

Aus dem Klinikum Ingolstadt

Institut für Anästhesie und Intensivmedizin

Direktor: Professor Dr. G. Lenz

**Analyse und Vergleich zweier
Schockraumversorgungsstrategien an einem
Krankenhaus der Schwerpunktversorgung**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Angelika Susanne Grünes

aus

Kempton (Allgäu)

2008

Dekan:

Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. G. Lenz

2. Berichterstatter:

Privatdozent Dr. T. Schroeder

Für meine Familie

-

Meine Eltern, meinen Mann und meine Kinder

	Abkürzungsverzeichnis	7
1	Einleitung	9
1.1	Allgemeines	9
1.2	Zeit als Kritischer Faktor	10
1.3	Historische Entwicklung der Polytrauma-Diagnostik	11
1.4	Transporttrauma	12
1.5	Fortschritte in der Computertomographie	12
1.6	Anforderungen an eine moderne Schockraumversorgung	13
1.7	Fragestellung und Zielsetzung	13
2	Patienten, Material und Methoden	15
2.1	Multilokales-Konzept (April 2003 - Februar 2004)	15
2.1.1	Ablauf von Versorgung und Diagnostik	15
2.1.2	Lageplan	16
2.1.3	Ausstattung	16
2.2	Ein-Raum-Konzept (Februar 2004 – Dezember 2004)	17
2.2.1	Schockraumalgorithmus	18
2.2.2	Lageplan	24
2.2.3	Ausstattung	24
2.2.3.1	MSCT	24
2.2.3.2	CT-Tisch und „Gleitende Gantry“	25
2.2.3.3	Befundungs- / Schaltraum	27
2.2.3.4	Anästhesie- Notfall-Transport-Einheit : „Life-Support-Trolley“	28
2.2.4	Untersuchungsprotokoll Polytrauma	30
2.2.5	Bildberechnung und Rekonstruktion	32
2.3	Dokumentation der Zeitabläufe	34
2.3.1	Dokumentationsbogen 1 und 2	35

2.3.2	Dokumentationsbogen 3	35
2.3.3	Zeiterfassung mittels Handheldcomputer	35
2.3.4	Injury Severity Score (ISS)	36
2.4	Patientenkollektiv	37
2.4.1	Einschlusskriterien	37
2.4.2	Ausschlusskriterien	38
2.4.3	Abbruchkriterien	38
2.5	Angaben zur Statistik	38
3	Ergebnisse	39
3.1	Patientenkollektiv	39
3.1.1	Geschlechts- und Altersverteilung	39
3.1.2	Verletzungsschwere	40
3.1.3	Unfallursachen, Verletzungsmuster	41
3.2	Versorgungszeiten	43
4	Diskussion	46
4.1	Diskussion der Methodik	46
4.1.1	Aufnahmekriterien	46
4.1.2	Schockraum-Algorithmus	47
4.1.3	MSCT	50
4.1.3.1	CT-Tisch und Gleitende Gantry	50
4.1.3.2	Anästhesie- Notfall-Transport-Einheit (Life-Support-Trolley)	51
4.1.3.3	Radiologisches Untersuchungsprotokoll - „Polytrauma-Spirale“	52
4.1.3.4	Bildberechnung und Rekonstruktion	53
4.1.4	Dokumentation	53
4.2	Diskussion der Ergebnisse	55
4.2.1	Patientenkollektiv	55
4.2.1.1	Demographische Daten	57

4.2.1.2	Verletzungsschwere	58
4.2.1.3	Verletzungsmuster	58
4.2.2	Versorgungszeiten	62
4.2.2.1	Interner Vergleich	62
4.2.2.2	Vergleich mit Daten aus früheren Studien	64
4.2.2.3	Externer Vergleich	65
5	Zusammenfassung	67
6	Anhang	69
7	Literaturverzeichnis	74
	Danksagung	92
	Lebenslauf	93

Abkürzungsverzeichnis

AEC	Automatische Expositions Kontrolle
AIS	Abreviated Injury Score
a.p.	anterior posterior (Strahlengang)
BG	Berufsgenossenschaft
BWS	Brustwirbelsäule
CCT	Craniales Computertomogramm, Schädel-CT
CT	Computertomograph, Computertomographie, Computertomogramm
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
DK	Dauerkatheter
EKG	Elektrokardiogramm
FAST	Focussed Assessment with Tomographie for Trauma
HCG	Humanes Choriongonadotropin
HWS	Halswirbelsäule
ISS	Injury Severity Score
KM	Kontrastmittel
LKW	Lastkraftwagen
LWS	Lendenwirbelsäule
MinIP	Minimum Intensity Projection
MIP	Maximum Intensity Projection
MPR	Multiplanare Rekonstruktionen
MS	Magensonde
MSCT	Mehrschicht-Spiral-CT
NIBP	Non-invasive Blood-Pressure
OP	Operationssaal
PACS	Picture Archiving and Communication System
PC	Personal Computer
PKW	Personekraftwagen
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SSD	Shaded Surface Display
SSW	Schwangerschaftswoche

VRT	Volume Rendering Technik
ZNA	Zentrale Notaufnahme
ZVK	Zentraler Venen Katheter

1 Einleitung

1.1 Allgemeines

Jährlich erleiden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 580.000 Menschen schwerwiegende Verletzungen, wovon nach Angaben des statistischen Bundesamtes im Jahre 2004 33.309 Menschen an den unmittelbaren und mittelbaren Folgen verstarben [www.destatis.de]. Der Tod durch Trauma ist die häufigste Todesursache der unter 45-jährigen und verursacht in dieser Altersgruppe mehr verlorene Erwerbstätigkeitsjahre pro Jahr als Herz-Kreislauf- und Tumorerkrankungen zusammen [Nast-Kolb et al., 2004, Pape et al., 2003, Wick et al., 1997]. Die direkten und indirekten unfallbedingten Kosten werden in Deutschland pro Jahr auf 50 Milliarden Euro geschätzt [Nast-Kolb et al., 2004]. Vor diesem Hintergrund kommt der Behandlung Schwerverletzter eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu [Nast-Kolb et al., 2004].

Früher verstarben die meisten Unfallopfer vor Erreichen einer Klinik ("...da die Lebensgefahr in unmittelbarer Nähe des Ereignisses am größten ist."), Prof. Martin Kirschner 1938, Heidelberger Chirurg [Ahnefeld und Brandt, 2002, Ahnefeld, 2003, www.klinikum.uni-heidelberg.de/Notaerztliche-Taetigkeit.8240.0.html].

Die Ursachen hierfür lagen in ausgedehnten Rettungszeiten mit langen therapiefreien Intervallen, ungenügender Atemwegssicherung und Oxygenierung sowie inadäquater Volumentherapie [Haas et al., 1995, Ruchholtz et al., 1994].

Da in den letzten Jahren durch die verbesserte präklinische Therapie zunehmend auch instabile und metastabile Patienten die Notaufnahme einer Klinik erreichen, steigen die Anforderungen an die Versorgung in der aufnehmenden Klinik [Bouillon und Neugebauer, 2001, Mutschler et al., 1996, Trupka et al., 1998b, Ziegenfuß, 1998].

1.2 Zeit als kritischer Faktor

Von den Patienten, welche lebend die Klinik erreichen, sterben während des Krankenhausaufenthalts 16% [Traumaregister der AG-Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU)], davon die Hälfte innerhalb der ersten 24 Stunden [Nast-Kolb et al., 2004]. Daher wird die initiale Zeitphase nach Aufnahme der Patienten in ihrer Bedeutung für den weiteren Krankheitsverlauf von diversen Autoren explizit dokumentiert [Linsenmaier et al., 2002, Mutschler und Kanz, 2002]. Die Frühletalität ist in der Regel Folge der direkten Gewalteinwirkung (z.B. protrahiertes Schockgeschehen, Spannungspneumothorax oder schweres Schädel-Hirn-Trauma) und könnte, zumindest teilweise, durch die gezielte und schnelle Behandlung im Schockraum vermindert werden [Nast-Kolb et al., 2004].

Der weitere Krankheitsverlauf nach Trauma (Schockfolgereaktionen, Organfunktionsstörungen und Infektionen) wird dann maßgeblich durch den Zeitpunkt und die Vollständigkeit der Diagnostik, den initialen Behandlungsablauf, Art, Umfang und Zeitpunkt operativer Maßnahmen sowie durch Komplikationen der Therapie beeinflusst [Michaelson und Levi, 1997, Mutschler et al., 1996].

Cowley, ein Pionier der modernen Traumaversorgung, prägte den Begriff der „golden hour of shock“. Er postulierte, dass die meisten Patienten im Schock versterben würden, wenn durch unzureichende oder nicht vorhandene Blutzirkulation entsprechende biochemische Veränderungen im Körper entstünden. Er glaubte, dass die meisten Traumapatienten gerettet werden könnten, wenn es gelänge, in der ersten Stunde des Schocks die Blutung zu stoppen und den Blutdruck zu stabilisieren [Cowley, 1976]. Neuere Arbeiten bestätigen ebenfalls die zentrale Rolle des Faktors Zeit bei der Behandlung von Schwerverletzten [Clarke et al., 2002, Henderson et al., 2000, Ruchholtz et al., 2001].

Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass die Überlebenschancen eines Patienten häufig durch die gleichen Faktoren negativ beeinflusst wird, und dies unabhängig von Größe und Versorgungsstufe des Krankenhauses. Dies sind Verzögerungen in der

Diagnostik, Nichterkennen oder Unterschätzung von Verletzungen und die zu spät eingeleitete adäquate Therapie [Nast-Kolb et al., 2004, Woltmann und Bühren, 2004].

Ein effizientes modernes Schockraummanagement muss dazu beitragen, dies zu vermeiden. Lebensbedrohliche Verletzungen müssen frühzeitig erkannt und behandelt werden, um die für den sekundären Verlauf verantwortlichen Folgemechanismen des traumatisch-hämorrhagischen Schockgeschehens zu reduzieren. Auf diese Weise kann das Outcome schwer Traumatisierter positiv beeinflusst werden [Nast-Kolb et al. 1993, Petrie, 1988, Ruchholtz, 2000, Ziegenfuß, T. 1996].

1.3 Historische Entwicklung der Polytrauma-Diagnostik

Bis in die frühen 80er Jahre des letzten Jahrhunderts wurden schwerverletzte Patienten zunächst in der chirurgischen Notaufnahme untersucht, stabilisiert und mit den notwendigen Zugängen versorgt. Um schwerwiegende Verletzungen im Abdomen nachzuweisen oder auszuschließen, wurde eine Peritoneallavage durchgeführt [Pfeifer und Reiser, 2002].

Im Anschluss daran wurde der Patient über zum Teil lange Wege in die Radiologie transportiert, wo Röntgenaufnahmen des Thorax, der Wirbelsäule und des Beckens sowie der Extremitäten angefertigt wurden [Pfeifer und Reiser, 2002].

Bei klinischem Verdacht auf ein schweres SHT wurden serielle Schädelröntgenaufnahmen durchgeführt. Die einzige Möglichkeit, ein intrakranielles Ödem mit Mittellinienverlagerung nachzuweisen, bestand in der radiologischen Positionsbestimmung der häufig verkalkten Glandula pinealis [Harris, 2001].

Erst danach hielten die Ultraschall-Untersuchung zur Diagnostik des Abdominaltraumas und die Computertomographie zur Diagnostik intrakranieller Verletzungen Einzug als Standardverfahren in der Versorgung polytraumatisierter Patienten [Pfeifer und Reiser, 2002].

Inzwischen ist in der Diagnostik und Therapie Schwerverletzter durch die Weiterentwicklung der bildgebenden Verfahren ein tiefgreifender Wandel im Schockraummanagement eingetreten, wobei die Computertomographie (CT) eine zentrale Rolle einnimmt [Linsenmaier et al., 2002].

Die zurzeit gültigen Konzepte sehen vor, dass die Schwerverletzten in einem Schockraum möglichst gleichzeitig stabilisiert und diagnostiziert werden [Pfeifer und Reiser, 2002].

1.4 Transporttrauma

Durch die räumliche Trennung der Diagnostikstationen, die ein schwerverletzter Patient zu durchlaufen hat, treten teilweise erhebliche zeitliche Verzögerungen im Verlauf der Bildgebung auf. Gerade bei einer CT-Indikation sind die durch Wege- und möglicherweise durch Wartezeiten verursachten diagnostikfreien Intervalle, sowie die Belastungen für den Patienten durch Umlagerungen oft sehr hoch [Gralla et al., 2004, Häuser et al., 1998].

Jedes Umlagern kann die Patienten gefährden und bei Patienten mit Wirbelsäulen- bzw. Rückenmarkverletzungen zu zusätzlichen Schäden führen. Weitere Gefahren sind Tubusdislokation oder versehentliche Extubation, Verlust von Zugängen oder Drainagen und das Abknicken von Infusions- oder Perfusorleitungen [Hilbert et al, 2005]. Die Summe aller auf den Patienten durch den Transport einwirkenden schädigenden Faktoren wird allgemein als Transporttrauma bezeichnet [Poloczek und Madler, 2000].

1.5 Fortschritte in der Computertomographie

Seit ihrer Einführung in die Klinik durch Hounsfield und Ambrose im Jahr 1972 hat die Computertomographie eine dramatische Entwicklung erfahren [Hilfiker et al., 2001, Löw et al., 2001]. Vor allem seit der klinischen Einführung des Spiral-CT im Jahr 1991 ersetzt die Schnittbilddiagnostik zunehmend andere bildgebende und invasive Untersuchungsverfahren [Kopp et al., 2000].

Mit der Einführung und Weiterentwicklung der Mehrschicht-Spiral-CT (MSCT) zum Ende des 20. Jahrhunderts verstärkte sich diese Tendenz noch weiter

[Häuser und Bohndorf, 1998, Hilfiker et al., 2001, Kanz et al., 2004, Linsenmaier et al., 2002].

„Die CT ist wesentlicher Bestandteil der bildgebenden Diagnostik in der frühen klinischen Behandlungsphase und kann durch kein anderes Verfahren auch nur annähernd ersetzt werden“, betonte Linsenmaier 2002 [Linsenmaier et al., 2002b].

Durch weitere Verkürzung der CT-Untersuchungszeiten mit Hilfe von vorprogrammierten Untersuchungsprotokollen, kontinuierlicher Bilddatenakquisition, schneller Online-Bildberechnung und Monitorbefundung kann die Computertomographie inzwischen als „Trauma-Ganzkörperdiagnostik“ in den ersten Minuten nach Aufnahme in der Klinik eingesetzt werden [Kanz et al., 2004, Kreitner et al., 2004, Löw et al., 2001].

1.6 Anforderungen an eine moderne Schockraumversorgung

Aus dem oben genannten Punkten ergeben sich die folgenden Forderungen an eine moderne Schockraumversorgung:

- Zeitsensitiver Schockraumalgorithmus
- Umfassende Diagnostik in der Frühphase, um eine Unterschätzung oder das Übersehen von Verletzungen zu vermeiden
- Vermeiden von Umlagerungen zur Verminderung des Transporttraumas
- Verminderung diagnostikfreier Intervalle

1.7 Fragestellung und Zielsetzung

Im Februar 2004 wurde das herkömmliche multilokale Schockraumkonzept am Klinikum Ingolstadt durch ein neues Ein-Raum-Konzept abgelöst.

Die vorliegende prospektive Arbeit beschäftigt sich mit der Einführung, Etablierung und Optimierung dieses Ein-Raum-Konzeptes zur Primärversorgung schwerverletzter und polytraumatisierter Patienten in einem Traumazentrum der Maximalversorgungsstufe (entsprechend dem amerikanischen Level I und II) [Kühne et al., 2006].

Es ist Ziel dieser Arbeit, als Teil des Qualitätsmanagements die Umsetzung dieses Ein-Raum-Konzeptes zu beschreiben und zu bewerten. Die Vorteile des neuen Konzeptes, aber auch seine Probleme und Schwierigkeiten sollen hier beleuchtet werden.

Weiterhin findet ein externer Vergleich mit Daten aus der aktuellen Literatur und des Traumaregisters der DGU statt.

Vorrangig werden beide Konzepte hinsichtlich der Versorgungs- und Diagnostikzeiten miteinander verglichen.

2 Patienten, Material und Methoden

2.1 Multilokales Konzept (April 2003 - Februar 2004)

Am Klinikum Ingolstadt wurden bis Februar 2004 alle als schwerverletzt gemeldeten Patienten nach dem multilokalen Diagnostikkonzept erstversorgt.

Im ersten Teil der Untersuchung von April 2003 bis Februar 2004 wurde der Zeitbedarf für dieses Erstversorgungskonzept an Hand des „Dokumentationsbogens 1“ (siehe Anhang) handschriftlich erfasst.

2.1.1 Ablauf von Versorgung und Diagnostik

Jeder intubierte Traumapatient und alle Patienten, bei denen Anästhesiepräsenz angefordert wurde, kamen primär in den Schockraum. Dort fand die Übergabe vom einliefernden Notarzt an das vorab informierte Schockraum-Team statt, bestehend aus mindestens vier Ärzten mit Facharztstandard (Unfallchirurg, Anästhesist, Neurochirurg und Radiologe) und einem vierköpfigen Pflorgeteam (zwei Pflegeassistenten der Notaufnahme, ein Anästhesieassistent und ein technischer Radiologieassistent). Nach Erstuntersuchung und Sicherung der Vitalfunktionen wurde bei jedem Patienten obligat eine Schockraum-Sonographie („FAST“ = focussed assessment with sonography for trauma) durch den Radiologen durchgeführt. Mit ihr konnten Herz, Thorax, Abdomen und Retroperitonealraum orientierend beurteilt werden. Parallel dazu wurden durch die Anästhesie das invasive Monitoring, ausreichend großlumige venöse Zugänge, gegebenenfalls auch ein zentraler Venekatheter etabliert. Die chirurgischen Pflegeassistenten der Notaufnahme waren für die Blutabnahme, die Bestellung der Blutkonserven, die Anlage eines Blasenkatheters, Antibiotikagabe und die Tetanusimpfung zuständig.

Das weitere Behandlungskonzept mehrfachverletzter Patienten basierte auf einem prioritätenorientierten Algorithmus. Je nach Verletzungsschwere und Verletzungsmuster wurden die Diagnostik- und Versorgungsschritte geplant und

durchgeführt.

Die röntgenologische Untersuchung umfasste mindestens eine Thoraxaufnahme. Weitergehende Röntgendiagnostik erfolgte adaptiert an das Verletzungsmuster des Patienten, wie zum Beispiel konventionelle oder computertomographische Aufnahmen von Schädel, Halswirbelsäule (HWS), Brustwirbelsäule (BWS), Lendenwirbelsäule (LWS), Becken und Extremitäten.

2.1.2 Lageplan

Der „alte“ Schockraum (36,5 m² Fläche) war in die zentrale Notaufnahme eingebunden und befand sich circa 15 m von der Krankenwagenanfahrt entfernt.

Die stationäre Röntgenanlage der Notaufnahme ist drei Räume entfernt (16 m) auf der gleichen Etage untergebracht. Der Computertomograph befindet sich ebenfalls auf dieser Etage, circa 75 m entfernt im Institut für Radiologie. Der OP-Bereich und die Intensivstationen befinden sich in der 4. Ebene und sind über den Aufzug in ca. 120 m zu erreichen.

2.1.3 Ausstattung

Neben der instrumentellen und medikamentösen anästhesiologischen Ausstattung des „alten“ Schockraums (stationäres und mobiles Beatmungsgerät, Monitor, Defibrillator, arterielle und venöse Kathetersysteme, Druckinfusionsgeräte, Blasenkathetersets und Magensonden) verfügt er über chirurgische Sets für kleinere und größere chirurgische Wundversorgung, Tracheotomie, Thoraxdrainage, Notfallthorakotomie und -laparotomie, Venae-Section sowie Schienen- und Gipsverbandmaterialien und spezielles Verbandmaterial für Schwerbrandverletzte. Ein mobiles Sonographiegerät und eine mobile Röntgeneinheit werden ebenfalls im Schockraum vorgehalten.

Die Patienten werden auf einem mobilen strahlendurchlässigen Schockwagen gelagert, mit dem sie auch zur weitergehenden Diagnostik und anschließend in den Operationssaal (OP) oder auf die Intensivstation transportiert werden können (siehe Abbildung 1).

Eine stationäre radiologische Röntgeneinheit ist in einem Nebenraum 16 m vom

Schockraum entfernt untergebracht. Der Sub-Second-Spiral-CT (Somatom Plus 4, Siemens AG Medical Solutions, Forchheim, Deutschland) befindet sich in der Abteilung für Radiologie 75 m vom Schockraum entfernt.

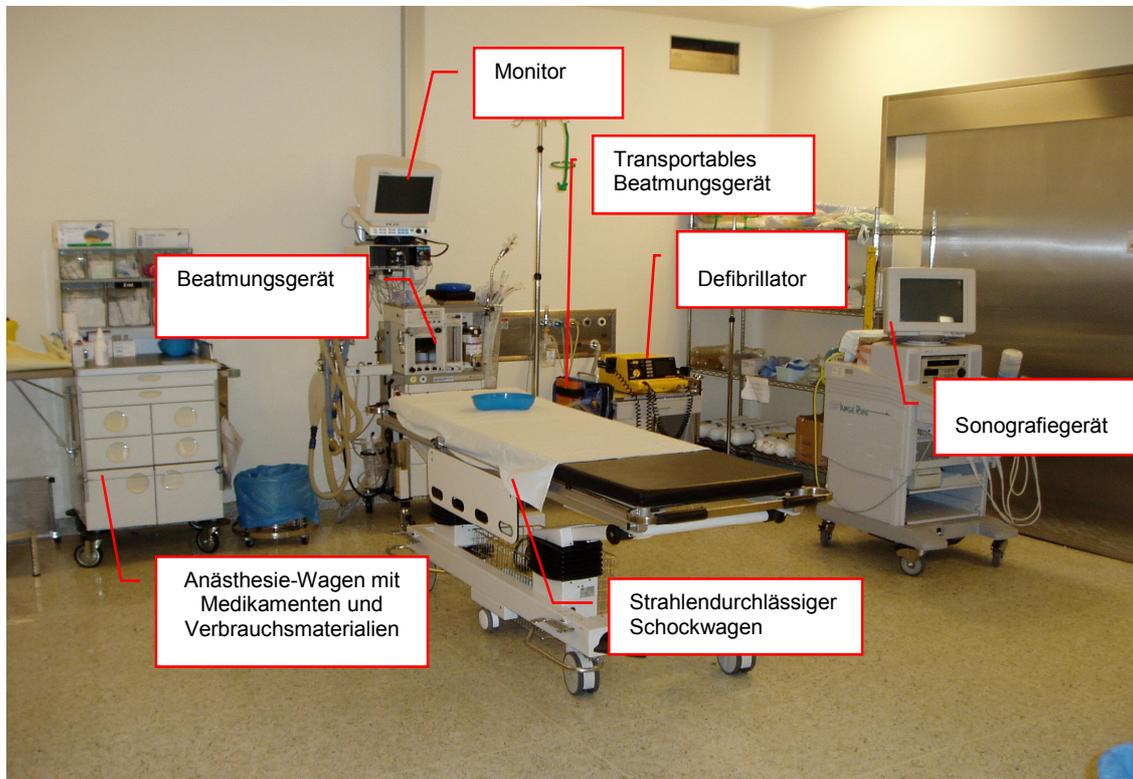


Abbildung 1: Ausstattung des Schockraumes beim multilokalen Konzept (eigene Aufnahme)

2.2 Ein-Raum-Konzept (Februar 2004 – Dezember 2004)

Seit Februar 2004 erfolgt die Erstversorgung und Diagnostik von Schwerverletzten im „Neuen Schockraum“, der nach dem Ein-Raum-Konzept konzipiert wurde (siehe Abbildung 2). Dies bedeutet, dass nunmehr Versorgung und Diagnostik vollständig in nur einem Raum durchgeführt werden können. Die Daten für die Versorgung nach dem Ein-Raum-Konzept wurden in dem Zeitraum von Februar 2004 bis Dezember 2004 mit Hilfe des „Dokumentationsbogen 2“ (im Anhang) erhoben.

Des Weiteren wurde die Möglichkeit der computergestützten Dokumentation über einen Handheld der Firma Palm[®] genutzt.

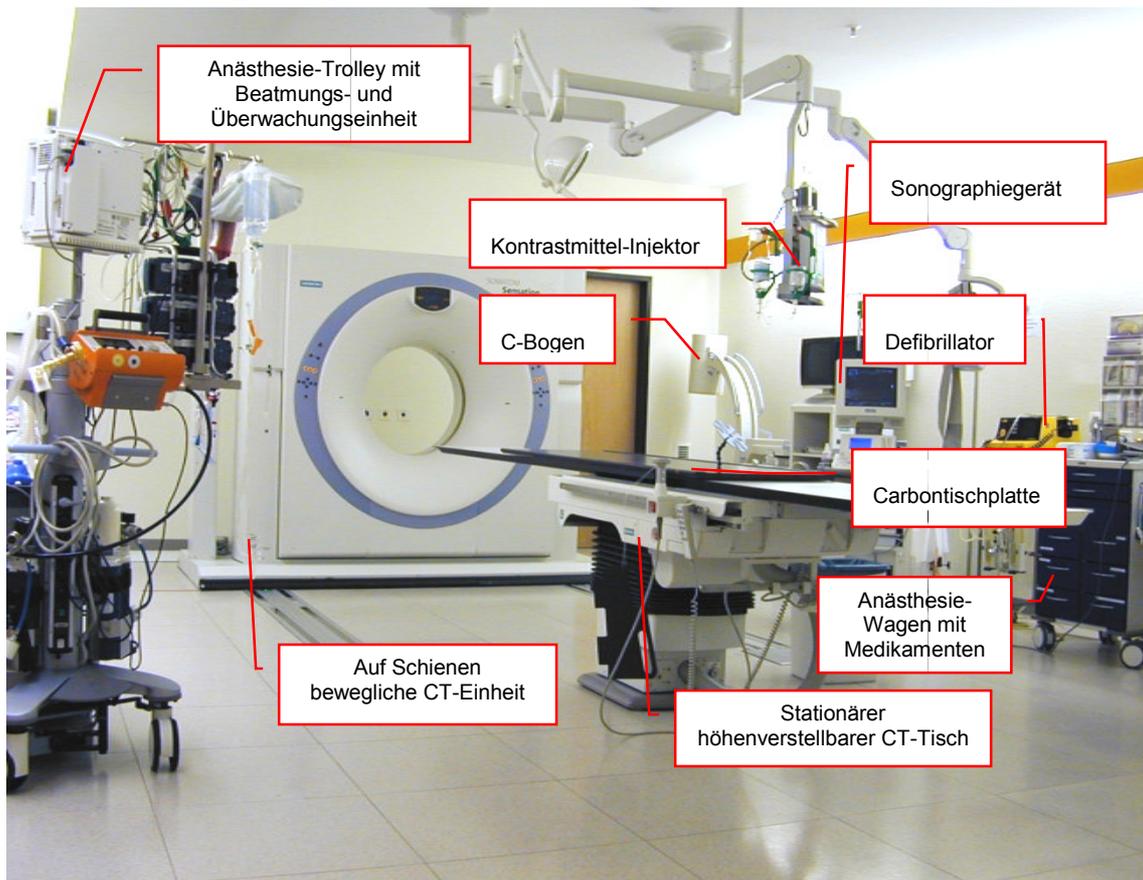


Abbildung 2: Schockraum des Ein-Raum-Konzept mit 16-Zeilen-CT (eigene Aufnahme)

2.2.1 Schockraumalgorithmus

Für die Aufnahme in den MSCT-Schockraum in Ingolstadt sind von dem interdisziplinären und multiprofessionellen Qualitätszirkel Polytraumamanagement Entscheidungskriterien (Abbildung 3) festgelegt worden, um eine klinische Unterschätzung von schwerverletzten Patienten zu vermeiden. Kriterien dieser Art kommen in den meisten anerkannten Traumazentren Deutschlands/Europas [Linsenmaier et al., 2002, Rieger et al., 2002, Ruchholtz et al., 2002] zur Anwendung. Sie bewerten den Patienten nach Vitalparametern, Unfallmechanismus und Verletzungsmuster.

Wenn eines oder mehrere dieser Aufnahmekriterien zutreffen, soll bereits durch den Notarzt bzw. den Rettungsdienst eine Aufnahme des Patienten in den Schockraum veranlasst werden. Dies geschieht normalerweise vorab durch die Anmeldung der Rettungsleitstelle, spätestens jedoch bei Einlieferung des Patienten in die Klinik.

Direkt nach Anmeldung eines Patienten über die Rettungsleitstelle werden das

Schockraumteam alarmiert und alle Vorbereitungen für die Übernahme des Schwerverletzten getroffen. Im MSCT-Schockraum, der auch im Normalbetrieb als CT genützt wird, werden die gerade laufenden Untersuchungen schnellstmöglich beendet bzw. im Notfall abgebrochen, damit dieser bei Eintreffen des angemeldeten Patienten uneingeschränkt und sofort für den schwerverletzten Patienten zu Verfügung steht.

Der angemeldete Patient wird vom Anästhesisten und den Chirurgen, wie bisher, in der zentralen Notaufnahme erwartet und sofort, noch auf der Rettungsdiensttrage, in den MSCT-Schockraum transportiert. Dort findet die Übergabe des Notarztes an das versammelte interdisziplinäre Schockraumteam statt.

Im Schockraum wird der Patient von der Rettungsdiensttrage auf eine spezielle Carbonplatte auf den CT-Tisch umgelagert. Darauf verbleibt er während der gesamten Schockraumdiagnostik und –versorgung.

Die Versorgung des Patienten läuft nach einem standardisierten Schockraumalgorithmus ab, in dem alle Versorgungs- und Diagnostikschritte festgelegt sind. Der etablierte Algorithmus von Nast-Kolb [Nast-Kolb et al., 1994, Waydhas et al., 1997 b, <http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/II/chunf-19.htm>] wurde speziell auf die Versorgung in einem Ein-Raum-Konzept, mit der CT-Untersuchung als zentrale Diagnostik in den ersten Minuten der klinischen Versorgung, angepasst (Tabelle 1).

Aufnahmekriterien für den MSCT-Schockraum nach Einschätzung des Notarztes sowie

Störung der Vitalparameter	Unfallmechanismus	Verletzungsmuster
GCS < 13	Explosionsverletzung	Instabiler Thorax
Syst. Blutdruck < 90 mmHg	Verschüttung	Offene Thoraxverletzung
Atemfrequenz < 10 / min	Sturz > 3m Höhe	Instabile Beckenfraktur
Atemfrequenz > 29 / min	Tod eines Beifahrers	Frakturen von > 1 großen Röhrenknochen
Sauerstoffsättigung < 90%	Fahrzeugüberschlag	Makroamputation
Sauerstoffsättigung < 85% bei Pat. > 75 Jahre	Einklemmung im Fahrzeug Fahrradfahrer oder Fußgänger angefahren Auto- oder Motorradunfall mit hoher Geschwindigkeit	Rippenserienfraktur plus Zusatzverletzung

Die Filterkriterien sollen eine klinische Unterschätzung von schwerverletzten Patienten vermeiden, die bei fehlerhafter Aufnahme in die allgemeine Ambulanz einer erheblichen Gefährdung ausgesetzt sind.

Abbildung 3: Aufnahmekriterien für den MSCT-Schockraum am Klinikum Ingolstadt

Noch auf der Rettungsdiensttrage erfolgt die Übergabe des Patienten vom Notarzt an das versammelte Schockraumteam. Der Patient wird auf den CT-Tisch umgelagert und lebensrettende Sofortmaßnahmen werden begonnen beziehungsweise fortgeführt. Des Weiteren wird ein nichtinvasives Monitoring, bestehend aus Pulsoymetrie, Elektrokardiographie (EKG) und einer automatischen nichtinvasiven Blutdruckmessung etabliert (Phase ALPHA).

Im Anschluss daran (Phase BETA) erfolgt eine kurze körperliche Untersuchung, um lebensbedrohliche Verletzungen und Störungen zu erkennen, wenn möglich sofort zu beheben und um die nachfolgende computertomographische Ganzkörperuntersuchung zu planen und vorzubereiten. Parallel dazu wird Blut für ein orientierendes Laborscreening, die Bereitstellung der Blutkonserven und für eine Blutgasanalyse entnommen.

In der Phase CHARLIE wird die computertomographische Ganzkörperuntersuchung nach dem weiter unten dargestellten Untersuchungsprotokoll durchgeführt.

Direkt nach der Bilderfassung in der Zeit der Bildaufbereitung und -rekonstruktion erfolgt die weitere Versorgung der Traumapatienten.

Alle nötigen Überwachungs-, Versorgungs- und Stabilisierungsmaßnahmen, wie invasive Blutdruckmessung, Anlage eines Shaldon-Katheters und/ oder einer Thoraxdrainage, sowie die Gabe von Blutprodukten, können in dieser Zeit ohne zusätzlichen Zeitverlust erfolgen.

In der Phase DELTA wird der Patient bereits je nach Diagnose entweder in den OP oder auf die Intensivstation gebracht.

Herkömmliche Röntgenaufnahmen werden nur noch unter Reanimationsbedingungen durchgeführt oder wenn sie für die OP-Planung unerlässlich sind.

Grundsätzlich können alle erforderlichen Bilder mittels Rekonstruktion aus den CT-Rohdaten in den 3 Standardausrichtungen (koronar, axial und sagittal) erstellt werden.

Tabelle 1: Schockraumalgorithmus für das Ein-Raum-Konzept (Klinikum Ingolstadt)

Zeit	Phase	Inhalt	Klinische Untersuchung	Bildgebende Diagnostik	Therapie	
1 min	ALPHA	Übergabe Lagerung Lebensrettende Sofortmaßnahmen	Erfassung der Vitalparameter		ABC-Maßnahmen Monitoring etablieren (Pulsoxymeter, EKG, NIBP)	Infusions-, Transfusions- und Katecholamintherapie
5 min	BETA	Diagnostik und Therapie akut lebensbedrohlicher Verletzungen Radiologische Vorbereitung für MSCT: Tischvorschub einstellen, KM-Injektion vorbereiten	Ganzkörperuntersuchung Erfassung und Therapie lebensbedrohlicher Verletzungen Blutentnahme und Konservenbestellung Entfernung großer Metallteile (z.B. Halskette, Gürtelschnalle)	Simultan: Notfallsonographie (extrem instabile, reanimationspflichtige Patienten) Röntgen-Thorax (Beatmungsprobleme, V.a. Spannungspneumothorax)	Notfallintubation Sofort-OP im Schockraum (Thoraxdrainage, Laparotomie, Thoraktomie) Perikardpunktion	
30 min	CHARLIE	Primärdiagnostik nach Organläsionen Kompletterung der Diagnostik	z.B. Bronchoskopie Dopplersonographie	MSCT Bildrekonstruktion Evtl. Skelettröntgen Evtl. Angio-CT	Unmittelbar nach Scanvorgang ggf. invasives Monitoring (arterielle Druckmessung, ZVK, DK, MS) Antibiose Tetanol/ Tetagam	
> 30 min	DELTA	OP/ Intensiv				

In folgenden Situationen wird unter Umständen ein vom Schockraumalgorithmus abweichendes Vorgehen nötig.

- Bei reanimationspflichtigen Patienten wird auf die sofortige CT-Untersuchung verzichtet und es wird primär unter Fortführung der Reanimations- und Stabilisierungsmaßnahmen eine Schockraumsonographie zum Ausschluss freier abdomineller Flüssigkeit durchgeführt und eine herkömmliche a.p.-Röntgen-Thorax-Aufnahme angefertigt.
- Schwangere Patientinnen: Bei einer offensichtlichen oder bekannten Gravidität wird zunächst vor Durchführung einer CT-Untersuchung, abweichend vom allgemeinen Schockraumalgorithmus, die Schwangerschaft sonographisch beurteilt. Wenn nötig wird noch im Schockraum ohne Zeitverzögerung ein Notkaiserschnitt durchgeführt.
- Darüber hinaus wird bei allen Patientinnen das β -HCG im Serum bestimmt, um eine bestehende Schwangerschaft nicht zu übersehen. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf den regulären Ablauf des Schockraumalgorithmus.
- Bei Kindern wird im Allgemeinen nach dem herkömmlichen Schockraumalgorithmus vorgegangen und eine Ganzkörper-CT-Untersuchung durchgeführt.
- Extrem adipöse Patienten (ab ~140 kg) werden entgegen des allgemeinen Schockraumalgorithmus mit dem Kopf in Richtung Gantry gelagert. Dieses Vorgehen ist nötig, da bei zu voluminösen Körpern die Öffnung der CT-Gantry unter Umständen nicht ausreicht um eine Ganzkörperuntersuchung durchzuführen. Bei der Lagerung kopfwärts in Richtung Gantry kann in diesen Fällen zumindest das Schädel-CT (CCT) ohne Umlagern sicher durchgeführt werden. Im Anschluss kann, bei ausreichender Gantryöffnung, die restliche Untersuchung angeschlossen werden oder es muss auf die konventionelle Radiographie bzw. Sonographie ausgewichen werden.

2.2.2 Lageplan

Der „Neue Schockraum“ befindet sich in der Abteilung Radiologie ca. 85 m von der zentralen Notaufnahme entfernt direkt neben dem CT, in dem bisher während des multilokalen Konzepts bei Bedarf die computertomographische Untersuchung der Traumapatienten durchgeführt wurde. Die Bedienkonsole für den MSCT, die Rechencomputer für die Bildbearbeitung und die Befundungsmonitore finden sich im direkt angrenzenden Nebenraum.

2.2.3 Ausstattung

Der MSCT-Schockraum hat eine Fläche von 53,8 m².

In dem „Neuen Schockraum“ werden alle für die Versorgung von schwerverletzten Patienten benötigten Medikamente und technischen Geräte, ähnlich der Ausstattung des „Alten Schockraums“, vorgehalten (siehe Abbildung 2). Durch die Konzeption als Reinluftraum können Notoperationen auch direkt im Schockraum durchgeführt werden.

2.2.3.1 MSCT

Der zentrale Bestandteil des neuen Konzepts ist ein 16-Zeilen-MSCT Somatom Sensation 16 (Siemens AG Medical Solutions, Forchheim, Deutschland), der seit dem Jahr 2002 auf dem Markt ist.

Dieses Gerät bietet im Vergleich zum bisher genutzten 4-Zeilen-Spiral-CT eine höhere Auflösung bei kürzeren Scanzeiten. Mit einer Umdrehung ist das System in der Lage, simultan 16 Schnittbilder zu erstellen, da der Röntgenröhre ein Detektorkranz mit Detektorelementen in jeweils 16 Reihen gegenüber steht. Die Röntgenröhre benötigt für eine Umdrehung (360°) 0,5 Sekunden und ermöglicht mit einer Kollimation¹ im Submillimeter-Bereich die Rekonstruktion von Schichtdicken von 1 – 10 mm.

Dadurch wird eine deutlich gesteigerte Volumenabdeckung pro Zeiteinheit bei hoher zeitlicher (Reduzierung der Bewegungsartefakte) und örtlicher Auflösung

¹ Kollimation beschreibt die Schichtdicke entlang der z-Achse

(dünnere Schichten) ermöglicht, was eine nahezu isotrope - in allen drei Raumrichtungen hin gleiche - Volumenakquisition zulässt [Siemens Medical Solutions, 2003].

Die aufgezeichneten Datensätze können in winzige Pixelquadrate, so genannte „isotrope Voxel“, zerlegt und anschließend wieder zu neuen Bildern in beliebiger Perspektive und Schnittebene (Multiplanare Rekonstruktionen = MPR) zusammengesetzt werden. Dies führt zu frei wählbaren Betrachtungsebenen des gescannten Volumens [Ohnesorge et al., 1999, Taguchi und Aradate, 1998].

Durch die deutlich reduzierten Scanzeiten und der damit geschaffenen Möglichkeit auch große Volumina in kurzer Zeit zu erfassen, wurde das so genannte Ganzkörper-CT bei Polytraumatisierten überhaupt erst durchführbar. Des Weiteren konnten durch die Beschleunigung der Untersuchungsmethode Bewegungsartefakte deutlich reduziert werden.

Weiterhin ermöglichen die kürzeren Scanzeiten die Darstellung des gesamten Gefäßsystems mit der maximalen Kontrastmittelanreicherung bei der CT-Angiographie. Erwähnenswert ist weiterhin die Verbesserung der Dosisnutzung durch Verkleinerung der Penumbra-Zone und die Reduzierung der Strahlungs-dosis mittels online Dosismodulation des Röhrenstroms bei Automatischer Expositions Kontrolle (AEC) durch ein Dosis Care Programm.

2.2.3.2 CT-Tisch und „Gleitende Gantry“

Eine Besonderheit der CT-Untersuchungseinheit ist der stationär angebrachte und dadurch multifunktionell einsetzbare CT-Tisch. Er kann gleichzeitig als Untersuchungs-, Behandlungs- und OP-Tisch benutzt werden und ist in der Höhe verstellbar (siehe Abbildung 4).

Die Gantry ist auf Schienen gelagert und bewegt sich entlang des stationär angebrachten Behandlungstisches entlang (siehe Abbildung 4 und 5).

Durch den feststehenden Tisch können Anschlüsse und Gerätschaften unverändert am Patienten verbleiben.

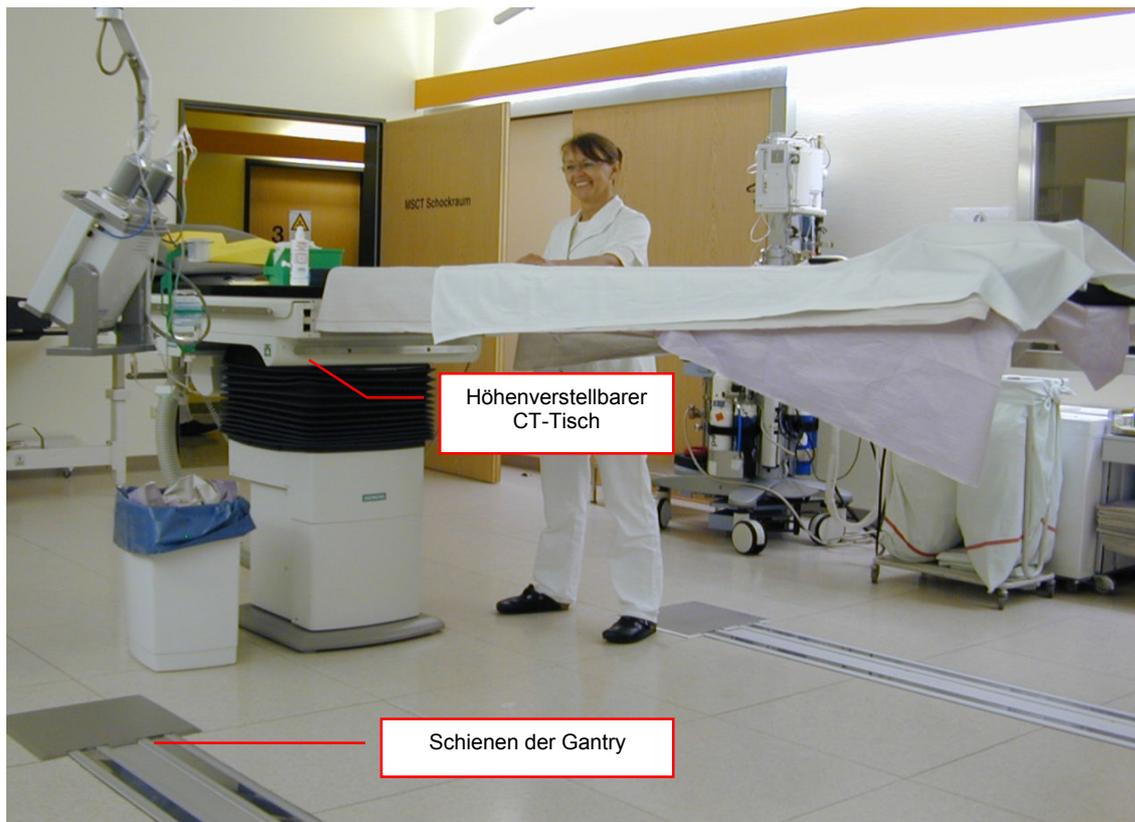


Abbildung 4: Höhenverstellbarer CT-Tisch (eigene Aufnahme)



Abbildung 5: Fahrbare Gantry bei stationärem CT-Tisch (eigene Aufnahme)

Der Patient wird auf dem CT-Tisch auf eine strahlendurchlässige Carbontischplatte gelagert. Nach der Untersuchung wird diese mit dem zugehörigen Transporter (= „Shuttle“) aufgenommen (siehe Abbildung 6) und der Patient kann ohne nochmaliges Umlagern zur weiteren Behandlung transportiert werden.

2.2.3.3 Befundungs- / Schaltraum

Die Bedienkonsole, über welche der MSCT gesteuert wird, ist direkt im Nebenraum des MSCT untergebracht. Dort findet auch die Planung des Polytrauma-Scan statt.

Ebenfalls in diesem Nebenraum wird an einer Satellitenkonsole mit vergleichbarer Funktionalität die Nachverarbeitung des Bildmaterials online und parallel zur weiteren Datenakquisition durchgeführt. An einer zusätzlichen PACS-Konsole (PACS = Picture Archiving and Communication System) findet

die Befundung durch den Radiologen statt. Alle anderen Beteiligten können die Untersuchung an einem großen Bildschirm an der Wand des Befundungsraumes oder im MSCT-Schockraum mitverfolgen. Ein weiterer Computer steht für die Dokumentation und Anforderung von Untersuchungen, wie z.B. Labor, Blutkonservenbestellung etc. zur Verfügung.

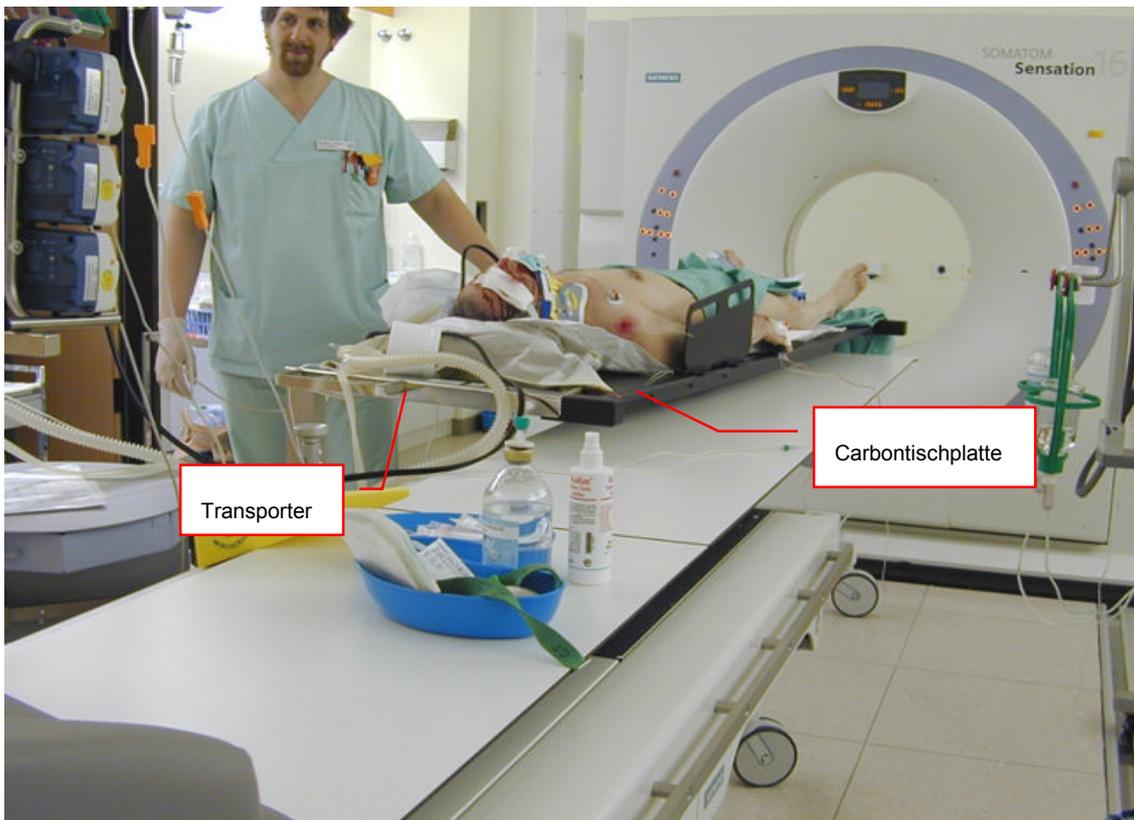


Abbildung 6: Shuttle bestehend aus Transporter und Carbonschplatte (eigene Aufnahme)

2.2.3.4 Anästhesie-Notfall-Transport-Einheit: "Life-Support-Trolley"

Um das Monitoring sowie die Beatmungs- und Volumentherapie lückenlos bis zur Übergabe auf die Intensivstation bzw. in den OP fortführen zu können, wurde von Siemens AG Medical Solutions (Forchheim, Deutschland) eigens für das Ingolstädter Ein-Raum-Konzept ein so genannter Life-Support-Trolley konzipiert, der an das Patienten-Transport-Shuttle andockbar ist. Er trägt alle zur Überwachung und Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen benötigten Geräte und Vorrichtungen, wie z.B. Monitor, Beatmungsgerät, Infusionshalter, Perfusoren und Sauerstoffflaschen (siehe Abbildung 7).

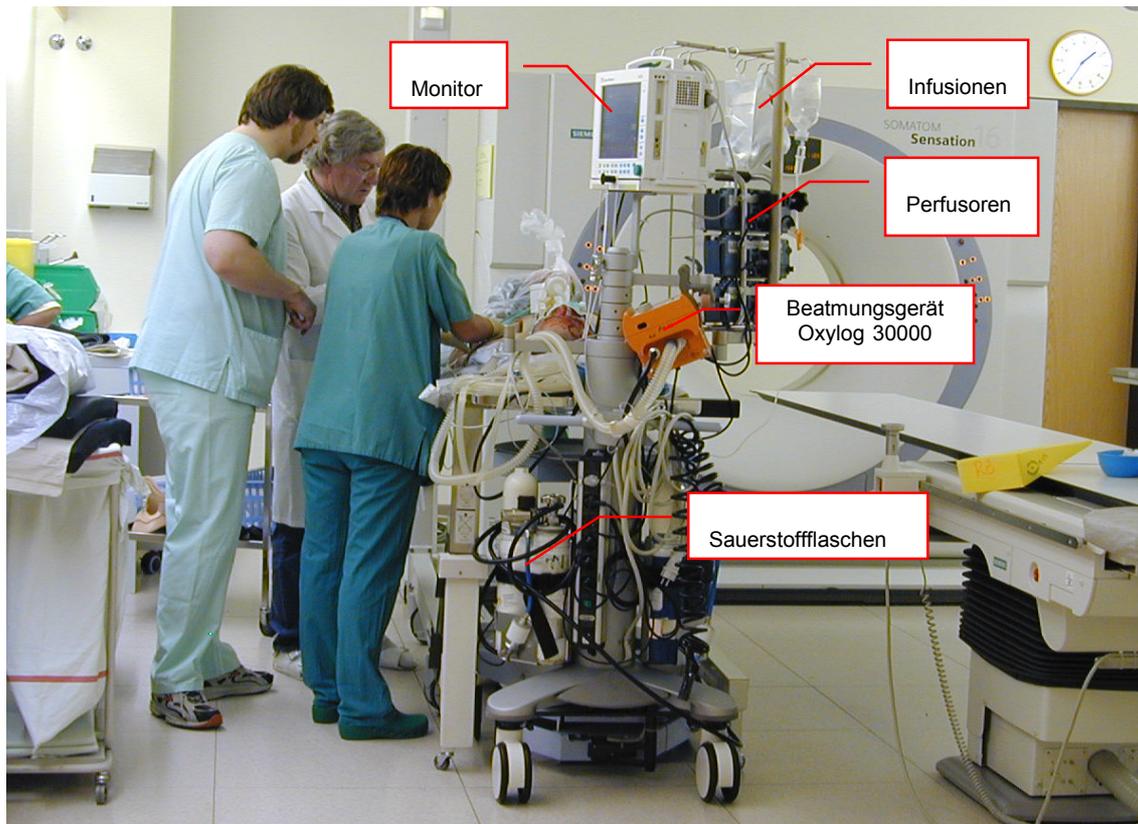


Abbildung 7: Life-Support-Trolley (eigene Aufnahme)

Dieser Trolley kann durch Andocken an eine entsprechende Vorrichtung am Shuttle mit diesem verbunden werden. Diese Einheit dient dann als mobiler Schockwagen für den Transport des Patienten (siehe Abbildung 8).

Monitorkabel, Beatmungsschläuche und Infusions- sowie Perfusorleitungen verbleiben unverändert am Patienten bis zur Übergabe im OP bzw. auf der Intensivstation.



Abbildung 8: Transport eines Patienten in den OP mit Shuttle und Life-Support-Trolley (eigene Aufnahme)

2.2.4 Untersuchungsprotokoll-Polytrauma

Bei jedem über den neuen Schockraum aufgenommenen Traumapatienten wird nach sofortiger klinischer Untersuchung unter Abwägung von Vitalparametern, Unfallmechanismus und Verletzungsmuster in der Regel eine Ganzkörper-CT-Untersuchung durchgeführt.

Hierfür werden die Patienten mit angelegter Zervikalstütze und auch, falls vorhanden, mit Vakuummatratze mit den Füßen in Richtung CT-Gantry auf die Carbonplatte des Untersuchungstisches gelagert.

Die Arme werden seitlich an den Körper gelagert und alle größeren Metallteile (Gürtelschnalle, Kette etc.) müssen entfernt werden, um Artefakte zu vermeiden. Alle Leitungen werden über den Kopf zum Life-Support-Trolley ausgeleitet.

Zunächst wird ein Übersichtstopogramm von bis zu 153 cm Gesamtlänge erstellt, anhand dessen die Planung der einzelnen Untersuchungsvolumina erfolgt (siehe Abbildung 9).

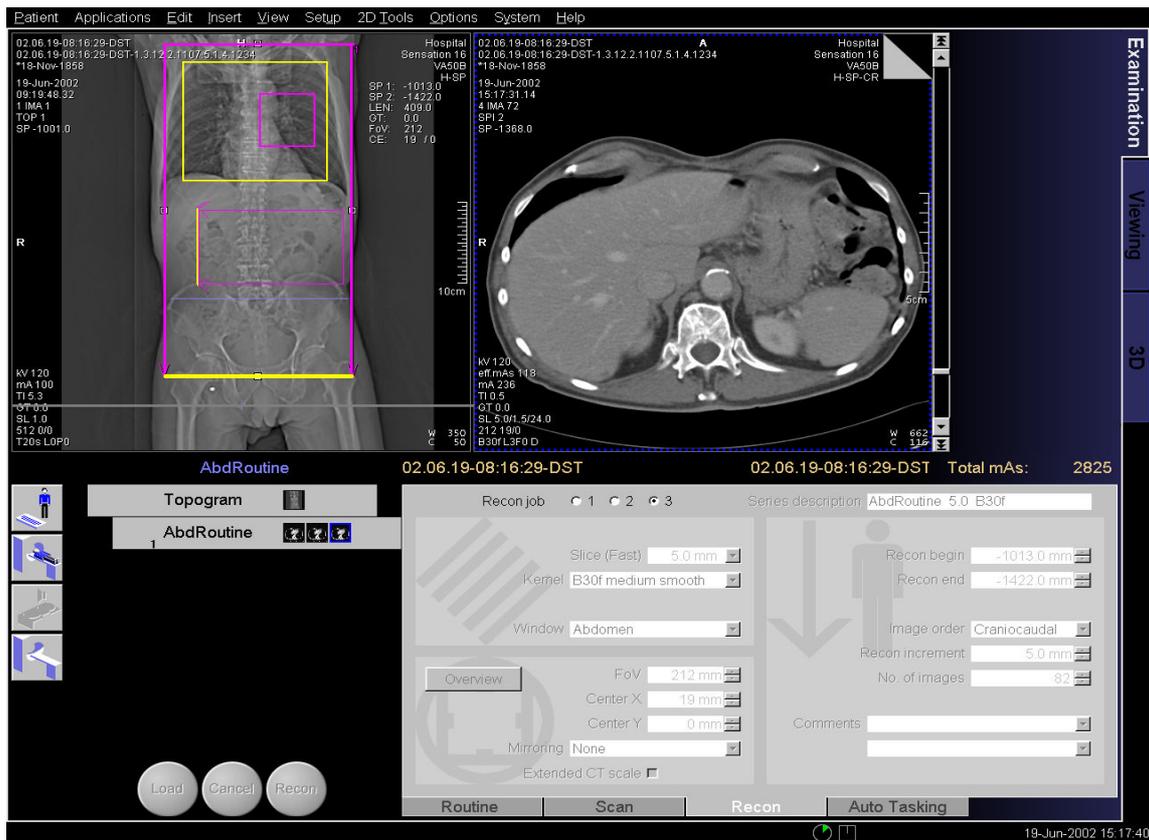


Abbildung 9: Planung der Scanbereiche

Anschließend wird die Ganzkörper-Untersuchung durchgeführt, die den Traumatopatienten vom Scheitel bis zum mindestens proximalen Oberschenkel abbildet.

Die Schädel-CT wird nativ durchgeführt. Nach Kontrastmittelgabe werden das HWS- und Thorax-CT (arterielle Anflutungsphase) und das Abdomen-CT inklusive Beckenregion (Parenchymphase) angefertigt.

Die intravenöse Kontrastmittelgabe wird über einen Injektor (Injektron CT2 der Firma Medtron) mit automatischer Bolustriggerung durchgeführt.

Bei klinischem Verdacht auf eine Verletzung der unteren Extremität kann die Ganzkörperspirale nach kaudal bis auf eine Länge von 197 cm erweitert werden. Falls diese Länge nicht ausreichend ist, kann man sich damit behelfen, den Patienten nach kranial zu verschieben und eine erneute Spiraluntersuchung der unteren Extremität anzuschließen.

Alle Untersuchungen während des Ein-Raum-Konzepts wurden entsprechend der programmierten Untersuchungsprotokolle (siehe Abbildung 10)

durchgeführt.

Sensation 16	Schädel	Hals	Sensation 16	Thorax	AbdPelvis
kV	120	120	kV	120	120
Effektive mAs	260	150	Effektive mAs	110	160
Schichtkollimierung	1,5 mm	1,5 mm	Schichtkollimierung	1,5 mm	1,5 mm
Schichtdicke	6,0 mm	5,0 mm	Schichtdicke	7,0 mm	7,0 mm
Vorschub/Rotation	18,0 mm	18,0 mm	Vorschub/Rotation	18,0 mm	18,0 mm
Rotationszeit	0,75 s	0,5 s	Rotationszeit	0,75 s	0,75 s
Faltungskern	H31s	B31f	Faltungskern	B41s	B31s
Inkrement	6,0 mm	5,0 mm	Inkrement	7,0 mm	7,0 mm
CTDI _{Vol}	49,4 mGy	53,3 mGy	CTDI _{Vol}	7,7 mGy	8,4 mGy
Effektive Dosis	Männl.: 2,0 mSv Weibl.: 2,1 mSv	Männl.: 1,5 mSv Weibl.: 1,6 mSv	Effektive Dosis	Männl.: 2,6 mSv Weibl.: 3,4 mSv	Männl.: 5,9 mSv Weibl.: 8,5 mSv

Abbildung 10: Untersuchungsprotokoll Polytrauma (Bedienungsanleitung Somatom Sensation 16)

2.2.5 Bildberechnung und Rekonstruktion

Direkt nach dem Scannen werden aus den Rohdaten die Sofortbilder erzeugt. Diese ersten greifbaren Ergebnisse einer CT-Untersuchung bestehen aus axialen Schnittbildern, die noch während des Scans sofort auf dem Bildschirm erfasst werden können.

Lebensbedrohliche Störungen, wie zum Beispiel ein Spannungspneumothorax, können so umgehend behandelt werden oder die weitere Behandlung (OP, Intensivbehandlung) noch während des CT-Untersuchung frühzeitig in die Wege geleitet werden.

Im Anschluss an die Bilderfassung werden die Bildberechnungen und Rekonstruktionen der gewonnenen Daten durchgeführt.

Zunächst werden die Bilddaten für die Knochenfenster berechnet; dies dauert 1-2 Minuten.

Der zweite Berechnungsdurchgang liefert dann innerhalb von 1 ½ Minuten die so genannten Standardbilder. Mittels multiplanarer Rekonstruktionen (MPR) werden aus den Originaldaten zweidimensionale Darstellungen anderer Orientierung (axial, sagittal, koronal, schräg und doppelt schräg) berechnet. (siehe Abbildungen 11, 12, 13) [Siemens Medical Solutions, Computertomographie – Geschichte und Technologie]

Multiplanare Rekonstruktionen werden routinemäßig bei der Wirbelsäulendiagnostik axial und sagittal durchgeführt, in Zweifelsfällen zusätzlich koronal.

Im dritten Berechnungsdurchgang (Dauer 2 Minuten) können aus den gespeicherten Datenvolumina räumliche dreidimensionale Bilder erzeugt werden. Dies kommt vor allem bei der Darstellung von knöchernen Strukturen und von Gefäßen zum Einsatz (siehe Abbildung 14).



Abbildung 11: MPR-Rekonstruktion sagittal (Institut für Radiologie, Klinikum Ingolstadt)

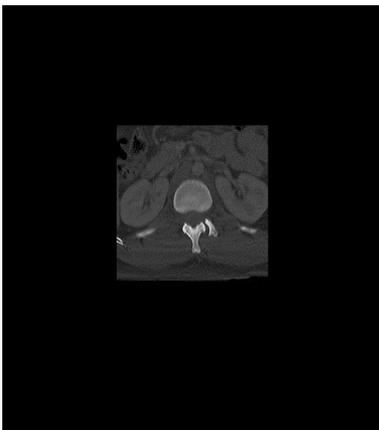


Abbildung 12: MPR-Rekonstruktion axial (Institut für Radiologie, Klinikum Ingolstadt)



Abbildung 13: MPR-Rekonstruktion koronal (Siemens®)

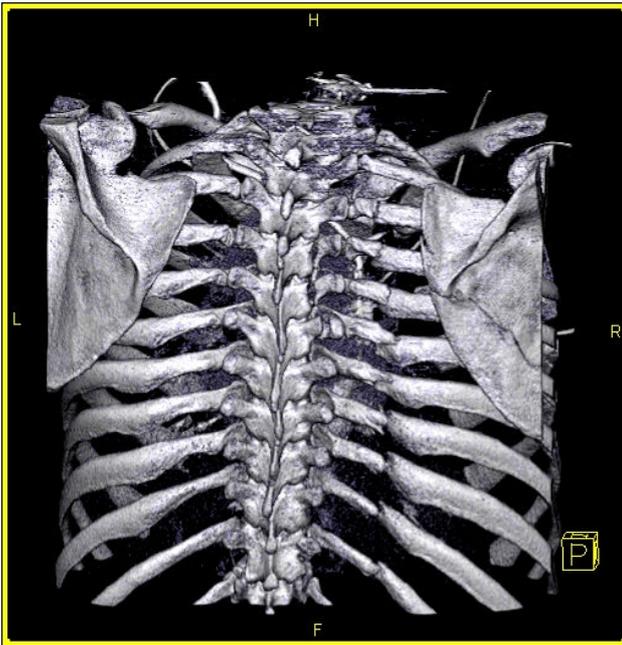


Abbildung 14: 3D-Rekonstruktion des Thorax mit Rippenserienfraktur rechts und Fraktur der rechten Scapula (Institut für Radiologie, Klinikum Ingolstadt®)

Folgende Rekonstruktionen sind hierbei möglich:

- Shaded Surface Display (SSD) zur Verstärkung des Raumeindrucks durch Schattierungseffekte.
- Maximum Intensity Projection (MIP) und Minimum Intensity Projection (MinIP), basierend auf den Voxeln mit den höchsten bzw. mit den niedrigsten Hounsfield-Einheiten, werden als Sequenz dargestellt, um einen räumlichen Eindruck zu erzeugen.
- Volume Rendering Technik (VRT) bezeichnet den Prozess der Rekonstruktion eines 3D-Modells von einem 2D-Bilderstapel.

[Siemens Medical Solutions, Computertomographie – Geschichte und Technologie]

2.3 Dokumentation der Zeitabläufe

Die Protokollierung des Zeitablaufs wurde vom zuständigen Anästhesisten minutengenau anhand einer bis zum Ende konstanten Zeitquelle (Armbanduhr) auf speziellen Traumadokumentationsbögen oder mittels eines Handheld-Computers der Firma PALM® durchgeführt. Sie begann mit dem Eintreffen des

Patienten in der Zentralen Notaufnahme (ZNA) und endete nach Abschluss der primären therapeutischen und diagnostischen Maßnahmen mit der Verlegung des Patienten in den Operationssaal oder auf die Intensivstation.

Zusätzlich wurde bei jedem Patienten ein Anästhesie-Protokoll (ANDOK-Protokoll) angelegt.

An Hand dieser Schockraumdokumentation erfolgte die prospektive Ermittlung des Zeitbedarfs der Primärdiagnostik bei Traumapatienten. Zusätzlich wurden im Rahmen des internen Qualitätsmanagements unerwartete Ereignisse oder Komplikationen erfasst.

Fehlende Daten wurden wenn möglich mit Hilfe der ANDOK-Anästhesie-Protokolle ergänzt.

2.3.1 Dokumentationsbogen 1 und 2

Die handschriftliche Dokumentation der Zeiterfassung des Multilokalen Konzepts wurde zunächst mit dem sehr einfach gestalteten Dokumentationsbogen 1 durchgeführt, der im weiteren Verlauf durch den ausführlicheren Dokumentationsbogen 2 abgelöst wurde. Im Dokumentationsbogen 2 konnten neben Angaben zu Patient, Diagnosen und weiterer Therapie vor allem auch Gründe für Wartezeiten und Verzögerungen vermerkt, sowie Lagerungs- und Transportzeiten detailliert erfasst werden. (Dokumentationsbogen 1 und 2 im Anhang).

2.3.2 Dokumentationsbogen 3

Für die Dokumentation der Zeiten im Ein-Raum-Konzept stand der Dokumentationsbogen 3 zur Verfügung. Auch mit ihm wurden neben den Zeiten Verzögerungen, Details zur Schockraumversorgung, die weitere Therapie und Diagnosen dokumentiert (Dokumentationsbogen 3 im Anhang).

2.3.3 Zeiterfassung mittels Handheldcomputer

Als Alternative zur handschriftlichen Dokumentation bestand die Möglichkeit die Zeiterfassung des MSCT-/Ein-Raum-Konzepts mit einem Handheldcomputer Tungsten C der Firma PALM, Sunnyvale (USA), in Verbindung mit dem

Programm Titrax[®] durchzuführen. Titrax[®] ist ein Freeware-Programm zur Zeitaufzeichnung für verschiedene frei definierbare Projekte, das von Bernd Esser, DETECON GmbH, Oberkasseler Str.2, 53222 Bonn, Germany und Dave Sifry geschrieben wurde. Der Start, Stop oder Wechsel der Zeitaufzeichnung geschieht mit einem einfachen Tap auf den Listeneintrag. Zusätzlich können Notizen zu jedem Listeneintrag hinzugefügt werden.

2.3.4 Injury Severity Score (ISS)

Um die Verletzungsschwere einzuschätzen wurden alle Patienten nach dem Injury Severity Score (ISS) bewertet.

Der von Baker entwickelte ISS ist der zur Beurteilung von Polytraumatisierten am häufigsten verwendete Score [Baker et al., 1974, Baker et O'Neil, 1976, Kulla et al., 2005, Lefering, 2002] und beurteilt die Gesamtverletzungsschwere eines Patienten aufgrund seiner drei wichtigsten Einzelverletzungen, die nach ihrer Schwere numerisch klassifiziert werden. Sechs Körperregionen (Kopf/Hals, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und allgemeine Weichteilverletzungen) werden ihrem Verletzungsgrad entsprechend mit Punkten nach AIS (= Abbreviated Injury Score) von 0 bis 6 bewertet (siehe Tabelle 2).

Definitionsgemäß wird der ISS aus der Summe der Quadrate der drei am stärksten betroffenen Körperregionen berechnet (siehe Formel 1).

Tabelle 2: Punktebewertung der Verletzungen nach AIS

Verletzung	Punkte
keine	0
leichte	1
mäßige	2
ernste	3
schwere	4
lebensbedrohliche	5
tödliche	6

$$\text{ISS} = (\text{AIS-Code}_{\text{ISS-Region-A}})^2 + (\text{AIS-Code}_{\text{ISS-Region-B}})^2 + (\text{AIS-Code}_{\text{ISS-Region-C}})^2$$

Formel 1: Berechnung des ISS

Der ISS kann Werte von einem Punkt bei einer singulären Verletzung mit minimaler Relevanz bis maximal 75 Punkte bei polytraumatisierten Patienten mit schwersten Verletzungen in verschiedenen Körperregionen annehmen. Sobald eine Körperregion mit einem maximalen AIS-Code = 6 bewertet wurde, erreicht der ISS ebenfalls definitionsgemäß sein Maximum von 75 Punkten [Kulla et al., 2005]. Ab einem ISS von ≥ 16 gilt ein Patient definitionsgemäß als schwer verletzt und hat eine prognostizierte Letalität von über zehn Prozent [Kanz et al., 2002].

2.4 Patientenkollektiv

2.4.1 Einschlusskriterien

Alle intubierten Traumapatienten und alle Verletzten, bei denen nach Einschätzung des Notarztes Anästhesiepräsenz nötig war, wurden im Schockraum erstversorgt und in die Untersuchung eingeschlossen. Vor Inbetriebnahme des Ein-Raum-Konzepts wurden Aufnahmekriterien für den Schockraum festgelegt. Diese orientieren sich an den Empfehlungen des American College of Surgeons zur Bewertung von Patienten am Unfallort und

an denen großer europäischer Traumazentren und lassen anhand von Verletzungsmuster, Unfallhergang und den initial erhobenen Vitalparametern auf eine Mehrfachverletzung schließen.

2.4.2 Ausschlusskriterien

Als Ausschlusskriterien wurden Situationen angesehen, die zu relevanten Abweichungen vom Schockraumalgorithmus zwangen und zu deutlichen Verzögerungen im Ablauf führten.

2.4.3 Abbruchkriterien

Das Versterben von Patienten vor Abschluss der Schockraumphase war Abbruchkriterium für den Einschluss in die Studie.

2.5 Angaben zur Statistik

Die Verarbeitung und Auswertung der Daten sowie die beschreibende Statistik (Median, Mittelwert, Modalwert, Standardabweichung) erfolgte mittels der Computerprogramme Microsoft Excel[®] und MedCalc[®].

Die erhobenen Untersuchungszeiten wurden mittels des U-Tests von Mann, Whitney und Wilcoxon auf ihr Signifikanzniveau getestet. (Vergleich multilokales Konzept versus Ein-Raum-Konzept). Hierbei galt ein p-Wert von 0,05 als Signifikanzgrenze.

Zum direkten graphischen Vergleich der beiden Schockraumversorgungskonzepte in Bezug auf die klinischen Primärversorgungszeiten wurde ein Box-and-Whisker Plot angefertigt.

Ein Zusammenhang zwischen Verletzungsschwere und Versorgungsdauer wurde mit einem Punktediagramm ausgeschlossen.

Die statistische Beratung erfolgte durch Diplommathematiker Frank Rückert, Ludwigshafen.

3 Ergebnisse

Im Untersuchungszeitraum, von April 2003 bis Dezember 2004, wurden insgesamt 365 Traumapatienten für den Schockraum angemeldet. Davon wurden 186 nach dem multilokalen Konzept und 179 Patienten nach dem Ein-Raum-Konzept versorgt. Bei 238 Patienten (65 %) waren die benötigten Daten vollständig und konnten für die Studie verwertet werden, im ersten Intervall waren es 84 (45 %), im zweiten Intervall 154 (86 %).

3.1 Patientenkollektiv

3.1.1 Geschlechts- und Altersverteilung

Bei der Untersuchung des multilokalen Konzepts bestand das Patientenkollektiv zu 71 % aus Männern und 29 % aus Frauen (siehe Abbildung 15).

Auch im Ein-Raum-Konzept überwogen mit 74 % die Männer, gegenüber einem Frauenanteil von 26% (siehe Abbildung 15).

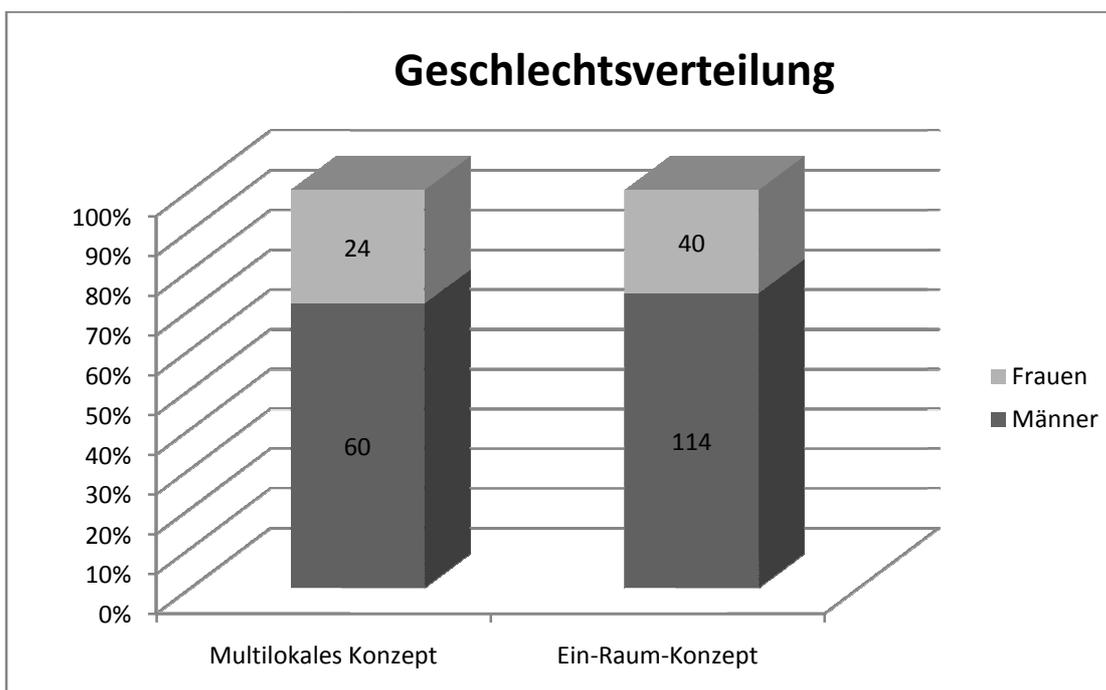


Abbildung 15: Geschlechtsverteilung

Wie aus Abbildung 16 ersichtlich war die Altersverteilung in den beiden Untersuchungszeiträumen vergleichbar, mit einem Maximum im mittleren Lebensalter. Das Durchschnittsalter der Patienten des „MSCT-Ein-Raum-Konzepts“ lag jedoch mit $41,3 \pm 21,1$ Jahren im Vergleich zu $37,8 \pm 19,6$ Jahren

während des „Multilokalen Konzepts“ geringfügig höher (Abbildung 16).

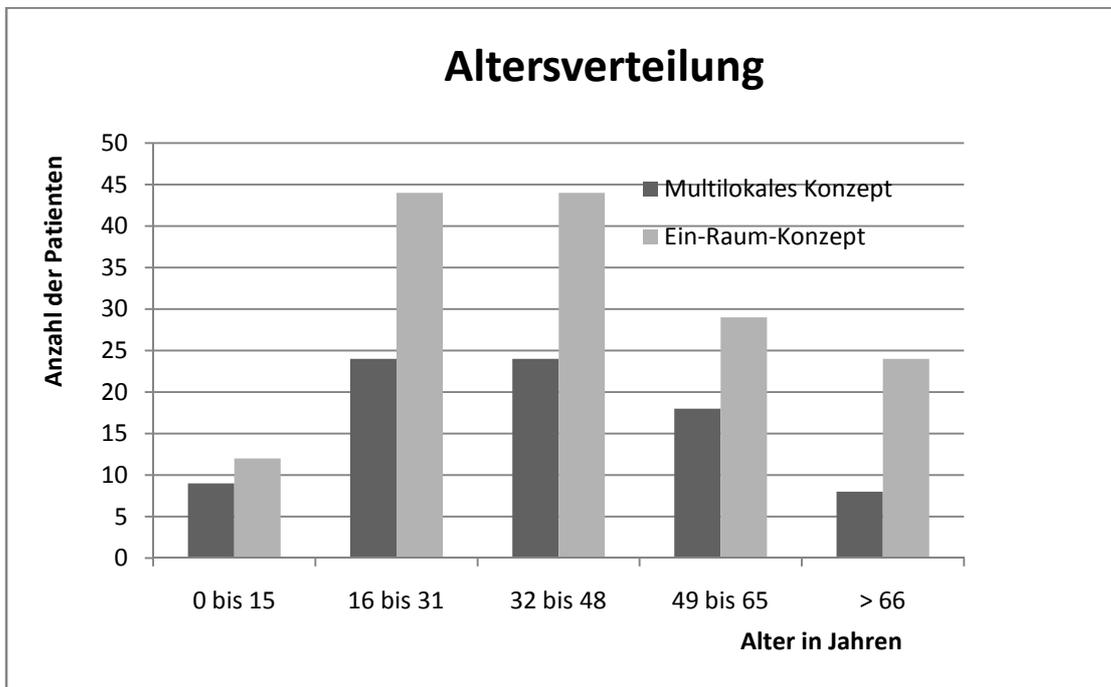


Abbildung 16: Altersverteilung

3.1.2 Verletzungsschwere

Die durchschnittliche Verletzungsschwere war in beiden Untersuchungszeiträumen vergleichbar ($25,1 \pm 20,1$ Punkte multilokales Konzept, $25,9 \pm 20,1$ Punkte Ein-Raum-Konzept). Die Verteilung der ISS Werte ist auf Abbildung 17 zu erkennen. Patienten mit einem ISS-Wert über 15 wurden als „schwer verletzt“ gewertet. In beiden Konzepten machte dieser Anteil circa 2/3 der Patienten aus (siehe Abbildung 18).

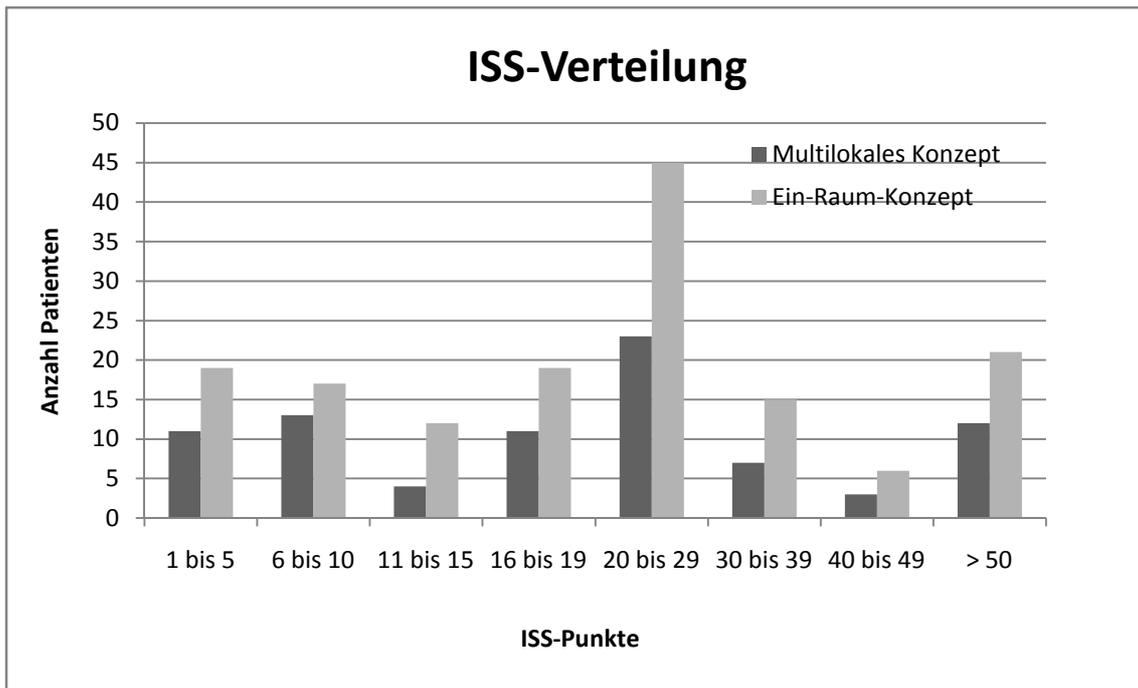


Abbildung 17: ISS-Verteilung

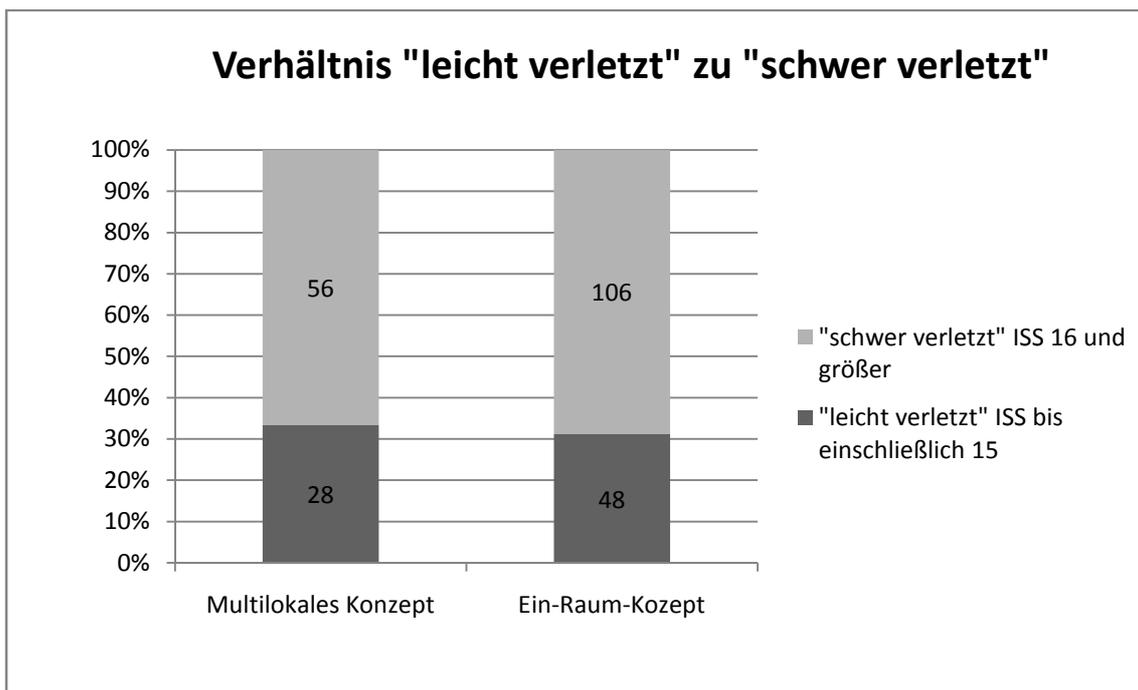


Abbildung 18: Verhältnis von leicht- zu schwerverletzten Patienten

3.1.3 Unfallursachen, Verletzungsmuster

Die Unfallursachen und das Verletzungsmuster des untersuchten Patientenkollektivs sind in den Abbildungen 19 und 20 graphisch dargestellt.

Bei der Auswertung der Verletzungen wurden nur solche berücksichtigt, die

mindestens als ernst (AIS ≥ 3) eingestuft wurden (Abbildung 20).

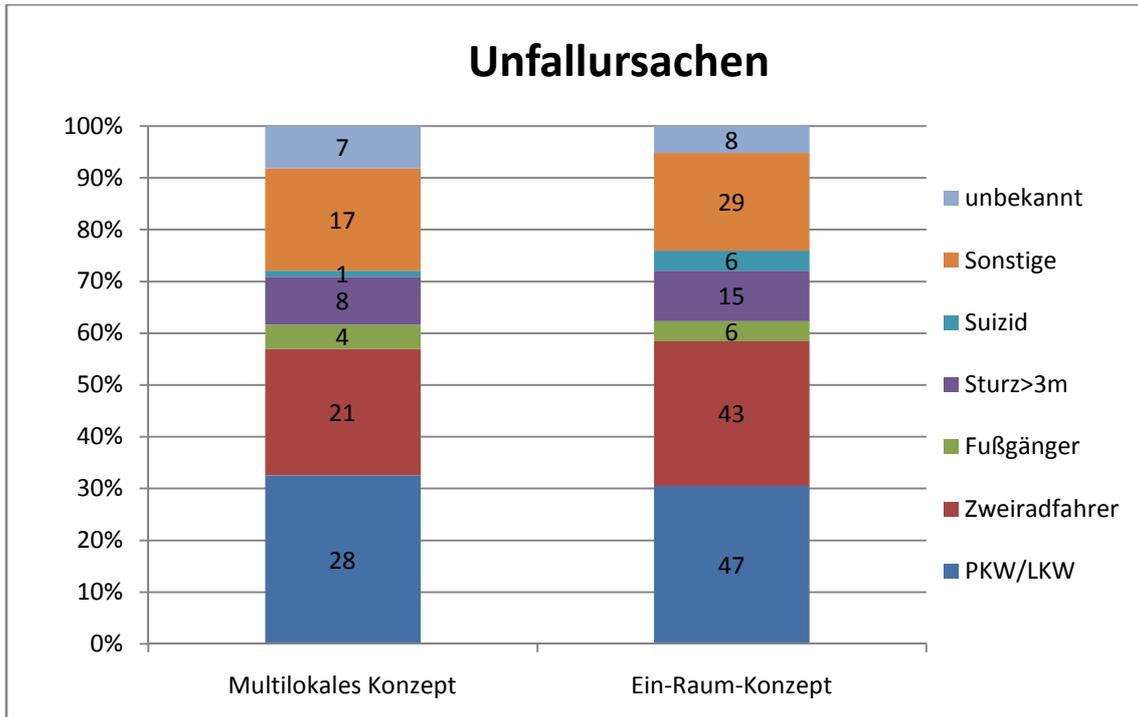


Abbildung 19: Vergleich der Unfallursachen

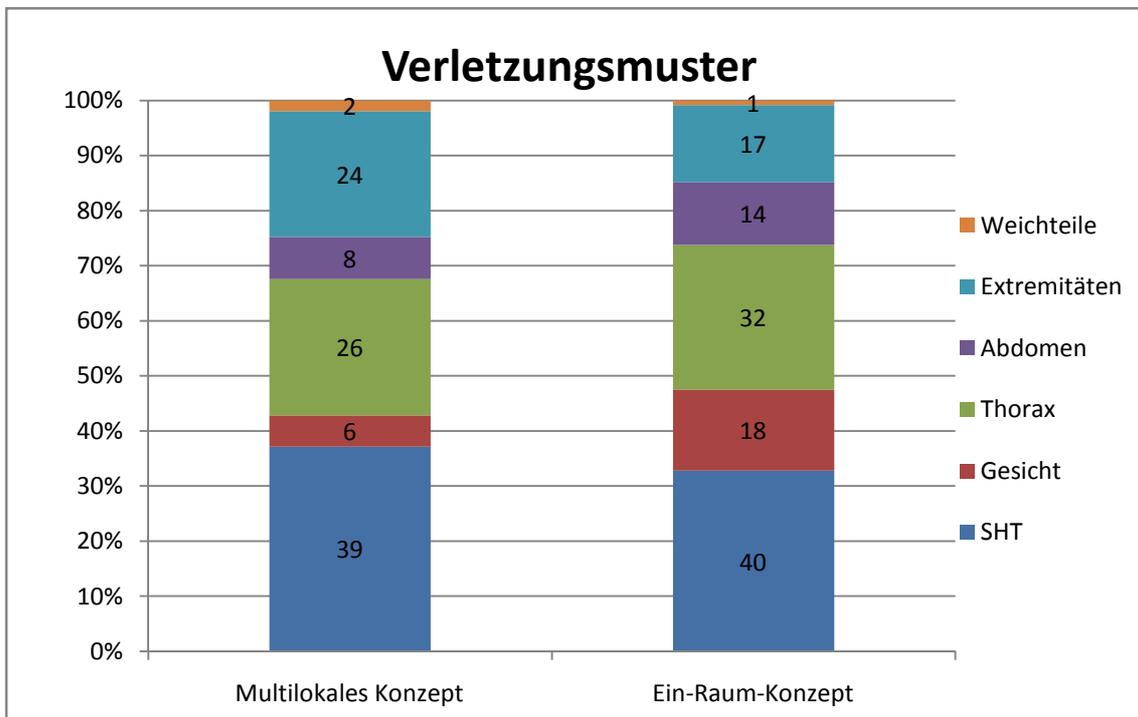


Abbildung 20: Vergleich der Verletzungsmuster (AIS ≥ 3)

3.2 Versorgungszeiten

Nach dem herkömmlichen Algorithmus während des multilokalen Konzepts betrug die Schockraumzeit im Median 69,5 min (95%-Konfidenzintervall 62,0 bis 77,3 min; arithmetisches Mittel 71,4 min, Standardabweichung 34,4 min; Wertebereich 12 - 255 min), nach dem Ein-Raum-Konzept im Median 34,0 min (95%-Konfidenzintervall 30,0 bis 37,0 min; arithmetisches Mittel 35,9 min, Standardabweichung 13,5 min; Wertebereich 15 - 75 min).

Diese Reduzierung der Untersuchungszeiten durch Einführung des Ein-Raum-Konzepts wurden mittels des U-Tests von Mann, Whitney und Wilcoxon auf Signifikanz untersucht und erwies sich als höchstsignifikant ($p < 0,0001$). Mit dem Boxplot-Diagramm der Abbildung 21 wurde dieses Ergebnis graphisch verdeutlicht.

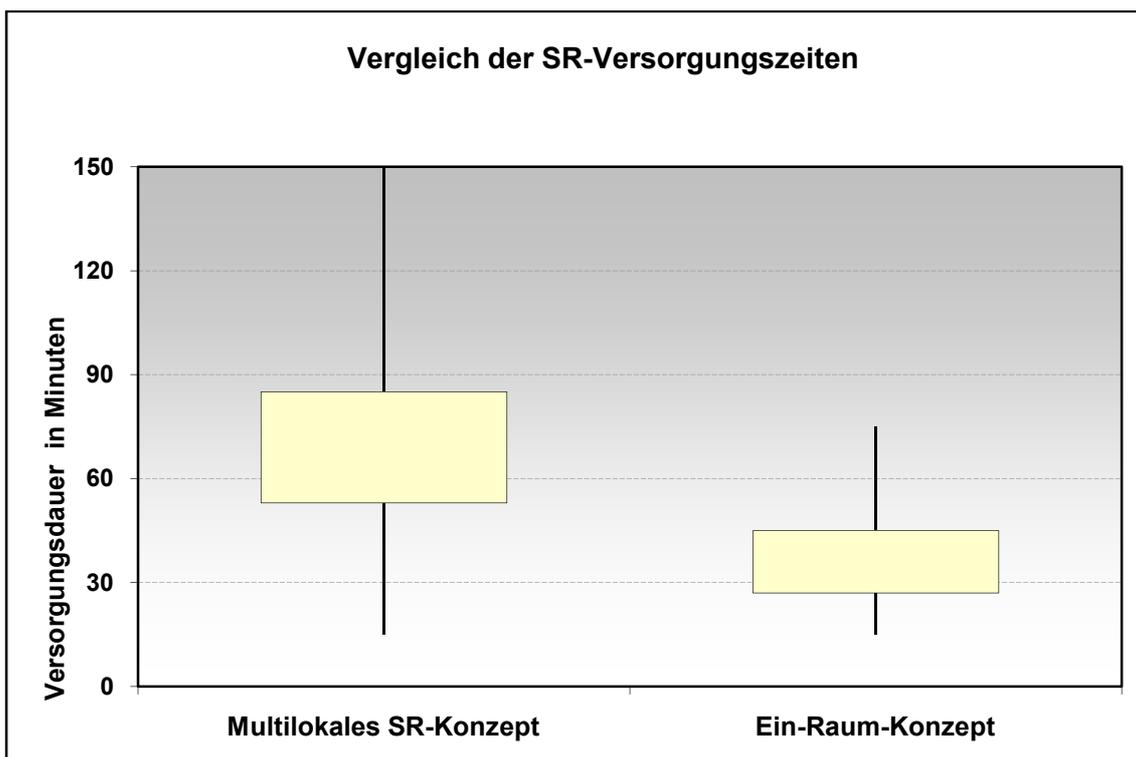


Abbildung 21: Vergleich der Versorgungszeiten multilokales Konzept versus Ein-Raum-Konzept

Abbildung 22 zeigt eine Gegenüberstellung der aufgetretenen Schockraumbehandlungsdauer, wobei die Klassenbreite nicht berechnet, sondern auf 5 Minuten festgelegt worden ist.

Die dunkelblaue Linie stellt hierbei die hypothetische Dichte der Normalverteilung, die hellblaue die der Lognormalverteilung dar; dabei ergibt sich die Lognormalverteilung aus Werten, deren Logarithmus normalverteilt ist.

Der Modalwert (der Wert, der am häufigsten vorkommt) liegt beim Ein-Raum-Konzept bei 30 min. Im multilokalen Konzept war die Schockraumphase bei den meisten Patienten innerhalb von 60 min abgeschlossen, jedoch finden sich gerade zwischen 60 und 85 min mehrere Häufigkeitsgipfel.

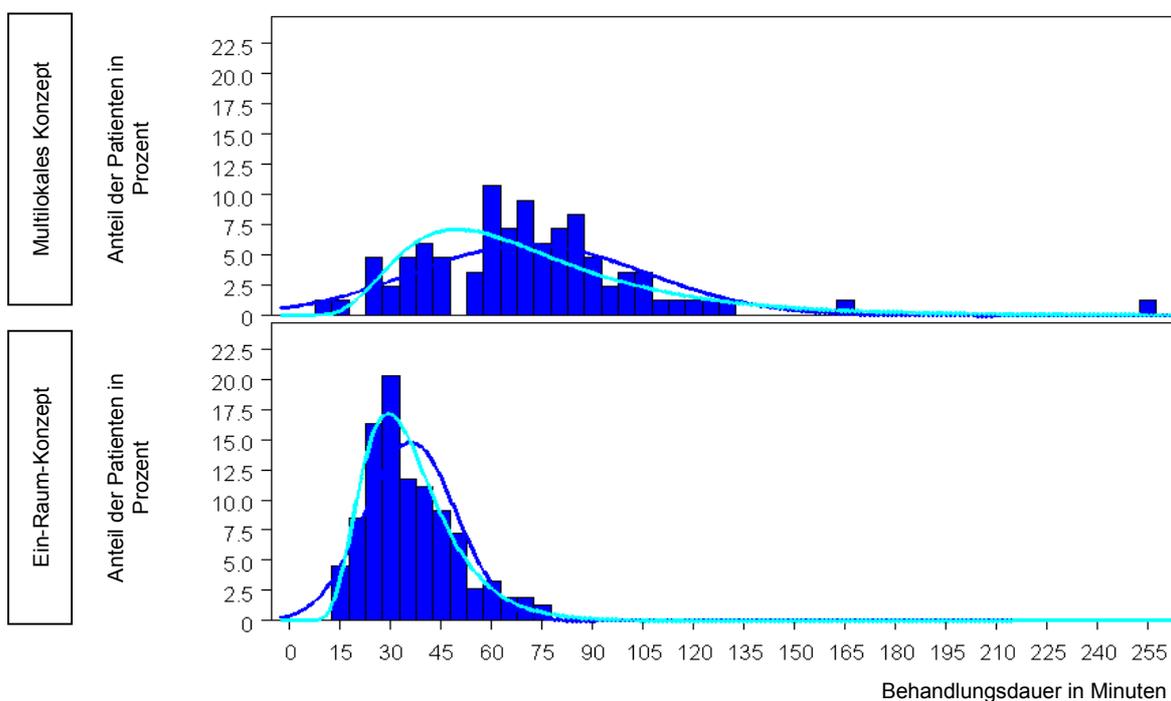


Abbildung 22: Histogramme der Schockraumbehandlungsdauer beim multilokalen Konzept und Ein-Raum-Konzept

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen Verletzungsschwere und Versorgungsdauer darzustellen, wurden Punktdiagramme erstellt, die den ISS-Wert über die X-Achse und die jeweilige Versorgungsdauer über die Y-Achse abbilden (siehe Abbildungen 23 und 24).

Eine Korrelation von Verletzungsschwere und Versorgungsdauer geht daraus nicht hervor.

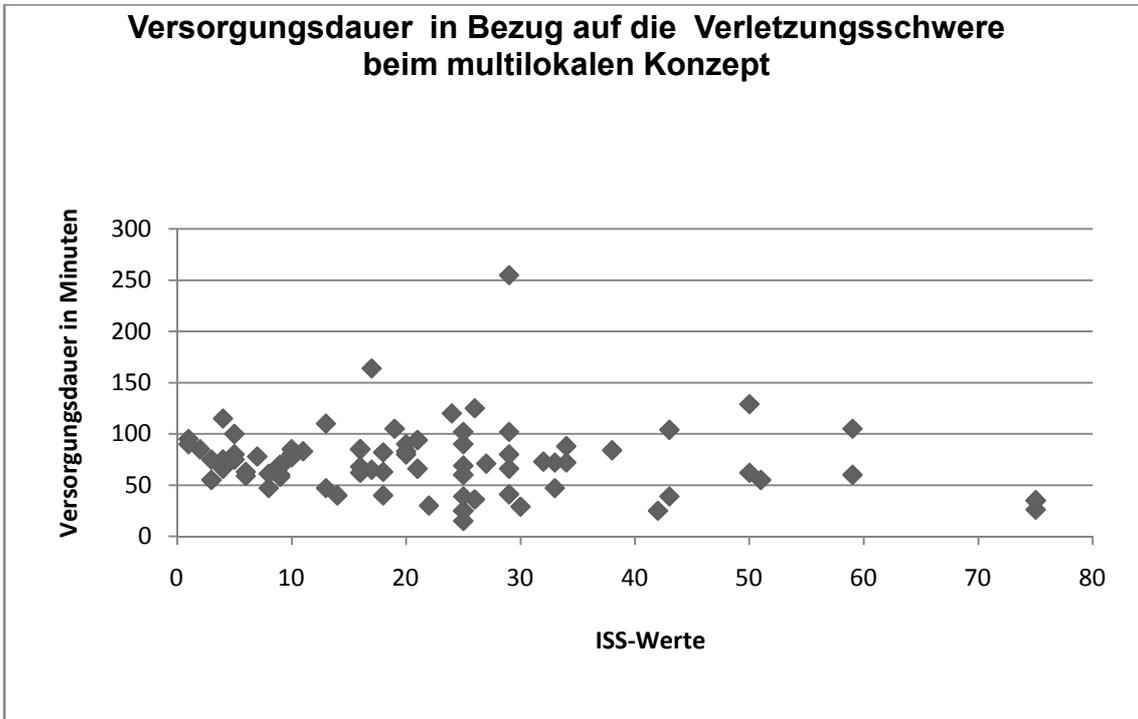


Abbildung 23: Versorgungsdauer in Bezug zur Verletzungsschwere beim multilokalen Konzept

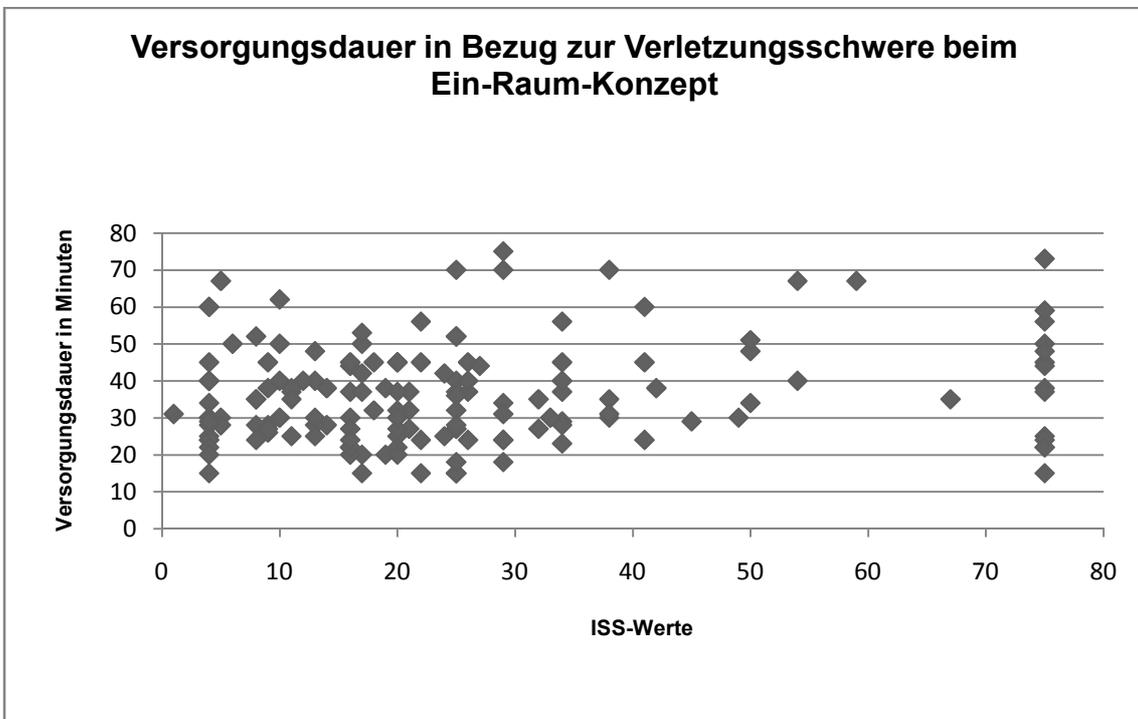


Abbildung 24: Versorgungsdauer in Bezug zur Verletzungsschwere beim Ein-Raum-Konzept

4 Diskussion

Die CT-Diagnostik etablierte sich in den letzten Jahren zunehmend als die Schockraumdiagnostik der Wahl bei polytraumatisierten und schwerverletzten Patienten [Linsenmaier et al., 2002].

Dennoch ist die CT-Untersuchung in vielen Kliniken weiterhin nur ein Diagnostikschritt unter mehreren, wie Sonographie und konventionelles Röntgen, in einem oft zeitaufwendigen Schockraumalgorithmus [Scherer, 2005]. Mit der Anschaffung eines neuen 16-Zeilen-MSCT und der Einrichtung eines neuen Schockraumes im Klinikum Ingolstadt wurde die Basis für ein Ein-Raum-Konzept geschaffen.

In dieser Arbeit wird dieses neue Konzept mit besonderer Akzentuierung auf eine zeitkritische, komplette, risikominimierte und schonende Versorgung von Schwerverletzten evaluiert.

Weiterhin sollen mögliche Probleme und Verbesserungspotentiale des neuen Konzepts aufgezeigt werden und die Zeitersparnis im Vergleich zu dem herkömmlichen multilokalen Konzept dokumentiert werden.

4.1 Diskussion der Methodik

4.1.1 Aufnahmekriterien

Die Einführung von Kriterien zur Schockraumdiagnostik/ -versorgung für Traumapatienten ist sinnvoll um eine Unterschätzung der Verletzungsschwere zu vermeiden [Linsenmaier et al., 2002, Kanz et al., 2002a, Mutschler und Kanz, 2002, Ruchholtz et al., 2002, Linsenmaier et al., 2002a].

Aus diesem Grund wurden am Klinikum Ingolstadt mit Einführung des Ein-Raum-Konzepts Kriterien für die Aufnahme Polytraumatisierter und Schwerverletzter eingeführt.

Bei Zutreffen mindestens eines der Aufnahmekriterien besteht ein Risiko von 10% an den Folgen der Verletzungen zu versterben [Linsenmaier et al., 2002b]. Daher ist es besonders für weniger erfahrene Ärzte und Notärzte, das Rettungsdienstpersonal und das Pflegepersonal in der Notaufnahme wichtig, eindeutige Kriterien zur Einleitung einer Schockraumbehandlung zur Verfügung zu haben, um eine Fehleinschätzung schwerverletzter Patienten zu vermeiden,

die bei Aufnahme in die allgemeine Ambulanz einer erheblichen Gefährdung ausgesetzt wären.

Eine im Klinikum Innenstadt der Universität München durchgeführte Untersuchung zeigte, dass bei Anwendung von Filterkriterien Unterschätzungen der Verletzungen im Sinne einer Untertriage minimiert werden können. In der genannten Untersuchung kam es in keinem einzigen Fall zu einer Unterschätzung der Verletzungen [Linsenmaier et al., 2002].

Eine Übertriage in Bezug auf die Verletzungsschwere (ISS<16) muss in Kauf genommen werden.

Bei unseren Patienten betrug die Übertriage beim Ein-Raum-Konzept 31% (Multilokales Konzept 33%). Damit liegt der Wert in unserem Kollektiv bezüglich einer Überschätzung des Verletzungsmusters im Vergleich zu anderen Traumazentren niedriger. In der Untersuchung von Linsenmaier kam es in 66% der Fälle zu einer Überschätzung der Verletzungsschwere [Linsenmaier et al., 2002], Kanz stellte eine Übertriage bei 50% der Patienten fest [Kanz et al., 2002] und Ruchholtz 41% in München und 40% in Essen. [Ruchholtz et al., 2002]

Die implementierten Kriterien zur Schockraumaufnahme haben sich zur primären Einschätzung verunfallter Patienten bewährt und sind geeignet, potentiell lebensbedrohliche Unterschätzungen der Verletzungsschwere zu vermeiden.

4.1.2 Schockraum-Algorithmus

Mit Einführung des Ein-Raum-Konzepts wurde der neue Schockraum-Algorithmus etabliert. Durch Fortbildungen, Handzettel und Vor-Ort-Einweisungen mit Simulation des Behandlungsablaufs eines Schockraumpatienten wurden das ärztliche und nichtärztliche Personal mit dem Ablauf der Traumaversorgung und der neuen Örtlichkeit vertraut gemacht. Dadurch verlief die Umstellung auf das neue Traumakonzept ohne nennenswerte Probleme.

Durch die klare Strukturierung der Schockraumversorgung und -diagnostik mit dem MSCT als zentralem Element wurden zeitraubende Diskussionen über Reihenfolge und Dringlichkeit unterschiedlicher Untersuchungen auf ein

Minimum reduziert. Auch Ruchholtz et al., 1997 wiesen in einer prospektiven Untersuchung nach, dass die Einführung eines standardisierten Schockraummanagements zu einer Verkürzung und Optimierung der Versorgungsabläufe führt [Ruchholtz et al., 1997].

Der für das Ein-Raum-Konzept des Klinikums Ingolstadt neu konzipierte Schockraum-Algorithmus unterscheidet sich vom vorher angewandten Algorithmus des Multilokalen-Konzepts, der heute noch in vielen anderen Traumazentren als Standard gilt, wesentlich in den folgenden 4 Punkten:

1. Es ist bis zur operativen Versorgung bzw. Verlegung auf die Intensivstation nur noch eine Umlagerung des Patienten nötig - von der Rettungsdiensttrage auf die Carbonauflage des CT-Tisches.
2. Verzicht auf eine Ultraschalluntersuchung zum Ausschluss freier Flüssigkeit abdominell und thorakal bei nicht reanimationspflichtigen Patienten, die ausreichend stabil für die CT-Untersuchung sind.
3. Verzicht auf eine Röntgen-Thorax Untersuchung und konventionelle HWS-Diagnostik.
4. Etablierung des invasiven, hämodynamischen Monitorings erst nach der Ganzkörper-Computertomographie in der Bildberechnungs- und Auswertungsphase.

Durch die oben angeführten Änderungen konnte mit der der CT-Untersuchung noch mit der Phase BETA nur ca. 5-10 min nach Übernahme des Patienten im Schockraum begonnen werden.

Die ersten radiologischen Diagnosen konnten schon anhand der Übersichtstopographie erfasst werden oder wurden noch während der Bilderfassung online am Bildschirm durch Betrachtung der axialen Sofortbilder durch den Radiologen und die Chirurgen gestellt. Die weitere Behandlung (OP, Intensiv) konnte somit zu einem sehr frühen Zeitpunkt in die Wege geleitet werden, was einen reibungslosen weiteren Versorgungsverlauf ohne zusätzliche Verzögerungen gewährleistete.

Gerade lebensbedrohliche Störungen, wie z.B. eine Mediastinalverlagerung bedingt durch einen Spannungspneumothorax, wurden noch während der

laufenden Untersuchung zuverlässig erkannt und konnten umgehend adäquat behandelt werden.

Daher wird in unserem Schockraumalgorithmus auf jegliche konventionelle Röntgendiagnostik vor Durchführung des Ganzkörper-CT verzichtet.

Auch zur Kontrolle nach Entlastung eines Pneumo- oder Hämatothorax vor allem in kritischen Situationen und bei zweifelhaften Befunden hat es sich bewährt, eine erneute thorakale CT-Untersuchung zur Kontrolle nach Drainagenanlage durchzuführen, da diese weit sensitivere Befunde über die Lage und Funktionalität von Drainagen liefert als das a.p.-Röntgen [Genzwürker et al., 2005].

Die Notwendigkeit einer konventionellen Röntgenaufnahme des Thorax in der frühen klinischen Polytraumaversorgung wird von unterschiedlichen Autoren kontrovers diskutiert [Hilbert et al., 2006, Wurmb et al., 2005b, Wurmb et al., 2006]. Ausgehend von der im Ingolstädter Traumaalgorithmus sehr früh eingesetzten MSCT-Diagnostik und der diagnostischen Überlegenheit des Verfahrens [Häuser 2001, Genzwürker et al., 2005], ergibt auch unsere Auswertung, dass eine konventionelle Röntgendiagnostik in der Initialphase der Schockraumversorgung nicht reanimationspflichtiger Patienten nicht essentiell ist. Unserer Erfahrung nach kann aus den oben genannten Gründen beim Einsatz eines schnellen Mehrzeilen-CT in der primären Schockraumdiagnostik zunächst darauf verzichtet werden.

Auch in Bezug auf die Schockraumsonographie bei Traumapatienten gibt es differente Ansichten. Prokop et al. sind der Meinung, dass das FAST-Konzept obligat durchgeführt werden sollte. Nach Ansicht dieser Autorengruppe sollte bei instabilen Patient zwingend die CT-Untersuchung erst nach der Sonographie erfolgen [Prokop et al., 2006].

Im Algorithmus des Ein-Raum-Konzepts ist die Schockraumsonographie (FAST) bei Durchführung einer Ganzkörper-CT-Untersuchung nur noch bei reanimationspflichtigen Patienten vorgesehen. Das Sonographiegerät dient als Reserve. In diesem Zusammenhang ist zu diskutieren, ob zukünftig auch unter Reanimationsbedingungen eine Ganzkörper-CT-Untersuchung durchzuführen

ist, wie es beispielsweise an den BG-Kliniken Bergmannstrost in Halle praktiziert wird [Hilbert et al., 2006].

Im Anschluss an den CT-Scan werden die Bildberechnungen und Rekonstruktionen durchgeführt. Diese Zeitspanne, bis alle relevanten Befunde vorliegen und die Planung über das weitere Vorgehen abgeschlossen werden kann, wird genutzt um das benötigte invasive Monitoring (arterielle Druckmessung, zentraler Venenkatheter, Blasenkatheter, Magensonde, etc.) ohne zusätzliche Zeitverzögerung zu installieren.

4.1.3 MSCT

4.1.3.1 CT-Tisch und Gleitende Gantry

Eine Besonderheit der neuen Computertomographieeinheit im Schockraum des Ingolstädter Klinikums liegt in seiner auf Schienen beweglichen Gantry. Diese Sliding Gantry repräsentiert ein zentrales Element des Versorgungskonzepts. Der Patient muss nicht mehr durch die Röhre bewegt werden, sondern die Gantry bewegt sich am stationär gelagerten Patienten vorbei. Dadurch können die einmal etablierten Kabel- und Schlauchverbindungen, die über den Kopf des Patienten zum Life-Support-Trolley ausgeleitet werden, während der ganzen Untersuchung unverändert am Patienten verbleiben. Das Risiko einer Dislokation durch Zug- und Scherkräfte wird minimiert. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Monitor, Beatmungsgerät, Perfusoren und Infusionen jederzeit zugänglich bleiben.

Der Patient wird vom Rettungsdienst direkt auf eine Carbonplatte, die vorbereitet auf dem CT- Tisch liegt, gelagert. Auf dieser verbleibt er während der ganzen Untersuchung. Wenn die Schockraumversorgung abgeschlossen ist, kann der Verletzte mit Hilfe eines Shuttle-Systems, das die Carbonplatte aufnimmt, ohne weitere Umlagerung in den OP bzw. auf die Intensivstation transportiert werden. Dieser umlagerungsfreie Ablauf ist neben der Sliding Gantry ein zweites Zentralkriterium. Neben der Reduktion des Transporttraumas bringt er auch einen erheblichen Zeitvorteil mit sich, da das

Umlagern des Patienten sowie das Umkonnizieren von Monitorverbindungen, Beatmungsschläuchen etc. entfallen.

Außerdem kann das „Shutteln“ problemlos von zwei Personen ohne wesentliche körperliche Belastung durchgeführt werden.

4.1.3.2 Anästhesie-Notfall-Transport-Einheit (Life-Support-Trolley)

Der Life-Support-Trolley wurde eigens für das Ingolstädter Ein-Raum-Konzept konzipiert und entworfen. Er trägt alle für die Versorgung und Überwachung wichtigen Geräte, die alle mit Akkus ausgerüstet sind und somit unabhängig vom Stromnetz betrieben werden können. Über einen Zentralstecker ist er bei stationärer Benutzung problemlos an die Stromversorgung anzuschließen. Vorteilhaft ist, dass keine Geräte mehr auf dem Patienten zu liegen kommen oder wie bisher an Leisten an dem CT- oder Transporttisch eingehängt werden müssen. Eine Beschädigung der Geräte durch Herunterstürzen und eine Gefährdung der Patienten kann dadurch minimiert werden. Außerdem wird eine bessere Übersichtlichkeit und Bedienbarkeit gewährleistet. Ein weiterer Vorzug besteht in der Ankoppelung an das Shuttle, wodurch kein zusätzliches Personal zum Transport benötigt wird.

Die Kontinuität von Monitoring, Beatmung und Volumen- und Medikamententherapie ist somit lückenlos bis zur Übergabe auf die Intensivstation oder in den OP gegeben.

Nach einer Testphase von zwei Monaten wurde der Anästhesie-Trolley optimiert, indem ungenutzte Trägerarme entfernt wurden.

Der Anästhesie-Trolley wird während der CT-Untersuchung seitlich des CT-Tisches hinter dem Kopfende des Patienten positioniert. Um das Verschieben des CT-Bogens bis zum Scheitel des Patienten zu gewährleisten, muss darauf geachtet werden alle Infusions- und Perfusorleitungen mit Verlängerungen zu versehen.

Andere kommerziell angebotene Transporteinheit-Systeme (wie z.B. von Dräger, Maquet, Modul-Technik, Neusselmedtech) waren für das Ingolstädter

Ein-Raum-Konzept weniger geeignet, da sie nicht mit dem Shuttle-System kompatibel waren.

4.1.3.3 Radiologisches Untersuchungsprotokoll - „Polytrauma-Spirale“

In der CT-Phase wird zunächst ein a.p.-Topogramm von bis zu 153 cm Gesamtlänge angefertigt, das bei optimalen Bedingungen 50 Sekunden benötigt. Dieses wird für die weitere Planung der standardisierten Spiralserien von Schädel, Thorax und Abdomen benötigt. Gleichzeitig können mithilfe dieses Topogramms ausgedehnte, sofort behandlungspflichtige Störungen wie Hämato- und Pneumothorax und schwere Lungenkontusionen erfasst und gegebenenfalls behandelt werden.

Es folgen Nativscan des Kopfes, danach Scan der Halswirbelsäule und des Thorax. Seit Ende des Jahres 2005 wird auch die Halswirbelsäule mit Kontrastmittel dargestellt, um eine Dissektion an Carotiden und Vertebralarterien erkennen zu können. Dieses Vorgehen wurde etabliert, da Mutze et al. zeigen konnten, dass Verletzungen der Halsarterien häufiger vorkommen als bisher angenommen. Außerdem betont die Studie die Überlegenheit der CT-Angiographie gegenüber der Doppler-Untersuchung der Halsarterien in Bezug auf die Sensitivität [Mutze et al., 2005].

Die reine Scanzzeit beträgt für den Schädel in der Regel 25 Sekunden. Noch während des Scans werden die axialen Sofortbilder auf dem Bildschirm angezeigt. Die anschließende Rechenzeit für die Bilddaten benötigt 2 Minuten. Der Halswirbelsäulen- und Thoraxscan benötigt 12 Sekunden, die anschließende Bilddatenberechnung noch einmal 1 Minute und 30 Sekunden, der Abdomenscan 12 Sekunden mit einer Rechenzeit von 1 Minute und 25 Sekunden und der Extremitätenscan 13 Sekunden mit einer Rechenzeit von 1 Minute und 3 Sekunden. Die axialen Bilder im Hirn- bzw. Weichteilfenster stehen jeweils sofort zur Verfügung.

4.1.3.4 Bildberechnung und Rekonstruktion

Da die ersten Diagnosen noch während der Bilderfassung online am Bildschirm durch Betrachtung der axialen Sofortbilder durch den Radiologen und die Chirurgen erfasst werden, kann die Behandlung perakut vitalgefährdender Befunde wie beispielsweise raumfordernde epi- oder subdurale Hämatomate, ausgedehnte intrazerebrale Hämorrhagien, Hirnödeme, ebenso wie Pneumo- und Hämathothorax und freie abdominelle Flüssigkeit umgehend veranlasst werden. Die weitere Versorgungsstrategie (OP, Intensiv) kann noch während der laufenden CT-Untersuchung frühzeitig festgelegt werden.

Direkt im Anschluss an die Bilderfassung werden die Bildberechnung und Rekonstruktion der gescannten Daten durchgeführt.

Als erstes werden die Bilddaten für die Knochenfenster berechnet; dies dauert zwischen 1 Minute und 5 Sekunden bis zu 2 Minuten und 5 Sekunden.

Der zweite Berechnungsdurchgang liefert dann innerhalb von 1 ½ Minuten die sogenannten Standardbilder. Im dritten Berechnungsdurchgang (Dauer 2 Minuten) werden die Bilddaten für die 3D-Rekonstruktionen erstellt. Der vierte Berechnungsdurchgang liefert schließlich nach weiteren 1 ½ Minuten die 3D-Bilder.

4.1.4 Dokumentation

Die Dokumentation des Versorgungsablaufes begann bei Aufnahme des Patienten in der Zentralen Notaufnahme und wurde bis zur Übergabe auf der Intensivstation oder in den OP-Bereich fortgeführt. Die Aufgabe hierfür lag beim jeweils zuständigen Anästhesisten und erfolgte handschriftlich auf speziellen Traumadokumentationsbögen. Alle diagnostischen und therapeutischen Schritte wurden jeweils unter minutengenauer Angabe der Zeiten erfasst, des Weiteren wurden auch Zeitverzögerungen und ihre Ursachen dokumentiert. Alle klinischen und radiologischen Diagnosen wurden aufgelistet und teilweise im Verlauf ergänzt.

Für die Zeiterfassung wurde eine kontinuierliche Zeitquelle benötigt, da bei Verwendung unterschiedlicher Zeitquellen (EKG-Monitor, PC, Wanduhren) die Gefahr besteht, dass die Uhrzeiten nicht übereinstimmen [Genzwürker und

Hilker, 1998]. Folgende unterschiedliche Möglichkeiten zur exakten Zeitdokumentation wurden in Erwägung gezogen und bezüglich ihrer Tauglichkeit diskutiert:

- Schockraumuhr: Im Schockraum zuverlässig verwendbar, jedoch nicht bei Aufnahme des Patienten in der Zentralen Notaufnahme vorhanden und auch bei Ortswechsel in OP/ bzw. Intensivstation nicht mehr anwendbar.
- Monitor: Laut Informationen der Firma Datex Ohmeda besteht die Möglichkeit Monitore mit einem speziellen Modul aufzurüsten, so dass eine Zeitmessung mit Dokumentation von Ereignissen möglich wird. Auch bei dieser Variante muss zumindest einmal auf eine andere Uhrzeit zurückgegriffen werden, da das hauseigene Monitoring erst im Schockraum etabliert wird. Nicht zuletzt wäre diese Aufrüstung mit weiteren nicht unerheblichen Kosten verbunden gewesen.
- Videoaufzeichnung: Auch hier ergab sich das Problem, dass eine Videodokumentation nur direkt im Schockraum verfügbar gewesen wäre. Außerdem hätte diese Variante eine Nachbearbeitung der Videoaufzeichnung nötig gemacht. Auch erklärten sich einige Mitarbeiter mit der Videoerfassung der Schockraumversorgung nicht einverstanden.
- Mikrochip Überwachung: Es gibt die technische Möglichkeit den Patientenstandort und Zeiten mittels Mikrochips zu erfassen. Dieses System war zum Zeitpunkt dieser Studie am Klinikum Ingolstadt noch nicht etabliert.
- Taschencomputer PALM®: Die Zeiterfassung mittels eines Taschencomputers im Zusammenhang mit dem Programm Titrax erwies sich als durchaus praktikabel und verlässlich. Da nur ein Gerät zur Verfügung stand, war es organisatorisch nicht möglich, dieses Gerät als Standarddokumentation zu verwenden. Während des Bereitschaftsdienstes bestand jedoch für die Diensthabenden die Möglichkeit, die Zeiterfassung

mit PALM[®] durchzuführen. Bei insgesamt 28 Patienten wurde die Zeitdokumentation auf diese Weise durchgeführt.

Bei allen anderen Patienten erfolgte die Dokumentation durch

- Armbanduhr: Am einfachsten und praktikabelsten erwies sich die Zeiterfassung mittels Armbanduhr und direkter handschriftlicher Dokumentation in die im Schockraum ausliegenden und in die Narkose-Protokolle eingelegten Dokumentationsbögen. Dieses System war universell verfügbar und die verwendete Zeitquelle war an jedem Ort identisch.

Dieser zusätzliche Dokumentationsaufwand wurde gerade zu Beginn der Untersuchung nicht von allen ärztlichen Kollegen getragen. 45% der aufgenommenen Traumapatienten konnten während des Multilokalen Konzepts in die Studie eingeschlossen werden. Durch Motivation der Mitarbeiter und Fortbildungen wurde die Dokumentation entscheidend verbessert, so dass während des Ein-Raum-Konzepts 85% der über den Schockraum aufgenommenen Traumapatienten für die Studie verwertet werden konnten. Ein Dokumentationsassistent wäre wünschenswert gewesen, konnte aber aus Personalgründen nur selten gestellt werden.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Patientenkollektiv

Pro Jahr werden am Klinikum Ingolstadt ca. 300 anästhesiepflichtige Patienten über die Rettungsleitstelle für den Schockraum angemeldet, davon sind rund 75% Traumapatienten.

Mit dieser Studie wurden in beiden Konzepten (multilokales und Ein-Raum-Konzept) zusammen 252 Patienten registriert. Die Diagnostik- und Versorgungszeiten von jedem für den Schockraum angemeldeten Traumapatienten wurden minutengenau ab Eintreffen in der Zentralen Notaufnahme registriert inklusive der Untersuchungs-, Transport-, Warte- und Versorgungszeiten. Des Weiteren wurden Probleme, die während der Versorgung auftraten, dokumentiert und alle Diagnosen erfasst.

Mit dem Multilokalen-Konzept wurden auf diese Weise 84 und mit dem Ein-Raum-Konzept 154 Patienten dokumentiert und ausgewertet.

Insgesamt fünf Patienten wurden von der Studie ausgeschlossen, da es bei ihnen zu Abweichungen vom Schockraumalgorithmus kam.

1. Bei einer schwangeren Patientin (28.SSW), die polytraumatisiert in den Schockraum eingeliefert wurde, zwang der Notfallsonographiebefund zur sofortigen Durchführung eines Notkaiserschnitts. Nach Ausdehnung des Laparotomieschnittes musste, bei Leberriss mit starker Blutung, eine Leberteileresektion angeschlossen werden. Auf eine Computertomographie wurde zunächst verzichtet, da kein Hinweis auf ein Schädel-Hirn-Trauma bestand.
2. In einem Fall zwang das unvorhergesehen ausgefallene MSCT zum Umsteigen auf das Multilokale Konzept und es wurde nach einem CCT (im „alten“ CT) auf die konventionelle Röntgendiagnostik ausgewichen.
3. Bei einer polytraumatisierten Patientin wurde bei der initialen Diagnostik und durch CT-Angiographie ein disseziertes thorakales Aortenaneurysma festgestellt. Nach Erstversorgung und Organisation der Sekundärverlegung in ein Spezialzentrum verblieb die Patientin bis zum Weitertransport im MSCT-Schockraum (Schockraumzeit 320 min).
4. + 5. Bei zwei extrem adipösen Patienten (geschätzt > 160kg) war es technisch nicht möglich, die Ganzkörpercomputertomographie vollständig durchzuführen, da die Gantry nicht groß genug war, das Körpervolumen der Patienten aufzunehmen. In diesen Fällen musste nach dem CCT auf die konventionelle Röntgendiagnostik und Ultraschall ausgewichen werden.

Fünf Patienten verstarben bei der Primärversorgung und -diagnostik nach Multilokalem Konzept, zwei Patienten bei der Versorgung nach Ein-Raum-Konzept. Das Versterben von Patienten während der Schockraumphase war Abbruchkriterium.

4.2.1.1 Demographische Daten

Das in der Studie erfasste Patientenkollektiv wies sowohl im jeweiligen Untersuchungszeitraum (multilokales versus Ein-Raum-Konzept), als auch im Gesamtkollektiv eine typische Alters- und Geschlechtsverteilung für schwerverletzte oder polytraumatisierte Patienten auf.

Das durchschnittliche Patientenalter von 37,8 Jahren (multilokales Konzept) beziehungsweise 41,3 Jahren (Ein-Raum-Konzept) liegt wie auch in anderen Studien um das dritte und vierte Lebensjahrzehnt [Keil et al., 2004, Bardenheuer et al., 2000]. Als Ursache für diese Konstellation wird im Allgemeinen das erhöhte Unfallrisiko sowohl in beruflicher Hinsicht als auch durch Freizeitaktivitäten in diesem Lebensabschnitt angesehen [Regel et al., 1993].

Auch die Geschlechtsverteilung mit 71% Männern zu 29% Frauen (multilokales Konzept) und 73% Männer zu 27% Frauen (Ein-Raum-Konzept) ist sowohl untereinander als auch mit der Geschlechtsverteilung in anderen Traumazentren vergleichbar [Bardenheuer et al., 2000].

Hauptverletzungsursache im untersuchten Kollektiv waren Unfälle im Straßenverkehr, am häufigsten PKW-Unfälle (33% Multilokales Konzept bzw. 30% Ein-Raum-Konzept) gefolgt von Zweiradunfällen (24% bzw. 28%). Der höhere Anteil an Zweiradfahrern im zweiten Untersuchungsabschnitt ist durch die jahreszeitlich bedingte wärmere Witterung im Vergleich zum ersten Abschnitt der Untersuchung erklärbar.

Auch in anderen Traumazentren machen Verkehrsunfallopfer den Hauptanteil der schwerverletzten Patienten aus (zwischen 50-60%). Die meisten verunfallten als PKW-/ LKW-Fahrer, gefolgt von Zweiradfahrern. Unser Kollektiv weist in beiden Untersuchungsabschnitten einen relativen hohen Anteil an Zweiradfahrern im Vergleich zu den Angaben anderer Autoren auf. Eine Erklärung hierfür kann in dem landschaftlich bedingt vermehrten Anteil von Zweiradverkehr in Bayern gegenüber landschaftlich für den Zweiradverkehr weniger attraktiven Gegenden liegen. Im Allgemeinen macht dieser Anteil circa 10 bis 20% aus [Bardenheuer et al., 2000, Liener et al., 2004].

4.2.1.2 Verletzungsschwere

Zur Einstufung der Patienten nach der Verletzungsschwere wurde der Injury Severity Score ermittelt. Dieser ist der zurzeit am häufigsten verwendete Score und internationaler Standard bei der Bewertung von Schwerverletzten [Kulla et al., 2005]. Schwächen zeigt dieses Score-System bei der Beurteilung von Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma oder Patienten hohen Alters. Ihre Verletzungsschwere wird systematisch unterbewertet [Foltin und Stockinger, 1999]. Der Mittelwert der gescorten Patienten am Klinikum Ingolstadt lag bei $25,3 \pm 20,1$ Punkten. Der mittlere ISS-Wert während des multilokalen Schockraumkonzepts betrug $25,1 \pm 20,1$ Punkte, während des Ein-Raum-Konzepts lag er unwesentlich höher bei $25,5 \pm 20,1$ Punkten.

Mit der nach ISS ermittelten Verletzungsschwere war das untersuchte Patientengut vergleichbar mit dem mehrerer anderer Studien [Keil et al, 2004, Ruchholtz et al., 2002, Bardenheuer et al., 2000]. Der durchschnittliche ISS-Wert aller im Traumaregister der DGU [Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, www.dgu-online.de/de/dgu/gruppierungen/ags/polytrauma.jsp] registrierten Patienten lag im Jahr 2005 bei durchschnittlich 24 ± 14 Punkten [Kühne et al., 2006].

4.2.1.3 Verletzungsmuster

Die Differenzierung der relevant verletzten Regionen (AIS der Region ≥ 3) zeigte in dem untersuchten Kollektiv folgendes Verteilungsmuster:

In beiden Untersuchungszeiträumen dominierte in unserem Patientengut das SHT mit 36% (multilokales Konzept) beziehungsweise 33% (Ein-Raum-Konzept).

Als zweithäufigste relevante Verletzung trat bei unserem Patientengut das Thoraxtrauma auf (multilokales Konzept 25%, Ein-Raum-Konzept 26%).

Obwohl diese Zahlen es nicht eindeutig belegen, kann davon ausgegangen werden, dass durch die computertomographische Untersuchung des Thorax Verletzungen erkannt wurden, die durch die herkömmliche ap.-Röntgenaufnahme des Thorax, wie sie während des multilokalen Konzepts

zumeist durchgeführt wurde, möglicherweise nicht erkannt worden wären [Voggenreiter et al., 2004, Waydhas, 2000]. Die vergleichbare Anzahl an detektierten Thoraxverletzungen könnte daraus resultieren, dass in dieser Studie nur relevante Verletzungen (AIS \geq 3, wie z.B. Rippenfrakturen n=1-3 mit Pneumo-/ Hämatothorax, Rippenfrakturen $>$ 3 ohne Pneumo-/ Hämatothorax, Zwerchfellruptur, BWS-Verletzung mit $>$ 20% Höhenminderung) registriert wurden, die auch in einer a.p.-Röntgenthoraxaufnahme in der Regel problemlos zu erkennen sind. Zum anderen wurden auch im Algorithmus des multilokalen Konzepts unklare und suspekta konventionelle Röntgenbefunde durch thorakale Computertomographie geklärt.

Das Thorax-CT gilt heute als Goldstandard bei der Diagnostik von Thoraxverletzungen [Genzwürker et al., 2005, Rieger et al., 2002, Schreiter et al., 2000, Trupka et al., 1997abc, Trupka et al., 1998, Uffmann et al., 1998, Waydhas, 2000]. Nach der Literaturübersicht von Voggenreiter wird in der neueren Literatur die zusätzliche Mehrinformation des Thorax-CT beim stumpfen Thoraxtrauma allgemein akzeptiert [Voggenreiter et al., 2004]. Durch das Thorax-CT können bei bis zu zwei Drittel der Patienten relevante neue Diagnosen gestellt werden, die beim Standardröntgen nicht erkennbar waren [Waydhas, 2000]. Es wird kontrovers diskutiert, in wie weit diese zusätzlich gewonnenen Informationen Behandlungskonsequenzen nach sich ziehen. Vor allem das Einführen oder die Lagekorrektur einer Thoraxdrainage bei Pneumothorax, sowie der direkte Einfluss der Befunde auf das Beatmungsregime und das operative Management von großen Frakturen werden als wichtig und therapie relevant erachtet [Waydhas, 2000].

Auch bei Verletzungen der Wirbelsäule, die häufig Teil einer Polytraumatisierung sind, wird die Multislice-CT vom Kopf bis zum Becken als derzeit optimales Vorgehen angesehen. Sie übertrifft die konventionelle Röntgendiagnostik in Bezug auf Sensitivität, Spezifität, positiven und negativen prädiktiven Wert deutlich [Woltmann und Bühren, 2004].

Relevante Extremitätenverletzungen (AIS \geq 3) wurden mit dem multilokalen Konzept in 23% der Fälle registriert, mit dem Ein-Raum-Konzept war dies bei 14% der Patienten der Fall. Auch in der Literatur ist die Spanne der Prozentangaben in Bezug auf Extremitätenverletzungen mit einem AIS \geq 3 sehr groß. Ruchholtz fand in vier unterschiedlichen Untersuchungsquartalen Prozentwerte an relevanten Extremitätenverletzungen zwischen 13 % und 22% (Ruchholtz et al., 2001) und liegt damit in einem zu dieser Studie vergleichbarem Bereich. Bei Bardenheuer dagegen liegt der Wert mit 42% deutlich höher (Bardenheuer et al., 2000). Diese Schwankungen an relevanten Extremitätenverletzungen sind durch die unterschiedlichen Diagnostikverfahren mit gegebenenfalls unterschiedlicher Sensitivität für das Erkennen von relevanten Verletzungen nicht zu erklären, da Extremitätenverletzungen mit einem AIS von mindestens 3 (wie z.B. Oberarmfraktur offen oder disloziert, Oberarmamputation, Beckenfraktur offen oder disloziert, Femurschaftfraktur offen, Unterschenkelamputation) schon klinisch problemlos zu erkennen sind.

Abdominelle Verletzungen traten im multilokalen Konzept bei 8% aller Patienten auf und wurden beim Ein-Raum-Konzept bei 11% der Patienten diagnostiziert. Nach Stengel weist die primäre Sonographie eine geringe Sensitivität für die Diagnostik von freier Flüssigkeit und intraabdominellen Verletzungen auf. So sei jede 10. Organläsion nicht durch die primäre Sonographie erkannt worden [Stengel et al., 2003]. Diese Ergebnisse wurden von weiteren Autoren [Dolich et al., 2002, McGahan et al., 2002, Miller et al., 2003] bestätigt. Vor allem der Nachweis von Hohlorganperforationen gelingt auch einem erfahrenen Untersucher mit dem Ultraschall nur in 50% der Fälle [Staib et al., 2004]. Die abdominelle CT weist im Vergleich zur Sonographie eine höhere Sensitivität (94,7% im Vergleich zu 72,1%) auf [Nast-Kolb et al., 2005]. Daher wird in der Literatur das Abdomen-CT inzwischen bei vermutetem stumpfen Abdomentrauma als Goldstandard angesehen [Nast-Kolb et al., 2005] und hat sich als zuverlässige Methode zur Beurteilung des stumpfen Abdominaltraumas erwiesen. Durch die Einführung der CT beim Abdominaltrauma kam es zu einer Senkung von Morbidität und Mortalität, sowie

zu einer Abnahme diagnostischer respektive explorativer Laparotomien [Novelline et al., 1999]. Auch in der eigenen Institution hat sich zum Beispiel bei leichteren Leberverletzungen die Strategie hin zu einem eher konservativen Vorgehen verändert. Andererseits sollte bei schweren Verletzungen mit hoher Sterblichkeit die Indikation zur Operation möglichst frühzeitig gestellt werden können, noch bevor es zum hämorrhagischen Schock und zur Verbrauchskoagulopathie kommt [Ott et al., 2004].

Die höhere Diagnostik Sicherheit bei abdominalen CT-Untersuchungen im Vergleich zur Sonographie wurde in unterschiedlichen Untersuchungen folgendermaßen begründet:

- Die Computertomographie ist weniger untersucherabhängig als die Ultraschalluntersuchung und die Beurteilung wird weit weniger durch Patientenhabitus, Darmgasüberlagerung oder offene Hautverletzungen beeinträchtigt [Novelline et al., 1999, Becker et al., 1998].
- Die Computertomographie weist eine höhere Sensitivität für parenchymale Läsionen gegenüber dem Ultraschall auf, zusätzlich können Darmverletzungen und freie Luft in der CT nachgewiesen werden [Hilfiker et al., 2001].
- Mehrere Untersuchungsregionen können in einem Schritt erfasst werden [Hilfiker et al., 2001].
- Die Beurteilung von parenchymalen Organen und Gefäßen durch Applikation von intravenös verabreichtem Kontrastmittel und die dadurch gegebene Möglichkeit der Darstellung von aktiven Blutungen wird erleichtert [Hilfiker et al., 2001].
- Es können in der CT intra- und retroperitoneale Blutungen unterschieden werden, sowie ein Hämoperitoneum von intraperitonealer Flüssigkeit wie z.B. Aszites, Galle oder Urin [Hilfiker et al., 2001].
- Eine Klassifikation von Organverletzungen, wie z.B. der Leber und der Milz, wie sie vormals nur intraoperativ gegeben war, kann durch computertomographische Bildgebung vorgenommen werden [Killeen et al., 2001, Liu et al., 1993].

Der Anteil an diagnostizierten Gesichtsschädelverletzungen mit einem AIS ≥ 3 hat sich beim Ein-Raum-Konzept mit 16% im Vergleich zum Multilokalen Konzept mit 6% mehr als verdoppelt. Der Grund dafür liegt wohl darin, dass bei der prioritätenorientierten Diagnostik des multilokalen Konzepts Gesichtsschädelverletzungen in der Akutphase teilweise übersehen wurden.

Als großer Vorteil des 16-Zeilen-MSCT erweist sich auch bei Gesichtsschädelverletzungen die Möglichkeit, die primären Bilder für Rekonstruktionen verwenden zu können. Das frühere Vorgehen mit primärer konventioneller Röntgendiagnostik und zusätzlichen im Intervall durchgeführten CT-Untersuchungen zur Mund-Kiefer-Gesichtschirurgischen Operationsplanung entfällt somit.

Weichteilverletzungen machten bei unserem Patientengut mit 2 beziehungsweise 1% den geringsten Anteil an den relevanten Verletzungen (AIS ≥ 3) aus.

4.2.2 Versorgungszeiten

Oberstes Ziel der interdisziplinären Schockraumversorgung ist es, ein zeitoptimiertes Management zu gewährleisten mit dem Ziel der raschen und vollständigen Diagnostik aller relevanten Verletzungen und der Option einer sofortigen adäquaten therapeutischen Intervention. Mehrere Autoren messen dem Faktor Zeit die entscheidende Bedeutung bei der Versorgung von polytraumatisierten Patienten bei [Clarke et al., 2002, Mutschler und Haas, 1998, Tscherne, 1997]. Daher wurde in dieser Untersuchung besonderes Augenmerk auf die Zeitdauer der primären Versorgung und Diagnostik von schwerverletzten Patienten gelegt und auf die durch das Ein-Raum-Konzept erzielten Verbesserungen.

4.2.2.1 Interner Vergleich

Im Rahmen dieser Studie wurde das Ein-Raum-Konzept mit dem zuvor angewandten prioritätenorientierten multilokalen Konzept verglichen, das auch aktuell noch als Standard in der Schockraumversorgung gilt [Scherer, 2005].

Es wurde die gesamte Schockraumzeit von Einlieferung bis zum Ende von Versorgung und Diagnostik mit Übergabe im OP bzw. auf der Intensivstation zeitlich erfasst. Während der Phase des Ein-Raum-Konzepts wurde außerdem die Zeit, beginnend mit der Einlieferung bis zum Ende der CT-Untersuchung registriert.

Stark abweichende Schockraumversorgungszeiten ($> \bar{x}+s$) beim Ein-Raum-Konzept wurden gesondert analysiert.

Durch die höhere Fallzahl (153 zu 84) lässt sich das Ein-Raum-Konzept statistisch genauer beschreiben.

Ein erheblicher Zeitgewinn wurde neben der Reduktion der Diagnostikzeit durch die Einsparung von Wege-, Lagerungs- und Leerlaufzeiten erreicht. Beim Ein-Raum-Konzept war bei den meisten Patienten (Modalwert) die Primärdiagnostik nach 30 Minuten (60 Minuten beim multilokalen Konzept) abgeschlossen, bei der Hälfte der Patienten (Median) dauerte die Schockraumphase 34,0 min (multilokales Konzept 69,5 min).

Die Ganzkörper-CT-Diagnostik war im Median innerhalb von 20,0 Minuten komplett beendet, die restliche Zeit wurde für die Bildberechnung und Rekonstruktion sowie für die weitere Versorgung (Thorax-Drainagen, Anlage eines invasiven Monitorings, Shaldon-Katheter, Notthorakotomie, -laparotomie) und Stabilisierung (Transfusion von Blutprodukten, differenzierte Volumentherapie, Gerinnungsmanagement) der Patienten im Schockraum benötigt. Dagegen nahm die Diagnostik beim multilokalen Konzept die gesamte Schockraumzeit ein (Median 69,5 min), da sich die benötigte und durchgeführte Diagnostik am klinischen Bild und den bereits vorliegenden Befunden orientierte. Daher variierte der zeitliche und organisatorische Verlauf der Schockraumphase von Fall zu Fall.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass der erhebliche Zeitgewinn und der Vorteil einer abgeschlossenen Komplettdiagnostik beim Ein-Raum-Konzept stets mit einer nicht unerheblichen Strahlenbelastung des Patienten

verbunden sind. Diese entspricht ungefähr 20 Jahresdosen einer natürlichen Strahlenbelastung.

Beim Ein-Raum-Konzept fiel eine Lognormalverteilung der Schockraumzeiten auf. Dies zeigt sich in einer Linksverschiebung der Werte im Histogramm und kann folgendermaßen interpretiert werden:

Eine Versorgungszeit von 15 Minuten kann beim Ein-Raum-Konzept praktisch nicht unterschritten werden. In dem folgenden Zeitintervall von 15 bis 30 Minuten kann die Mehrzahl der Patienten versorgt werden. Versorgungszeiten über 50 Minuten stellen eine Ausnahme dar.

Aus diesem Grund wurden Schockraumzeiten während des Ein-Raum-Konzepts, die über eine Standardabweichung nach oben vom Mittelwert abwichen (> 49 Minuten), einer gesonderten Prüfung unterzogen und die Gründe, die zu Verzögerungen führten, analysiert. Dies war bei 25 von 154 Patienten der Fall. Dabei fiel auf, dass diese deutlich längeren Versorgungszeiten immer im Zusammenhang mit zusätzlichen Untersuchungen (zweites Thorax-CT, konventionelles Röntgen, Angiographie, Angio-CT), einer dringlichen Wundversorgung oder der Anlage von Thoraxdrainagen standen.

Für die weitere Therapieplanung ergab die frühere, sensitivere und umfassendere Diagnosestellung durch das Ein-Raum-Konzept entscheidende Vorteile. Unmittelbar nach Abschluss der Ganzkörper-CT-Diagnostik standen die für das weitere Procedere ausschlaggebenden Diagnosen fest und es konnten die Weichen für die weitere Versorgung (operativ oder konservativ) frühzeitig gestellt werden.

4.2.2.2 Vergleich mit Daten aus früheren Studien

In dem Zeitraum vom 01.08.1998 bis 31.07.1999 wurde durch den Forschungsverbund „Neurotrauma und Neuropsychologische Rehabilitation“ München eine Systemanalyse der präklinischen und klinischen Versorgung von Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma durchgeführt [Wirth und

Schlesinger-Raab, 2001, Wirth et al., 2004, Baethmann et al., 1999]. Das Klinikum Ingolstadt war eine der an der Datenerhebung teilnehmenden Kliniken. Im Zuge dieser Studie wurde unter anderem auch die innerklinische Akutversorgung dokumentiert und zeitlich erfasst. Als innerklinische Akutversorgung wurde die Zeit ab Aufnahme in der Klinik bis zur Aufnahme auf die Intensivstation bzw. Normalstation, bis zum Operationsbeginn oder bis zum Beginn der Sekundärverlegung definiert. Diese dauerte im Mittel aller beteiligten Kliniken 105 ± 64 min. Das 1. CT wurde im Mittel 124 ± 493 min nach Aufnahme durchgeführt. Eine Differenzierung zwischen Patienten mit isoliertem SHT und polytraumatisierten Patienten erfolgte ebenfalls. Bei Patienten mit isoliertem SHT war die Akutversorgung im Mittel nach 104 ± 63 min, bei Polytraumapatienten nach 108 ± 65 min abgeschlossen. Die Zeit bis zur Durchführung des 1. CT betrug bei isoliertem SHT 150 ± 568 min beim Polytrauma 68 ± 257 min [Wirth und Raab, 2001].

Während der Durchführung der Systemanalyse Schädel-Hirn-Trauma erfolgte die Akutversorgung Schwerverletzter bzw. Polytraumatisierter am Klinikum Ingolstadt nach dem multilokalen Konzept wie auch in der ersten Phase dieser Untersuchung. Aus den in dieser Studie ermittelten Zeiten kann abgeleitet werden, dass die Versorgung in Ingolstadt mit $71,4 \pm 34,4$ min bereits im Multilokalem Konzept deutlich schneller erfolgte als im allgemeinen Studien-durchschnitt.

4.2.2.3 Externer Vergleich

Ein weiterer Gegenstand dieser Untersuchung war der Vergleich mit Daten anderer Traumazentren.

Dabei können zwei Gruppen, analog dem multilokalen Konzept und dem Ein-Raum-Konzept, gebildet werden. Die eine Gruppe wird von Kliniken gebildet, die nach dem konventionellen multilokalen Konzept mit prioritätenorientierter Diagnostik vorgehen, die andere Gruppe führt bei allen als schwerverletzt eingestuften Patienten ein Ganzkörper-CT als Basisdiagnostik durch.

Die Zeitangaben sind (vor allem bei prioritätengesteuerten Versorgungskonzepten) oft ungenau und die untersuchten Zeitabschnitte inhomogen. Dennoch sind die Zeiten dieser zwei Gruppen im Wesentlichen mit unseren Ergebnissen vergleichbar.

Es ist davon auszugehen, dass die Versorgung nach prioritätenorientierter Diagnostik je nach Klinik zwischen 69 und 83 Minuten in Anspruch nimmt [Keil et al., 2004, Ruchholtz et al., 2002, Hilbert et al., 2005], in Ingolstadt $71,4 \pm 34,4$ Minuten (Multilokales Konzept).

In Kliniken, die über ein MSCT verfügen, kann die komplette Diagnostikphase im Durchschnitt wesentlich schneller in 12-25 Minuten beendet werden [Kanz et al., 2004, Wurmb et al., 2005, Hilbert et al., 2005]. Die Ergebnisse unserer Untersuchung zeigen ein vergleichbares Zeitfenster.

Mit anschließender Stabilisierung und Primärversorgung konnte die gesamte Schockraumphase je nach Studie in 36 bis 50 Minuten abgeschlossen werden [Hilbert et al., 2005, Wurmb et al., 2005]. In Ingolstadt konnte dies durch das Ein-Raum-Konzept innerhalb von 34 min realisiert werden.

Andere Studien bestätigten diesen beachtlichen Zeitgewinn ebenfalls [Hilbert et al., 2005, Wurmb et al., 2005]. Hilbert et al. registrierten eine Reduzierung der Schockraumzeit an den BG-Kliniken Bergmannstrost-Halle von ursprünglich 87 Minuten auf 36 Minuten [Hilbert et al., 2005].

5 Zusammenfassung

Die Schockraumphase hat in der Versorgung Schwerverletzter eine zentrale Bedeutung, da der weitere Krankheitsverlauf neben direkten unfallbedingten Schädigungen maßgeblich durch Zeitpunkt, Dauer, Qualität und Vollständigkeit der Diagnostik und Therapie beeinflusst wird.

Daher wurde am Klinikum Ingolstadt bei der Planung und Konzeption eines neuen Schockraums besonderes Augenmerk auf eine schnelle, umfassende und schonende Versorgung und Diagnostik von Polytraumapatienten gelegt. So entstand ein Ein-Raum-Konzept mit integriertem 16-Zeilen-MSCT, das das bisherige multilokale Konzept, welches verschiedene ablaufbedingte Probleme mit sich brachte, ablöste.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde für dieses Ein-Raum-Konzept ein Schockraumalgorithmus erarbeitet, der die Abläufe in der frühen klinischen Behandlungsphase regelt. Neu dabei ist zum einen, dass die Ganzkörper-CT als primäre Bildgebung genutzt und in der Regel auf konventionelles Röntgen und Sonographie vollständig verzichtet wird. Zum andern kann durch die neue Technik mit der gleitenden Gantry auf belastende Umlagerungen verzichtet werden, weil hier anders als bisher üblich nicht mehr der Patiententisch, sondern die Gantry des CT bewegt wird. Außerdem können mit Hilfe des neu konzipierten transportablen Life-Support-Trolley, der mit allen Geräten zur Überwachung und Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen ausgestattet ist, kontinuierliche Beatmung und Monitoring vom Schockraum bis in den OP gewährleistet werden.

Die Umsetzung und Praktikabilität des Ingolstädter Schockraumalgorithmus wurde als Teil des internen und externen Qualitätsmanagements von April 2003 bis Dezember 2004 evaluiert. In diese Untersuchung wurden insgesamt 238 Patienten eingeschlossen. 84 Patienten wurden nach dem herkömmlichen multilokalen Konzept und 154 Patienten wurden nach dem Ein-Raum-Konzept versorgt. Es wurde der zeitliche Ablauf der Versorgung eines Patienten vom Zeitpunkt der Einlieferung bis zur operativen Versorgung bzw. Verlegung des

Patienten auf die Intensivstation minutengenau erfasst. Die ermittelten Versorgungszeiten wurden miteinander und anhand aktueller Daten aus der Literatur bewertet und verglichen.

Die demographischen Daten, sowie Verletzungsmuster und –schwere der Patienten beider Gruppen waren vergleichbar.

Die Gesamtzeit der Primärdiagnostik und -versorgung konnte durch die Einführung des Ein-Raum-Konzepts von im Median 69,5 min auf 34,0 min reduziert werden (statistisch höchstsignifikant $p < 0,0001$). Die Diagnostik nimmt beim multilokalen Konzept die gesamte Schockraumzeit ein (Median 69,5 min), dagegen beträgt die Zeit bis zum Ende der Komplettdiagnostik beim Ein-Raum-Konzept im Median 20,0 min.

Da mehrere Studien belegt haben, dass das Mortalitätsrisiko von Traumapatienten mit der Zeit bis zur Versorgung lebensbedrohlicher Verletzungen kontinuierlich zunimmt, ist anzunehmen, dass diese nachgewiesene Verkürzung der Schockraum- und Diagnostikzeit das Outcome von Polytraumatisierten und Schwerverletzten verbessert.

Der genaue Einfluss des hier ermittelten Zeitgewinns auf die Prognose und das Überleben muss jedoch durch weitere Studien evaluiert werden.

6 Anhang

Die handschriftliche Dokumentation der Zeiterfassung wurde wie unter Punkt 2.3 beschrieben mit Hilfe von Dokumentationsbögen durchgeführt, die im Weiteren abgebildet sind.

Pat.Name _____

Geb. Dat.: ____ . ____ . ____

Eintreffen Datum ____ . ____ .2003 Uhrzeit ____ : ____ Uhr

Schockraumteam vollständig bei Eintreffen des Pat.? Nein Ja

Falls Nein, wer fehlte

- Anästhesie
- Chirurgie
- Radiologie
- Neurochirurgie

Diagnostik

	Durchgeführt		Beginn	Ende
	nein	ja		
Sono-Abd.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__ : __ Uhr	__ : __ Uhr
RöTx	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__ : __ Uhr	__ : __ Uhr
Konvent. Rö.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__ : __ Uhr	__ : __ Uhr
CT-Diagn.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	__ : __ Uhr	__ : __ Uhr

Weiterversorgung

Schockraum-Diagnostik regulär beendet? Nein Ja

Wenn ja:

Weiterverlegung um __ : __ Uhr

- Früh-OP
- 49 A
- 49 C
- Stat. ____
- andere(s)

Wenn nein:

Abbruch um __ : __ Uhr wegen

- Not-OP
- sonstiges

Komplementierung der Diagnostik vor Intensiv Nein Ja

Verlegung

Auf Station __ um __ : __ Uhr.

Bitte Bögen möglichst vollständig ausfüllen. Ausgefüllte Bögen bitte in mein Fach legen oder mir persönlich geben.
Vielen Dank!

Angelika Grünes

Abbildung 1: Dokumentationsbogen 1

SR-Dokumentation für Polytrauma, Mehrfachverletzte & SHT

Pat.Name: _____ Geb.Dat.: _____

Eintreffen SR Datum: _____ Uhrzeit: _____

Verlegung aus anderem KH: ja nein Massenansturm (mehr als 3 Pat.gleichzeitig): ja nein

SR-Team vollständig bei Eintreffen des Pat.?

Anästhesie Arzt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Anästhesie Pflege	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Chirurgie Arzt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	NFZ Pflege	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
NCH Arzt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	Radiologie Pflege	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Radiologie Arzt	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein			

Wartezeit: _____ min

SR Versorgung:

			Beginn/Uhrzeit	bis	Ende	Dauer
			_____	_____	_____	_____ min
	Ja	nein				
Intubation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
MAD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
ZVK	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
EK-Gabe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
CPR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Schienung/ Gips	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Sonstiges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Diagnostik:

Sono:			Beginn/Uhrzeit	bis	Ende	Dauer
			_____	_____	_____	_____ min
Abdomen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Pericard	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Pleura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

CT gesamt inkl. Lagerung:

			Beginn/Uhrzeit	bis	Ende	Dauer
			_____	_____	_____	_____ min
Scanzeiten						
CCT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Tx-CT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Abd-CT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
WS-CT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Becken-CT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Extremitäten-CT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min

Röntgen gesamt inkl. Lagerung:

			Beginn/Uhrzeit	bis	Ende	Dauer
			_____	_____	_____	_____ min
Rö-Tx SR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Rö-Tx	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Rö-Extr.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Rö-WS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min
Rö-Becken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min

Sonstiges:

			Beginn/Uhrzeit	bis	Ende	Dauer
			_____	_____	_____	_____ min
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				_____ min

➔
Bitte Rückseite beachten!

Abbildung 2: Dokumentationsbogen 2, 1.Seite

Therapieentscheidungen:

Abbruch der Diagnostik		Beginn/Uhrzeit	bis	Ende	Dauer
Not-OP	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Infauste Prognose	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Im SR †	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Sonstiges:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min

SR-Diagnostik regulär beendet

Früh-OP

Tx-Drainage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Pericard-Pkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Notfall-Lap.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Wundversorgung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min
Sonstiges	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____	_____	_____ min

Verlegung auf Station

			Uhrzeit
49 A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
49 C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
Normal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____

Diagnosen:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

Skizze Lagerungs- und Wegezeiten in min:

Bitte auf den Pfeilen die Lagerungs- und Transportzeiten in min vermerken, die für oder zwischen den jeweiligen Schritten benötigt wurden.

```

graph TD
    CT[CT] <--> RO[RÖ]
    CT <--> OP[OP/STAT]
    CT <--> SR[SR]
    RO <--> OP
    RO <--> SR
    OP <--> SR
            
```

Vielen Dank
 fürs Ausfüllen!
 Bitte die in mein Fach werfen!
 Mrs. Angeler

Abbildung 3: Dokumentationsbogen 2, 2. Seite

SR-Dokumentation für Polytrauma, Mehrfachverletzte & SHT

Pat.Name: _____ Geb.Dat.: _____

Eintreffen NFZ Datum: _____ Uhrzeit: _____

Verlegung aus anderem KH: ja nein Massenansturm (mehr als 3 Pat.): ja nein
 Intubiert, beatmet: ja nein Kreislaufstabil: ja nein

SR-Team vollständig bei Eintreffen des Pat.?

Anästhesie Arzt ja nein Anästhesie Pflege ja nein
 Chirurgie Arzt ja nein NFZ Pflege ja nein
 Radiologie Arzt ja nein Radiologie Pflege ja nein
 NCH Arzt ja nein

MSCT funktionsfähig bei Eintreffen des Pat.? ja nein

► durch oben aufgeführte Verzögerungen entstandene Wartezeit: _____ min

<u>Diagnostik:</u>		Beginn/Uhrzeit bis	Ende	Dauer
MSCT Raumzeit:		_____	_____	_____ min
Scanzzeit:		_____	_____	_____ min
CCT	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		WS-CT <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
Tx-CT	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		Becken-CT <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
Abd-CT	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		Extremitäten-CT <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	

Sono:		Dauer
		_____ min
Abdomen	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	Pleura <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Pericard	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	

<u>SR-Versorgung:</u>		Beginn/Uhrzeit bis	Ende	Dauer
		_____	_____	_____ min
Intubation	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		Notfall-Lap. <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
MAD	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		EK-Gabe <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
ZVK	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		CPR <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
Tx-Drainage	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		Schienung/ Gips <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
Wundversorgung	<input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein		Pericard-Pkt. <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein	
Sonstiges	<input type="radio"/> ja _____			

Bitte Rückseite Beachten ☞

Abbildung 4: Dokumentationsbogen 3, 1. Seite

Therapieentscheidungen:

Abbruch der Diagnostik um (Uhrzeit) _____

Not-OP ja nein

Infauste Prognose ja nein

Im SR † ja nein

Sonstiges: ja _____

Verlegung auf Station/OP (Uhrzeit) _____

49 A	<input type="radio"/>	OP	<input type="radio"/>
49 C	<input type="radio"/>	St. _____	<input type="radio"/>
49 I	<input type="radio"/>		

Ursachen für Verzögerung:

1. _____ Dauer: _____ min

2. _____ Dauer: _____ min

3. _____ Dauer: _____ min

Diagnosen:

1. _____	5. _____
2. _____	6. _____
3. _____	7. _____
4. _____	8. _____

DANKE FÜRS AUSFÜLLEN ☺ Bögen bitte in mein Fach werfen ☺ Vielen Dank, Angelika Grünes, IA

Abbildung 5: Dokumentationsbogen 3, 2. Seite

7 Literaturverzeichnis

- Adams, H.A., Trentz, O. (2007)
Die Erstversorgung des polytraumatisierten Patienten
Anästh Intensivmed 48:73-96
- Ahnefeld, F.W., Brandt, L. (2002)
Die historischen Fundamente der Notfallmedizin
Notfall Rettungsmed 5: 607-612
- Ahnefeld, F.W. (2003)
Vom Samariter zum Notarzt
ADAC Luftrettung 2:19-25
- Ardedeji, O.A., Driscoll, P.A. (1996)
The Trauma Team
Postgrad Med J 72:587-593
- Baethmann, A., Chapuis, D., Wirth, A., and Study Group (1999)
System analysis of patient management during the pre- and early clinical phase
in severe head injury
Acta Neurochir Suppl 73:93-97
- Baker, S.P., O'Neil, B., Haddon, W., Long, W.B. (1974)
The Injury Severity Score: A method for describing patients with multiple injuries
and evaluating emergency care
J Trauma 14:187-197
- Baker, S.P., O'Neil, B., (1976)
The Injury Severity Score: An update
J Trauma 16:882-885
- Bardenheuer, M., Obertacke, U., Waydhas, C., Nast-Kolb, D., AG Polytrauma
der DGU (2000)
Epidemiologie des Schwerverletzten
Eine prospektive Erfassung der präklinischen und klinischen Versorgung
Unfallchirurg 103:355-363
- Beck, A., Gebhard, F., Fleitner, T., Pfenniger, E., Kinzl, L. (2002)
Zeitoptimiertes modernes Schockraummanagement unter Einsatz digitaler
Techniken
Unfallchirurg 105:292-296
- Beck, A., Bischoff, M., Gebhard, F., Huber-Lang, M., Kinzl, L., Schmelz, A.
(2004)
Apparative Diagnostik im Schockraum
Unfallchirurg 10:862-870

Becker, C.D., Mentha, G., Terrier, F. (1998)
Blunt abdominal trauma in adults: role of CT in the diagnosis and management of visceral injuries.
Part 1: liver and spleen
Eur Radiol 8:553-562

Bernhard, M., Helm, M., Aul, A., Gries, A. (2004)
Präklinisches Management des Polytraumas
Anästhesist 53:887-904

Bouillon, B., Krämer, M., Paffrath, T., Dimmeler, S., Neugebauer, E., Tillig, T. (1994)
Qualitätssicherung in der Versorgung Schwerverletzter: wie können Scoresysteme helfen
Unfallchirurg 97:191-198

Bouillon, B., Neugebauer E. (2001)
Qualitätsmanagement bei Schwerverletzten
ZaeFQ95:475-478

Brown, M.A., Casola, G., Sirlin, C.B., Patel, N.Y., Hoyt, D.B. (2001)
Blunt Abdominal Trauma : Screening US in 2,693 Patients
Radiology 218:352-358

Butela, S.T., Federle, M.P., Chang, P.J., Thaete, F.L., Peterson, M.S., Dorvault, Ch.J., Hari, A.K., Soni, S., Branstetter, B.F., Paisley, K.J., Huang, L.F. (2001)
Performance of CT in detection of bowel injury
AJR 176:129-135

Chiara, O., Cimbanassi, S. (2003)
Organized trauma care: does volume matter and do trauma centers save lives?
Curr Opin Crit Care, 9:510-514

Clarke, J.R., Trooskin, S.Z., Doshi, P.J., Greenwald, L., Mode, Ch.J. (2002)
Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes
J Trauma 52:420-425

Copes, W.S., Forrester Staz, C., Kavolinka, C.W., Sacco, W.J. (1995)
American College of Surgeons Audit Filters: Associations with patient outcome and resource utilization
J Trauma 38:432-438

Cryer, H.G., Hiatt, J.R., Fleming, A.W., Gruen, J.P., Sterling, J. (1996)
Continous use of standard process audit filters has limited value in an established trauma system
J Trauma 41:389-395

Culemann, U., Seekamp, A., Riedel, U., Lehmann, U., Pizanis, A., Pohlemann, T. (2003)
Schwerpunkt Rettungskette-Polytraumamanagement
Notfall Rettungsmed 10.1007/s10049-003-0610-1

Dick, W. (1996)
Effektivität präklinischer Notfallversorgung
Anästhesist 45:75-87

Dodek, P., Herrick, R., Phang, P.T. (2000)
Initial management of trauma by a trauma team: Effect on timeliness of care in a teaching hospital
Am J Med Qual 15:3-8

Dolich, M., McKenney, M., Varela, J.E., Compton, R.P., McKenney K.L., Cohn, S.M. (2002)
2.576 ultrasounds for blunt abdominal trauma
J Trauma 50:108-112

Ertel, W., Trentz, O. (1997)
Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma
Chirurg 68:1071-1075

Foltin, E., Stockinger, A. (1999)
Einfluss des Verletzungsmusters auf die Vorhersagekraft von vier Polytraumascores
Unfallchirurg 102:98-109

Genzwürker, H., Hilker, T. (1998)
Mängel bei der Zeitmessung in der Notfallmedizin
Notarzt 14:151-153

Genzwürker, H., Volz, A., Isselhorst, C., Gieser, R., Neufang, T., Roth, H., Birmelin, M., Kerger, H. (2005)
Polytrauma mit Spannungspneumothorax bei liegender Thoraxdrainage
Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 40:756-761

Gralla, J., Spycher, F., Pignolet, Ch., Ozdoba, Ch., Vock, P., Hoppe, H. (2005)
Evaluation of a 16-MDCT scanner in an emergency department: Initial clinical experience and workflow analysis
AJR 185:232-238

Gross, T., Amsler, F., Ummenhofer, W., Zuercher, M., Regazzoni, P., Jacob, A.L., Huegeli, R.W., Messmer, P. (2005)
Interdisziplinäres Schockraum-Management unfallchirurgischer Patienten aus der Sicht der Mitarbeitenden
Chirurg 76:959-966

- Haas, N., Hoffmann, R., Mauch, C., von Fournier, C., Südkamp, N.(1995)
The management of polytraumatized patients in Germany
Clin Orthop 318:25-35
- Haas, N. (1997)
Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der präklinischen und klinischen Patientenversorgung an Unfallchirurgischen Abteilungen in Krankenhäusern der Bundesrepublik Deutschland
Unfallchirurg 100:2-7
- Häuser, H., Bohndorf, K. (1998a)
Radiologisches Notfallmanagement polytraumatisierter Patienten
Radiologe 38:637-644
- Häuser, H., Bohndorf, K., Rüter, A. (1998b)
Der traumatologische Notfall im Schockraum
Analyse des Spektrums und des Zeitbedarfs der bildgebenden Diagnostik
Unfallchirurg 101:129-136
- Häuser, H., Bohndorf (2001)
Polytraumamanagement: Anmerkungen zu einer radiologischen „Rund um die Uhr“-Aufgabe
Fortschr Röntgenstr 173:1-3
- Harris, J.H. (2001)
Reflections: Emergency Radiology
Radiology 218:309-316
- Hartel, W., Ahnefeld, F.W., Herfarth, Ch. (1983)
Notfall Medizin, Band 11: Polytrauma, Prioritäten und Behandlungstaktik
Perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft mbH, Erlangen
- Heinzelmann, M., Imhof, H.-G., Trentz, O. (2004)
Schockraummanagement bei polytraumatisierten Patienten mit Schädel-Hirn-Verletzungen: Eine systemische Literaturübersicht
Unfallchirurg 10:871-880
- Henderson, K.I.M., Coats, T.J., Hassan, T.B., Brohi, K. (2000)
Audit of time to emergency trauma laparotomy
Br J Surg 87:472-476
- Heyer, C.M., Rduch, G., Kagel, T., Lemburg, S.P., Theisinger, A., Bauer, T.T., Muhr, G., Nicolas, V. (2005)
Prospektive, randomisierte Evaluation eines modifizierten Mehrdetektor-CT Protokolls in der Initialdiagnostik beim Polytrauma
Fortschr Röntgenstr 177:242-249

Hilbert, P., Hoeller, J., Wawro, W., zur Nieden, K., Ruppmann, B., Koch, R., Braunschweig, R., Hofmann, G.O., Stuttmann, R. (2005)
Schockraummanagement polytraumatisierter Patienten. Ein Mehrzeilen-CT orientierter Versorgungsalgorithmus
Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 40:720-725

Hilbert, P., zur Nieden, K., Hoeller, I., Koch, K., Hofmann, G.O., Stuttmann, R. (2006a)
Der Schockraum – Diagnostik-, Therapie- und Managementzentrale
Ein neues Versorgungskonzept
Notfall Rettungsmed 9:547-552

Hilbert, P., zur Nieden, K., Stuttmann, R. (2006b)
Schockraummanagement ohne konventionelle Radiographie?
Anästhesist 55: 581-584

Hilfiker, P., Grozaj, A., Roos, J., Marineck, B. (2001)
Patientenmanagement in der Notfalldiagnostik und Einfluss der Multidetektor-
Computertomographie
Electromedica 69:101-112

Hirschorn, D., Hinrichs, C., Gor, D., Shah, K., Visvikis, G. (2001)
Impact of a diagnostic workstation on workflow in the emergency department
at a level I trauma center
J Digit Imaging 14:199-201

Hokema, F., Donaubaue, B., Busch, T., Bouillon, B., Kaisers, U. (2007)
Versorgung des Polytraumas – Schockraummanagement nach dem ATLS®-
Algorithmus
Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 10:716-722

Kalender, W., Schmidt, B. (2000)
Recent advances in CT: Will dose go down or will they go up?
Phys Med 16:137-144

Kanz K.-G., Eich S., Zintl, B., Mutschler, W. (2002a)
Übertriage und Untertriage im Schockraum – Sind die Aufnahmekriterien
valide?
Eur J Trauma 28 [suppl 1]:74

Kanz, K.-G., Linsenmaier, U., Pfeifer, K.-J., Mutschler, W. (2002b)
Standardisierte Bewertung von Unfallverletzten: Anforderungen an die
bildgebende Diagnostik
Radiologe 42:515-521

Kanz, K.-G., Körner, M., Linsenmaier, U., Kay, M., Huber-Wagner, S., Kreimeier, U., Pfeifer, K.-J., Reiser, M., Mutschler, W. (2004)
Prioritätenorientiertes Schockraummanagement unter Integration des
Mehrschichtspiralcomputertomographen
Unfallchirurg 107:937-944

Kanz, K.-G., Huber-Wagner, S., Lefering, R., Kay, M., Qvick, M., Biberthaler, P.,
Mutschler, W., AG Polytrauma der DGU (2006)
Abschätzung von Operationskapazitäten bei einem Massenunfall von Verletzten
anhand des Zeitbedarfs für lebensrettende Notfalloperationen
Unfallchirurg 109:278-284

Keil, Th., Sefrin, P., Kuhnigk, H., Roewer, N. (2004)
Zeitmanagement und Logistik bei der Versorgung polytraumatisierter Patienten
Intensiv- und Notfallbehandlung 29:115-127

Killeen, K., Shanmuganathan, K., Poletti, P.A., Cooper, C., Mirvis, S.E. (2001)
Helical computed tomography of bowel and mesenteric injuries
J Trauma 51:26-36

Klöppel, R., Schreiter, D., Dietrich, J., Josten, C., Kahn, T. (2002)
Frühes klinisches Management nach Polytrauma mit 1- und 4-schicht-Spiral-CT
Radiologe 42:541-546

Körner, M., Kanz, K.G., Linsenmaier, U., Pfeifer, K.J., Mutschler, W., Reiser, M.
(2004)
Multislice-CT (MSCT) als integrierte Komponente in der Frühphase der
Polytraumaversorgung
Fortschr Röntgenstr 176:DOI:10.1055/s-2004-827871

Kopp, A.E., Klingenberg-Regn, K., Heuschmid, M., Küttner, A., Ohnesorge, B.,
Flohr, T., Schaller, S., Claussen, C.D. (2000)
Mehrschicht-Computertomographie: Grundlagen und klinische Anwendungen
Electromedica 68:94-105

Kreitner, K.-F., Mildenerger, P., Reuter, M., Lott, C., Thelen, M. (2004)
Interdisziplinäres Polytraumamanagement
Teil 3: Radiologisches Management des Polytrauma
Notfall Rettungsmed 7:48-54

Kretschmer, K.-H., Häuser, H. (1998)
Radiologische Diagnostik des abdominellen Traumas
Radiologe 38:693-701

Krötz, M., Bode, P.J., Häuser, H., Linsenmaier, U., Pfeifer, K.J., Reiser, M. (2002)

Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Personelle, apparative und räumlich-logistische Konzepte in 3 Traumakrankenhäusern in Europa
Radiologe 42:522-532

Kühne, C.A., Homann, M., Ose, C., Waydhas, C., Nast-Kolb, D., AG Polytrauma DGU, Ruchholtz, S. (2003)

Der Schockraumpatient – Einschätzung ernster Schädelverletzungen anhand der GCS bei vermeintlich leichtem und mittelschwerem Schädel-Hirn-Trauma
Unfallchirurg 106:380-386

Kühne, C.A., Ruchholtz, S., Buschmann, C., Sturm, J., Lackner, K., Wentzensen, A., Bouillon, B., Weber, C. und AG Polytrauma DGU (2006)
Polytraumaversorgung in Deutschland

Eine Standortbestimmung
Unfallchirurg 109:357-366

Kuhnigk, H., Steinhübel B., Keil, T., Roewer, N. (2004)

Das „Würzburger T“

Ein Konzept zur Optimierung der frühen Polytraumaversorgung in der Notfallaufnahme

Anästhesist 53:645-650

Kulla, M., Helm, M., Lampl, L. (2004)

Luftrettung... und danach? – Die Schnittstelle Schockraum
13. ADAC Fachtagung Luftrettung, Kongreßband

Kulla, M., Fischer, S., Helm, M., Lampl, L. (2005)

Traumascoring für den Schockraum – eine kritische Übersicht
Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 40:726-736

Lefering, R. (2002)

Trauma score systems for quality assessment
Eur J Trauma 28:52-63

Leidner, B., Beckmann, M.O. (2001)

Standardized whole-body computed tomography as a screening tool in blunt trauma patients

Emerg Radiol 8:28-38

Lindner, T., Bail, H., Manegold, S., Stöckle, U., Haas, N.P. (2004)

Schockraumdiagnostik: Initiale Diagnostik beim stumpfen Abdominaltrauma
Unfallchirurg 107:892

- Linsenmaier, U., Kanz, K.G., Rieger, J., Rock, C., Pfeifer, K.J., Reiser, M. (2002a)
Strukturierte radiologische Diagnostik beim Polytrauma
Radiologe 42:533-540
- Linsenmaier, U., Krötz, M., Häuser, H., Rock, C., Rieger, J., Bohndorf, K., Pfeifer, K.J., Reiser, M. (2002b)
Whole-body computed tomography in polytrauma: techniques and management
Eur Radiol 12:1728-1740
- Liu, M., Lee, C., P'Eng, FK (1993)
Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomography scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma
J Trauma 35:267-270
- Löw, R., Düber, Ch., Kreitner, K.-F., Blum J., Rommens, P.M., Schweden, F., Thelen, M. (2001)
Radiologische Diagnostik polytraumatisierter Patienten
Dt Ärztebl 98:A1744-A1751
- Maier, B., Maier-Hemming, A., Lehnert, M., Mutschler, W.E., Marzi, I., Rose, S. (2003)
Wertigkeit der Radiodiagnostik beim Schädel-Hirn-Trauma im Kindesalter
Unfallchirurg 106:220-225
- McGahan, J., Richards, J., Gillen, M. (2002)
The focused abdominal sonography for trauma scan: pearls and pitfalls
J Ultrasound Med 21:789-800
- Messmer, P., Jacob, A.L., Fries, E., Gross, T., Suhm, N., Steinbrich, W., Frede, K.E., Schneider, T., Regazzoni, P (2001)
Technologieintegration und Prozessmanagement
Unfallchirurg 104:1025-1030
- Michaelson, M., Levi, L. (1997)
Videotaping in the admitting area
Eur J Emerg Med 4:94-96
- Miller, M., Pasquale, M., Pasquale, M.D., Bromberg, W.J., Wasser, T.E., Cox, J. (2003)
Not so FAST
J Trauma 54:52-60
- Murray, G.D., Taesdale, G.M., Braakman, R., Cohadon, F., Dearden, M., Ianotti, F., Karimi, A., Lapierre, F., Maas, A., Ohman, J., Persson, L., Stocchetti, N., Trojanowski, T., Unterberg, A. (1999)
The European Brain Injury Consortium Survey of Head Injuries
Acta Neurochir (Wien) 141:223-236

Mutschler, W., Marzi, I., Ziegenfuß, T. (1996)
Perspektiven der Polytraumaversorgung
Zentralbl Chir 121:979-984

Mutschler, W., Haas, N. (1998)
Praxis der Unfallchirurgie
Thieme, Stuttgart, New York

Mutschler, W., Kanz, K.-G. (2002)
Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Die Aufgaben der Radiologie aus
unfallchirurgischer Sicht
Radiologe 42:506-514

Mutze, S., Rademacher, G., Matthes, G., Hosten, N., Stengel, D. (2005)
Blunt cerebrovascular injury in patients with blunt multiple trauma: Diagnostic
accuracy of duplex doppler US and early CT angiography
Radiology 237:884-892

Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Kanz, KG, Schweiberer, L. (1994)
Algorithmus für das Schockraummanagement beim Polytrauma
Unfallchirurg 97:292-302

Nast-Kolb, D., Ruchholtz, S., Waydhas, C. (1997)
Evaluation und Qualitätsmanagement bei der Polytraumaversorgung
Langenbecks Arch Chir Suppl II (Kongressbericht):330-336

Nast-Kolb, D., Trupka, A., Ruchholtz, S., Schweiberer, L. (1998)
Abdominaltrauma
Unfallchirurg 101:82-91

Nast-Kolb, D., Ruchholtz, S. (1999)
Qualitätsmanagement der frühen klinischen Behandlung schwerverletzter
Patienten
Unfallchirurg 102:338-346

Nast-Kolb, D., Ruchholtz, S., Oestern, H.-J., Neugebauer, E.,
Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der DGU (2000)
Das Traumaregister der Arbeitsgemeinschaft Polytrauma der Deutschen
Gesellschaft für Unfallchirurgie
Notfall Rettungsmed 3:147-150

Nast-Kolb, D., Krettek, C., Mutschler, W. (2004)
Schockraummanagement-die frühe klinische Schwerverletztenversorgung
Unfallchirurg 10:831-832

Nast-Kolb, D., Bail, H.J., Taeger, G. (2005)
Moderne Diagnostik des Bauchtraumas
Chirurg 76:919-926

Nerlich, M., Magshudi, M. (1996a)
Polytraumamanagement
Unfallchirurg 97:292-302

Nerlich, M., Magshudi, M. (1996b)
Polytrauma-Management. Präklinische und Schockraumversorgung
Unfallchirurg 99:595-606

Novelline, A.R., Rhea, J.T., Rao, P.M., Stuk, J.L. (1999)
Helical CT in emergency radiology
Radiology 213:321-339

Oestern, H.-J.(1999)
Versorgung Polytraumatisierter im internationalen Vergleich
Unfallchirurg 102:80-91

Ohnesorge, B., Flohr, T., Schaller, S. et al. (1999)
Technische Grundlagen und Anwendungen der Mehrschicht-CT
Radiologe 39:923-931

Olden, van G.D.J., Vugt, van A.B., Biert, J., Goris, R.J.A. (2003)
Trauma resuscitation time
Injury 34:191-195

Ott, R., Schön, M.R., Seidel, S., Schuster, E., Josten, C., Hauss, J. (2004)
Chirurgische Therapie, prognostische Faktoren und Ergebnisse beim
Lebertrauma
Unfallchirurg 108:127-134

Otte, D., Pohlemann, T., Wiese, B., Krettek, C. (2003)
Änderungen des Verletzungsmusters Polytraumatisierter in den
zurückliegenden 30 Jahren
Unfallchirurg 106:448-455

Pape, H.-C., Grotz, M., Schwermann, T., Ruchholtz, S., Lefering, R., Rieger, M.,
Tröger, M., Graf v.d. Schulenburg, J.M., Krettek, C., AG Polytrauma der DGU
(2003)
Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Kosten der Versorgung schwer
Verletzter - eine Initiative des Traumaregisters der DGU
Unfallchirurg 106:348-357

Pape, H.C., Hildebrand, F., Krettek, C. (2004)
Entscheidungsfindung und Prioritäten der operativen Behandlungsstrategie
während und nach der Schockraumversorgung
Unfallchirurg 107:927-936

- Petrie, P.A. (1988)
An evaluation of patient outcomes comparing trauma team activated versus trauma team not activated using TRISS analysis
J Trauma 41:870-875
- Pfeifer, K.J., Reiser, M. (2002)
Diagnostik und Management im Schockraum – Die Rolle des Radiologen
Radiologe 42:505
- Philipp, M.O., Kubin, K., Hörmann, M., Metz, V.M. (2003)
Radiological emergency room management with emphasis of multidetector-row CT
Eur J Radiol 48:2-4
- Poletti, P.-A., Wintermark, M., Schnyder, P., Becker, C.D. (2002)
Traumatic injuries: role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation)
Eur Radiol 12:969-978
- Poloczek, S., Madler, C. (2000)
Transport des Intensivpatienten
Anaesthesist 49:480-491
- Prokop, A., Hötte, H., Krüger, K., Rehm, K.E., Isenberg, J., Schiffer, G. (2006)
Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma
Unfallchirurg 109:545-550
- Ptak, T., Rhea, J.T., Novelline, R.A. (2001)
Experience with a continuous, single-pass wholebody multidetector CT protocol for trauma
Radiology 229:902-905
- Ptak, T., Rhea, J.T., Novelline, R.A. (2003)
Radiation dose is reduced with a single-pass whole-body multi-detector row CT trauma protocol compared with a conventional segmented method: initial experience.
Emerg Radiol 8:250-256
- Regel, G., Lobenhofer, P., Lehmann, U., Pape, H.C., Pohlemann, T., Tscherne, H. (1993)
Ergebnisse in der Behandlung Polytraumatisierter – Eine vergleichende Analyse von 3406 Fällen zwischen 1972 und 1991
Unfallchirurg 96:350-362

- Regel, G., Bayeff-Filoff, M. (2004)
Diagnostik und sofortige Therapiemaßnahmen bei Verletzungen der Extremitäten
Eine systemische Literaturübersicht
Unfallchirurg 10:919-926
- Reiser, M.F., Takahashi, M., Modic, M. (2004)
Multislice-CT, 2nd edn.
Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio
- Riccabona, M., Lindbichler, F. (2002)
Traumaradiologie beim Kind
Radiologe 42:195-209
- Rieger, M., Sparr, H., Esterhammer, R., Fink, C., Bale, R., Czermak, B., Jaschke, W. (2002)
Moderne CT-Diagnostik des akuten Thorax- und Abdominaltraumas
Radiologe 42:556-563
- Rösch, M., Klose, T., Leidl, R., Gebhard, F., Kinzl, L., Ebinger, T. (2000)
Kostenanalyse der Behandlung polytraumatisierter Patienten
Unfallchirurg 103:632-639
- Ruchholtz, S., Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Betz, P., Schweiberer, I. (1994)
Frühletalität beim Polytrauma. Eine kritische Analyse vermeidbarer Fehler.
Unfallchirurg 97:285-291
- Ruchholtz, S., Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Schweiberer, I. (1996)
Das Verletzungsmuster beim Polytrauma
Unfallchirurg 99:633-641
- Ruchholtz, S., Lewan, C., Waydhas, C., Nast-Kolb, D., Erhard, J. (1997a)
Schockraummanagement bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma
Langenbecks Arch Chir Suppl II:970-974
- Ruchholtz, S., Zintl, B., Waydhas, C., Schwender, D., Pfeiffer, K.J., Schweiberer, L. (1997b)
Qualitätsmanagement der frühen klinischen Polytraumaversorgung –
Therapieoptimierung durch Leitlinien
Unfallchirurg 100:859-866
- Ruchholtz, S., Zintl, B., Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Lewan, U., Kanz, K.G., Schwender, D., Pfeifer, K.J., Schweiberer, L. (1998)
Improvement in the therapy of multiply injured patients by introduction of clinical management guidelines
Injury 29:115-129

Ruchholtz, S. (2000)

AG Polytrauma der DGU: Das Traumaregister der DGU als Grundlage des interklinischen Qualitätsmanagements in der Schwerverletztenversorgung
Unfallchirurg 103:30-37

Ruchholtz, S., Waydhas, C., Schroeder, T., Piepenbrink, K., Kühl, H., Nast-Kolb, D. (2001)

Interdisziplinäres Qualitätsmanagement in der Behandlung schwerverletzter Patienten. Validierung eines QM-Systems für den diagnostischen und therapeutischen Ablauf der frühklinischen Versorgung.
Unfallchirurg 104:927-937

Ruchholtz, S., Waydhas, C., Lewan, U., Piepenbrink, K., Stolke, D., Debatin, J., Schweiberer, L., Nast-Kolb, D. (2002a)

A multidisciplinary quality management system for the early treatment of severely injured patients: implementation and results in two trauma centers
Intensive Care Med 28:1395-1404

Ruchholtz, S., Waydhas, C., Schroeder, T., Piepenbrink, K., Kühl, H., Nast-Kolb, D. (2002b)

Stellenwert der Computertomographie in der frühen klinischen Behandlung schwer verletzter Patienten
Chirurg 73:1005-1012

Ruchholtz, S., AG Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (2004)

Das externe Qualitätsmanagement in der klinischen Schwerverletztenversorgung
Unfallchirurg 10:835-843

Sauerland, S., Waydhas, C., Raum, M.R., Neugebauer, E. (2002)

Systematische Literatursuchen in der Erstellung klinischer Leitlinien am Beispiel der prä- und frühklinischen Versorgung polytraumatisierter Patienten
Unfallchirurg 105:1022-1026

Sauerland, S., Neugebauer, E.A.M. (2004)

Evidenzen in der Schockraumversorgung
Unfallchirurg 10:833-834

Schenk, J.-M., Pütz, W., Thomas, A., Becker, H. (2003)

Algorithmus zur Diagnostik und Primärversorgung des Abdominaltraumas
Wehrmed Mschr 47:200-205

Scherer, R. (2005)

Erstversorgung Polytraumatisierter
Deutsche Akademie für Anästhesiologische Fortbildung 31:177-185

Schoepf, U., Brüning, R., Becker, C., Eibel, R., Hong, C., Rückmann B. (1999)
Bildgebung des Thorax mit der Mehrschicht.Spiral-CT
Radiologe 39:943-951

Schreiter, D., Scheibner, S., Katscher, S., Jost, U., Josten, C. (2000)
Diagnostik und Therapie der schweren Lungenkontusion
http://www.medizinimdialog.com/mid3_00

Seekamp, A., Burkhardt, M., Pohlemann, T. (2004)
Schockraummanagement bei Verletzungen des Beckens
Eine systemische Literaturübersicht
Unfallchirurg 10:903-910

Siemens Medical Solutions (2003)
Somatom Sensation – Ein Meilenstein in der Mehrschicht-CT Bildgebung
Bestell-Nr. A91001-M2110-G158-2

Siemens Medical Solutions
Computertomographie – Geschichte und Technologie
Bestell-Nr. A91100-M2100-A844-1

Staib, L., Aschoff, A.J., Henne-Bruns, D. (2004)
Abdominaltrauma
Verletzungsorientiertes Management
Chirurg 75:447-467

Stengel, D., Bauwens, K., Sehouli, J. et al. (2003)
Sonographische Diagnostik im Schockraum bei stumpfem Bauchtrauma:
Metaanalyse Update 2003
Zentralbl Chir 128:1027-1037

Stolpe, E., Lackner, C.K., Burghofer, K., Ruppert, M., Mutschler, W.E. (2004)
Frühindikatoren des Frühversterbens nach schwerem Trauma
13. ADAC Fachtagung Luftrettung, Kongreßband

Stürmer, K.M., Leitlinien-Kommission der Deutschen Gesellschaft für
Unfallchirurgie e.V. (2001)
Polytrauma
Leitlinien für die Unfallchirurgische Diagnostik und Therapie
Unfallchirurg 104:902-912

Sturm, J.A., Lackner, C.K., Bouillon, B., Seekamp, A., Mutschler, W.E. (2002)
„Advanced Trauma Life Support®" (ATLS®) und "Systemic Prehospital Life
Support®" (SPLS®)
Unfallchirurg 105:1027-1032

Taguchi, K., Aradate, H. (1998)
Algorithm for image reconstruction in multi-slice helical CT
Med Phys 25:550-561

Trentz, O., Stocker, R. (1995)
Klinische Versorgung Polytraumatisierter, 237-255
In: Rüter, A., Trentz, O., Wagner, M.: Unfallchirurgie
Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore

Trupka, A., Kierse, R., Waydhas, C., Nast-Kolb, C., Blahs, U., Schweiberer, L.,
Pfeifer, K.-J. (1997a)
Schockraumdiagnostik beim Polytrauma
Wertigkeit des Thorax CT
Unfallchirurg 100:469-476

Trupka, A., Trautwein, K., Waydhas, C., Nast-Kolb, D., Pfeifer, K.-J.,
Schweiberer, L. (1997b)
Können Diagnostik und weiteres Traumamanagement des Mehrfachverletzten
mit stumpfem Thoraxtrauma durch die frühe Computertomographie des Thorax
verbessert werden?
Zentralbl Chir 122:666-673

Trupka, A., Waydhas, C., Hallfeldt, K., Nast-Kolb, D., Pfeifer, K.-J.,
Schweiberer, L. (1997c)
Value of thoracic computed tomography in the first assessment of severely
injured patients with blunt chest trauma: Results of a prospective study
J Trauma 43:405-412

Trupka, A., Nast-Kolb, D., Schweiberer, L. (1998a)
Das Thoraxtrauma
Unfallchirurg 101:244-258

Trupka, A., Waydhas, C., Nast-Kolb, D., Schweiberer, L. (1998b)
Der Einfluß der Frühintubation auf die Reduktion des posttraumatischen
Organversagens
Unfallchirurg 98:111-117

Tscherne, H., Regel, G. (1989)
Schockraummanagement, 5-13, 29-77
In: Tscherne, H.: Traumamanagement;
1. Auflage, Springer Berlin, Heidelberg, New York

Tscherne, H. (1997)
Unfallchirurgie: Trauma-Mangement
Springer Berlin, Heidelberg, New York

Uffmann, M., Fuchs, M., Herold, C.J. (1998)
Radiologie des Thoraxtraumas
Radiologe 38:683-692

Vitaz, T.W., McIlvoy, L., Raque, G.H., Spain, D., Shields, Ch.B. (2001)
Development and implementation of a clinical pathway for severe traumatic
brain injury
J Trauma 51:369-375

Vogel, T., Mussack, T., Ockert, B., Krötz, M., Linsenmeier, U., Pfeifer, K.-J.,
Mutschler, W. (2004)
Inzidenz progressiver intrakranieller Blutungen nach Schädel-Hirn-Trauma im
Zeitalter der Mehrzeilen-CT
Notfall Rettungsmed 7:515-516

Voggenreiter, G., Aufmolk, M., Majetschak, M., Assenmacher, S., Waydhas, C.,
Obertacke, U., Nast-Kolb, D. (2000)
Efficiency of chest computed tomography in critically ill patients with multiple
traumas
Crit Care Med 28:1033-1039

Voggenreiter, G., Eisold, C., Sauerland, S., Obertacke, U. (2004)
Diagnostik und sofortige Therapiemaßnahmen bei Verletzungen des Thorax
Eine systematische Literaturübersicht
Unfallchirurg 10:881-891

Waydhas, C., Kanz, K.G., Ruchholtz, S., Nast-Kolb, D. (1997a)
Schockraum-Management
Zeit-und-Prioritäten-orientierter Algorithmus
Langenbecks Arch Chir Suppl II:966-969

Waydhas, C., Kanz, K.G., Ruchholtz, S., Nast-Kolb, D. (1997b)
Algorithmen in der Traumaversorgung
Unfallchirurg 100:913-921

Waydhas, C. (2000)
Thoraxtrauma
Unfallchirurg 103:871-890

Weber, U., Ertel, W. (2005)
Zeitkorridor („golden hour“) ist entscheidend
Standardisierte Abläufe beim Polytrauma
Orthopäde 34:821-822

Wedegärtner, U., Lorenzen, M., Nagel, H.D., Weber, C., Adam, G. (2004)
Radiologische Bildgebung beim Polytrauma: Dosisvergleich von Ganzkörper-
MSCT und konventionellem Röntgen mit organspezifischer CT
Fortschr Röntgenstr 176:1039-1044

Wick, M., Ekkenkamp, A., Muhr, G. (1997)
Epidemiologie des Polytraumas
Chirurg 68:1053-1058

Wintermark, M., Poletti, P.-A., Becker, Ch.D., Schnyder, P. (2002)
Traumatic injuries: organization and ergonomics of imaging in the emergency environment
Eur Radiol 12:959-968

Wirth, A., Schlesinger-Raab, A. (2001)
Auswertungsbericht zur Systemanalyse der präklinischen und klinischen Versorgung von Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma – Phase II: Klinische Akutversorgung

Wirth, A. and the study group (2004)
Prospective documentation and analysis of the pre- and early clinical management in severe head injury in southern Bavaria at a population based level
Acta Neurochir Suppl 89:119-123

Woltmann, A., Bühren, V. (2004)
Schockraummanagement bei Verletzungen der Wirbelsäule im Rahmen eines Polytraumas
Eine systematische Literaturübersicht
Unfallchirurg 10:911-918

Würtenberger, C., Dobritz, C., Oudkerk, M., ten Duis, H.J. (2003)
Traumatologische Röntgendiagnostik beim Kind und in der Schwangerschaft
Akt Traumatol 33:165-169

Wurmb, T., Frühwald, P., Brederlau, J., Steinhübel, B., Frommer, M., Kuhnigk, H., Kredel, M., Knüppfer, J., Hopfner, W., Maroske, J., Moll, R., Wagner, R., Thiede, A., Schindler, G., Roewer, N. (2005a)
Der Würzburger Schockraumalgorithmus
Gesamtkonzept und erste Ergebnisse einer „sliding-gantry-basierten“ Computertomographiediagnostik
Anaesthesist 54:763-772

Wurmb, T., Frühwald, P., Brederlau, J., Maroske, J., Schindler, G., Roewer, N. (2005b)
Schockraummanagement ohne konventionelle Radiographie?
Anästhesist 55:17-25

Wurmb, T., Frühwald, P., Brederlau, J., Maroske, J., Schindler, G., Roewer, N. (2006)
Schockraummanagement ohne konventionelle Radiographie?
Anästhesist 55:581-584

Wurmb, T., Frühwald, P., Hopfner, W., Roewer, N., Brederlau, J. (2007)
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 25:1057-1062

Ziegenfuß, T. (1996)
Emergency management of polytrauma patients
Zentralbl Chir 121:924-942

Ziegenfuß, T. (1998)
Polytrauma – Präklinische Erstversorgung und Schockraummanagement
Anästhesist 5:415-431

Zintl, B., Ruchholtz, S., Nast-Kolb, D., Waydhas, C., Schweiberer, L. (1997)
Qualitätsmanagement der frühen klinischen Polytraumaversorgung
Dokumentation der Behandlung und Beurteilung der Versorgungsqualität
Unfallchirurg 100:811-819

Danksagung

Herzlich danken möchte ich
meinem Doktorvater, Herrn Prof. Gunther Lenz, für die Überlassung des
Themas, seine Betreuung und seine konstruktive Kritik zur rechten Zeit,

Dr. Ferdinand Rothmeier für seine Betreuung, Motivation und Unterstützung,

Prof. Dierk Vorwerk und Kai Schöneboom für Ihre Unterstützung bei
radiologischen Fragen, die Durchsicht der Arbeit und für die Überlassung von
Bildern,

allen Kollegen und Mitarbeitern der Anästhesie für Ihre Mithilfe bei der
Datenerhebung,

Frank Rückert für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten

und vor allem auch meiner Familie für Ihre Unterstützung, Geduld und
Ermutigung stets weiter zu machen.

Lebenslauf

Name	<u>Angelika</u> Susanne Grünes
Geboren am	25.02.1975
Geboren in	Kempton/ Allgäu
Familie	Eltern Reinhard und Christa Grünes Geschwister Peter Grünes Verheiratet mit Tobias Baier Kinder: Julia und Willi Grünes
1981-1985	Haubenschlossschule (Grundschule) in Kempton
1985-1994	Carl-von-Linde Gymnasium Kempton
1994	Abitur
1994-2000	Studium der Humanmedizin an der Universität Ulm
30.10.2000	Ärztliche Prüfung
01.01.2001-30.06.2002	Ärztin im Praktikum im Institut für Anästhesie und Intensivmedizin am Klinikum Ingolstadt
Seit 01.07.2002	Assistenzärztin im Institut für Anästhesie und Intensivmedizin am Klinikum Ingolstadt
06.09.2007	Facharztprüfung Anästhesie