurden 69% der Patienten primär intubiert in den Schockraum aufgenommen. Die vergleichende Darstellung beider Gruppen ist der unten stehenden Grafik zu entnehmen:

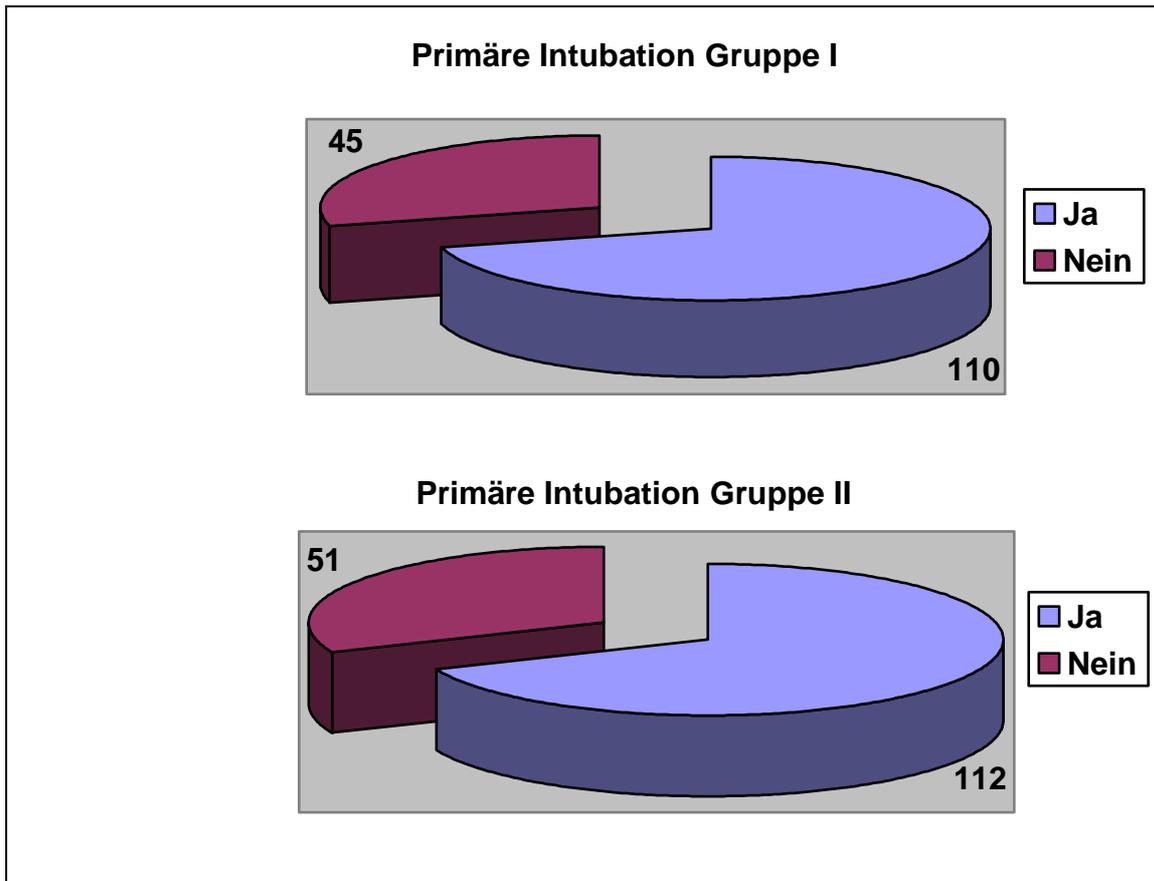


Abb.III.3.4: Primäre Intubation, Vergleich beider Gruppen, Anzahl der Patienten  
 Gruppe I n=155, Gruppe II n= 163

### III.4. Einteilung der Gruppen nach Traumaart, Unfallmechanismus und operativem Eingriff

Neben den in Abschnitt III.3. genannten wichtigsten klinischen Parametern wurden bei allen Patienten die Traumaart, der Unfallmechanismus und die Art des operativen Eingriffes dokumentiert.

#### III.4.1. Traumaart

Die Art des erlittenen Traumas wurde in drei Kategorien eingeteilt:

1. stumpfes Trauma
2. penetrierendes Trauma
3. keine Angabe

In beiden Gruppen erlitt der größte Teil der eingeschlossenen Patienten ein stumpfes Trauma, in Gruppe I 81% der Patienten, in Gruppe II 86% Patienten. Ein penetrierendes Trauma lag in Gruppe I bei 16% der Patienten, in Gruppe II bei 12% der Patienten vor. Nur bei jeweils 3% bzw. 2% der Patienten in beiden Gruppen wurde keine Angabe über die Art des Traumas gemacht. Die genaue Verteilung der Traumaart ist in dem unten stehenden Diagramm dargestellt:

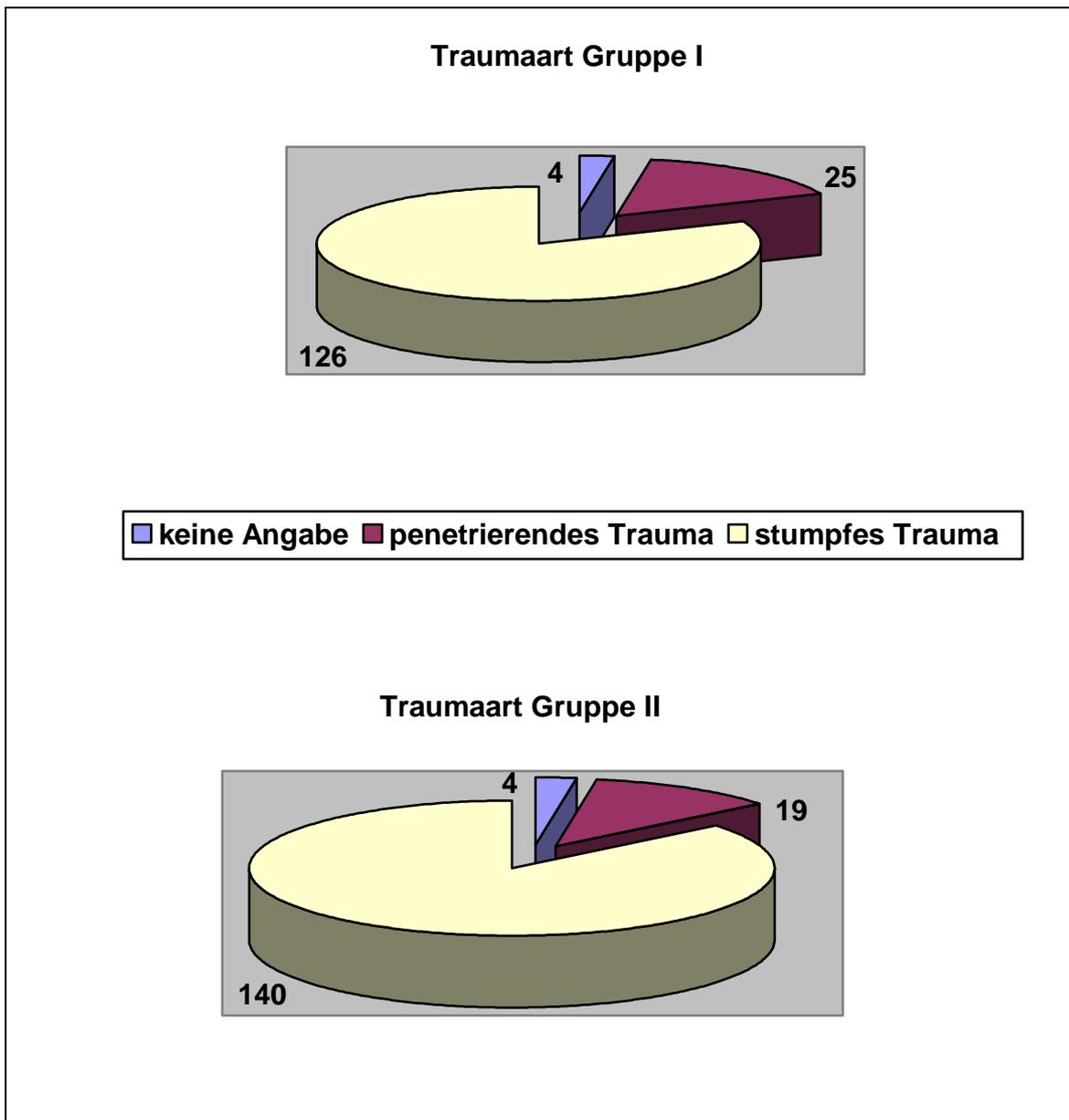


Abb.III.4.1.: Vergleich der Traumaart in beiden Gruppen, Angabe der Patientenzahl, Gruppe I n=155, Gruppe II n=163

### III.4.2. Unfallmechanismus

In beiden Gruppen wurde die Art des Unfallmechanismus in sechs Untergruppen dokumentiert: PKW-Unfälle, Motorrad-Unfälle, Sturz aus großer Höhe (>3 m), Unfälle als Fußgänger und Verschüttungen sowie alle sonstigen Unfallmechanismen, die nicht unter die genannten Kategorien fallen.

Im Vergleich der beiden Gruppen gab es keine Unterschiede: An erster Stelle standen in beiden Gruppen die PKW-Unfälle (41,9% der Patienten in Gruppe I, 38% der Patienten in Gruppe II), an zweiter Stelle die „sonstigen“, d.h. die nicht zugeordneten Unfälle (25,2% der Patienten in Gruppe I, 28,2% Patienten in Gruppe II), an dritter Stelle die Motorrad-Unfälle (15,5% der Patienten in Gruppe I, 19% der Patienten in Gruppe II). Es folgten an vierter Stelle die Unfälle durch Sturz (11% der Patienten in Gruppe I, 12,3% der Patienten in Gruppe II), dann die Unfälle als Fußgänger (5,2% der Patienten in Gruppe I, 2,5% Patienten in Gruppe II). Die Unfälle durch Verschüttung bildeten mit 1,3% der Patienten in Gruppe I und keinem Patienten in Gruppe II den geringsten Anteil der Unfallmechanismen. Die Verteilung der Unfallmechanismen in beiden Gruppen ist der unten stehenden Graphik zu entnehmen.

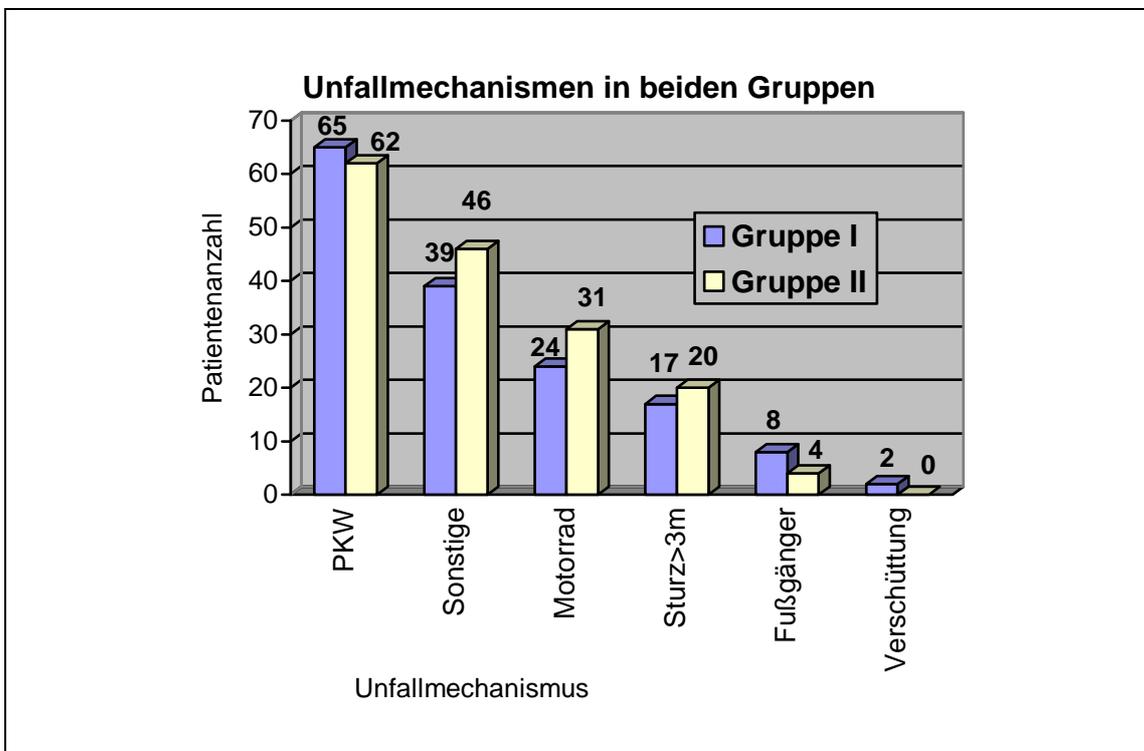


Abb.III.4.2: Vergleich der Unfallmechanismen, Gruppe I n=155, Gruppe II n=163

### III.4.3. Art des operativen Eingriffes

Die Art des vorgenommenen operativen Eingriffes wurde in acht Kategorien eingeteilt: Eingriffe an der unteren Extremität, Eingriffe an der oberen Extremität, Laparotomien, Kraniotomien, Thorakotomien, Eingriffe an der Wirbelsäule, Eingriffe am Becken und sonstige operative Eingriffe, die nicht unter die genannten Kategorien fallen (u.a. operative Versorgung von Weichteilverletzungen, Eingriffe durch die Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und ophthalmologische Operationen).

Die Anzahl der operativen Eingriffe in den beiden Gruppen ist in folgender Graphik dargestellt:

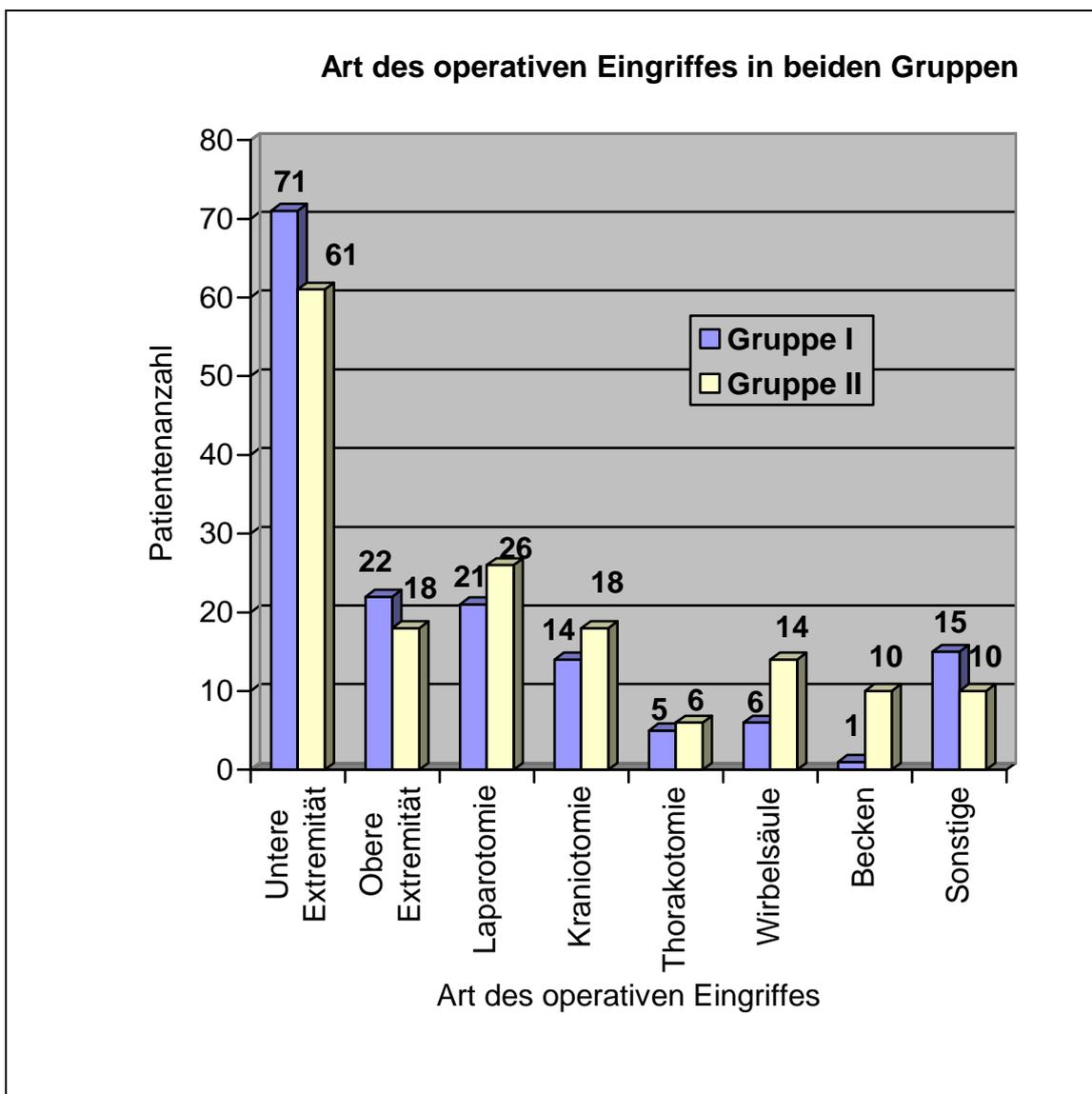


Abb.III.4.3.: Vergleich der Art des operativen Eingriffes in beiden Gruppen mit Angabe der Patientenzahl, Gruppe I n=155, Gruppe II n=163

Am häufigsten wurden in beiden Gruppen Eingriffe an der unteren Extremität vorgenommen (45,8% aller Eingriffe in Gruppe I, 37,4% in Gruppe II). An zweiter Stelle standen Operationen an der oberen Extremität (14% in Gruppe I, 11% in Gruppe II). Es folgten Laparotomien (14% in Gruppe I, 16% in Gruppe II), nicht näher bezeichnete sonstige Eingriffe (10% in Gruppe I, 11% in Gruppe II) Kraniotomien (9% in Gruppe I, 11% in Gruppe II). Seltener wurden Eingriffe an Thorax, Wirbelsäule und Becken vorgenommen.

### **III.5. Einteilung der Gruppen nach ISS**

Beide Gruppen wurden nach der im Studienprotokoll (s. Abschnitt II.2.) beschriebenen Kriterien in die AIS eingruppiert, aus der dann der ISS-Wert berechnet wurde. Hierbei erfolgte die Unterteilung in drei Untergruppen:

1. ISS-Wert 0-15= leichtes Trauma
2. ISS-Wert 16-24= Polytrauma mit niedrigem Mortalitätsrisiko
3. ISS-Wert 25-75= Polytrauma mit hohem Mortalitätsrisiko

Diese Untergruppen werden bei den weiteren Untersuchungen getrennt voneinander betrachtet und erhielten folgende Nomenklatur:

U1G1 bzw. U1G2: Untergruppe 1 der jeweiligen Gruppe mit ISS-Werten 0-15.  
U2G1 bzw. U2G2: Untergruppe 2 der jeweiligen Gruppe mit ISS-Werten 16-24.  
U3G1 bzw. U3G2: Untergruppe 3 der jeweiligen Gruppe mit ISS-Werten 25-75.

In Gruppe I waren die meisten Patienten (49,7%) polytraumatisiert mit schweren Verletzungen (Untergruppe U3G1, ISS-Wert 25-75 Punkte), an zweiter Stelle (28,4%) standen die leicht verletzten Patienten (Untergruppe U1G1, ISS-Wert 0-15 Punkte), dann die Patienten, die mittlere ISS-Werte (Untergruppe U2G1) erreichten (21,9%).

In Gruppe II wurden ebenfalls die meisten Patienten mit einem schweren Polytrauma (ISS-Wert 25-75 Punkte) aufgenommen (57,7%), an zweiter Stelle (29,4%) standen die Patienten mit mittleren ISS-Werten (16-24 Punkte), dann folgten die leicht verletzten Patienten (12,9%).

In Gruppe II erreichten wesentlich mehr Patienten einen hohen ISS-Wert als in Gruppe I. In den Untergruppen U1G1 und U1G2 sowie im Gesamtpatientenkollektiv unterscheiden sich die ISS-Werte signifikant:

Im Gesamtpatientenkollektiv war der Median für Gruppe I 24 (IQR 13-34), für Gruppe II 27 (IQR 17-41) ( $p= 0.012$ ). In der Untergruppe U1G1 lag der Median bei 10 (IQR 9-12), für die Untergruppe U1G2 bei 12 (IQR 10-13) ( $p= 0.021$ ). Für die Untergruppen U2G1 bzw. U2G2 und U3G1 bzw. U3G2 waren die ISS-Werte nicht signifikant unterschiedlich: Der Median in Untergruppe U2G1 betrug 21 (IQR 17-22), für die Untergruppe U2G2 22 (IQR 17-22) ( $p= 0.921$ ). Für die Untergruppe U3G1 betrug der Median 34 (IQR 32-48), für die Untergruppe U3G2 41 (IQR 29-48) ( $p= 0.0512$ ). Die Patienten der Gruppe II waren somit signifikant schwerer verletzt als die Patienten der Gruppe I.

### **III.6. Zeitliche Analyse des Intervalles tOR**

In Gesamtpatientenkollektiv lag der Median in Gruppe I bei 120 Minuten (IQR 90-150 Minuten), in Gruppe II bei 105 Minuten (IQR 85-133 Minuten). Damit ergibt sich ein signifikanter Unterschied ( $p= 0.026$ ).

Zwischen den Untergruppen U1G1 und U1G2 war der Unterschied nicht signifikant ( $p=0.866$ ), mit einem Median von 115 Minuten (IQR 85-140 Minuten) in U1G1 und 100 Minuten (IQR 95-125 Minuten) in U1G2.

Auch zwischen den Untergruppen U2G1 und U2G2 gab es keinen signifikanten Unterschied ( $p=0.209$ ). Der Median in U2G1 lag hier bei 125 Minuten (IQR 100-155 Minuten), in U2G2 bei 110 Minuten (IQR 84-136 Minuten).

In den Untergruppen U3G1 und U3G2 ist der Unterschied signifikant ( $p=0.022$ ), mit einem Median von 130 Minuten (IQR 90-160 Minuten) in U3G1 und einem Median von 105 Minuten (IQR 85-129 Minuten) in U3G2.

### **III.7. Darstellung des klinischen Outcome**

Zur Darstellung des klinischen Outcome wurden bei allen Patienten die folgenden Kriterien erfasst: Die Dauer des Intensivaufenthaltes, die Beatmungszeit, die Mortalität innerhalb der ersten 24 Stunden und die Mortalität innerhalb der ersten dreißig Tage nach Aufnahme. Im Weiteren werden die beiden Gruppen und die bereits vorgestellten Untergruppen bezüglich jedes Kriteriums dargestellt und verglichen.

#### III.7.1. Dauer des Intensivaufenthaltes

In beiden Gruppen blieben die meisten Patienten bis zu fünf Tage in intensivmedizinischer Behandlung (51% in Gruppe I, 41% in Gruppe II).

Der Median für das gesamte Patientenkollektiv lag in Gruppe I bei fünf Tagen (IQR 1-14), in Gruppe II bei acht Tagen (IQR 2-19) ( $p=0.157$ ), d.h. der Unterschied ist nicht signifikant.

Der Median für die Untergruppe U1G1 lag bei einem Tag (IQR 0-2), für U2G1 bei null (IQR 0-1). Damit ist  $p=0.142$ , also nicht signifikant.

In der Untergruppe U2G1 war der Median vier Tage (IQR 2-9), der Median in U2G2 drei Tage (IQR 2-8). Damit ist  $p=0.379$ , es besteht also kein signifikanter Unterschied.

In der Untergruppe U3G1 lag der Median bei zehn Tagen (IQR 5-22) und in U3G2 bei vierzehn Tagen (IQR 7-23), auch hier ist der Unterschied nicht signifikant,  $p=0.341$ .

#### III.7.2. Beatmungsdauer

Als zweiter Parameter für die Beurteilung des klinischen Outcome wurde bei allen Patienten die Dauer der maschinellen Beatmung dokumentiert.

Der Median im Gesamtpatientenkollektiv lag in Gruppe I bei drei Tagen (IQR 1-12), der Median in Gruppe II bei fünf Tagen (IQR 5-15). Somit ist  $p=0.107$ , der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist also nicht signifikant.

In Untergruppe I wurden alle Patienten in beiden Gruppen weniger als 30 Tage künstlich beatmet. Der Median in U1G1 wurde mit einem Tag (IQR 0-1), in U1G2 mit 0 Tagen (IQR 0-1) berechnet. Somit ist  $p=0.470$ , damit ist der Unterschied nicht signifikant.

Der Median für U2G1 ist drei Tage (IQR 1-6), für U2G2 ein Tag (IQR 1-3). Der Unterschied zwischen beiden Gruppen ist mit  $p=0.471$  wieder nicht signifikant.

In Untergruppe III steigt die Gesamtbeatmungsdauer deutlich, aber obwohl der Median für U3G2 mit zwölf Tagen (IQR 5-21) deutlich höher ist als in U3G1 (Median 7, IQR 2-20), ist der Unterschied wieder nicht signifikant ( $p=0.178$ ).

### III.7.3. Mortalität

Bei allen Patienten wurde die Mortalität innerhalb der ersten vierundzwanzig Stunden nach Aufnahme und innerhalb der ersten dreißig Tage in stationärer Behandlung erfasst. In beiden Gruppen starben innerhalb der ersten vierundzwanzig Stunden nach Aufnahme fünf Patienten, d.h. 97% der Patienten in beiden Gruppen überlebten den ersten Tag nach Aufnahme. Auch die Verteilung in den Untergruppen ist identisch (s.Abb.III.8.1.).

Auch die Mortalität innerhalb der ersten dreißig Tage nach Aufnahme unterscheidet sich nicht: In beiden Gruppen starben in diesem Zeitraum neun Patienten, d.h. 94% der Patienten in beiden Gruppen überlebten die ersten dreißig Tage.

Nur die Verteilung der Mortalität in den Untergruppen unterscheidet sich geringfügig: In Gruppe II verstarben alle neun Patienten in der Untergruppe U3G2, in der Gruppe I verstarb ein Patient in der Untergruppe U2G1, acht Patienten in der Untergruppe U3G1.

## **III.8. Zusammenfassung der Ergebnisse**

Die unten stehenden Tabellen fassen die Ergebnisse zusammen:

<b>Gesamtpatientenkollektiv (ISS0-75)</b>	Gruppe I (n=155)	Gruppe II (n=163)	p-Wert
TOR	120 (90-150)	105 (85-133)	0.026*
ISS	24 (13-34)	27 (17-41)	0.012*
Mortalität innerhalb 24h	5	5	
Mortalität innerhalb 30d	9	9	
Intensivliegedauer	5 (1-14)	8 (2-19)	0.157
Beatmungsdauer	3 (1-12)	5 (1-15)	0.107

<b>Untergruppe (ISS 0-15)</b>	U1G1 (n=44)	U1G2 (n=21)	p-Wert
tOR	115 (85-140)	100 (95-125)	0,866
ISS	10 (9-12)	12 (10-13)	0,021*
Mortalität innerhalb 24h	0	0	
Mortalität innerhalb 30d	0	0	
Intensivliegedauer	1 (0-2)	0 (0-2)	0,142
Beatmungsdauer	1 (0-1)	0 (0-1)	0,470

<b>Untergruppe (ISS 16-24)</b>	U2G1 (n=34)	U2G2 (n=48)	p-Wert
TOR	125 (100-155)	110 (84-136)	0.209
ISS	21 (17-22)	22 (17-22)	0.921
Mortalität innerhalb 24h	0	0	
Mortalität innerhalb 30d	1	0	
Intensivliegedauer	4 (2-9)	3 (2-8)	0.379
Beatmungsdauer	2 (1-6)	1 (1-3)	0.471

<b>Untergruppe (ISS 25-75)</b>	U3G1 (n=77)	U3G2 (n=94)	p-Wert
TOR	130 (90-160)	105 (85-129)	0.022*
ISS	34 (32-48)	41 (29-48)	0.0512
Mortalität innerhalb 24h	5	5	
Mortalität innerhalb 30d	8	9	
Intensivliegedauer	10 (5-22)	14 (7-23)	0.341
Beatmungsdauer	7 (2-20)	12 (5-21)	0.178

*Abb.III.8.1.: Zusammenfassung der Ergebnisse, angegeben jeweils Median und IQR (in Klammern)*

## **IV. Diskussion**

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf polytraumatisierte Patienten, die sich direkt nach dem Abschluss der primären Diagnostik und Versorgung im Schockraum einem dringlichen operativen Eingriff unterziehen müssen. Es kann angenommen werden, dass diese Patienten am meisten von einem Zeitgewinn in der Initialphase der klinischen Traumaversorgung profitieren, was sich in einer Verbesserung des klinischen Outcome widerspiegeln würde.

Es gibt in der Literatur zunehmend Beweise für die Vorteile Ganzkörper-MSCT-basierter Schockraumalgorithmen in der Erstversorgung polytraumatisierter Patienten [3,23,25,34,53,61,73,74,83,85,96,104]. Vorherige Studien konzentrierten sich zunächst auf den Zeitgewinn, der bereits durch die Einführung der MSCT in der Diagnostik einzelner Organsysteme erzielt werden konnte. Die Überlegenheit der MSCT in der organspezifischen Diagnostik von Traumapatienten ist größtenteils akzeptiert [5,8,11,12,18,19,23,24,26,27,28,40,45,55,87,93,97,98], auch wenn der Patient durch den primären Einsatz der MSCT einer deutlich höheren Strahlenbelastung als mit konventioneller Röntgendiagnostik ausgesetzt wird [76,80,83,95]. Niedrigdosisprotokolle moderner MSCT-Geräte können allerdings die benötigte Strahlendosis für einen Ganzkörperscan bereits auf ein Drittel oder die Hälfte der zuvor angegebenen Menge reduzieren. Es muss aber im Interesse des Patienten eine strenge Risiko-Nutzen- Abwägung beim Einsatz der MSCT als Primärdiagnostikum erfolgen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die initiale operative Versorgung bei Patienten mit einem schwerem Polytrauma in Gruppe II (also U3G2) schneller begonnen werden konnte als in Gruppe I. Diese Tatsache spiegelt einen schnelleren Prozess der Entscheidungsfindung und Therapiefortführung bei den Patienten wider, bei denen die Ganzkörper-MSCT als Primärdiagnostik eingesetzt wurde. Frühere Studien [96,104] haben gezeigt, dass ein solcher Zeitgewinn in direktem Zusammenhang mit einer schnelleren Therapieentscheidung und einer schnelleren Verlegung aus dem Schockraum steht [104].

In der vorliegenden Studie zeigte sich die Effektivität der MSCT vor allem bei den am schwersten verletzten Patienten (abgebildet im ISS-Wert). So war der Zeitgewinn in der Untergruppe U3G2 am deutlichsten ausgeprägt. Die Gründe hierfür können vielfältig sein, z.B. eine Verzögerung des diagnostischen Arbeitsablaufes gerade bei leichter verletzten Patienten, primäre konservative Versorgung weiterer Verletzungen bei stabilen Patienten im Schockraum vor dem Transport in den Operationssaal (z.B. Gipsanlage, Verbände), primärchirurgische Versorgung kleinerer Verletzungen sowie Komplettierung der Instrumentierung noch im Schockraum. Auffällig ist, dass in den Untergruppen U1G2 und U2G2 der mittlere ISS- Wert (Median) jeweils höher war als in Gruppe I (U1G1 und U2G1), d.h. dass auch die leichter verletzten Patienten in Gruppe II insgesamt schwerere Verletzungen erlitten als die Patienten in Gruppe I. Obwohl also die Patienten in Gruppe II insgesamt schwerer verletzt waren als in Gruppe I, blieb die Mortalität unverändert. Dies spricht für eine Verbesserung des Behandlungsergebnisses durch die Einführung der MSCT.

Außer der vorliegenden Studie gibt es zwei Studien, die sich mit der tOR befassen: Weninger et al. [96] verglichen die MSCT mit konventioneller Röntgendiagnostik. Sie fanden eine signifikante Verkürzung des Zeitintervalles zwischen Eintreffen des Patienten im Schockraum und dem Beginn der notfallchirurgischen Eingriffe. Ihre Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie, bei Weninger et al. startete die Operation in der MSCT-Gruppe nach 103 Minuten.

Fung et al. [25] verglichen die Zeit bis zum Abschluss der Primärdiagnostik nach Einführung der MSCT mit einem konventionellen Traumaprotokoll. Der komplette diagnostische Arbeitsablauf dauerte bei den Patienten, die einem kompletten CT-Scan unterzogen wurden, 79 Minuten (Standardabweichung +/-29 Minuten) nach Einführung der MSCT und 105 Minuten (Standardabweichung +/-48 Minuten) mit dem konventionellen Protokoll. Ohne Notwendigkeit eines primären Computertomographie-Scan waren die Zeiten ähnlich mit 56 Minuten nach dem neuen Protokoll und 53 Minuten nach dem konventionellen Protokoll. Durch die Einführung der MSCT im Schockraum konnte also auch in dieser Studie ein signifikanter Zeitgewinn ( $p < 0.01$ ) nachgewiesen werden.

In Ergänzung zu den oben genannten Studien beschäftigen sich immer mehr Studien mit den Möglichkeiten, die Ganzkörper-MSCT-basierte Schockraumalgorithmen für die initiale Versorgung polytraumatisierter Patienten bieten: Im Zentrum steht immer die Fragestellung nach einem möglichen Zeitgewinn, einer Verbesserung der initialen Versorgung polytraumatisierter Patienten und somit einer eventuellen Outcomeverbesserung bzw. Senkung der Mortalität. Die tOR wird in diesen Studien nicht untersucht oder berücksichtigt.

Rieger et al. [78] fanden eine beinahe 50%ige Zeitreduktion des diagnostischen Arbeitsablaufes bei Verwendung der MSCT ohne vorherige konventionelle Röntgendiagnostik. Auch Beck et al. [6,7] berichteten über eine deutliche Zeitoptimierung der Schockraumversorgung durch Einsatz digitaler Diagnostiktechniken und Festlegung eines festen Schockraumalgorithmus für die behandelnden Fachdisziplinen. Im Gegensatz zum Würzburger Schockraumalgorithmus [100] wurde ein Computertomograph mit 1s Rotationszeit und einer Spiralmode bis 60s Scanlänge nur für die Diagnostik einzelner Organsysteme (Schädel, Wirbelsäule und Thorax) zusätzlich zu digitalen Röntgenaufnahmen des Achsenskeletts (mit fest integrierter Röntgenanlage im Schockraum) durchgeführt. Ein Ganzkörper-Scan wurde nicht etabliert.

Braunschweig et al. [10] berichteten über einen möglichen Zeitgewinn von mindestens fünfzig Prozent unter dem alleinigen Einsatz der MSCT.

Hilbert et al. [37] berichteten 2005 über eine signifikante Reduktion der Behandlungszeit im Schockraum unter Verwendung der MSCT. Sie untersuchten fünfzig Patienten mit einem ISS-Wert  $>16$ , die einem MSCT-gestützten Traumaprotokoll unterzogen wurden, und verglichen die Daten mit Patientendaten eines konventionellen Protokolls vorheriger Jahre. Als wichtigste Zeitpunkte wurden der Beginn und das Ende der CT-Diagnostik bzw. des diagnostischen Arbeitsablaufes, die Dauer der kreislaufstabilisierenden Maßnahmen und die Verweildauer des Patienten im Schockraum untersucht. Die Autoren berichteten über einen signifikanten Zeitgewinn durch den Einsatz der MSCT, die Schockraumverweildauer konnte von 87 Minuten (konventionelles Protokoll) auf 36 Minuten unter Einsatz der MSCT reduziert werden. Die CT-Diagnostik begann nach 8 Minuten (Standardabweichung  $\pm 5,7$ ) und endete nach 12 Minuten ( $\pm 8,4$ ), die Stabilisierung war nach 36 Minuten ( $\pm 19,1$ ) beendet. Die Verweildauer im Schockraum betrug 38 Minuten ( $\pm 19,1$ ).

Klöppel et al. [47] untersuchten in einer retrospektiven Studie von 1998-2001 320 polytraumatisierte Patienten im 1-Schicht und 4-Schicht-Spiral-CT. Sie beschrieben eine Verkürzung der Schockraumphase von 28min auf 16min (für die Bildrekonstruktion waren nur noch 14min statt 22min erforderlich) und eine Senkung der Letalität um ca. 4% (von 12-15% auf 10%). Sie empfahlen die weitere Anwendung der MSCT im Rahmen eines Standardprotokolles in der Schockraumversorgung.

Es gibt eine Reihe prospektiver Studien, die eine mögliche Zeitersparnis durch Einführung eines MSCT- Protokolls in der Schockraumversorgung untersuchen [14]: Heyer et al. [35,36] untersuchten in einer prospektiven Studie an sechzig polytraumatisierten Patienten die Zeitersparnis durch die Einführung eines 16-Zeilen-MSCT und die Durchführung eines festen Untersuchungsprotokolles (Neurokranium, Spiralscans von HWS, Thorax, Abdomen und Rekonstruktionen von BWS, LWS und Becken). Ihre Zeiten unterschieden sich deutlich von den Daten der vorliegenden Studie: Initialversorgung und Transport 19,2 +/- 6,7 Minuten, Scandauer 8,0 +/-3,3 Minuten, Gesamtverweilzeit im CT 24,5 +/- 7,2 Minuten, Dauer bis zum ersten Befund 16,4 +/-4,7 Minuten, Dauer bis zum endgültigen Befund 82,5 +/- 30,4 Minuten.

Häuser et al. [32,33] untersuchten in einer prospektiven Studie an 140 polytraumatisierten Patienten den Zeitbedarf von konventioneller Röntgendiagnostik, CT und Sonographie sowie die Gesamtdiagnostikdauer im Schockraum unter der Berücksichtigung von Wege-, Warte- und Umlagerungszeiten. Durch Einsatz der CT konnte die Untersuchungsdauer bzw. Schockraumverweildauer zwar im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik verkürzt werden, die gesamte Dauer der Primärdiagnostik stieg allerdings an. Dies wurde vor allem begründet mit deutlichen Verzögerungen durch Warte- und Wegezeiten und mehrfache Umlagerungen, die für den Patienten eine enorme Belastung und einen deutlichen Zeitverlust darstellten- insgesamt 31,9 Minuten „diagnostikfreie“ Zeit. Durch die feste Integration der MSCT im Schockraum mit dem Modell der „Sliding Gantry“ und der Funktionseinheit von Transportliege und CT-Tisch entfallen diese negativen Aspekte im Würzburger Schockraum [100, 101,102].

Linsenmaier et al. [56,57,58,59] untersuchten in einer prospektiven interdisziplinären Studie an 2400 polytraumatisierten Patienten die Auswirkungen einer strukturierten radiologischen Schockraumdiagnostik (Basisdiagnostik, Follow-up und

Organdiagnostik mittels MSCT sowie die Einführung eines radiologischen Traumascoreing) auf die Therapiequalität und die Letalität. Auch sie sahen in der MSCT den „golden standard“ in der frühen klinischen Versorgung, der durch kein anderes Verfahren nur annähernd ersetzt werden kann und auch bei metastabilen und schwer polytraumatisierten Patienten vertretbar ist. Die Autoren beschrieben eine signifikante Verkürzung der Schockraumzeit (von 35 auf 15 Minuten um 57%,  $p < 0,01$ ) nach Einführung der MSCT und vorprogrammierter Untersuchungsprotokolle (cCT, CT-Thorax und CT-Abdomen) bei gleichbleibender Qualität und Letalität.

In den oben genannten prospektiven Studien wurde bisher kein Einfluss des diagnostischen Arbeitsablaufes auf das klinische Outcome nachgewiesen.

In der vorliegenden retrospektiven Studie stellten wir trotz der kürzeren tOR im Ganzkörper-MSCT-basierten Schockraumalgorithmus keinen signifikanten Unterschied im klinischen Outcome (Mortalität, Beatmungsdauer und Intensivverweildauer) fest. Ein möglicher Grund für die unveränderte Mortalität könnte ein Typ-II-Fehler sein: Insbesondere ist eine größere Anzahl an Studienpatienten erforderlich, um eine mögliche Veränderung der Mortalität nachzuweisen: 435 Patienten müssten untersucht werden, um einen signifikanten Unterschied von 5% ( $p < 0,05$ ) in der Mortalität nachzuweisen, 2005 Patienten wären notwendig, um einen signifikanten Unterschied von 2,5% ( $p < 0,05$ ) nachzuweisen. Eine endgültige Aussage über eine Senkung der Mortalität durch Einführung der MSCT kann also nur nach Beobachtungen über einen deutlich längeren Zeitraum an einem größeren Patientenkollektiv getroffen werden.

Andere Autoren demonstrieren hingegen eine positive Korrelation zwischen einem Zeitgewinn durch die MSCT und einer Abnahme der Mortalität: Weninger et al. [96] zeigten eine signifikante Reduktion der Beatmungsdauer und der Intensivliegezeit. Die Mortalität blieb aber auch in ihrem Patientenkollektiv unverändert.

Huber-Wagner et al. [44] analysierten in einer retrospektiven Multicenter-Studie anhand des Traumaregisters der DGU die Daten von 4621 polytraumatisierten Patienten mit einem minimalen ISS-Wert von 16. Sie verglichen die Mortalität und das klinische Outcome (Beatmungszeit, Intensivtherapiedauer und Hospitalisation) der Patienten, die primär einer MSCT-gesteuerten-Schockraumversorgung zugeführt worden waren, mit den Patienten, die eine konventionelle Diagnostik durchliefen. Insgesamt blieb die Mortalität nach Einführung der MSCT signifikant unter der anhand verschiedener

Scoring-Systeme (TRISS, RISC) vorher gesagten ( $p < 0.05$ ), obwohl die Patienten der MSCT-Gruppe signifikant höhere ISS-Werte hatten.

In einer Studie der University of Pennsylvania vom März 2002 wurde in einer retrospektiven Analyse der Schockraumzeiten von 243 polytraumatisierten Patienten ein Anstieg der Letalitätsrate von 1% alle drei Minuten beobachtet. Somit würde eine Reduktion der Erstdiagnostikzeit von 60 auf 20 Minuten einer Reduktion der Letalität um 13-15% entsprechen [10]. Clarke et al. [3] untersuchten den Zusammenhang zwischen der Zeit bis zum Beginn der operativen Versorgung und der Mortalität bei kreislaufinstabilen Patienten mit intraabdominellen Blutungen. Sie beschrieben Zeitintervalle zwischen 7-185 Minuten für die präklinische Versorgungsphase und 7-915 Minuten im Schockraum vor Beginn des operativen Eingriffes oder vor Eintreten des Todes. Es bestand eine direkte Korrelation zwischen der Mortalität und einerseits dem Grad der Hypotension, andererseits der Verweildauer im Schockraum: Die Todesrate stieg um nahezu 1% für jede drei Minuten, die der Patient im Schockraum verweilte. Als entscheidende Zeitmarke in der Schockraumversorgung setzten die Autoren 90 Minuten an: Bis zu diesem Zeitpunkt stieg das Mortalitätsrisiko kontinuierlich an.

Klöppel et al. [47] berichteten über eine Senkung der Letalität von 4% durch die Einführung einer MSCT im Schockraum und Verkürzung der CT-Diagnostikzeit von 28 Minuten auf 16 Minuten. In der vorliegenden Studie konnte keine Reduktion der Mortalität durch Einführung eines Ganzkörper-MSCT-basierten Schockraumalgorithmus nachgewiesen werden. Es ist aber anzunehmen, dass die MSCT auf die Patienten in Gruppe II bei signifikant höheren ISS-Werte und unveränderter Mortalität einen positiven Einfluss auf das klinische Outcome hat. Diese Annahme wird durch die oben genannten Studien [44,96] unterstützt.

Obwohl keine Abnahme der Mortalität nachgewiesen werden konnte, konnte aus den vorliegenden Daten eine wichtige Schlussfolgerung gezogen werden: Im Vergleich mit früheren Studien [104], die die beiden Würzburger Schockraumalgorithmen gegenüberstellten, aber nur die Zeit bis zum Ende der Schockraumphase erfassten, war der Zeitgewinn der tOR (also nach Erfassung der Zeit bis zum Beginn des operativen Eingriffes) in der vorliegenden Studie wesentlich weniger eindrucksvoll.

Es muss also von einem Zeitverlust nach Verlassen des Schockraumes ausgegangen werden, d.h. es ist davon auszugehen, dass der Vorteil des Zeitgewinnes durch die schnellere Diagnostik auf dem Weg in den Operationssaal verspielt wurde. Weitere Untersuchungen sollten sich daher auf eine mögliche Verbesserung des Ablaufes in diesem Zeitraum konzentrieren, was eine weitere Verbesserung der Schockraumversorgung bedeuten könnte.

## **V. Zusammenfassung**

Ein Zeitgewinn in der frühen klinischen Versorgung polytraumatisierter Patienten ist nach wie vor eines der vorrangigen Ziele moderner Schockraumalgorithmen. Insbesondere Patienten, die unmittelbar im Anschluss an die primäre klinische Versorgung operativ versorgt werden müssen, könnten von einer verkürzten Zeit bis zum Beginn des operativen Eingriffes profitieren.

Die Primärdiagnostik mittels Ganzkörper-MSCT hat in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung in der Schockraumversorgung polytraumatisierter Patienten gewonnen. Ihr entscheidender Vorteil könnte insbesondere die Zeitersparnis durch den schnelleren diagnostischen Arbeitsablauf im Rahmen eines MSCT-gestützten Schockraumalgorithmus sein. Bisherige Studien berichteten über deutliche Zeitgewinne im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik. Es wird aber weiterhin diskutiert, welches Verfahren als „golden standard“ gilt, insbesondere welches Verfahren das klinische Outcome polytraumatisierter Patienten verbessern kann.

In der vorliegenden Studie wurde daher ein Vergleich zwischen einem konventionellen Schockraumalgorithmus mit konventioneller Röntgendiagnostik, Sonographie und organfokussiertem CT sowie einem modernen Schockraumalgorithmus mit fester Integration der Ganzkörper-MSCT gezogen. Es wurde die Hypothese untersucht, ob die MSCT eine signifikante Zeitersparnis in der Schockraumversorgung polytraumatisierter Patienten bis zum Beginn dringlicher operativer Eingriffe bringt und ob dieser Zeitgewinn eine Verbesserung des klinischen Outcome bedeutet.

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden im Zeitraum von 2001-2007 zwei Gruppen von Schockraumpatienten erfasst: In Gruppe I wurden 155 Patienten von 2001-2003 eingeschlossen, die nach dem konventionellen Schockraumalgorithmus behandelt wurden. In Gruppe II wurden von 2004-2007 163 polytraumatisierte Patienten eingeschlossen, die primär im Rahmen eines MSCT-gestützten Schockraumalgorithmus versorgt wurden. Bei allen Patienten wurden die tOR als Zeitintervall zwischen Beginn der Schockraumversorgung und Beginn des operativen Eingriffes sowie demographische und klinische Daten erfasst. Das klinische Outcome wurde mittels der Intensivliegezeit, der Beatmungsdauer und der Mortalität untersucht.

Bei dem Vergleich der Gruppen wurde als nicht-parametrischer Test der Man-Whitney-Rank Sum Test verwendet, mit  $p < 0.05$  als Signifikanzniveau.

Die tOR in Gruppe I war 120 Minuten (Interquartilabstand 90-150 Minuten), während sie in Gruppe II 105 Minuten (85-133 Minuten) betrug ( $p < 0.05$ ). In beiden Gruppen starben insgesamt vierzehn Patienten, davon fünf in den ersten vierundzwanzig Stunden. Die Intensivliegezeit betrug in Gruppe I fünf Tage (Interquartilabstand 1-14), in Gruppe II acht Tage (Interquartilabstand 2-19),  $p = 0,157$ . In Gruppe I wurden die Patienten drei Tage (Interquartilabstand 1-12) maschinell beatmet, in Gruppe II fünf Tage (Interquartilabstand 1-15).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Einführung der MSCT als primäre Schockraumdiagnostik die tOR, also das Zeitintervall bis zum Beginn dringlicher operativer Eingriffe verkürzt. Diese Aussage passt zur vorherrschenden Meinung in der aktuellen Literatur. Das Outcome konnte im Gegensatz zu anderen Studien nicht verbessert werden. Es ist davon auszugehen, dass einen Hauptgrund hierfür ein signifikant höherer ISS-Wert in der Gruppe II darstellt. Für eine definitive Aussage über eine mögliche Verbesserung des klinischen Outcome durch die MSCT als Primärdiagnostik im Schockraum sind weitere Untersuchungen an einem größeren Patientenkollektiv über einen längeren Zeitraum erforderlich.

## VI. Anhang

Abb.VI.1.: Kriterien für die Diagnose „Polytrauma“

<b>Kategorie I Unfallmechanismus</b>	<b>Kategorie II Klinisch sichtbares Verletzungsmuster</b>	<b>Kategorie III Vitalparameter</b>
Sturz aus großer Höhe (5m)	Offener Thorax	Patient primär bewusstlos (GCS<9) und intubiert
Verkehrsunfall: 1. Hochgeschwindigkeitstrauma 2. gegen LWK 3. als Fußgänger/ Radfahrer überfahren (nicht angefahren bzw. touchiert!)	Instabiler Thorax	Spontanatemfrequenz <10/min oder >29/min
PKW-Unfall: 1. in Fahrzeug eingeklemmt 2. mit Fahrzeug überschlagen 3. Frontalzusammenstoß 4. Ejektion aus Fahrzeug 5. Tod eines Beifahrers 6. Karosserieverformung über 50cm	Offenes Abdomen	Blutdruck systolisch <80mmHg (Schock)

Sonderfall Einklemmung	Instabiles Becken	SpO <sub>2</sub> <90%
Sonderfall Verschüttung	Brüche von mehr als einem langen Röhrenknochen an den Beinen	
Sonderfall Explosion	Schweres Schädel-Hirn-Trauma	
	Proximale Gliedmaßenamputation	

**Abb.VI.2.: AIS-Tabelle**

<i>AIS-Grad</i>	<i>Kopf/ Hals</i>	<i>Gesicht</i>	<i>Thorax</i>
<i>1= gering</i>	Rissquetschwunde (<10cm lang) Kopfschwarten-Hämatom Schädelprellung	Mandibulafraktur Oberflächliche Weichteilverletzung	Isolierte Rippenfraktur Oberflächliche Weichteilverletzung
<i>2=mäßig</i>	Rissquetschwunde (>10cm lang) Kalottenfraktur	Rissquetschwunde (>10cm lang) Optikusausriss LeFort-I/II- Fraktur	2-3 Rippenfrakturen Weichteildefekt-Verletzung (>100cm <sup>3</sup> )
<i>3=schwer, aber nicht lebensbedrohlich</i>	Armplexusausriss Schädelbasisfraktur Impressionsfraktur (<2cm Dislokation)  HWS-Fraktur ohne Neurologie	Weichteildefekt-Verletzung (>20% Verlust des Gesamtblutvolumens) LeFort-III-Fraktur	Unilaterale Rippenserienfraktur mit Hämato-/Pneumothorax  Unilaterale Lungenkontusion

	Hirnkontusion ( $<30\text{cm}^3$ ) Mittellinienshift ( $<5\text{mm}$ )		
<i>4= schwer, lebensbedrohlich</i>	Epidurales/ subdurales / arachnoidales Hämatom ( $<1\text{cm}$ breit, $<50\text{cm}^3$ ) Hirnkontusion ( $30\text{-}$ $50\text{cm}^3$ ) Mittellinienshift ( $>5\text{mm}$ )		Bilaterale Rippenserienfraktur Bilaterale Lungenkontusion Ruptur der A. subclavia
<i>5= kritisch, Überleben unsicher</i>	Epidurales/ subdurales/ arachnoidales Hämatom ( $>1\text{cm}$ breit, $>50\text{cm}^3$ ) Hirnkontusion ( $>50\text{cm}^3$ ) Luxationsfraktur HWK3/4 Zerreiung der A. carotis		Koronararterien- Verletzung Gedekte Aortenruptur Papillarmuskel- Abriss Lungenzerreiung mit Spannungs- Pneumothorax Hauptbronchus- Ruptur
<i>6= tödlich</i>	Perforation des Hirnstammes Schädel-Hirn- Quetschung		Freie Aortenruptur Ventrikelruptur

Abb.VI.2.1.: AIS-Tabelle für die Körperregionen Kopf/ Hals, Gesicht und Thorax

<i>AIS-Grad</i>	<i>Abdomen</i>	<i>Extremitäten</i>	<i>Weichteile</i>
<i>1= gering</i>	Oberflächliche Weichteilverletzung	Sprunggelenks-Distorsion Sehnenverletzung der Hand Luxation im Hand-/Vorfußbereich	Multiple Prellungen Ablederungen Verbrennungen II. Grades (<10% der KOF)
<i>2=mäßig</i>	Weichteilverletzung (>20cm lang) Intrahepatisches Hämatom (<2cm) Periphere Milz-Ruptur Nierenkontusion Pankreaskontusion	Offene Sprunggelenks-Fraktur Stabile Beckenfraktur Humerusfraktur Hüftluxation	Verbrennungen III. Grades (<19% der KOF)
<i>3=schwer, aber nicht lebensbedrohlich</i>	Milzruptur (>3cm tief) Dünndarmruptur Leberruptur (>3cm tief) Ureterabriss	Femurfraktur Offene Unterschenkelfraktur Knieluxation	Verbrennungen II. und III. Grades (20-29% der KOF)
<i>4= schwer, lebensbedrohlich</i>	Kolonzerreißung Multiple Leberrupturen (>3cm) Blasenruptur LWS-Fraktur mit Cauda- equina-Symptomatik	Amputations-Verletzung oberhalb des Knies Instabile Beckenring-Verletzung mit Blutverlust <20%	Verbrennungen II. und III. Grades (30-39% der KOF)

<p>5= <i>kritisch, Überleben unsicher</i></p>	<p>Milzruptur mit Hilusbeteiligung Leberruptur mit Beteiligung der V.cava/ Vv.hepaticae Nierenstilabriss LWS-Fraktur mit Querschnitt</p>	<p>Instabile Beckenring- Verletzung mit Blutverlust &gt;20%</p>	<p>Verbrennungen II. und III. Grades (40-49% der KOF) Inhalationstrauma Hypothermie (Körperkerntemperatur &lt;27°C)</p>
<p>6= <i>tödlich</i></p>	<p>Vollständige Leberzerreiung</p>		<p>Verbrennungen II. und III. Grades (&gt;90% der KOF) Starkstromunfall mit Herzstillstand</p>

Abb.VI.2..2.: AIS- Tabelle für die Körperregionen Abdomen, Extremitäten und Weichteile

## **VII. LITERATURVERZEICHNIS**

1. Adams R et al. The golden hour of shock 1970.
2. Acosta JA, Yang JC, Winchell RJ et al. Lethal injuries and time to death in a level I trauma center. J Am Coll Surg 1998; 186(5):528-533.
3. Albrecht T, v. Schlippenbach J, Stahel PF, Ertel W, Wolf KJ. Die Rolle der Ganzkörper-Spiral-CT bei der Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten- Vergleich mit konventioneller Radiographie und Abdomensonographie. Fortschr Röntgenstr 2004; 176:1142-1150
4. Alzen G, Stargardt A. Neues Konzept einer rationellen Notfalldiagnostik polytraumatisierter Patienten. Radiologe 1995; 35:406-408.
5. Barba CA, Taggart J, Morgan AS, Guerra J, Bernstein B, Lorenzo M et al. A new cervical spine clearance protocol using computed tomography. J Trauma 2001; 51(4):652-656.
6. Beck A, Gebhard F, Fleiter T, Pfenninger E, Kinzl L. Zeitoptimiertes modernes Schockraummanagement unter Einsatz digitaler Techniken. Unfallchirurg 2002; 105:292-296
7. Beck A, Bischoff M, Gebhard F, Huber-Lang M, Kinzl L, Schmelz A. Apparative Diagnostik im Schockraum. Unfallchirurg 2004; 107:862-870.
8. Berne JD, Velmahos GC, El Tawil Q, Demetriades D, Asensio JA, Murray JA et al. Value of complete cervical helical computed tomographic scanning in identifying cervical spine injury in the unevaluable blunt trauma patient with multiple injuries: a prospective study. J Trauma 1999; 47(5):896-902.
9. Boehm T, Alkadhi H, Schertler T, Baumert B, Roos J, Marincek B, Wildermuth S. Einsatz der Mehrschicht-Spiral-CT beim traumatologischen Notfall und ihre Auswirkungen auf den Untersuchungs- und Behandlungsalgorithmus. Fortschr Röntgenstr 2004; 176:1734-1742.

10. Braunschweig R, Wawro W. Integrierte Bildgebung beim Polytrauma. Trauma Berufskrankh 2005; 7 (1):207-213.
11. Brohi K et al Helical computed tomographic scanning for the evaluation of the cervical spine in the unconscious, intubated trauma patient.. J Trauma 2005;58(5):897-901
12. Brown CV et al. Spiral computed tomography for the diagnosis of cervical, thoracic and lumbar spine fractures: its time has come. J Trauma 2005; 58(5):890-895; discussion 895-896.
13. Buduhan G et al Missed injuries in patients with multiple trauma. J Trauma 2000; 49:600-605.
14. Burger C, Zwingmann J, Kabir K et al. Schnellere Diagnostik mit digitaler Röntgenrechnik im Schockraum: eine prospektive Studie bei Schwerverletzten. OrthopUnfall 2007; 145:772-777.
15. Burkhardt M, Hans J, Bauer C et al. Interdisziplinäre Teamarbeit im Schockraum. Eine Literaturübersicht. Intensivmed 2007; 44:279-285.
16. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ et al. Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. J Trauma 2002; 52(3):420-425.
17. Copes WS, Champion HR, Sacco WJ et al. The Injury Severity Score revisited. J Trauma 1988; 28 (1): 69-77.
18. Crim JR et al Clearance of the cervical spine in multitrauma patients the role of advanced imaging. Semin Ultrasound CT MR 2001;22(4):283-305
19. Daffner RH et al. Helical CT of the cervical spine for trauma patients: a time study AJR Am J Roentgenol 2001;177(3): 677-679.
20. Davis JW, Hoyt DB et al. J Trauma 1992; 32:660-666

21. Driscoll PA, Vincent CA. Variation in trauma resuscitation and its effect on patient outcome. *Injury* 1992; 23 (2): 111-115.
22. Driscoll PA, Vincent CA. Organizing an efficient trauma team. *Injury* 1992; 23 (2): 107-110.
23. Ertel W, Trentz O. Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. *Chirurg* 1997; 68:1071-1075.
24. Exadaktylos AK et al. Do we really need routine computed tomographic scanning in the primary evaluation of blunt chest trauma in patients with "normal" chest radiograph? *J Trauma* 2001; 51(6):1173-1176.
25. Fung Kon Jin PH et al. Assessment of a new trauma workflow concept implementing a sliding CT scanner in the trauma room: the effect on workup times. *J Trauma* 2008;64(5):1320-1326.
26. Gestring ML, Gracias VH, Feliciano MA et al. Evaluation of the lower spine after blunt trauma using abdominal computed tomographic scanning supplemented with lateral scanograms. *J Trauma* 2002; 53(1): 9-14.
27. Ghoshhajra K, Rao KC. CT in spinal trauma. *J Comput Tomogr* 1980; 4(4):309-318.
28. Griffen MM, Frykberg ER, Kerwin AJ et al. Radiographic clearance of blunt cervical spine injury: plain radiograph or computed tomography scan? *J Trauma* 2003; 55(2):222-226.
29. Gruen RL, Jurkovich GJ, McIntyre LK et al. Patterns of errors contributing to trauma mortality. Lessons learned from 2594 deaths. *Annals of surgery* 2006; 244(3):371-380.
30. Grundsatzausschuss „Arbeitskreis Weißbuch“ der DGU. „Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der

Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. 2006;URL:  
<http://www.dgu-online.de/pdf/unfallchirurgie/weissbuch/weissbuch.pdf>

31. Harris JH Jr. Reflections: Emergency Radiology. *Radiology* 2001; 218: 309-316.
32. Häuser H, Bohndorf K, Rüter A. Der traumatologische Notfall im Schockraum. Analyse des Spektrums und des Zeitbedarfs der bildgebenden Diagnostik. *Unfallchirurg* 1998; 101:129-136.
33. Häuser H, Bohndorf K. radiological emergency management of multiple trauma patients. *Emergency Radiology* 1999; 6: 61-69.
34. Hessmann MH, Hofmann A, Kreitner KF et al. The Benefit of Multislice Computed Tomography in the Emergency Room Management of Polytraumatized Patients. *Eur J Trauma* 2005; 31:231-238.
35. Heyer CM, Rduch G, Kagel T et al. Prospektive, randomisierte Evaluation eines modifizierten Mehrdetektor-CT-Protokolls in der Initialdiagnostik beim Polytrauma. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177:242-249.
36. Heyer CM, Rduch GJ, Wick M et al. Anwendung der 16-Zeilen-Mehrdetektor-CT in der Initialdiagnostik beim Polytrauma: Eine Zeitanalyse. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177: 1677-1682.
37. Hilbert P, Hoeller J, Wawro W et al. Schockraummanagement polatraumatisierter Patienten. Ein Mehrzeilen-CT orientierter Versorgungsalgorithmus. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther (AINS)* 2005; 40:720-725.
38. Hoff WS, Reilly PM, Rotondo MF et al. The importance of the command-physician in trauma resuscitation. *J Trauma* 1997; 43:772-777.
39. Hoffstetter P, Herold T, Daneschnejad M et al. Nicht traumaassoziierte Nebenbefunde bei Ganzkörpercomputertomografien im Rahmen der Polytraumadiagnostik. *Fortschr Röntgenstr* 2008; 180: 120-126.
40. Holmes JF, Akinepalli R- Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a meta-analysis. *J Trauma* 2005; 58(5):902-905.

41. Hopfner W. Die CT-gestützte Ganzkörperdiagnostik Schwerverletzter. Implementierung einer relationalen Datenbank und Untersuchungen des Würzburger Schockraumalgorithmus. Promotion, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg 2005.
42. Hormann M et al. First experiences with multidetector CT in traumatized children.
43. Houshian S, Larsen MS; Holm C. Missed injuries in a level I trauma center. J Trauma 2002; 52(4):715-719.
44. Huber-Wagner S, Lefering R, Quick LM et al Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. Lancet 2009;373:1455-61.
45. Jelly LM, Evans DR, Easty MJ et al. Radiography versus spiral CT in the evaluation of cervicothoracic junction injuries in polytrauma patients who have undergone intubation. Radiographics 2000; 20:251-259.
46. Kanz KG, Körner M, Linsenmaier U et al. Prioritätenorientiertes Schockraummanagement unter der Integration des Mehrschichtcomputertomographen. Unfallchirurg 2004; 107: 937-944.
47. Klöppel R, Schreiter D, Dietrich J et al. Frühes klinisches Management nach Polytrauma mit 1-und 4-Schicht-Spiral-CT. Radiologe 2002; 42:541-546.
48. Kramme R, Buzug TM et al. Medizintechnik. Lehrbuch 3. Auflage. Springer Verlag 2007.
49. Krötz M, Bode PJ, Häuser H et al. Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Personelle, apparative und räumlich-logistische Konzepte an 3 Traumakrankenhäusern in Europa. Radiologe 2002; 42:522-532.
50. Kühne CA, Ruchholtz S, Sauerland S et al. Personelle und strukturelle Voraussetzungen der Schockraumbehandlung Polytraumatisierter. Eine systematische Literaturübersicht. Unfallchirurg 2004; 107:851-861

51. Kühne CA, Ruchholtz S, Buschmann C et al. Polytraumaversorgung in Deutschland. Eine Standortbestimmung. Unfallchirurg 2006; 109:357-366.
52. Kuhnigk H, Steinhübel B, Keil T, Roewer N. Das „Würzburger T“. Ein Konzept zur Optimierung der frühen Polytraumaversorgung in der Notfallaufnahme. Anaesthesist 2004; 53:645-650
53. Lawrason JN, Novelline RA Rhea J et al. can CT eliminate the initial portable lateral cervical spine radiograph in the multiple trauma patient? A review of 200 cases. Emer Radiol 2001; 8:272-275.
54. Lefering R, Paffrath T et al. Jahresbericht 2002 des Traumaregisters der Arbeitsgemeinschaft “Polytrauma” der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). 2003; URL: <http://www.traumaregister.de>
55. Lindner T, Bail HJ, Manegold S et al. Schockraumdiagnostik. Initiale Diagnostik beim stumpfen Abdominaltrauma. Eine Literaturübersicht. Unfallchirurg 2004; 197:892-902.
56. Linsenmaier U, Rieger J, Brandl T et al. New method for fast spiral CT of trauma patients-RUSH CT. Emerg Radiol 2000; 7:135-141.
57. Linsenmaier U, Kanz KG, Mutschler W. Radiologische Diagnostik beim Polytrauma: Interdisziplinäres Management. RöFo 2001; 173:1-9.
58. Linsenmaier U, Kanz KG, Rieger J et al. Strukturierte radiologische Diagnostik beim Polytrauma. Radiologe 2002; 42; 533-540.
59. Linsenmaier U. Verzögert diagnostizierte Läsionen bei Patienten mit Polytrauma. Ist der Routineeinsatz der Ganzkörper-Computertomographie gerechtfertigt? Unfallchirurg 2006; 109:975-976.
60. Liu M, Lee CH, P`Eng FK. Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. J Trauma 1993; 35:267-270.

61. Löw R, Duber C, Schweden F et al. Ganzkörper Spiral-CT zur Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten unter Notfallbedingungen. Fortschr.Röntgenstr 1997; 166:382-388.
62. Mahoney EJ, Biffi WL, Harrington DT et al. Isolated brain injury as cause of hypotension in the blunt trauma patient. J Trauma 2003; 55:1065-1069.
63. Miller MT, Pasquale MD, Bromberg WJ et al. Not so FAST. J Trauma 2003; 54:52-60.
64. Mutschler W, Kanz KG. Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Die Aufgaben der Radiologie aus unfallchirurgischer Sicht. Radiologe 2002; 42: 506-514.
65. Mutze S, Bauwens K, Rademacher G et al. Verletzungen bei polytraumatisierten Patienten. Bildgebende Diagnostik von Thorax und Abdomen. Trauma Berufskrankh 2006; 8:6-12.
66. Nast-Kolb D, Krettek C, Mutschler W. Schockraummanagement-die frühe klinische Schwerverletztenversorgung. Unfallchirurg 2004; 107:831-832
67. Nast-Kolb D, Bail HJ, Taeger G. Moderne Diagnostik des Bauchtraumas. Chirurg 2005; 76:919-926.
68. Nast-Kolb D, Ruchholtz S, Waydhas C, Taeger G. Management des Polytraumas. Chirurg 2006; 77:861-873.
69. Nast-Kolb D, Waydhas C, Ruchholtz S, Täger G. Schockraummanagement. Chirurg 2007; 78:885-893.
70. Okamoto K, Norio H, Kaneko N. Use of early-phase dynamic spiral computed tomography for the primary screening of multiple trauma. Am J Emerg Med 2002; 20(6): 528-534.
71. Pape HC, Hildebrand F, Krettek C. Entscheidungsfindung und Prioritäten der operativen Behandlungsstrategie während und nach der Schockraumversorgung. Unfallchirurg 2004; 107:927-936.

72. Pehle B, Kuehne CA, Block J et al. Die Bedeutung von verzögert diagnostizierten Läsionen bei Polytraumatisierten. Eine Studie an 1187 Schockraumpatienten. Unfallchirurg 2996; 109:964-974.
73. Philipp MO et al. Radiological emergency room management with emphasis on multidetector-row CT. Eur J Radiol.2003;48(1):2-4
74. Prokop A, Hööte H, Krüger K et al. Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma. Unfallchirurg 2006; 109:545-550.
75. Pschyrembel Klinisches Wörterbuch, 257. Auflage. 1994. De Gruyter Verlag
76. Ptak T, Rhea JT, Novelline RA. Radiation dose is reduced with a single-pass whole-body multi-detector row CT trauma protocol compared with a conventional segment method: initial experience. Emerg Radiol 2003; 8:250-256.
77. Rieger J, Linsenmaier U, Pfeiffer KJ et al. Radiologische Diagnostik beim akuten Schädel-Hirn-Trauma. Radiologe 2002; 42:547-555
78. Rieger M, Sparr H, Esterhammer R et al. Moderne CT-Diagnostik des akuten Thorax- und Abdominaltraumas. Radiologe 2002; 42:556-563.
79. Rieger M, Mallouhi A, Attal RE et al. Akutdiagnostik des Wirbelsäulentraumas. Radiologe 2006; 46: 527-544.
80. Ruchholtz S, Nast.-Kolb D, Waydhas C et al. Frühletalität beim Polytrauma- eine kritische Analyse vermeidbarer Fehler. Unfallchirurg 1994; 97:285-291
81. Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D et al. Qualitätsmanagement in der frühen klinischen Polytraumaversorgung. Therapieoptimierung durch Behandlungsleitlinien. Unfallchirurg 1997; 100:859-866.
82. Ruchholtz S, Arbeitsgemeinschaft „Polytrauma“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Das Traumaregister der DGU als Grundlage des interklinischen Qualitätsmanagements in der Schwerverletztenversorgung. Unfallchirurg 2000; 103:30-37

83. Ruchholtz S, Wadhas C, Schroeder T et al. Stellenwert der Computertomographie in der frühen klinischen Behandlung schwer verletzter Patienten. *Chirurg* 2002; 73:1005-1012.
84. Ruchholtz S, Lefering R, Paffrath T et al. Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Trauma Berufskrankh* 2007; 9:271-278
85. Sampson MA, Colquhoun KB, Hennessy NL. Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. *Clin Radiol* 2006; 61(4):365-369.
86. Schenarts PJ, Diaz J, Kaiser C et al. Prospective comparison of admission computed tomographic scan and plain films of the upper cervical spine in trauma patients with altered mental status. *J Trauma* 2001; 51(4):663-668.
87. Schlechtl B, Böttinger BW, Spöhr F. Evidenzbasierte Notfallmedizin-Status quo. *Notfall Rettungsmed* 2008; 11:12-17.
88. Schweiberer L, Nast-Kolb D et al. Das Polytrauma- Behandlung nach einem diagnostischen und therapeutischen Stufenplan. *Unfallchirurg* 1987; 90:529-538
89. Siebers C, Stegmaier J, Kirchhoff C et al. Analyse von Verzögerungen der Schockraumdiagnostik bei Einstz der Mehrschicht-Spiral-Computertomografie. *Fortschr Röntgenstr* 2008; 180:733-739.
90. Siemens-medical. Geschichte der Computertomographie. 2008; URL: <http://www.siemens-medical.de>
91. Statistisches Bundesamt. 2008; URL: <http://destatis.de>
92. Sturm J, Kühne CA, Ruchholtz S (2006). Initiative Traumanetzwerk. Qualitätssichernde Maßnahmen bei der Polytraumaversorgung. *Trauma Berufskrankh* 2006; 8 (1):S58-S64.
93. Trupka A, Kierse R, Waydhas C et al. Schockraumdiagnostik beim Polytrauma. Wertigkeit der Thorax CT. *Unfallchirurg* 1997; 100:469-476.

94. Watura R, Cobby M, Taylor J. Multislice CT in imaging of trauma of the spine, pelvis and complex foot injuries. *The British Journal of Radiology* 2004; 77:46-63.
95. Wedegärtner U, Lorenzen M, Nagel HD et al. Radiologische Bildgebung beim Polytrauma: Dosisvergleich von Ganzkörper-MSCT und konventionellem Röntgen mit organspezifischer CT. *Fortschr Röntgenstr* 2004; 176:1039-1044.
96. Weninger P, Mauritz W, Fridrich P et al. Emergency room management of patients with blunt major trauma: evaluation of the multislice computed tomography protocol exemplified by an urban trauma center. *J trauma* 2007; 62:584-591.
97. Wilson BP, Finlay D. Computerized tomography of injury to the thoracolumbar spine. *Injury* 1987; 18:185-189.
98. Wintermark M, Moushine E, Theumann N et al. Thoracolumbar spine fractures in patients who have sustained severe trauma: depiction with multi-detector row CT. *Radiology* 2003; 227:681-689.
99. Woltmann A, Bühren V. Das Stufenkonzept der Polytraumaversorgung. *Intensivmed* 2007; 44:498-506.
100. Wurmb T, Fruhwald P, Brederlau J et al. Der Würzburger Schockraumalgorithmus. Gesamtkonzept und erste Ergebnisse einer „sliding-gantry-basierten Computertomographie. *Anaesthesist* 2005; 54:763-772.
101. Wurmb T, Frühwald P, Brederlau J et al. Schockraummanagement ohne konventionelle Radiographie? Macht der Computertomographie die Röntgenröhre überflüssig? *Anaesthesist* 2006; 55:17-25.
102. Wurmb TE, Fruhwald P, Hopfner W, Roewer N, Brederlau J. Whole-body multislice computed tomography as the primary and sole diagnostic tool in patients with blunt trauma: searching for its appropriate indication. *Am J Emerg Med* 2007; 25(9):1057-1062.

103. Wurmb TE, Fruhwald P, Knuepffer J et al. Application of standard operating procedures accelerates the process of trauma care in patients with multiple injuries. *European Journal of Emergency medicine* 2008.
104. Wurmb T, Fruhwald P, Hopfner W, Keil T, Kredel M, Brederlau J et al. Whole-body Multislice Computed Tomography (MSCT) as the first line diagnostic tool in patients with multiple trauma: The focus on time. *J Trauma* 2008.
105. Wurmb T, Quaisser C, Kredel M et al. Whole-body Multislice Computed Tomographie (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. *Emergency Medicine Journal* 2010. In press.
106. Wurmb T, Balling H, Frühwald P et al. Polytraumamanagement im Wandel. Zeitanalyse neuer Strategien für die Schockraumversorgung. *Unfallchirurg* 2009; 112:390-399.

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. med. Thomas Wurmb für die Fragestellung und Betreuung der vorliegenden Arbeit. Ohne seine konstruktive Kritik, Motivation und Geduld, die Bereitstellung optimaler Arbeitsbedingungen und eine sehr enge Zusammenarbeit wäre die vorliegende Promotion nicht realisierbar gewesen.

Herrn Prof. Dr. med. N. Roewer danke ich für die Möglichkeit zur Promotion und die Unterstützung bei der Durchführung der vorliegenden Arbeit sowie für die Übernahme des ersten Referates. Herrn PD Dr. med. C. Wunder möchte ich für seine Unterstützung in der Schlussphase der Arbeit danken.

Herrn Prof. Dr. med. Werner Kenn danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Zwei Kollegen haben mir die Datenerhebung durch ihre Unterstützung sehr erleichtert: Herrn Thomas Wolf möchte ich für seine Hilfe in allen EDV-Fragen, Herrn Dr. med. Markus Kredel für die Kontrolle der Statistik herzlich danken.

Ich habe mich als erstes Mitglied unserer Familie für den ärztlichen Beruf entschieden. Ohne die unermüdliche Motivation und Hilfe meiner Eltern und meiner Schwester wäre mein bisheriger Weg nicht möglich gewesen. Insbesondere meine Eltern haben auch in harten Zeiten immer an mich und meinen Lebens Traum geglaubt und mich während des Studiums und später (während der Entstehung dieser Arbeit parallel zur Berufstätigkeit und zu meiner Zeit auf der Intensivstation) in unschätzbare Weise unterstützt. Ohne sie wäre ich heute nicht da, wo ich bin. Daher widme ich ihnen die vorliegende Arbeit.

Meinem Vater möchte ich außerdem für die ersten Korrekturen danken.

Ein nicht alltägliches Dankeschön geht an das Pflegepersonal der Anästhesiologischen Intensivstation/ O53: Bereits während meiner Studienzeit habe ich auf der „WachB“ sehr viel lernen dürfen, was mich später geprägt und meinen weiteren Weg bestimmt hat. Während meiner Zeit als Stationsärztin und während der Arbeit an der vorliegenden Promotion haben mir viele ermunternde Worte und Hilfestellungen im Arbeitsalltag die Doppelbelastung sehr erleichtert. Deshalb ist auch der „WachB“ diese Arbeit gewidmet.



## **Tabellarischer Lebenslauf von Constanze Quaisser**

10.03.1977 geboren in Göttingen als zweite Tochter von  
Christa Quaisser, geb. Abel (Realschullehrerin)  
und Dietmar Quaisser (Studiendirektor)

### Schulbildung:

1981-1983 Besuch eines Kindergartens im Wohnort Rosdorf  
1983- 1987 Besuch der Grundschule Bonifatiuschule I (katholische  
Angebotsschule) in Göttingen  
1987- 1989 Besuch der Orientierungsstufe Lutherschule in Göttingen  
1989- 1996 Besuch des Theodor-Heuss-Gymnasium in Göttingen  
09/1993-12/1993 Besuch der Public School in Petersfield/Hampshire England  
1996 Abitur am Theodor-Heuss-Gymnasium in Göttingen (Note 1,4)

### Studium:

1996- 2003 Studium der Humanmedizin an der Julius-Maximilians-  
Universität Würzburg  
03/1999 Ärztliche Vorprüfung  
03/2001 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
09/2002 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung  
10/2002-09/2003 Praktisches Jahr (JMU Würzburg)  
11/2003 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

### Ärztliche Tätigkeit

12/2003 Arbeitserlaubnis/ vorläufige Approbation als Ärztin im Praktikum  
(Regierung von Unterfranken)  
12/2003- 09/2004 Ärztin im Praktikum an der Klinik und Poliklinik für  
Anästhesiologie der Universität Würzburg  
(Direktor: Prof. Dr. N. Roewer)  
10/2004 Approbation (Regierung von Unterfranken)

- seit 10/2004 Assistenzärztin an der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie der Universität Würzburg (Direktor: Prof. Dr. N. Roewer)
- 06/2005-06/2006 Zusatzweiterbildung Spezielle Schmerztherapie an der Schmerzambulanz der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie (Prof. Dr. med. G. Sprotte)

#### Fachkunden

- 2006 Fachkunde Rettungsdienst der Bayerischen Landesärztekammer

#### Weitere medizinische Tätigkeiten

- seit 2004 ehrenamtliche Tätigkeit als Notärztin im Bayerischen Roten Kreuz
- seit 2009 Mitglied der Arbeitsgruppe Simulation am Simulationszentrum der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie der Universität Würzburg (Direktor: Prof. Dr. med. N. Roewer)

Würzburg, den 04. Juni 2010