

Aus dem Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie

der Universität Würzburg

Vorstand: Univ. Prof. Dr. med. Th. Bley

**Wertigkeit eines Ganzkörper-Computertomographie-basierten
Schockraumalgorithmus in der Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten
am Beispiel des Würzburger Schockraums - Eine retrospektive Datenanalyse
der Jahre 2005 bis 2008**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Franziska Maria Huckauf

aus Friedrichshafen

Würzburg, Oktober 2013

Referent: Prof. Dr. med. Werner Kenn

Koreferent/Koreferentin: Prof. Dr. med. Rainer Meffert

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 08.12.2014

Die Promovendin ist Ärztin

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	<u>Einleitung</u>	1
2	<u>Patienten und Methoden</u>	5
	2.1 Patientenkollektiv	5
	2.2 CT-Diagnostik im Schockraum	6
	2.3 Indikation Polytrauma-CT-Scan	7
	2.4 Polytrauma-CT-Algorithmus	
	2.4.1 Protokoll für Erwachsene	8
	2.4.2 Pädiatrische Besonderheiten	12
	2.5 Scoring-Systeme	
	2.5.1 Abbreviated Injury Scale (AIS)	13
	2.5.2 Injury Severity Score (ISS)	14
	2.5.3 Glasgow Coma Scale (GCS)	15
	2.5.4 Revised Injury Severity Classification (RISC)	16
	und Standardisierte Mortalitätsrate (SMR)	
	2.6 Datenerhebung und Statistik	18
3	<u>Ergebnisse</u>	20
	3.1 Abbreviated Injury Scale	20
	3.2 Injury Severity Score	21

3.3 Glasgow Coma Scale	22
3.4 Revised Injury Severity Classification und Standardisierte Mortalitätsrate	23
3.5 Letalität	24
3.6 Diagnostik im Schockraum	
3.6.1 Konventionelle Zusatzdiagnostik im Schockraum	25
3.6.2 Computertomographische Folgeuntersuchungen	27
3.6.3 Diagnostikzeiten	29
3.6.4 Übersehene Verletzungen	31
Vergleich: Initialer radiologischer Befund - Endgültige Diagnose	
4 <u>Diskussion</u>	33
5 <u>Zusammenfassung</u>	45
6 <u>Literaturverzeichnis</u>	48

1 **Einleitung**

Der Begriff Polytrauma bezeichnet in der Medizin gleichzeitig entstandene Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wobei mindestens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer lebensbedrohlich sind.⁹¹ Bei der Behandlung polytraumatisierter Patienten ist vor allem die primäre Versorgung im Schockraum für die Prognose entscheidend.⁵⁸

R. A. Cowley prägte schon im Jahre 1976 den Begriff der „golden hour of shock“. ¹⁴ Er bezeichnet damit die erste Stunde nach dem Unfall, in der ein Zeitverlust mit einem erhöhten Letalitätsrisiko einhergeht.⁶⁶

Dieser Zusammenhang zwischen Verzögerungen in der Primärversorgung und einem schlechteren klinischen Outcome wurde bereits in mehreren Studien bewiesen.^{13, 24, 80}

Als wesentliche Kriterien zur Optimierung der Schockraumversorgung stellten sich zum einen das Zeitmanagement und zum anderen der koordinierte und standardisierte Behandlungsablauf heraus. Sie dienen als Ausgangspunkte für neue Ansätze in der Behandlung polytraumatisierter Patienten.

Die entscheidende Maßnahme im Rahmen dieser Veränderungen scheint der primäre Einsatz der Computertomographie (CT) sowie deren Integration in moderne Schockraumalgorithmen zu sein.^{30, 36, 41, 44, 46, 90, 94, 102}

Ein sogenannter Schockraumalgorithmus soll den möglichst reibungslosen und zeitoptimierten Ablauf der primären Versorgungsphase garantieren.⁶⁶ Es werden sowohl die Aufgabenverteilung und die Struktur des Schockraumteams festgelegt als auch die einzelnen Schritte des diagnostischen und therapeutischen Vorgehens.⁶⁸ Eventuelle Fehler oder Unsicherheiten, die den Ablauf stören und damit zu Verzögerungen führen könnten, sollen auf diese Weise vermieden und eine effiziente Initialversorgung polytraumatisierter Patienten ermöglicht werden.^{56, 60, 68, 99}

Die Einführung sehr schneller Mehrschicht-Computertomographiegeräte (MSCT) in der frühen Notfalldiagnostik ermöglichte eine grundlegende Verbesserung des primärdiagnostischen Arbeitsablaufes.^{6, 20, 41, 59, 64, 67, 74, 75, 97}

Die breite Verfügbarkeit der MSCT sowie deren Integration in das Schockraummanagement konnte sowohl die Geschwindigkeit als auch die Genauigkeit diagnostischer Maßnahmen verbessern und führte so zu einer frühzeitigen Diagnose von Verletzungen.^{27, 31, 32, 41, 43, 62, 81}

Jedoch bewirkte die Einführung der Computertomographie alleine noch keine Überlebensvorteile, nur als Bestandteil eines funktionierenden und strukturierten Schockraumalgorithmus kann die CT zu einer Verbesserung der Überlebenschancen polytraumatisierter Patienten führen.³⁶

Entsprechend dieser Entwicklungen in der modernen Notfallmedizin wurden auch am Universitätsklinikum Würzburg einige strukturelle sowie technische Änderungen im Bereich der Schockraumversorgung vorgenommen.

Im März 2004 fand der Umzug der Chirurgie in das neu erbaute Zentrum für operative Medizin (ZOM) statt. Um die optimale Versorgung polytraumatisierter Patienten unter Einsatz der MSCT zu gewährleisten, steht hier ein CT-Gerät direkt im Schockraum zur Verfügung. Jegliche Zeitverluste durch Umlagerungs- oder Wegezeiten werden somit vermieden und eine reibungslose Integration der radiologischen Diagnostik in die Arbeitsabläufe wird möglich. Zeitgleich wurde auch ein moderner Schockraumalgorithmus etabliert, der die Abläufe bei der Primärversorgung von Polytraumapatienten koordiniert.^{99, 101, 102, 104}

Das ursprüngliche Procedere mit konventioneller Radiographie, FAST (focused assessment with sonography for trauma) und ergänzender organorientierter Computertomographie wurde von einem neuen Schockraumalgorithmus mit der Ganzkörper-CT als primäres diagnostisches Mittel abgelöst.

In der präklinischen Phase, also nach Eingang der Notfallmeldung aus der Rettungsleitstelle, wird gemäß des Schockraumalgorithmus in Würzburg die sogenannte „Führungsgruppe Schockraum“ alarmiert.¹⁰¹ Nach Eintreffen des Patienten in der Klinik wird dann das gesamte Geschehen im Schockraum in drei Phasen unterteilt: Reanimationsphase, CT-Phase und Versorgungsphase.

Die Reanimationsphase beginnt direkt mit der Ankunft des Patienten im Schockraum.¹⁰¹ In Anlehnung an das Konzept der Advanced Trauma Life Support (ATLS) wird die klinische Erstuntersuchung „primary survey“ nach dem

sogenannten ABCDE-Schema (siehe Tab. 1) durchgeführt, um die schwersten Verletzungen sowie mögliche Störungen der Vitalfunktionen zu diagnostizieren und zu behandeln.^{26, 89}

A	Airway	Atemwegssicherung
B	Breathing	Beatmung
C	Circulation	Kreislaufstabilisierung
D	Disability	Neurologischer Status
E	Exposure	Entkleiden und Erwärmen

Tab. 1: ABCDE-Schema gemäß ATLS

Die Reanimationsphase sollte schnellstmöglich beendet werden, um eine rasche CT-Diagnostik zu gewährleisten.¹⁰¹

In der zweiten Phase erfolgt dann bei entsprechender Indikationsstellung (siehe Kapitel 2.3) eine Ganzkörper-CT. Im Anschluss kann der Patient für die Versorgungsphase freigegeben werden, in der die Führungsgruppe Schockraum über das endgültige Verletzungsausmaß und die Konsultation zusätzlicher Fachärzte berät und das weitere Vorgehen wie zum Beispiel dringend notwendige Operationen plant.¹⁰¹

Diese Gegebenheiten bieten nun eine optimale Grundlage für die primäre Versorgung polytraumatisierter Patienten am Zentrum für operative Medizin Würzburg.

In vorliegender Datenerhebung soll die Wertigkeit des Ganzkörper-CT-basierten Schockraumalgorithmus in der Diagnostik schwerstverletzter Patienten am Beispiel des Würzburger Schockraums untersucht werden, um eine interne Qualitätskontrolle zu ermöglichen.

Dazu wurde eine retrospektive Analyse der Patientendaten aus den Jahren 2005 bis 2008 durchgeführt. Im Kollektiv enthalten sind nur Patienten mit einem Injury Severity Score (ISS) ≥ 16 , die im Schockraum des Uniklinikums

Würzburg versorgt wurden und im Rahmen der primären Diagnostik einer Ganzkörper-CT unterzogen wurden. Verschiedene Scores wie Abbreviated Injury Scale (AIS), Glasgow Coma Scale (GCS) sowie Revised Injury Severity Classification (RISC) und Standardisierte Mortalitätsrate (SMR) wurden bestimmt. Daneben wurden auch die Letalität, Diagnostikzeiten, CT-Folgeuntersuchungen und zusätzlich benötigte konventionelle Röntgenaufnahmen dokumentiert. Zur Evaluation der diagnostischen Qualität wurden die digitalen Befunde auf primär in der Interpretation der Ganzkörper-CT übersehene Verletzungen durchsucht.

Ziel ist es, durch die Berechnung bzw. Registrierung dieser Werte einen Vergleich mit den gesamtdeutschen Daten der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und somit eine Bewertung der Würzburger Ergebnisse zu ermöglichen.

2 Patienten und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Patientenkollektiv wurden die Daten von insgesamt 155 polytraumatisierten Patienten aus den Jahren 2005 bis einschließlich 2007 ausgewertet. Als Einschlusskriterium wurde ein ISS \geq 16 Punkten festgelegt. Dieses Vorgehen kommt beispielsweise auch im Traumaregister der DGU zur Anwendung.^{47, 48} Bei allen Patienten im Kollektiv wurde eine Ganzkörper-Computertomographie in der primären Diagnostik durchgeführt.

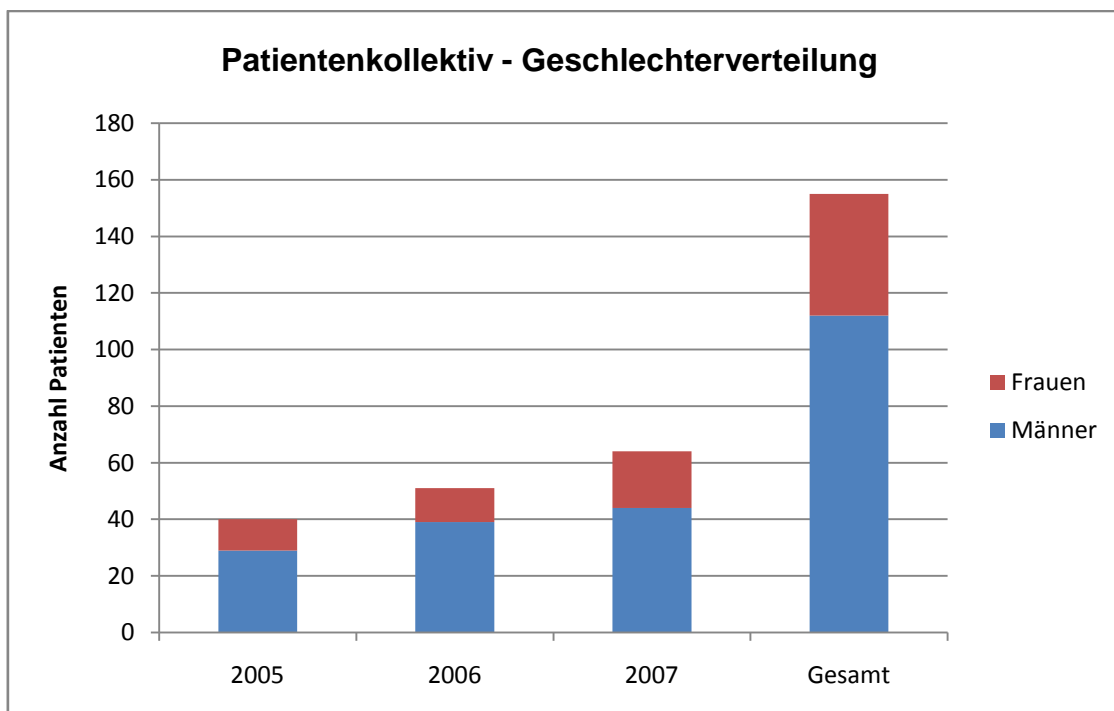


Abb.1: Geschlechterverteilung Patientenkollektiv

Von den insgesamt 155 Patienten entfallen 40 auf das Jahr 2005, 2006 sind es 51 und im Jahr 2007 64 Patienten.

Der Männeranteil des Kollektivs liegt 2005 bei 72,5%, 2006 sind es 76,5% und im Jahr 2007 68,8%. Betrachtet man das gesamte Kollektiv, ergibt sich ein Anteil von 72,3% (siehe Abb. 1). Das durchschnittliche Alter der Patienten liegt

bei 39 Jahren mit einer Range von 2 bis 85 Jahre. Der Anteil der unter 18-Jährigen beträgt 11,0%, das entspricht 17 Personen.

2.2 CT-Diagnostik im Schockraum



Abb. 2: Der Somatom Sensation 16 im Schockraum des ZOM Würzburg

Der Computertomograph zur Diagnostik schwerstverletzter Patienten wurde im ZOM Würzburg direkt im Schockraum installiert (siehe Abb. 2). Bei dem Gerät handelt es sich um einen Somatom Sensation 16 Sliding Gantry (Siemens AG Medical Solutions), ein 16-Zeilen-Multidetektor-Spiral-CT-Scanner, der bei einer Umdrehung 16 Schichten gleichzeitig aufnehmen kann. Die

Rotationszeit liegt bei 0,5 Sekunden.

Die Gantry ist auf Schienen beweglich und kann über den Patienten gefahren werden, ohne dass dieser bewegt werden muss. Für dieses Vorgehen muss der Patient auf eine strahlendurchlässige Karbonplatte gelagert werden, die wiederum dem Untersuchungstisch aufliegt. Bei der Untersuchung selbst bewegt sich die Gantry dann vom Fuß bis zum Kopf des Patienten.

2.3 Indikation Polytrauma-CT-Scan

Das in Tabelle 2 dargestellte Schema besteht aus drei Kategorien mit jeweils verschiedenen Kriterien. Erfüllt der Patient mindestens eines dieser Kriterien aus mindestens einer der drei Kategorien wird eine Computertomographie entsprechend dem Polytrauma-CT-Algorithmus (siehe Kapitel 2.4) durchgeführt.

<u>Kategorie I</u> Unfallmechanismus	<u>Kategorie II</u> Vitalparameter	<u>Kategorie III</u> Klinisch offensichtliche Verletzungsmuster
Sturz aus großer Höhe (> 5m)	Blutdruck systolisch < 80 mmHg (Schock)	Instabiler Thorax
Verkehrsunfall 1. Mit hoher Geschwindigkeit 2. Gegen Lkw 3. Als Fußgänger oder Radfahrer überfahren	Spontanatemfrequenz < 10/min oder > 29/min	Offener Thorax

<p>Sonderfall Pkw-Unfall: 1. In Fahrzeug eingeklemmt 2. Mit Fahrzeug überschlagen 3. Frontal gegen anderen Pkw 4. Ejektion aus dem Fahrzeug 5. Tod eines Beifahrers</p>	<p>Sauerstoffsättigung < 90%</p>	<p>Offenes Abdomen</p>
<p>Sonderfall: Einklemmung, Verschüttung oder Explosionsverletzung</p>	<p>Patient primär bewusstlos (GCS<9) <u>und</u> intubiert</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Instabiles Becken - Brüche von mehr als einem Röhrenknochen an den Beinen - Proximale Amputation von Arm oder Bein

Tab. 2: Arbeitsdiagnose Polytrauma - Triage ¹⁰¹

2.4 Polytrauma-CT-Algorithmus

2.4.1 Protokoll für Erwachsene

Nach der korrekten Indikationsstellung erfolgt eine Ganzkörper-Computertomographie bestehend aus drei Spiralserien. Das standardisierte Protokoll wird im Folgenden detailliert dargestellt.

Der für die Untersuchung zuständige Radiologe ist verantwortlich dafür, dass dem Patienten das Kontrastmittel (KM) über einen adäquaten Zugang verabreicht wird. Er muss darauf achten, dass sich keine aufhärungsartefaktinduzierende Materialien, wie beispielsweise ein Beatmungszwischenstück, im Scanbereich befinden. Um Bewegungsartefakte zu vermeiden, muss der Patient falls notwendig sediert werden.

Zuerst wird ein anterior posterior (a.p.) Topogramm von maximal 153 cm Länge erstellt (siehe Abb. 3), welches zum einen der Planung dient und zum anderen bereits eine Basisdiagnostik des Thorax ermöglicht. ¹⁰¹

- 1. Spirale:
CCT nativ
- 2. Spirale:
Früharterielle Phase
- 3. Spirale:
Portalvenöse Phase

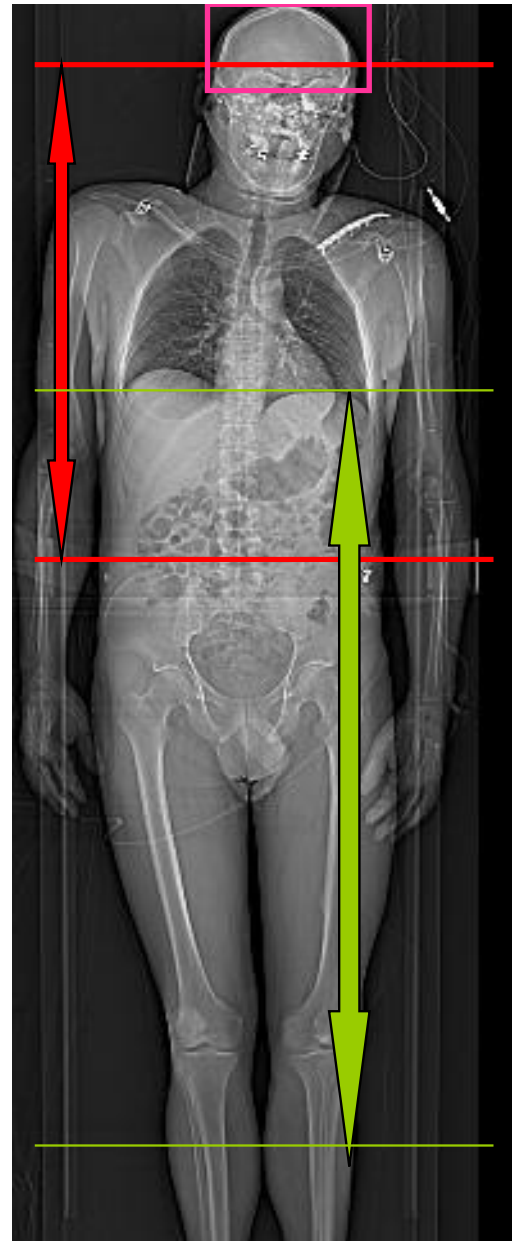


Abb. 3: Ganzkörpertopogramm mit Scanbereichen

Es folgt die erste Spirale, dabei werden Schädel und Halswirbelsäule nativ aufgenommen. Ist die erste Spirale beendet, wird dem Patienten Kontrastmittel intravenös appliziert. Die zweite Spirale wird direkt nach der Kontrastmittelgabe in der früharteriellen Phase gefahren. Der Scanbereich

reicht dabei vom Schädel kurz oberhalb der Sella turcica, so dass der Circulus arteriosus willisi miterfasst wird, bis unterhalb der Nieren. So kann der gesamte Thorax und der Oberbauch in der arteriellen Anflutungsphase dargestellt werden. Die zweite Spirale wird kaudokranial gefahren. Zuletzt startet die dritte Spirale von der Zwerchfellkuppel bis zur Symphyse. Dabei werden das Abdomen und das Becken in der Parenchymphase aufgenommen.

Der dritte Scan startet automatisch erst dann, wenn am Abgleichpunkt (Aorta descendens, zwerchfellnah) ein Schwellenwert von circa 140 Hounsfield-Einheiten erreicht ist, um die portalvenöse Phase zu erfassen. Dieses Verfahren wird als Bolustracking bezeichnet.

	<u>Serie 1</u> Kraniales CT und Halswirbelsäule	<u>Serie 2</u> Thorax und Abdomen - Arterielle Anflutungsphase	<u>Serie 3</u> Thorax und Abdomen - Parenchym- phase
Schichtdicke	2 (HWS) - 5 mm	3 (WS) - 5 mm	5 mm
Kollimation	16 x 0,75	16 x 0,75	16 x 0,75
Kontrastmittel	-	Ja	Ja
Flussrate Kontrastmittel	-	3 ml/sek	3 ml/sek
Gesamtmenge Kontrastmittel	-	-	150 ml

Tab. 3: Standardprotokoll Polytrauma-Ganzkörper-CT ^{34, 68}

Die Rekonstruktion des Datenmaterials findet ebenfalls nach einem festgelegten Protokoll statt (siehe Tab. 4). Die Reihenfolge, in der die einzelnen Körperregionen rekonstruiert werden, ist indikationsbezogen. ¹⁰⁰

<u>Polytrauma Rekonstruktionen</u>	
	Schädel axial 5.0 ¹ WT nicht gekippt (Blutung?)
	Hals-Thorax axial 5.0 WT (Pneumothorax, Aortenruptur?)
	Abdomen axial 5.0 WT (Leber-/Milzruptur, FAF?)
	Hals-Thorax axial 0.75 KF
	Schädel axial 0.75 WT
	Abdomen axial 0.75 KF
	Becken axial 3.0 KF
	Abdomen koronar 5.0 WT
	Lungenfenster axial 5.0
	Hals-Thorax 0.75 WT
	Schädel axial 0.75 KF
MPR bzw. MIP	1. HWS 2 mm ² sagittal
	2. HWS 2 mm koronar
	3. BWS 3 mm sagittal mit Sternum
	4. Gesichtsschädel 3 mm koronar KF
	5. Schädel 5 mm axial WT gekippt
	6. LWS 3 mm sagittal mit Sacrum
	7. Becken 3 mm koronar KF
	8. Halsgefäße 3 mm koronar WT (als MIP Dünnschicht)
	9. Halsgefäße 3 mm axial WT (als MIP Dünnschicht)
	10. Schädel 3 mm axial KF gekippt
WT = Weichteilfenster KF = Knochenfenster FAF = Freie Abdominelle Flüssigkeit MPR = Multiplanare Reformation MIP = Maximum intensitiy projection	¹ Detektorbreite ² Schichtdicke

Tab. 4: Rekonstruktionsprotokoll Polytrauma-Ganzkörper-CT

2.4.2 Pädiatrische Besonderheiten

	<u>CT-Dosis-Richtwerte für Kinder</u>
<u>0-1 Jahr</u>	cCT: 120 kv, 140 mAs
16 ml KM / Flow 0,6 ml/sek KM-Menge für einzelne Untersuchungen in Rücksprache mit dem Radiologen.	Thorax: 120 kv, 30 mAs
Kontrolle, ob Scanzeit und Einlaufzeit passen, bei Bedarf den Flow erhöhen.	Abdomen: 120 kv, 48 mAs
<u>2-5 Jahre</u>	cCT: 120 kv, 190 mAs
30 ml KM / Flow 1,2 ml/sek KM-Menge für einzelne Untersuchungen in Rücksprache mit dem Radiologen.	Thorax: 120 kv, 40 mAs
Kontrolle, ob Scanzeit und Einlaufzeit passen, bei Bedarf den Flow erhöhen.	Abdomen: 120 kv, 60 mAs
<u>6-12 Jahre</u>	cCT: 120 kv, 240 mAs
Ca. 2 ml KM pro kg / Flow 1,5 - 2,0 ml/sek KM-Menge für einzelne Untersuchungen in Rücksprache mit dem Radiologen.	Thorax: 120 kv, 60 mAs
Kontrolle, ob Scanzeit und Einlaufzeit passen, bei Bedarf den Flow erhöhen.	Abdomen: 120 kv, 100 mAs
<u>13-17 Jahre</u>	cCT: 120 kv, 280 mAs
Ca. 2 ml KM pro kg / Flow 2,0 ml/sek	Thorax: 120 kv, 80 mAs
KM-Menge für einzelne Untersuchungen in Rücksprache mit dem Radiologen.	Abdomen: 120 kv, 140 mAs

Tab. 5: Dosisrichtwerte für Kinder

Das Standardprotokoll für eine Polytrauma-Ganzkörper-Computertomographie ist nur für Erwachsene, jedoch nicht für Kinder zulässig. Daher gibt es bei polytraumatisierten Kindern entsprechend modifizierte Vorgaben.

Bis zu einem Alter von 18 Jahren müssen die Patienten nach speziellen altersabgestuften Protokollen untersucht werden. Es gibt insgesamt vier Programme, ausgerichtet auf die Altersstufen 0 bis 1 Jahr, 2 bis 5, 6 bis 12 und 13 bis 17 Jahre.

In den Programmen sind sowohl die Scan-Parameter als auch die Kontrastmittelgabe festgesetzt. Wichtig ist, dass die für Kinder festgelegten CT-Dosis-Richtwerte eingehalten werden (siehe Tab. 5).

Als erster Schritt wird auch hier ein a. p. Topogramm erstellt. Es dient vor allem der Planung der zerebralen Aufnahme sowie der Polytraumaspirale.

Daraufhin wird der Schädel nativ gescannt. Nach Applikation von Kontrastmittel in zwei Fraktionen erfolgt dann eine Aufnahme von der Schädelmitte (entsprechend der zweiten Spirale beim Erwachsenen) bis zur Symphyse. Auf Zwerchfellhöhe erfolgt ein Bolustracking. Während der erste Bolus der Parenchymdarstellung dient, soll der zweite die Darstellung der Arterien gewährleisten. An der Aorta descendens wird auf den ersten Bolus getriggert, die Spirale wird dann direkt nach der zweiten Bolusgabe gestartet. Die sekundären Rekonstruktionen sind ebenfalls in den jeweiligen Programmen gespeichert. Dabei wird der Thorax koronar im Lungenfenster dargestellt, das Abdomen koronar im Parenchymfenster und die gesamte Wirbelsäule sagittal im Knochenfenster.

2.5 Scoring-Systeme

2.5.1 Abbreviated Injury Scale (AIS)

Die AIS ist ein anatomisches Scoring-System, das 1971 eingeführt wurde.¹ Der Körper wird dabei in sechs Abschnitte unterteilt:

- Region 1: Schädel/Hals
- Region 2: Gesicht

- Region 3: Thorax
- Region 4: Abdomen
- Region 5: Extremitäten
- Region 6: Weichteile, Verbrennungen und andere Verletzungen.

Es werden stumpfe und penetrierende Verletzungen auf einer Skala von 1 bis 6 bewertet (siehe Tab. 6).⁴²

AIS Codierung	Verletzung
1	Gering
2	Mäßig
3	Ernst - Nicht lebensbedrohlich
4	Schwer - Lebensbedrohlich
5	Kritisch - Überleben fraglich
6	Tödlich - Derzeit nicht behandelbar

Tab. 6: Schweregradeinteilung nach dem AIS⁴²

Die Daten der AIS dienen der Beurteilung der Verletzungsschwere und bilden die Grundlage für die Bestimmung des Injury Severity Score (siehe Kapitel 2.5.2).⁴²

2.5.2 Injury Severity Score (ISS)

Der ISS bezeichnet eine weitere wichtige Skala der Notfallmedizin. Er gibt anatomisch-pathologische Befunde wieder und gründet auf dem AIS-System.⁴² Die Berechnung des ISS erfolgt, indem man die Quadrate der

höchsten AIS-Werte der drei am schwersten verletzten Regionen addiert.⁴² Der Score beginnt bei 0 und endet bei dem Maximalwert von 75 Punkten. Erleidet der Patient in einer Region eine tödliche Verletzung, entsprechend einem AIS von 6 Punkten, wird diesem automatisch ein ISS von 75 zugewiesen.⁴²

Der Injury Severity Score steht in Zusammenhang mit der Mortalität des Patienten und wird international als „Goldstandard“ bei der Klassifikation von Traumapatienten eingesetzt.⁴² Ein ISS-Wert unter 25 entspricht einem minimalen Mortalitätsrisiko, während sich ab einem ISS größer 25 das Mortalitätsrisiko linear erhöht.⁶⁸ Ein ISS-Wert von 50 Punkten entspricht einer Mortalität von 50%.⁶⁸

Darüber hinaus kann anhand des ISS eine Einteilung der Patienten in Untergruppen vorgenommen werden. Gemäß der Literatur definiert ein ISS ≥ 16 einen schwerverletzten Patienten, ein sogenanntes major trauma und sagt gleichzeitig eine Mortalität von mehr als 10% voraus.⁴²

2.5.3 Glasgow Coma Scale (GCS)

Die GCS ist eine weit verbreitete Skala zur Einschätzung von Bewusstseinsstörungen. Dabei werden in drei verschiedenen Kategorien Punkte verteilt (siehe Tab. 7).

Punkte	Augen öffnen	Verbale Kommunikation	Motorische Reaktion
6	-	-	Befolgt Aufforderungen
5	-	Konversationsfähig, orientiert	Gezielte Schmerzreaktion
4	Spontan	Konversationsfähig, desorientiert	Ungezielte Schmerzreaktion
3	Auf Ansprache	Einzelne Worte	Auf Schmerzreiz Beugesynergismen

2	Auf Schmerzreiz	Laute	Auf Schmerzreiz Strecksynergismen
1	Keine Reaktion	Keine Reaktion	Keine Reaktion

Tab. 7: Glasgow Coma Scale Punktevergabe⁸³

Die maximal erreichbare Punktzahl ist 15 und bedeutet, dass der Patient bei vollem Bewusstsein ist. Wird bei einem Patienten jedoch nur der minimale GCS-Wert von 3 ermittelt, ist der Betreffende bereits tot oder befindet sich in einem tiefen Koma.⁸³

Ab einer Punktzahl von 8 oder weniger ist es notwendig, den Patienten zu intubieren, da bedrohliche Atemstörungen zu befürchten sind.⁴⁹ Entsprechend der Kriterien des Traumaregisters der DGU werden Patienten mit einem GCS ≤ 8 als bewusstlos eingestuft.^{47, 48, 83}

2.5.4 Revised Injury Severity Classification (RISC) und Standardisierte Mortalitätsrate (SMR)

Die RISC wurde mit Hilfe der Daten des Traumaregisters der DGU aus den Jahren 1993 bis 2000 entwickelt und anschließend anhand der Daten der folgenden Jahre validiert.⁴⁷ Er soll eine präzisere Auskunft über die Schwere der Verletzungen als der früher verwendete Trauma Injury Severity Score geben und kann zur Einschätzung der Prognose verwendet werden.⁴⁷

Für die Berechnung des RISC sind neun verschiedene Parameter notwendig. Das Alter der Patienten, der New ISS, die AIS von Kopf und Extremitäten, die GCS, die Gerinnung (PTT), der Base Excess, indirekte Blutungszeichen und Herzstillstand (ja oder nein). Den Werten dieser Parameter entsprechend werden bestimmte Koeffizienten von der Konstanten + 5,0 abgezogen (siehe Tab. 8). So wird der Gesamtwert X berechnet, welcher dann in der logistischen Funktion

$$P = 1 / [1 + \exp (-X)]$$

in eine Zahl zwischen 0 und 1 umgerechnet wird. Diese kann dann als Überlebenswahrscheinlichkeit interpretiert werden.⁴⁷ Der RISC Wert von 0,5 entspricht dabei einer 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit. Ein höherer Wert steht für eine bessere, ein niedrigerer RISC dagegen für eine schlechtere Prognose.

Da die Erhebung aller neun benötigten Parameter schwierig sein kann, gibt es für einzelne fehlende Werte sogenannte Ersatzvariablen. Allerdings ist die Berechnung des RISC nicht möglich, wenn entweder die AIS-Codierung oder mehr als die Hälfte aller Parameter fehlen.⁴⁷

Parameter	Wert	Koeffizient
Alter (Jahre)	55- 64	- 1,0
	65- 74	- 2,0
	75 +	- 2,3
New Iss¹	Score	- 0,03
AIS Kopf	4	- 0,5
	5/6	- 1,8
AIS Extremitäten	5	- 1,0
GCS	3- 5	- 0,9
Gerinnung (PTT)	40 - 49	- 0,8
	50 - 79	- 1,0
	>80	- 1,2
Base Excess	-9 bis -19,9	- 0,8
	≤ -20	- 2,7
Herzstillstand / RR=0	Ja	- 2,5
Indirekte Blutungszeichen²	1	- 0,4
	2	- 0,8
	3	- 1,6
Konstante		+ 5,0
¹ hier ISS x 0,05 ² RR _{syst} < 90 mmHg, Hb < 9mg/dl, Anzahl Erythrozytenkonzentrate > 9		

Tab. 8: Berechnung des RISC⁴⁷

Zum Vergleich der tatsächlichen Mortalität mit der per RISC ermittelten Prognose kann die Standardisierte Mortalitätsrate berechnet werden. Dabei wird die Mortalitätsrate durch die erwartete Prognose dividiert.⁴⁷

Bei einer SMR = 1 sind Prognose und tatsächliche Mortalität identisch. Eine SMR < 1 bedeutet, dass weniger Patienten verstorben sind als vorhergesagt. Umgekehrt besagt eine SMR > 1, dass mehr Patienten verstorben sind als prognostiziert wurde.⁴⁷

2.6 Datenerhebung und Statistik

Für diese Arbeit wurden retrospektiv Patientendaten aus den Jahren 2005 bis 2008 analysiert. Die Daten wurden aus den Schockraumprotokollen, Narkoseprotokollen, Krankenakten, dem krankenhausinternen Informationssystem (SAP) sowie dem Picture Archiving and Communication System (PACS) gewonnen. Ein Patient musste aufgrund fehlender Daten ausgeschlossen werden.

Die Diagnostikzeiten wurden aus einem größeren Gesamtkollektiv der Jahre 2005 bis einschließlich 2008 ermittelt, um eine aussagekräftige Patientenzahl zu erhalten. Es wurden handschriftliche Protokolle aus dem Schockraum ausgewertet.

Sämtliche Informationen über die Patienten wurden zur Erstellung einer Datenbank mit Microsoft Office Excel Version 2007 genutzt. Die Berechnungen wurden ebenfalls mit Excel durchgeführt.

Zur Qualitätssicherung wurde der Kurzbefund der Ganzkörper-CT mit den endgültigen Diagnosen der Patienten verglichen. Dabei wurden insgesamt sechs Fälle ermittelt, bei denen der primäre Befund der Polytrauma-Computertomographie nicht vollständig mit den Diagnosen übereinstimmt. Bei diesen Patienten wurde ein erfahrener Oberarzt zur Supervision des Bildmaterials hinzugezogen. Dies diente der Klärung, ob die betreffenden Läsionen anhand der primären Ganzkörper-CT überhaupt hätten erkannt werden können.

Übersehene Läsionen wurden in therapierelevante und nicht therapierelevante

Befunde unterteilt. Als therapie relevant wurden in dieser Arbeit nur solche Verletzungen angesehen, die einer operativen Therapie bedurften und im jeweils vorliegenden Fall tatsächlich zu einer Änderung des primären Therapieregimes geführt haben.

3 Ergebnisse

3.1 Abbreviated Injury Scale

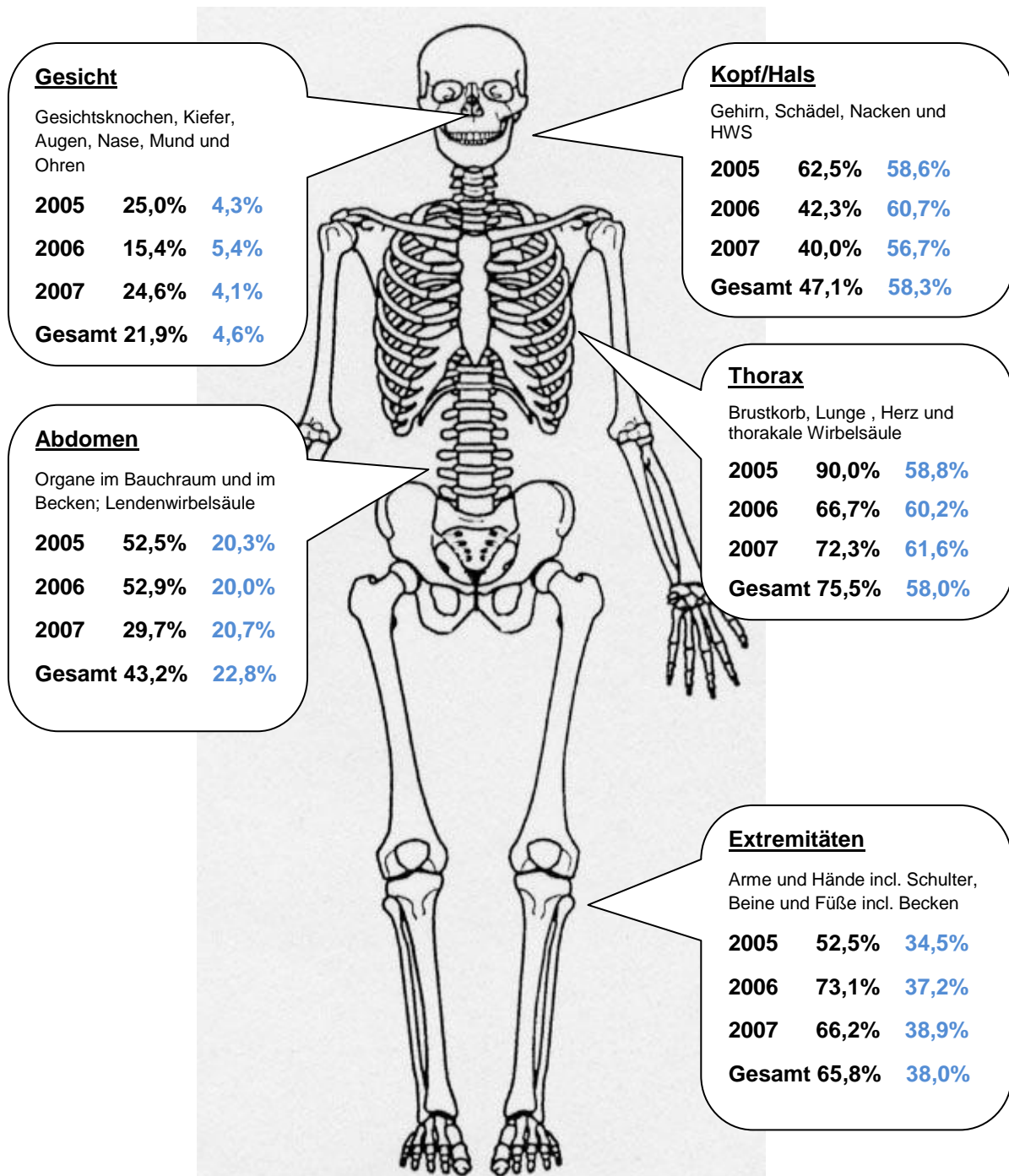


Abb. 4: Anteil der Patienten mit einem AIS \geq 3, Ergebnisse ZOM Würzburg und DGU

Für diese Arbeit wurde die AIS der Körperregionen 1 bis 5 für alle 155 Patienten des Kollektivs bestimmt. Verbrennungen und Verletzungen der Weichteile konnten anhand der Patientenakten nur unzureichend ermittelt werden, daher wurde die AIS der Region 6 nicht miteinbezogen.

In Abbildung 5 ist der prozentuale Anteil der Patienten dargestellt, der in der jeweiligen Region eine AIS ≥ 3 und somit mindestens schwere Verletzungen in diesem Bereich aufweist. Farblich abgesetzt die entsprechenden Prozentzahlen der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (gesamtdeutsche Daten).

3.2 Injury Severity Score

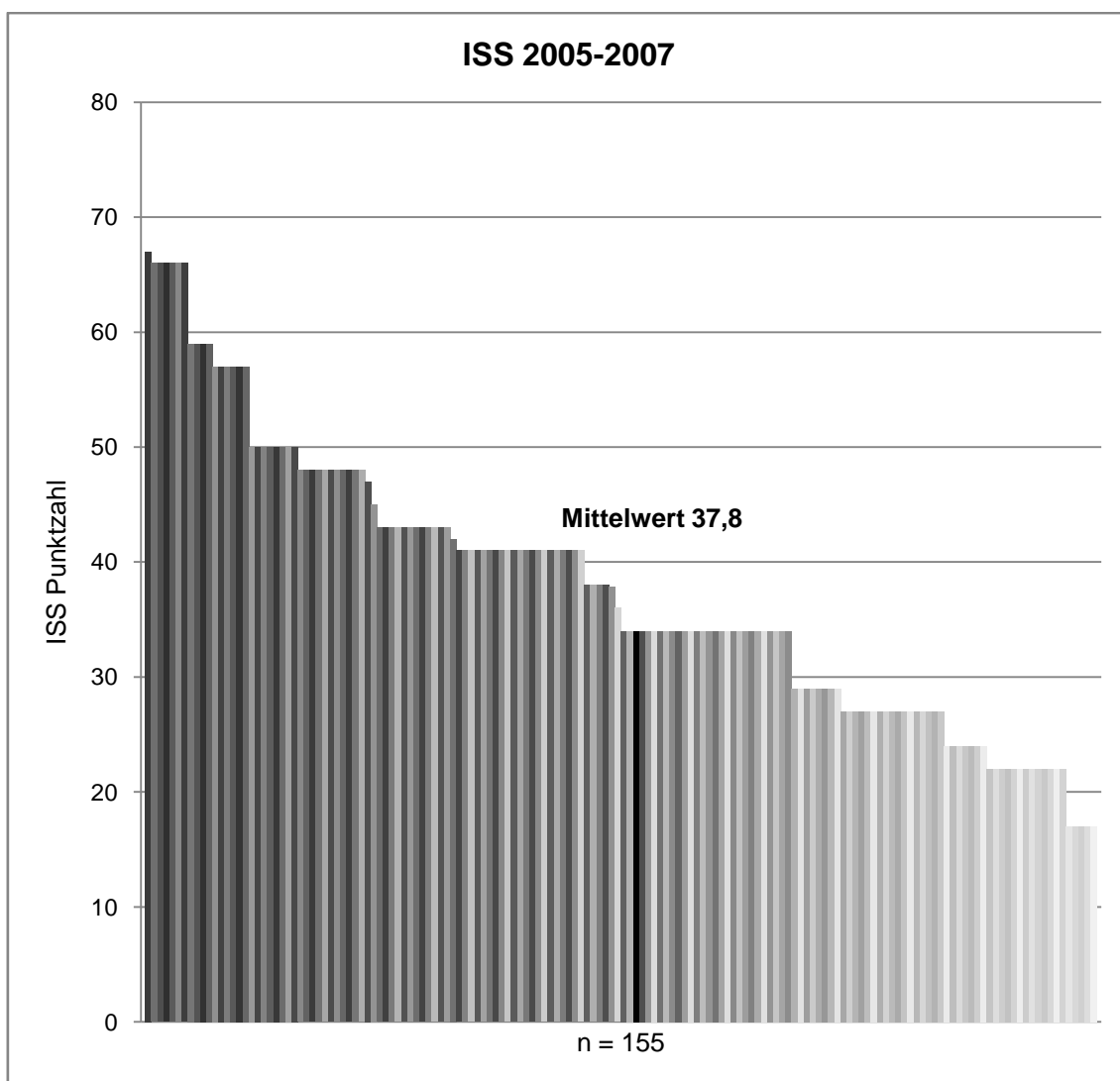


Abb. 5: ISS der Polytraumapatienten des ZOM Würzburg 2005-2007

Bei allen Patienten, die in den Jahren 2005 bis einschließlich 2007 in den Würzburger Schockraum eingeliefert wurden, konnte der Injury Severity Score bestimmt werden. In dieser Arbeit werden jedoch nur die 155 Patienten einbezogen, die einen ISS ≥ 16 aufweisen und damit als Polytrauma bezeichnet werden können. Für die in Würzburg zwischen 2005 und 2007 behandelten Polytraumapatienten ergibt sich ein mittlerer ISS von 37,8 Punkten, wobei der kleinste Wert bei 17 und der höchste Wert bei 67 liegt (siehe Abb. 5).

3.3 Glasgow Coma Scale

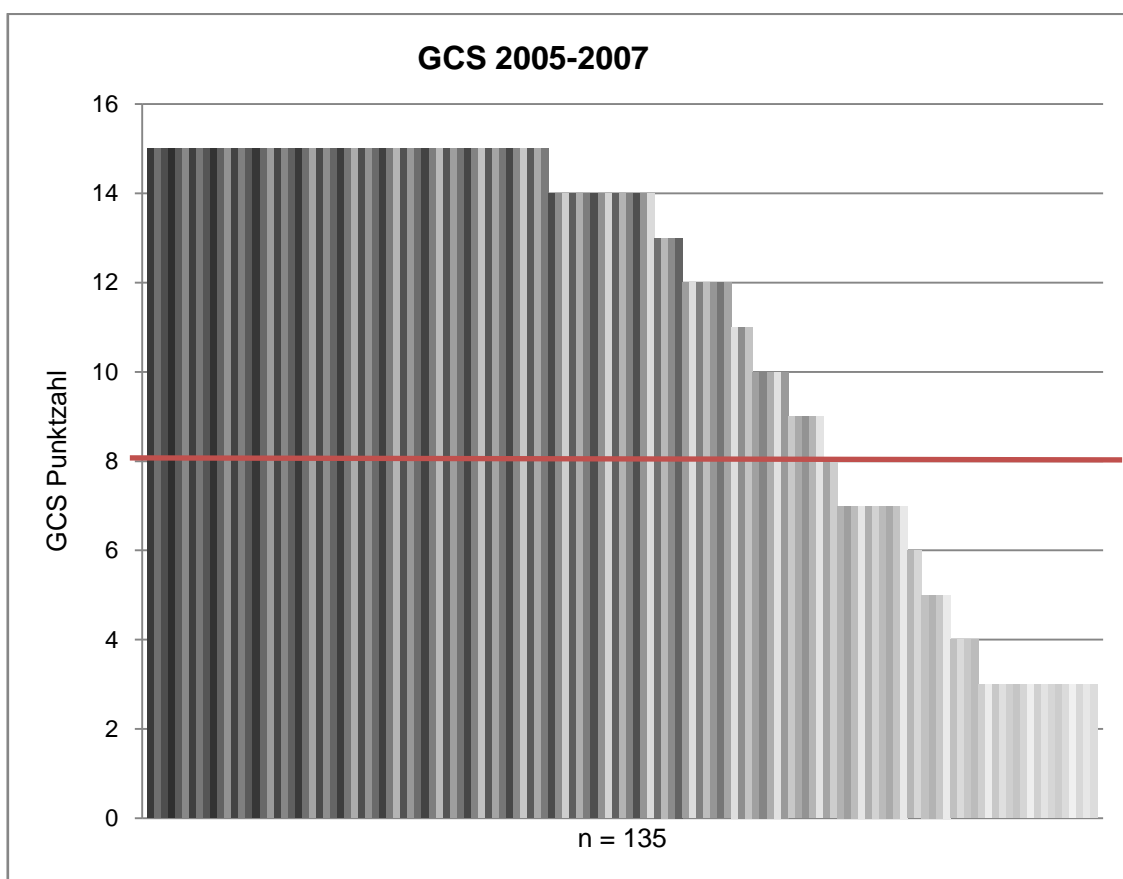


Abb. 6: GCS der Würzburger Traumapatienten 2005-2007

Bei polytraumatisierten Patienten wird die Glasgow Coma Scale routinemäßig bereits am Unfallort erhoben. Von den 155 Würzburger Patienten konnte nur bei 135 die initiale GCS aus den vorliegenden Aufzeichnungen bestimmt

werden. Dabei lag der mittlere GCS bei 11,3 Punkten. Bei 39 Patienten (28,9%) wurde ein GCS ≤ 8 ermittelt, was einem bewusstlosen Patienten entspricht.

3.4 Revised Injury Severity Classification und Standardisierte Mortalitätsrate

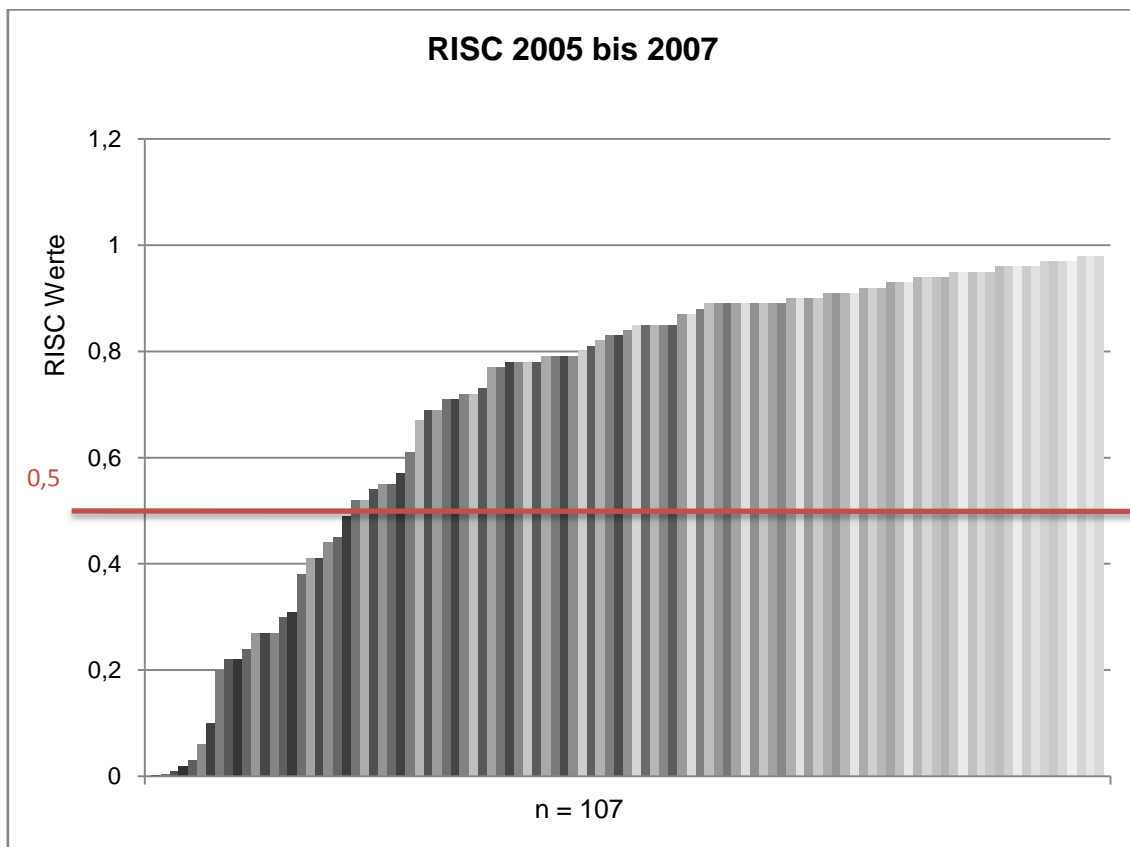


Abb. 7: RISC der Polytraumata 2005-2007

Von den insgesamt 155 Patienten aus dem Kollektiv konnten von 107 Patienten ausreichende Daten für die Bestimmung der Revised Injury Severity Classification gewonnen werden. Dabei wurden RISC-Werte von 0,001 bis 0,98 berechnet. Es ergibt sich eine Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit von 71,8%. Bei 91 Patienten fehlte die PTT und wurde daher durch eine Verdoppelung des Koeffizienten für indirekte Blutungszeichen ersetzt.

Für die Berechnung der standardisierten Mortalitätsrate wurden die gesamten

Werte für die Jahre 2005 bis 2007 zusammengefasst.

Bei einer RISC-Prognose von 28,23% und einer tatsächlich beobachteten Mortalität von 18,7% ergibt sich eine $SMR = 0,66$. Das heißt, es sind deutlich weniger Patienten verstorben als nach RISC-Prognose erwartet.

3.5 Letalität

Insgesamt verstarben 28 von 155 Patienten aus dem Würzburger Kollektiv (Gesamtletalität 18,1%), 12 davon bereits in den ersten 24 Stunden nach dem Unfall. Der mittlere ISS liegt hier bei 45,0 Punkten, er ergibt sich aus den Einzelwerten von 24 bis 66 Punkten. Weitere 16 Patienten erlagen ihren Verletzungen während des Krankenhausaufenthaltes. Der mittlere ISS bei diesen Patienten beträgt 42,9 Punkte und reicht von 29 bis 59 Punkten. Im Mittel verstarben diese Patienten nach 13,0 Tagen. Die Spannweite beginnt bei 2 und endet bei 63 Tagen. Ein Patient verstarb nach mehr als 30 Tagen.

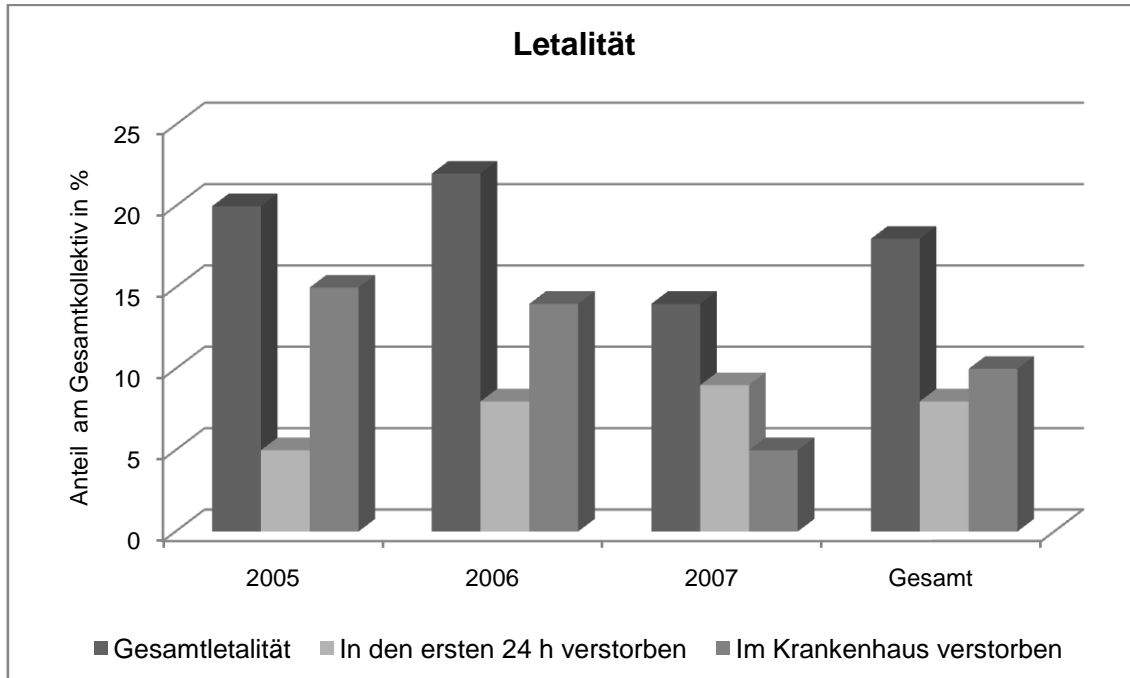


Abb. 8: Letalität der polytraumatisierten Patienten des Uniklinikum Würzburg

Wie in Abb. 8 ersichtlich, hat die Gesamtletalität von 2005 bis 2007 von 20,0%

auf 14,1% abgenommen. Die Zahl der Verunfallten, die innerhalb der ersten 24 Stunden ihren Verletzungen erlagen, ist dagegen von 5,0% auf 9,4% angestiegen.

Des Weiteren wurde der ISS der Patienten, die an den Folgen ihres Unfalls verstarben, festgestellt. Dabei ergab sich ein mittlerer ISS von 43,9 Punkten, aus einer Spannweite von 24 bis 66 Punkten (siehe Abb. 9).

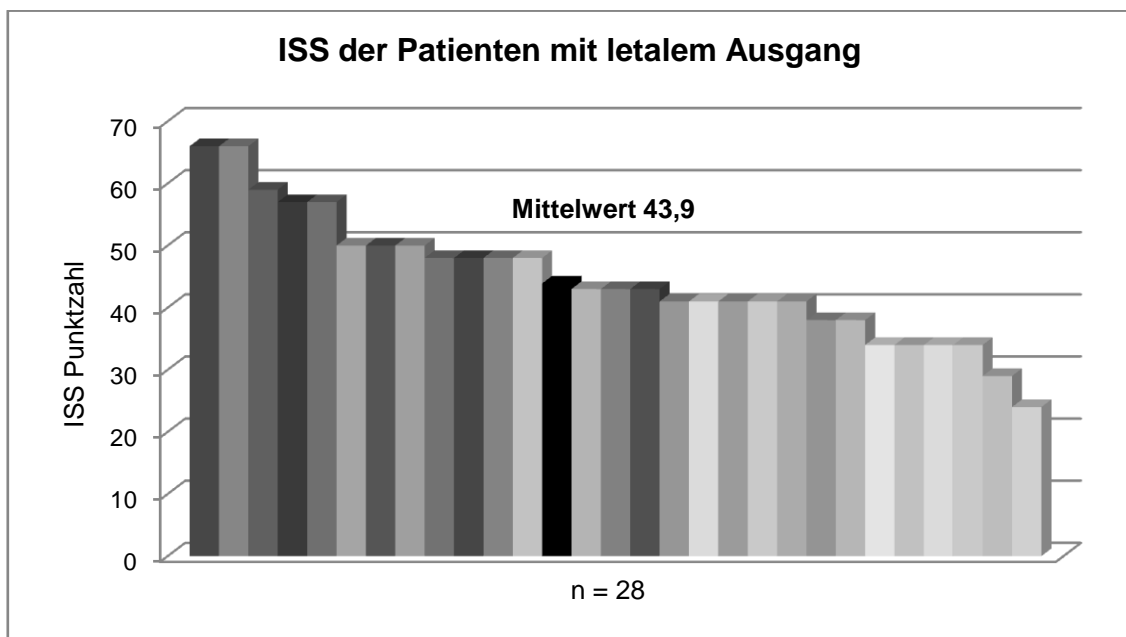


Abb. 9: ISS der verstorbenen Polytraumapatienten

3.6 Diagnostik im Schockraum

3.6.1 Konventionelle Zusatzdiagnostik im Schockraum

Bei 47 der insgesamt 155 Patienten war zusätzlich zu der im Schockraum durchgeführten Ganzkörper-CT auch konventionelle Radiographie notwendig, das entspricht einem Anteil von 30,3%.

2005 wurden bei 9 der 40 (22,5%) polytraumatisierten Patienten ergänzende Röntgenaufnahmen angefertigt. Im Jahr 2006 waren es 16 von insgesamt 51 (31,4%) und 2007 22 von 64 (34,4%) Patienten (siehe Abb. 10). In 3 Fällen

waren zwei zusätzliche Röntgenaufnahmen erforderlich.

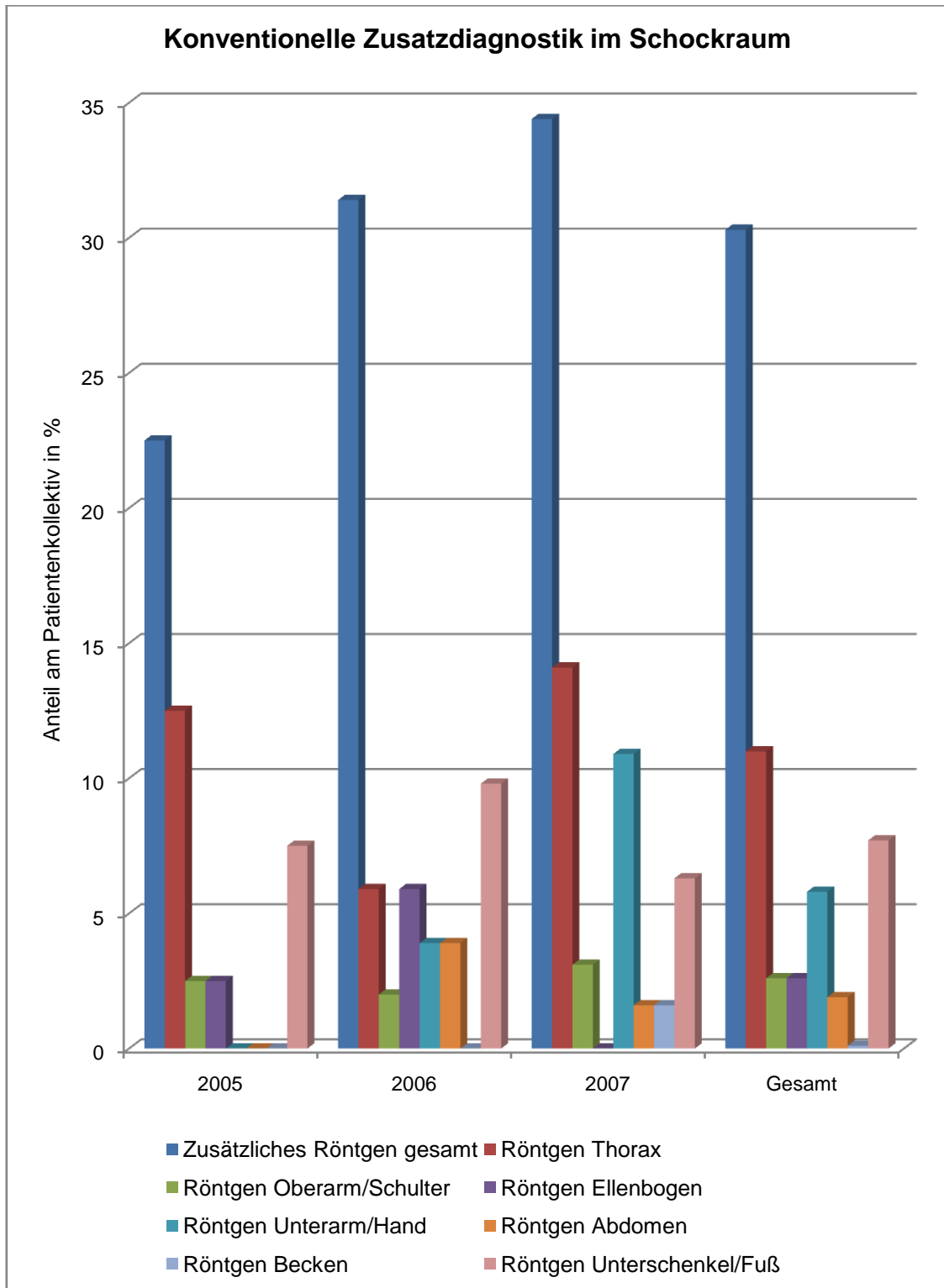


Abb. 10 : Zusätzliche konventionell-radiologische Diagnostik im Schockraum

Dabei war am häufigsten, das heißt in 34,0% der Fälle, eine zusätzliche Röntgenaufnahme des Thorax notwendig. Es folgen mit 24,0% Aufnahmen des Unterschenkels. Bei 18,0% wurde der Unterarm, bei jeweils 8,0% der Ellenbogen und der Oberarm sowie bei 6,0% das Abdomen geröntgt. 2,0% der Patienten erhielten eine Röntgenaufnahme des Beckens.

3.6.2 Computertomographische Folgeuntersuchungen

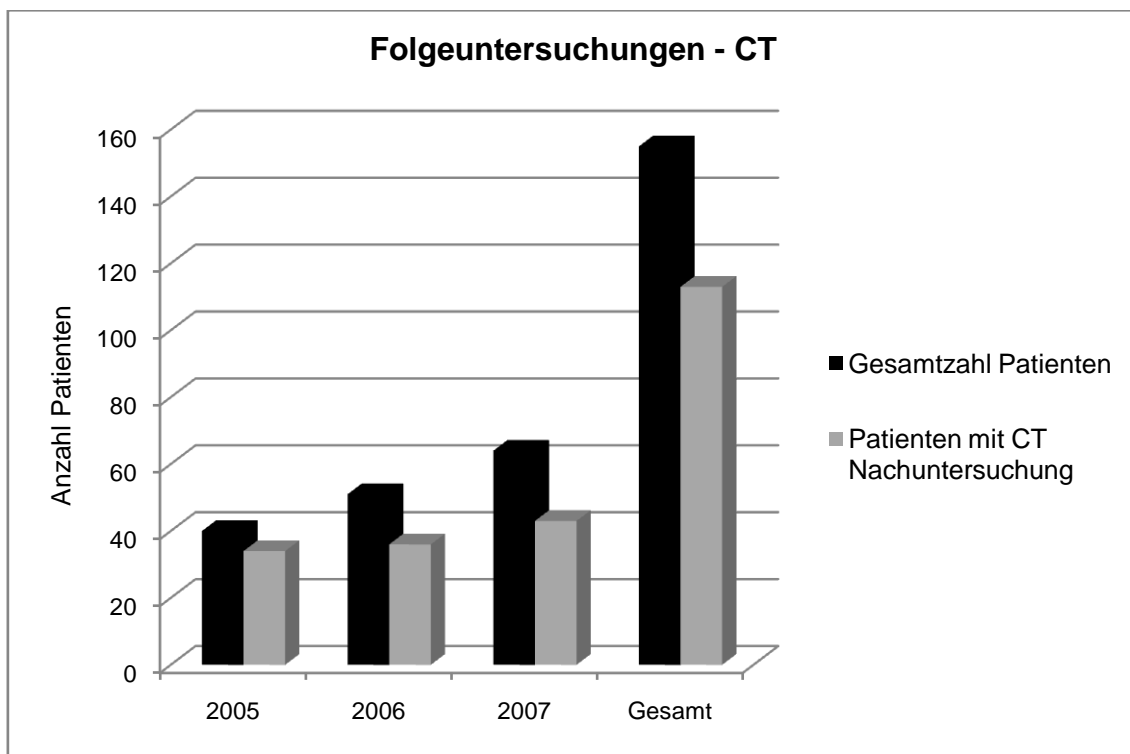


Abb. 11: Anteil der Patienten, die eine CT Nachuntersuchung benötigen

Bei einem Großteil der polytraumatisierten Patienten waren zahlreiche radiologische Nachuntersuchungen notwendig. Für diese Arbeit wurde die Anzahl und Art der computertomographischen Untersuchungen ab dem ersten Tag nach dem Unfall für die Dauer des Krankenhausaufenthaltes bei allen Patienten des Kollektivs dokumentiert.

Im Jahr 2005 wurde bei 85,0% der Patienten mindestens eine CT während der Hospitalisation durchgeführt, 2006 waren es 70,6% und 2007 67,2%. Insgesamt ergibt sich daraus, dass bei 72,9% der Polytraumapatienten mindestens eine

CT- Kontrolluntersuchung notwendig war.

Durchschnittlich musste bei diesen Patienten allerdings mehr als eine CT durchgeführt werden. Im Jahr 2005 waren es 2,9 CTs pro Patient, bei einer Range von 1-10. 2006 waren es im Mittel 3,7 CTs (1-14) und 2007 3,2 CTs (1-10). Insgesamt wurden also bei 113 Patienten durchschnittlich jeweils 3,3 Computertomographien (1-14) als Folgeuntersuchungen durchgeführt.

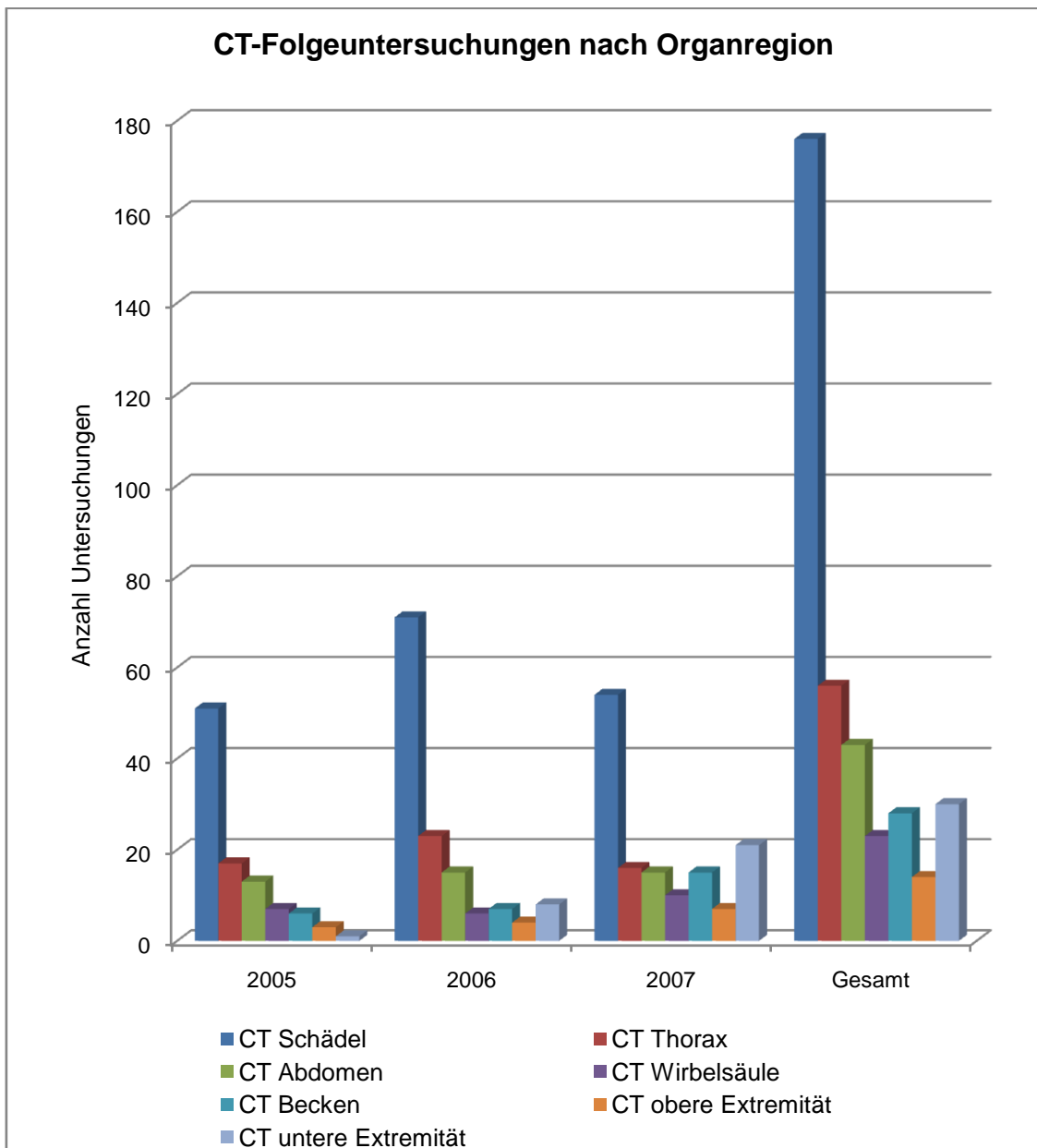


Abb. 12: CT-Folgeuntersuchungen nach Organregion

Daneben wurde auch die Art der Kontrolluntersuchung dokumentiert (siehe Abb. 12). Unterschieden wurden CT Schädel, Thorax, Abdomen, Wirbelsäule, Becken sowie obere und untere Extremitäten.

Mit Abstand am häufigsten wurde eine craniale Computertomographie benötigt. 176 der insgesamt 370 Kontrolluntersuchungen entfallen auf Aufnahmen des Schädels, das entspricht 47,6%. In den Jahren 2005 und 2006 wurde die Thorax-CT am zweithäufigsten durchgeführt. Damit steht die CT des Thorax auch insgesamt mit 56 (15,1%) Untersuchungen an zweiter Stelle. Es folgen Aufnahmen des Abdomens mit 11,6%, der unteren Extremitäten mit 8,1%, sowie des Beckens mit 7,6 %. Lediglich 6,2% der CTs waren Untersuchungen der Wirbelsäule und 3,8% der oberen Extremitäten.

3.6.3 Diagnostikzeiten

Insgesamt konnten die Diagnostikzeiten von 165 polytraumatisierten Patienten aus den Jahren 2005 bis einschließlich 2008 bestimmt werden. Ein Patient musste ausgeschlossen werden, da eine Ganzkörper-CT als primäre Diagnostik aufgrund eines technischen Ausfalls des Gerätes nicht möglich war.

Es wurden jeweils die Zeitspannen von der Ankunft im Schockraum bis zum Ende der Rekonstruktionszeit, von Beginn des Polytraumascans bis zum Ende des Scans sowie von Ankunft des Patienten bis zum Ende des Scans und von Ende des Polytraumascans bis zum Ende der Rekonstruktion berechnet (siehe Abb. 13).

Die Zeitspanne vom Eintreffen im Schockraum bis zum Ende der Bildrekonstruktion betrug 2005 im Mittel 49 Min, 25 Min entfielen dabei auf den Zeitraum von Ende des Polytraumascans bis zur Beendigung der Bildwiederherstellung. Im Jahr 2006 wurden insgesamt 49 Min benötigt, davon 28 für die Rekonstruktion. 2007 waren insgesamt 53 Min notwendig, davon 34 für die Bildrekonstruktion und 2008 55 Min gesamt, davon 31 Min Rekonstruktionszeit. Insgesamt errechnet sich daraus ein Mittelwert von 51 Min von der Ankunft des Patienten bis zum Ende der Bildwiederherstellung und 29 Min von Beendigung des Scans bis zum Ende der Rekonstruktion.

Für die Zeit von der Ankunft im Schockraum bis zum Ende des Scans ergeben

sich daraus folgende Werte: im Jahr 2005 durchschnittlich 23 Min, 2006 21 Min, 2007 20 Min und 2008 24 Min. Der Durchschnittswert für die Jahre 2005 bis 2008 beträgt 22 Min.

Von Anfang bis zur Beendigung des Polytraumascans ergab die Berechnung im Jahr 2005 einen durchschnittlichen Wert von 6 Min, 2006 7 Min, 2007 7 Min und 2008 8 Min. Insgesamt führt dies zu einem Mittelwert von 7 Min.

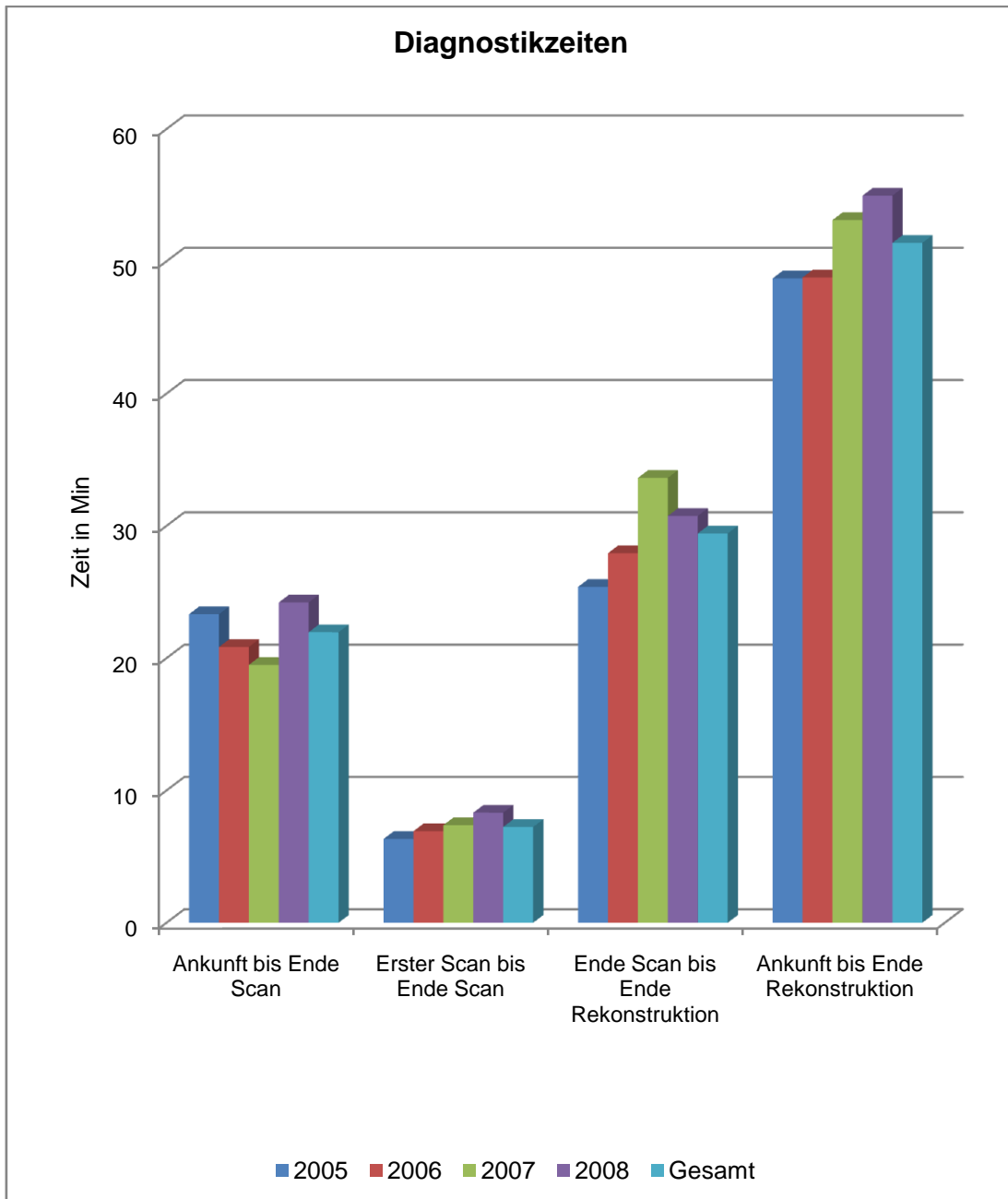


Abb. 13: Diagnostikzeiten 2005-2008

3.6.4 Übersehene VerletzungenVergleich: Initialer radiologischer Befund - Endgültige Diagnosen

Im Primärbefund nicht dokumentierte Verletzungen	Zweitbefundung: Diagnose anhand der Ganzkörper-CT möglich?	Therapeutische Konsequenz
Dünndarmzerreissungen, Leberkapsleinrisse	Ja	Nein Laparotomie noch im Schockraum erfolgt.
Fraktur der ersten Rippe	Ja	Nein
Leberkapsleinriss	Nein	Nein
Leberkapsleinriss	Nein	Nein
Mandibulafraktur	Ja	Ja (operative Versorgung notwendig)
Milzeinriss	Nein	Nein Splenektomie 10 Tage nach Aufnahme erfolgt aufgrund Blutung bei desolater Gerinnung.

Tab. 9: Übersehene Verletzungen

Insgesamt wurden in drei von sechs Fällen Verletzungen übersehen, die in der retrospektiven Supervision der Ganzkörper-CT eindeutig diagnostiziert werden konnten. Eine tatsächliche therapeutische Konsequenz ergab sich hierbei nur für einen Patienten. In diesem Fall wurde eine Mandibulafraktur im Primärbefund übersehen, die einer operativen Versorgung bedurfte. Bei der retrospektiven Zweitbefundung konnte die Fraktur anhand der Ganzkörper-CT diagnostiziert werden.

Bei den restlichen drei Patienten wurden Läsionen festgestellt, die nur intraoperativ, jedoch auch retrospektiv nicht durch eine computertomographische Untersuchung diagnostizierbar waren.

4 Diskussion

Das Patientenkollektiv dieser Datenerhebung entspricht hinsichtlich des Geschlechterverhältnisses sowie des mittleren Alters in etwa den von der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie veröffentlichten Daten der entsprechenden Jahre. Es ergab sich ein Männeranteil von 71,0 % bei einem durchschnittlichen Alter von 39,4 Jahren. Die DGU berechnete einen Männeranteil von 72% bei einem Durchschnittsalter von 41,5 Jahren.

Im Gegensatz dazu liegen der ISS und auch die Letalität im Würzburger Kollektiv über den gesamtdeutschen Daten, die im Traumaregister erfasst wurden.⁴⁸ Während in vorliegender Arbeit eine Letalität von 18,1 % ermittelt wurde, sind es im Bericht der DGU nur 14%.

Als Ursache dieser Verschiebung ist in erster Linie das Einschlusskriterium dieser Datenerhebung eines ISS ≥ 16 zu nennen, während bei den von der DGU veröffentlichten Daten nur 73% der Patienten einen ISS ≥ 16 hatten.

Der mittlere ISS des Würzburger Patientenkollektivs lag somit bei 37,8 Punkten, während bei der DGU ein deutlich geringerer durchschnittlicher ISS von 24,5 Punkten ermittelt wurde.

Die RISC-Prognose, die für 107 der 155 Patienten berechnet werden konnte, lag bei 28,23%, die tatsächlich beobachtete Mortalität unter diesen Patienten dagegen bei 18,7%. Daraus ergibt sich eine SMR von 0,66, das heißt, es sind circa 10 Patienten weniger verstorben als nach RISC-Prognose erwartet.

Im Traumaregister der DGU wurde für das Jahr 2005 eine SMR von 0,84, 2006 eine SMR von 0,79 und 2007 ein Wert von 0,75 im Gesamtkollektiv ermittelt.

Allgemein wird bei der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie seit mehreren Jahren eine Tendenz zu niedrigeren standardisierten Mortalitätsraten beobachtet. Bereits seit 2004 liegt die SMR deutlich unter 1.⁴⁷ Es kann daher nicht von einer zufallsbedingten Verzerrung, sondern von einer tatsächlichen Outcomeverbesserung der Patienten ausgegangen werden.⁴⁷ Als Konsequenz sollte eine Anpassung der RISC diskutiert werden.⁴⁷

Ein wichtiger Gesichtspunkt in der Bewertung des MSCT als alleiniges diagnostisches Mittel in der Frühphase der Behandlung schwerstverletzter

Patienten ist die mögliche Zeitersparnis durch eine Verkürzung der diagnostischen Phase.

Wie Prokop et al. in ihrer Studie „Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma“ resümieren: „Polytraumamanagement ist Zeitmanagement“. ⁶⁶ Der Zeitgewinn stellt nach wie vor ein vorrangiges Ziel moderner Schockraumdiagnostik dar. ³³

Mehrere Studien haben sich bereits mit diesem Thema auseinandergesetzt, wobei ein signifikanter Zeitgewinn durch die CT-Diagnostik festgestellt werden konnte. ⁶⁸ Die Untersuchungen von Rieger et al. und Braunschweig et al. kamen beispielsweise zu dem Ergebnis, dass die alleinige Diagnostik per MSCT eine Zeitersparnis in der diagnostischen Phase von circa 50% zur Folge hat. ^{8, 68, 75}

Darüber hinaus haben einige dieser Studien auch gezeigt, dass die Verkürzung der Diagnostik zu einer schnelleren Therapieentscheidung und somit einer schnelleren Verlegung aus dem Schockraum führt. ^{68, 97}

Der Aspekt einer Zeitersparnis durch das MSCT im Schockraum gegenüber der konventionellen Radiographie wurde auch in der Dissertation von C. Quaisser über Patienten des Uniklinikums Würzburg erörtert. Es wurden die Daten von 1519 Patienten aus den Jahren 2001 bis 2006 analysiert. ⁶⁸ Erfasst wurde dabei der Zeitraum von der Einlieferung des Patienten bis zum Beginn dringlicher operativer Eingriffe. Dabei ergab sich für das Gesamtkollektiv ein Median von 120 Min bei Behandlung nach konservativem Traumaprotokoll im Gegensatz zu 105 Min beim Verfahren nach MSCT-Traumaprotokoll. ⁶⁸ Der Unterschied ist signifikant. Noch deutlicher fällt die Zeitersparnis bei der Untergruppe der Patienten mit einem ISS von 25 bis 75 Punkten aus. Während hier beim konservativen Protokoll im Median 130 Min benötigt wurden, sind es beim MSCT-Protokoll nur 105 Min. ⁶⁸

Die Ergebnisse erscheinen jedoch deutlich weniger eindrücklich im Vergleich zu den Berechnungen anderer Studien, die sich nur auf den Zeitgewinn in der diagnostischen Phase beziehen. ^{8, 20, 68, 75} Hier geht die Autorin davon aus, dass es zu einem Zeitverlust auf dem Weg zwischen Schockraum und OP gekommen sein muss. ⁶⁸

Auch Wurmb et al. kamen in ihrer Veröffentlichung „Der Würzburger Schockraumalgorithmus“ zu dem Schluss, dass die Versorgungszeiten vor allem bezüglich der kranialen Diagnostik sowie der Diagnostik des Körperstammes durch Eingliederung der MSCT deutlich reduziert werden konnten.¹⁰¹ Bei der Auswertung wurden die Daten der ersten 120 Patienten aus dem Jahre 2004 einbezogen, die nach dem neu eingeführten Schockraumprotokoll behandelt wurden. Es ergab sich eine klinische Gesamtversorgungszeit von 25 Minuten, in der alle wesentlichen und unmittelbar lebensbedrohlichen Verletzungen bildgebend erfasst werden konnten.¹⁰¹ Im direkten Vergleich mit den Daten der DGU zeigte sich ein deutlicher zeitlicher Vorteil des Würzburger Modells mit 25 ± 10 Min gegenüber 41 ± 30 Min. Dieser Vorsprung ist laut Wurmb vor allem auf den effektiven und zeitoptimierten Einsatz des MSCT im Rahmen des neuen Schockraumalgorithmus zurückzuführen.¹⁰¹

In der hier vorliegenden Arbeit wurden ebenfalls Daten zum zeitlichen Ablauf im Schockraum ausgewertet. Die Ergebnisse stimmen in etwa mit den von Wurmb veröffentlichten Werten hinsichtlich der Gesamtuntersuchungszeit, der Dauer der Sekundärberechnungen sowie der Dauer bis zum Abschluss des Ganzkörper-CTs überein.

Die Gesamtuntersuchungszeit nach Wurmb von 50 ± 15 Min kann mit der in dieser Arbeit ermittelten Zeit von der Ankunft des Patienten bis zum Ende der Rekonstruktion von durchschnittlich 51 Min verglichen werden. Die Dauer der Sekundärberechnungen beläuft sich nach Wurmb auf 26 ± 12 Min, in unserem Kollektiv im Mittel auf 29 Min, und während bei Wurmb 25 ± 10 Min bis zum Abschluss des Ganzkörper-CT benötigt wurden, sind es laut dieser Untersuchung nur 22 Min von Ankunft bis zum Ende des Scans.

Zuletzt wurden in vorliegender Arbeit auch die reinen Scanzeiten berechnet, hier wurde eine durchschnittliche Dauer von 7 Min berechnet. Diese Zeit ist vergleichbar mit der von Heyer et al. in einer prospektiven Studie ermittelten Scandauer von $8,0 \pm 3,3$ Min.^{28, 29} Unter Berücksichtigung eines festen Untersuchungsprotokolls wurde hier ebenfalls ein 16-Zeilen-MSCT

verwendet.^{28, 29}

Im Würzburger Patientenkollektiv wurden neben der durchgeführten Ganzkörper-MSCT in 30,3% der Fälle noch zusätzlich konventionelle radiologische Aufnahmen während der Schockraumphase angefertigt. Mit Abstand am häufigsten, das heißt in 34,0% der Fälle, wurde dabei ein Röntgenbild des Thorax benötigt. Diese hohe Anzahl ist mit einer häufig notwendigen Lagekontrolle nach Installation einer Thoraxdrainage oder eines zentralen Venenkatheters zu begründen. Es folgen Aufnahmen der Extremitäten, vor allem von Unterschenkel (24,0%) und Unterarm (18,0%).

Durch diese ergänzenden diagnostischen Maßnahmen muss von einem Zeitverlust in der diagnostischen Phase ausgegangen werden, der bereits in den berechneten Diagnostikzeiten enthalten ist. Die reine CT-Phase ist somit kürzer als die berechneten Schockraumzeiten.

Es ist anzumerken, dass neben den reinen Diagnostikzeiten auch entstehende Wege-, Warte- und Umlagerungszeiten in der diagnostischen Phase beachtet werden müssen.⁶⁸ Hierdurch können vor allem bei einem nicht in den Schockraum integrierten MSCT Verzögerungen entstehen.

Dieser Aspekt ist jedoch im Würzburger Schockraum, in dem das CT-Gerät mit dem Modell der „Sliding Gantry“ optimal in den Schockraum integriert wurde, nicht relevant.^{101, 102} Der Patient wird hier primär auf einen Karbontisch gelagert. Bei der Untersuchung bewegt sich die Gantry vom Fuß bis zum Kopf des Patienten. Sämtliche Kabel- sowie Schlauchverbindungen zum Arbeitsplatz der Anästhesie können dabei belassen werden. Ein eventuell vorhandener Tubus oder zentraler Venenkatheter ist weniger gefährdet, im Vergleich zum Vorgehen mittels konventioneller Radiographie und FAST, und bleibt gleichzeitig für das Schockraumteam zugänglich.¹⁰¹

Auf dem Untersuchungstisch können außerdem auch alle lebensrettenden Maßnahmen, einschließlich Atemwegsmanagement und Notfalloperationen durchgeführt werden.^{101, 102} Um den Patienten nach der Stabilisierung im Schockraum auf die Intensivstation oder in den Operationstrakt zu transportieren, ist ebenfalls keine weitere Umlagerung notwendig.^{101,102}

Eine direkte Korrelation der entstandenen Zeitersparnis durch strukturierte Diagnostik per MSCT mit einer Abnahme der Mortalität bzw. einem verbesserten klinischen Outcome wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

So konnte eine prospektive Studie von Linsenmaier et al. bei deutlich reduzierten Schockraumzeiten keinen Einfluss auf das klinische Outcome feststellen.^{51, 52, 53, 54}

Braunschweig et al. stellten dagegen bei der retrospektiven Analyse von Schockraumzeiten einen Anstieg der Letalitätsrate von je 1 % pro Verlängerung um drei Minuten fest.⁸ In der Studie von Weninger et al. konnte mit Reduzierung der Diagnostikzeit eine signifikant verringerte Beatmungsdauer sowie Intensivliegezeit ermittelt werden.⁹⁷ Die Mortalität war unbeeinflusst. Clarke et al. bewiesen in ihrer Studie eine direkte Korrelation zwischen der Mortalität und der Verweildauer im Schockraum.¹³

Auch Huber-Wagner et al. kamen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass die Eingliederung der Ganzkörper-CT in die primäre Diagnostik bei Polytraumapatienten zu einem signifikanten Anstieg der Überlebenschance führe.³⁶ Dazu verglichen sie die Daten von Patienten mit stumpfem Trauma, die ein Ganzkörper-MSCT erhielten, mit denen der Patienten, die mit konventioneller Radiologie diagnostiziert wurden. Ihre Berechnungen bestätigten das Ganzkörper-CT als unabhängigen, positiven Vorhersagewert für das Überleben.³⁶ Die Autoren kommen zu dem Schluss, je früher die Führungsgruppe Schockraum das definitive Verletzungsmuster eines Patienten kennt, desto schneller kann ein Behandlungsplan erstellt und somit die notwendige Therapie eingeleitet werden kann.³⁶ In diesem Zusammenhang scheint die Ganzkörper-CT die effizienteste Methode zu sein. Die Autoren geben jedoch auch zu bedenken, dass die CT nur in Zusammenhang mit einem effektiven und gut strukturierten Ablauf im Schockraum, zum Beispiel im Rahmen eines standardisierten Algorithmus, die Letalitätsrate der Patienten senken kann.³⁶

Neben den zeitlichen Faktoren steht vor allem mit der Qualität (höhere diagnostische Genauigkeit) der diagnostischen Maßnahmen ein weiterer

wesentlicher Punkt zur Diskussion. In der Literatur gilt das MSCT als das diagnostische Mittel der ersten Wahl in der Primärdiagnostik einzelner Organsysteme bei Traumapatienten.^{50, 57, 74, 75, 76}

Nach Kanz et al. ist die CT das sensitivste Verfahren zur Diagnostik zerebraler, thorakaler und abdomineller Verletzungen in der frühen klinischen Behandlungsphase.⁴² Auch hinsichtlich Sensitivität und Spezifität gilt das Ganzkörper-MSCT als überlegen gegenüber der Kombination aus konventioneller Radiologie und Sonographie.^{3, 5, 10, 17, 98} Zur Ganzkörper-CT als primäre Diagnostik in der Behandlung polytraumatisierter Patienten herrschen jedoch noch immer unterschiedliche Meinungen.

Nach Prokop ist hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten neben dem Zeitaufwand der Diagnostik vor allem die vollständige und korrekte Erfassung des Verletzungsmusters von entscheidender Bedeutung.⁶⁶

Aufgrund der großen Masse akquirierten Bildmaterials, welches durch die Ganzkörper-CT gewonnen wird, steigen jedoch auch die Anforderungen an den Radiologen. Nur eine entsprechend qualifizierte Interpretation der Bilder durch den Radiologen kann letztendlich einen Vorteil für die Behandlung des Patienten bringen.

Somit verdeutlicht sich hier eine wichtige Fehlerquelle. Übersehene Verletzungen können Einfluss auf die Behandlung und damit auch auf das Outcome der Patienten haben und scheinen der klinischen Erfahrung entsprechend nicht selten aufzutreten.²

Verschiedene Studien zeigten bereits, dass Traumapatienten mit übersehenen Verletzungen oder verspätet gestellten Diagnosen signifikant längere Krankenhausaufenthalte hatten sowie längere Intensivliegezeiten.^{11, 40, 77, 78}

Einige Untersuchungen ermittelten auch höhere Mortalitätsraten.^{9, 35, 40, 78, 87} Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Verzögerung der Diagnose und der Morbidität konnte ebenfalls in einer Untersuchung hergestellt werden.⁹²

In der Literatur existiert bisher nur eine prospektive Studie mit der Fragestellung, ob eine standardisierte Doppelbefundung der CT-Bilder bei Polytraumapatienten zu einer Verbesserung der Behandlung und des klinischen Outcomes der Patienten führt.²

Dazu wurde das Bildmaterial von 105 primären CT-Untersuchungen polytraumatisierter Patienten durch einen zweiten Radiologen kontrolliert. Die Erstbefundung fand durch den diensthabenden Radiologen statt. Beide Ärzte unterschieden sich nicht hinsichtlich ihres Ausbildungsstandes. Es handelte sich um erfahrene Radiologen (senior radiologist). Die Supervision wurde innerhalb der ersten zwölf Stunden nach Aufnahme des Patienten durchgeführt und als Goldstandard festgelegt. Insgesamt wurden bei 75 Patienten (71,4%) Verletzungen im primären Befund übersehen. 11% der nicht entdeckten Läsionen wurden als schwerwiegend eingestuft. Es wurden drei Verletzungen gefunden, aufgrund derer eine Änderung des Therapieregimes notwendig wurde.

Mit Abstand am häufigsten sind Verletzungen im Bereich des Brustkorbs übersehen worden. In dieser Region wurden auch die meisten schweren Verletzungen nicht bemerkt. Als schwere, übersehene Verletzungen wurden in mit absteigender Häufigkeit folgende Läsionen aufgeführt: Pneumomediastinum, intrazerebrale Blutung, Hämomediastinum, Rippenserienfraktur, subdurales und epidurales Hämatom.

Darüber hinaus wurden auch bei Erwachsenen sowie bei schwerer verletzten Patienten mit einer größeren Zahl an Verletzungen diese häufiger übersehen. Ein signifikanter Unterschied in der Mortalität konnte nicht ermittelt werden.

Als Ursache für die große Anzahl primär übersehener Läsionen wird von den Autoren nicht die fehlende Erfahrung des diensthabenden Radiologen, sondern vielmehr der immense zeitliche Druck in der Akutsituation angesehen.² Zudem führen die Autoren an, dass zahlreiche Polytraumauntersuchungen im Nachtdienst stattfinden und somit von einer generell herabgesetzten Leistungs- bzw. Konzentrationsfähigkeit ausgegangen werden muss.²

Agostini et al. kommen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass aufgrund der Anzahl und teilweise Schwere der übersehenen Läsionen eine standardisierte Nachbefundung des CT-Bildmaterials bei polytraumatisierten Patienten durchaus anzuraten ist.² Außerdem sollte der thorakale Bereich mit gesonderter Aufmerksamkeit betrachtet werden, da hier die meisten, gerade auch schweren, übersehenen Läsionen lokalisiert waren.²

Im Vergleich zu dieser französischen Studie ergab sich in vorliegender Datenerhebung eine deutlich geringere Anzahl übersehener Verletzungen. Nur bei 3 der insgesamt 155 Patienten des Würzburger Kollektivs wurden in einer retrospektiven Supervision des Bildmaterials im Primärbefund nicht beschriebene Läsionen festgestellt. Geht es jedoch um Verletzungen, die eine Änderung des Therapieregimes notwendig machten, ermittelten beide Untersuchungen einen sehr geringen Anteil. Im Würzburger Kollektiv ergab sich bei einem Patienten eine therapeutische Konsequenz.

Eine Erklärung für die insgesamt niedrigere Zahl übersehener Verletzungen am Uniklinikum Würzburg könnte darin liegen, dass die Befundung der Ganzkörper-CT bei polytraumatisierten Patienten tagsüber nur durch Oberärzte bzw. Fachärzte durchgeführt wird, nachts nur durch Ärzte mit fortgeschrittenem Ausbildungsstand.

Ursächlich für verspätete Diagnosen oder übersehene Verletzungen sind meist wohl mehrere Faktoren, die aufeinander treffen. Als mögliche Ursachen werden die Qualität des Bildmaterials, technische Fehler, Unterbrechungen der Diagnosephase sowie die klinische Unerfahrenheit des Radiologen angesehen.^{11, 12, 25, 35, 37, 40, 61, 63}

Es gibt weitere wichtige Aspekte bei der Diagnostik polytraumatisierter Patienten, bei denen die CT deutliche Vorteile gegenüber dem ursprünglichen Konzept zu bieten scheint.

Hierbei ist vor allem die CT des Thorax von Bedeutung. Gerade im Rahmen von Polytraumata werden sehr häufig stumpfe Thoraxverletzungen diagnostiziert.^{16, 71, 95} Verletzungen der Lunge sind zudem ein wesentlicher Promotor für das posttraumatische Lungenversagen sowie Wegbereiter septischer Komplikationen.^{19, 70, 73, 95} Auch ein Multiorganversagen und eine entsprechend erhöhte Letalität treten signifikant häufiger bei Polytraumatisierten mit Thoraxbeteiligung auf.^{86, 95} Für den Anstieg der Letalität scheinen insbesondere der instabile Thorax und Lungenkontusionen ursächlich zu sein.²¹ Eine initiale CT-Untersuchung der Lunge im Rahmen der Schockraum-

diagnostik führt in bis zu 70% der Fälle zu einer Therapieänderung.⁹⁰ Bei der Studie von Trupka et al. ergaben sich bei 63% der Betroffenen zum Teil wesentliche Konsequenzen für das Behandlungsregime.⁹⁰

Diese Daten zeigen die Bedeutung der frühzeitigen und vor allem exakten Diagnostik thorakaler Läsionen.⁹⁰ Speziell Lungenkontusionen, die im konventionellen Röntgen teilweise erst nach 12 bis 24 Stunden nachweisbar sind, können nach bisherigen Studien per MSCT signifikant besser diagnostiziert werden.^{15, 65, 84, 93} Der Nachweis von Kontusionsherden führt zu einer Reihe ganz wesentlicher Folgen für das weitere therapeutische Procedere sowohl hinsichtlich des operativen Vorgehens, als auch des intensivmedizinischen Managements.⁹⁰

Aber auch die Diagnose vor allem ventral gelegener Pneumothoraces konnte laut Trupka et al. durch den Einsatz der MSCT signifikant verbessert und somit eine konsequente Drainagetherapie gewährleistet werden.⁹⁰ Zudem ist die CT für die Diagnose von Zwerchfellrupturen sowie bei der Abklärung mediastinaler Verbreiterungen geeignet.⁹⁰

Doch nicht nur für thorakale Verletzungen spielt die Computertomographie eine entscheidende Rolle. Die Auswirkungen eines Schädel-Hirn-Traumas und dessen adäquate Versorgung auf die Morbidität und Letalität eines polytraumatisierten Patienten sind unbestritten.¹⁰³ Zur exakten Diagnostik möglicher Verletzungen ist hier die CT Mittel der Wahl.¹⁰³

Beim stumpfen abdominalen Trauma kann die Computertomographie vor allem dann Vorteile bieten, wenn sonographisch keine freie abdominale Flüssigkeit vorliegt. Hier wird der Routineeinsatz der CT aufgrund der hohen Spezifität sowie Sensitivität empfohlen.¹⁰³ Aber auch bei der Bestimmung der genauen Lokalisation einer abdominalen Verletzung, der Detektion einer gedeckten Läsion im Abdomen sowie bei der Beurteilung des Ausmaßes einer Blutung ist die CT das sensitivste Verfahren.^{42, 66} Die Computertomographie bietet Vorteile bei der Beurteilung von Verletzungen der Leber, der Nieren und der Milz insbesondere aber auch bei Darmverletzungen oder Pankreasläsionen. Eine genaue Diagnosestellung mittels CT bildet die Grundlage für wichtige Therapieentscheidungen.¹⁰³ Durch diese kann die Indikation zur Embolisation

oder Operation gestellt werden.

Pfeifer und Pape analysierten verschiedene Artikel aus den Jahren 1980 bis 2006 und ermittelten dabei einen Rückgang von übersehenen Verletzungen des Beckens in den Jahren 2000 bis 2006.^{7, 11, 12, 25, 35, 37, 39, 40, 45, 63, 77, 78, 85, 92} Für Läsionen der oberen oder unteren Extremitäten konnte jedoch keine derartige Tendenz beobachtet werden.⁶³ Eine Limitierung des konventionellen Röntgen für die Detektion von intraartikulären Frakturen und Frakturen des Acetabulums wurde bereits in früheren Studien festgestellt.^{22, 72} Somit gehen die Autoren davon aus, dass die immer weiter verbreitete Verfügbarkeit von MSCT-Geräten und die Integration dieser in das Schockraummanagement zu der beobachteten Entwicklung führte.^{18, 27, 31, 32, 41, 43, 62, 81}

Eine besondere Bedeutung gewinnt die Diagnostik von Verletzungen des Beckens im Rahmen eines Polytraumas vor allem durch die zum Teil schweren bis lebensbedrohlichen Blutungen, die bei derartigen Läsionen auftreten können.^{4, 63}

Bei Verletzungen des Beckens in Kombination mit einem Abdominaltrauma ist die Bestimmung der primären Blutungsquelle (intraabdominal oder aus dem Retroperitoneum austretend) bei freier intraabdomineller Flüssigkeit durch konventionelle Radiographie und FAST häufig nicht möglich.¹⁰³ Die eindeutige Identifizierung der Blutungsquelle spielt hier jedoch die entscheidende Rolle bei der Planung des therapeutischen Vorgehens, zum Beispiel einer Operation oder einer Embolisation.¹⁰³

Auch in der Diagnostik von Wirbelsäulenfrakturen scheint die Computertomographie dem konventionellen Röntgen überlegen. Vor allem die Diagnose von zervikalen Frakturen sowie Frakturen des zervikothorakalen (speziell bei intubierten Patienten) und thorakolumbalen Übergangs wird durch das MSCT erleichtert.^{38, 82, 102}

Kritisch zu bewerten ist jedoch die Strahlenexposition bei einer Ganzkörper-CT. Die unterschiedlichen Strahlendosen beim ursprünglichen Konzept mit konventionellen Röntgenaufnahmen, FAST und organfokussierter CT einerseits und Ganzkörper-Computertomographie als primäres diagnostisches Mittel

andererseits, wurden bereits in mehreren Studien erörtert.

Ruchholz et al. verglichen die Strahlendosis bei einer Basisdiagnostik inklusive cCT sowie Röntgenaufnahmen von Wirbelsäule, Thorax und Becken mit der einer Ganzkörper-CT.⁷⁹ Sie kamen zu dem Ergebnis, dass sie mit 5,46 mSv ungefähr fünfmal geringer ausfällt.^{66, 79} Huber-Wagner et al. kamen dagegen auf eine Strahlendosis von 10-20 mSv für ein Ganzkörper-CT und 5-16 mSv für organspezifische CT-Untersuchungen sowie weitere 2 mSv für eine konventionelle Röntgenserie von Thorax, Wirbelsäule und Becken.³⁶ Hier ergibt sich eine deutlich geringere Differenz. Auch in der Untersuchung von Wedegartner et al. wurde die Strahlendosis für verschiedene diagnostische Maßnahmen bestimmt. Die Autoren berechneten für die Ganzkörper-MSCT eine Dosis von 20 mSv, 2 mSv für konventionelle Röntgenaufnahmen (Thorax, Hals-/Brust-/Lendenwirbelsäule in zwei Ebenen und Becken), 6.8 mSv bei der Kombination mit einer CT von Kopf und Halswirbelsäule, 10.3 mSv bei zusätzlicher CT von Kopf, Halswirbelsäule und Thorax sowie 18 mSv bei ergänzender CT von Kopf, Halswirbelsäule und Abdomen.⁹⁶

Insgesamt ist also davon auszugehen, dass die Strahlendosis bei einem Ganzkörper-CT höher ist, es konnten bisher keine einheitlichen Ergebnisse bezüglich exakter Zahlen ermittelt werden.

Ganz unabhängig von den genauen Werten steht aber fest, dass der potentiell gesundheitsschädliche Einfluss der erhöhten Strahlenexposition für den Patienten äußerst sorgfältig gegen die bessere diagnostische Treffsicherheit der Computertomographie aufgewogen werden sollte. Die Autoren Prokop et al. ziehen das Resümee, dass die einmalige hohe Strahlenexposition durch die CT im Vergleich zu den unsicheren Spätfolgen bei einem schwerstverletzten Patienten durchaus in Kauf genommen werden sollte.⁶⁶ Es sollte außerdem berücksichtigt werden, dass bei initialer Diagnostik mittels Röntgen und FAST ggf. vermehrt Folgeuntersuchungen (CT und/oder konventionelles Röntgen) mit erneuter Strahlenbelastung notwendig sein können.

Im ZOM Würzburg versucht man mit Hilfe einer Triage durch genaue Selektion der Patienten eine überflüssige CT-Diagnostik und damit Strahlenexposition zu verhindern. Die konsequente Indikationsstellung für ein Ganzkörper-CT scheint

in diesem Zusammenhang ein entscheidender Faktor zu sein. Darüber hinaus können Niedrigdosisprotokolle bei modernen MSCT-Geräten zu einer Dosisreduktion auf ein Drittel oder sogar die Hälfte führen.⁶⁸

Ein weiterer Faktor bei der Evaluation moderner Schockraumalgorithmen ist die Störungsanfälligkeit technischer Geräte. Technische Störungen des CT-Gerätes können zu Verzögerungen im Ablauf der Schockraumbehandlung führen und machen gleichzeitig die ständige Verfügbarkeit einer alternativen Diagnostikmöglichkeit notwendig.

In der vorliegenden Datenerhebung konnte bei einem Patienten aufgrund technischer Schwierigkeiten keine Ganzkörper-CT durchgeführt werden. Für diesen Fall sollten jederzeit ein konventionelles Röntgengerät sowie eine Sonographiemöglichkeit vorhanden sein, um auch unter diesen Umständen eine möglichst zügige Versorgung des Patienten gewährleisten zu können.

Im Universitätsklinikum Würzburg wurde im Jahr 2007 eine digitale deckengestützte Röntgenröhre in den Schockraum integriert. Ein mobiles Sonographiegerät steht ebenfalls bereit. Darüber hinaus stehen in der Radiologie zwei weitere Computertomographen zur Verfügung. Somit gibt es auch im Falle technischer Probleme sowohl die Möglichkeit auf einen Computertomographen in der Röntgenabteilung auszuweichen als auch mittels konventioneller Radiographie und FAST die primäre Diagnostik bei Polytraumapatienten ohne Verzögerungen zu gewährleisten.

Darüber hinaus ist die Diagnostik mittels Röntgen und FAST auch für kreislaufinstabile Patienten von Bedeutung. Falls ein Patient nicht für die Computertomographie stabilisiert werden kann, ist mittels deckengestütztem Röntgen bzw. FAST eine Basisdiagnostik ohne Unterbrechung der Reanimationsphase durchführbar.

5 Zusammenfassung

Die Frage nach der optimalen Diagnostik bei polytraumatisierten Patienten wird in der Literatur derzeit nicht abschließend beantwortet. Nichtsdestotrotz ist die Multislice-Computertomographie zur primären Diagnostik schwerstverletzter Patienten in regionalen sowie überregionalen Traumazentren unverzichtbar geworden.

Seit 2004 ist im Würzburger Schockraum ein Computertomograph direkt im Schockraum verfügbar und die Ganzkörper-CT als primäres diagnostisches Mittel in den Schockraumalgorithmus integriert. Ziel dieser Datenerhebung ist es deshalb, die Wertigkeit dieses Konzeptes zu überprüfen.

Zu diesem Zweck wurden retrospektiv Daten der Jahre 2005 bis einschließlich 2008 ausgewertet. Im Kollektiv enthalten sind 155 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 39 Jahren und einem Männeranteil von 72,3%.

Die Abbreviated Injury Scale ergab beim Würzburger Kollektiv verglichen mit den Daten der DGU einen hohen Anteil von Patienten mit schweren Verletzungen vor allem im Bereich von Abdomen (43,2% im Vergleich zu 22,8% bei der DGU), Thorax (75,5% vs. 58,0% bei der DGU), Extremitäten (65,8% vs. 38,0% bei der DGU) und Gesicht (21,9% vs. 4,6% bei der DGU).

Beim Injury Severity Score wurde in vorliegender Datenerhebung ein Mittelwert von 37,8 Punkten berechnet, im Gegensatz zu durchschnittlich 24,5 Punkten bei den Daten der DGU. Ursache hierfür ist das Einschlusskriterium dieser Datenerhebung eines $ISS \geq 16$, während bei der DGU nur 73% der Patienten eines $ISS \geq 16$ hatten.

29% der Würzburger Patienten wurden entsprechend einem initialen GCS von ≤ 8 am Unfallort bewusstlos vorgefunden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den gesamtdeutschen Daten, die im Jahresbericht 2008 der DGU veröffentlicht wurden.

Die Standardisierte Mortalitätsrate, die mit Hilfe der RISC-Prognose und der Mortalitätsrate für dieses Kollektiv ermittelt wurde, lag bei 0,66. Das bedeutet, dass deutlich weniger Patienten verstorben sind als nach RISC-Prognose

erwartet. Im Vergleich zu den Angaben der DGU, die für das Jahr 2007 das bisher beste Ergebnis mit einer SMR von 0,75 im Gesamtkollektiv berechneten, ein gutes Ergebnis.

Die im direkten Vergleich höhere Letalität von 18,1% im Würzburger Kollektiv im Gegensatz zu 14% bei den gesamtdeutschen Daten der DGU lässt sich durch den deutlich höheren durchschnittlichen ISS begründen.

Insgesamt wurde in den Jahren 2005 bis 2007 am Uniklinikum Würzburg eine Zunahme der Letalität polytraumatisierter Patienten innerhalb der ersten 24 Stunden nach dem Unfall beobachtet. Zunehmend weniger Patienten verstarben dagegen während des folgenden Krankenhausaufenthaltes. Bei der Gesamtlealität konnte eine Abnahme von 20,0% im Jahr 2005 auf 14,1% im Jahr 2007 verzeichnet werden.

Die Berechnung der Diagnostikzeiten ergab eine durchschnittliche Gesamtuntersuchungsdauer von 51 Min (von der Ankunft des Patienten im Schockraum bis zum Ende der Datenrekonstruktion) und 29 Min von Beendigung des Scans bis zum Ende der Rekonstruktion. Durchschnittlich 22 Min wurden für den Zeitraum von Ankunft des Patienten bis zum Ende des Polytraumascans ermittelt, 7 Min betrug die reine Scanzeit. Die Daten decken sich mit den Berechnungen früherer Studien.

Bei 30,3% der Würzburger Patienten wurden zusätzlich konventionelle Röntgenaufnahmen im Schockraum angefertigt. Der überwiegende Anteil der Aufnahmen, das heißt 34,0%, entfielen dabei auf Röntgenbilder des Thorax. Als Erklärung werden häufig notwendige Lagekontrollen nach Installation einer Thoraxdrainage oder eines zentralen Venenkatheters angeführt.

Computertomographische Folgeuntersuchungen wurden bei insgesamt 72,9% der Patienten durchgeführt. Mit Abstand am häufigsten, in 47,6% der Fälle, wurden weitere Aufnahmen des Schädels angefertigt.

Die Kontrolle der Kurzbefunde der Ganzkörper-CT ergab bei sechs der insgesamt 155 Patienten initial nicht diagnostizierte Läsionen. Die entsprechenden Verletzungen waren bei drei Patienten auch unter Kenntnis der intraoperativen Diagnosen in der retrospektiven Analyse nicht nachvollziehbar. Bei nur einem Patienten ergab sich eine reale therapeutische Relevanz, hier

wurde eine Mandibulafraktur übersehen, die später einer operativen Versorgung bedurfte.

Die Rate von initial sechs nicht entdeckten Verletzungen verdeutlicht die hohe Qualität der primären Diagnostik im Würzburger Schockraum.

Die SMR als Kriterium der Versorgungsqualität bei der Behandlung polytraumatisierter Patienten ergab einen, im gesamtdeutschen Vergleich, hohen Standard.

Zusammenfassend belegen unsere Daten den überlegenen Stellenwert eines Ganzkörper-Computertomographie-basierten Schockraumalgorithmus in der Primäerversorgung polytraumatisierter Patienten am Beispiel des Würzburger Schockraums.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Association of the Advancement of Automotive Medicine: The abbreviated injury scale. Revision 1990, update 1998. Selbstverlag, Des Plaines.
- 2 Agostini C., Durieux M., Milot L., Kamaoui I., Floccard B., Allaouchiche B., Pilleul F.: Value of double reading of whole body CT in polytrauma patients. J Radiol 2008; 89: 325-330.
- 3 Albrecht T., von Schlippenbach J., Stahel P.F., Ertel W., Wolf K.J.: Die Rolle der Ganzkörper-Spiral-CT bei der Primärdiagnostik polytraumatisierter Patienten - Vergleich mit konventioneller Radiographie und Abdomensonographie. Fortschr Röntgenstr 2004; 176: 1142-1150.
- 4 Alonso J.E., Lee J., Burgess A.R., Browner B.D.: The Management of Complex Orthopedic Injuries. Surgical Clinics of North America 1996; 76: 880-903.
- 5 Barba C.A., Taggart J., Morgan A.S., Guerra J., Bernstein B., Lorenzo M. et al.: A new cervical spine clearance protocol using computed tomography. J Trauma 2001; 51(4): 652-656.
- 6 Beck A., Gebhard F., Fleiter T., Pfenninger E., Kinzl L.: Zeitoptimiertes modernes Schockraummanagement unter Einsatz digitaler Techniken. Unfallchirurg 2002; 105: 292-296.
- 7 Born C.T., Ross S.E., Iannaccone W.M., Schwab C.W., DeLong W.G.: Delayed Identification of Skeletal Injury in Multisystem Trauma: The "Missed" Fracture. J Trauma 1989; 29: 1643-1646
- 8 Braunschweig R., Wawro W.: Integrierte Bildgebung beim Polytrauma. Trauma Berufskrankh 2005; 7(1): 207-213.

- 9 Brooks A., Holroyd B., Riley B.: Missed Injury in Major Trauma Patients. *Injury* 2004; 35: 407-410.
- 10 Brown C.V. et al.: Spiral computed tomography for the diagnosis of cervical, thoracic and lumbar spine fractures: its time has come. *J Trauma* 2005; 58(5): 890-895.
- 11 Buduhan G., McRitchie D.I.: Missed Injuries in Patients with Multiple Trauma. *J Trauma* 2000; 49: 600-605.
- 12 Chan R.N.W., Ainscow D., Sikorski J.M.: Diagnostic Failures in the Multiple Injured. *J Trauma* 1980; 20: 684-687.
- 13 Clarke J.R., Trooskin S.Z., Doshi P.J. et al.: Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 2002; 52: 420-425.
- 14 Cowley R.A.: The resuscitation and stabilization of major multiple trauma patients in a trauma center environment. *Clin Med* 1976; 83: 14.
- 15 Dresing K., Obertacke U., Doetsch N. et al.: Stellenwert der Computertomographie in der Behandlung der Lungenkontusion und deren Komplikationen. *Z Herz Thorax Gefäßchir* 1992; 6: 289-299.
- 16 Dresing K., Sievers K.W., Obertacke U. et al.: Primär und Verlaufsdiagnostik nach Thoraxtrauma und Lungenkontusion. *Zentralbl Chir* 1994; 119: 690-701.
- 17 Ertel W., Trentz O.: Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma. *Chirurg* 1997; 68: 1071-1075.
- 18 Falchi M., Rollandi G.A.: CT of Pelvic Fractures. *Eu J Radiol* 2004; 50: 96-105.
- 19 Fulton R.L., Peter E.T.: The progressive nature of pulmonary contusion. *Surgery* 1970; 67: 499-506.

- 20** Fung Kon Jin P.H. et al.: Assessment of a new trauma workflow concept implementing a sliding CT scanner in the trauma room: effect on workup times. J Trauma 2008; 64(5): 1320-1326.
- 21** Gaillard M., Herve C., Mandin L. et al.: Mortality prognostic factors in chest injury. J Trauma 1990; 30: 93-96.
- 22** Gonzalez R.P., Fried P.Q., Bukhalo M.: The Utility of Clinical Examination in Screening for Pelvic Fractures in Blunt Trauma. J Am Coll Surg 2002; 194: 121-125.
- 23** Goyen, M.: MR-Angiographie mit Vasovist. ABW Wissenschaftsverlag, Berlin 2007. 27-29.
- 24** Grundsatzausschuss "Arbeitskreis Weißbuch" der DGU e.V.: Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung - Empfehlungen zur Struktur, Organisation und Ausstattung der Schwerverletzten-Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. 2006; URL: http://www.dgu-traumanetzwerk.de/images/stories/downloads/literatur/dgu_weissbuch_a4_internetendqueltige_version.pdf
- 25** Guly H.R.: Diagnostic errors in an accident and emergency department. Emerg Med J 2001; 18: 263-269.
- 26** Helm M., Kulla M., Lampl L.: Advanced Trauma Life Support - Ein Ausbildungskonzept auch für Europa. Anaesthesist 2007; 56(11): 1142-1146.
- 27** Hessmann M.H., Hofmann A., Kreitner K.F. et al.: The Benefit of Multislice Computed Tomography in the Emergency Room Management of Polytraumatized Patients. Eur J Trauma 2005; 31: 231-238.
- 28** Heyer C.M., Rduch G., Kagel T. et al: Prospektive, randomisierte Evaluation eines modifizierten Mehrdetektor-CT-Protokolls in der

- Initialdiagnostik beim Polytrauma. Fortschr Röntgenstr 2005; 177(2): 242-249.
- 29** Heyer C.M., Rduch G., Wick M., Bauer T., Muhr G., Nicolas V.: Anwendung der 16-Zeilen-Mehrdetektor-CT in der Initialdiagnostik beim Polytrauma: Eine Zeitanalyse. Fortschr Röntgenstr 2005; 177(12): 1677-1682.
- 30** Hilbert P., Hoeller J., Wawro W. et al.: Schockraummanagement polytraumatisierter Patienten. Ein Mehrzeilen-CT orientierter Versorgungsalgorithmus. AINS. Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 2005; 40: 720-725.
- 31** Hilbert P., zur Nieden K., Hoeller I., Koch R., Hofmann G.O., Stuttmann R.: The Emergency Room-Diagnostics, Therapy and Management Center: a New Care Concept. Notfall Rettungsmed 2008; 9: 547-552.
- 32** Hilbert P., zur Nieden K., Hofmann G.O., Hoeller I., Koch R., Stuttmann R.: New Aspects in the Emergency Room Management of Critically Injured Patients: A Multi-slice CT-oriented Care Algorithm. Injury 2007; 38: 552-558.
- 33** Holmes J.F., Akinepalli R.: Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a meta-analysis. J Trauma 2005; 58(5): 902-905.
- 34** Hopfner W.: Die CT-gestützte Ganzkörperdiagnostik Schwerverletzter. Implementierung einer relationalen Datenbank und Untersuchungen des Würzburger Schockraumalgorithmus. Promotion, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg 2005.
- 35** Houshian S., Larsen M.S., Holm C.: Missed Injuries in a Level I Trauma Center. J Trauma 2002; 52: 715-719.
- 36** Huber-Wagner S., Lefering R., Quick L.-M., Körner M., Kay M., Pfeifer K.J., Reiser M., Mutschler W., Kanz K.-G.: Effect of whole-body CT

- during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet* 2009; 373: 1455-1461.
- 37** Janjua K.J., Sugrue M., Deane S.A.: Prospective Evaluation of Early Missed Injuries and the Role of Tertiary Trauma Survey. *J Trauma* 1998; 44: 1000-1007.
- 38** Jelly L.M., Evans D.R., Easty M.J. et al.: Radiography versus spiral CT in the evaluation of cervicothoracic junction injuries in polytrauma patients who have undergone intubation. *Radiographics* 2000; 20: 251-259.
- 39** Juhl M., Moller-Madsen B., Jensen J.: Missed Injuries in an Orthopaedic Department. *Injury* 1990; 21: 110-112.
- 40** Kalemoglu M., Demirbas S., Akin M.L., Yildirim I., Kurt Y., Uluutku H., Yildiz M.: Missed Injuries in Military Patients with Major Trauma: Original Study. *Military Medicine* 2006; 171: 598-602.
- 41** Kanz K.G., Körner M., Linsenmaier U., Kay M.F., Huber-Wagner S.M., Kreimeier U., Pfeifer K.J., Reiser M., Mutschler W.: Use of Multi Detector Computed Tomography for Primary Trauma Survey. *Unfallchirurg* 2004; 107: 937-944.
- 42** Kanz K.G., Linsenmaier U., Pfeifer K.-J., Mutschler W.: Standardisierte Bewertung von Unfallverletzten: Anforderungen an die bildgebende Diagnostik. *Radiologe* 2002; 42: 515-521.
- 43** Killeen K.L., DeMeo J.H.: CT Detection of Serious Internal and Skeletal Injuries in Patients with Pelvic Fractures. *Acad Radiol* 1999; 6: 224-228.
- 44** Klöppel R., Schreiter D., Dietrich J. et al.: Frühes klinisches Management nach Polytrauma mit 1- und 4-Schicht-Spiral-CT. *Radiologe* 2002; 42: 541-546.
- 45** Kremli M.K.: Missed Musculoskeletal Injuries in a University Hospital in

- Riyadh: Types of Missed Injuries an Responsible Factors. Injury 1996; 27: 503-306.
- 46** Kuhnigk H., Steinhübel B., Keil T., Roewer N.: Das „Würzburger T“. Ein Konzept zur Optimierung der frühen Polytraumaversorgung in der Notfallaufnahme. Anaesthesist 2004; 53: 645-650.
- 47** Lefering PD Dr. Rolf, Kleiner Hans Malte, Paffrath Dr. Thomas Traumaregister der DGU, Jahresbericht 2007 für den Zeitraum bis Ende 2006. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU), Sektion Intensiv- & Notfallmedizin, Schwerverletztenversorgung (NIS), Köln 2007.
- 48** Lefering PD Dr. Rolf: Traumaregister der DGU - Jahresbericht 2008 für den Zeitraum bis Ende 2007 für DGU Traumaregister der Sektion NIS DGU gesamt.
- 49** Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie; 4. Überarbeitete Auflage 2008, S. 654 ff. Georg Thieme Verlag Stuttgart.
- 50** Lindner T., Bail H.J., Manegold S. et al.: Schockraumdiagnostik. Initiale Diagnostik beim stumpfen Abdominaltrauma. Eine Literaturübersicht. Unfallchirurg 2004; 197: 892-902.
- 51** Linsenmaier U., Rieger J., Brandl T. et al.: New method for fast spiral CT of trauma patients - RUSH CT. Emerg Radiol 2000; 7: 135-141.
- 52** Linsenmaier U., Kanz K.G., Mutschler W.: Radiologische Diagnostik beim Polytrauma: interdisziplinäres Management. Fortschr Röntgenstr 2001; 173: 44-51.
- 53** Linsenmaier U., Kanz K.G., Rieger J. et al.: Strukturierte radiologische Diagnostik beim Polytrauma. Radiologe 2002; 42: 533-540.
- 54** Linsenmaier U.: Verzögert diagnostizierte Läsionen bei Patienten mit

- Polytrauma. Ist der Routineeinsatz der Ganzkörper-Computertomographie gerechtfertigt? Unfallchirurg 2006; 109: 975-976.
- 55** Loewenhardt Björn: Bildgebende Diagnostik. Wissenschaftlicher Selbstverlag, 3. Neubearbeitete Auflage 2006. Kapitel 11.8.5.
- 56** Mutschler W., Kanz K.G.: Interdisziplinäre Schockraumversorgung: Die Aufgaben der Radiologie aus unfallchirurgischer Sicht. Radiologe 2002; 42: 506-514.
- 57** Nast-Kolb D., Bail H.J., Taeger G.: Moderne Diagnostik des Bauchtraumas. Chirurg 2005; 76: 919-926.
- 58** Nast-Kolb D., Waydhas C., Ruchholtz S., Täger G.: Schockraummanagement. Chirurg 2007; 78: 885-893.
- 59** Okamoto K., Norio H., Kaneko N.: Use of early-phase dynamic spiral computed tomography for the primary screening of multiple trauma. Am J Emerg Med 2002; 20(6): 528-534.
- 60** Pape H.C., Hildebrand F., Krettek C.: Entscheidungsfindung und Prioritäten der operative Behandlungsstrategie während und nach der Schockraumversorgung. Unfallchirurg 2004; 107: 927-936.
- 61** Pehle B., Kuehne C.A., Block J. et al.: Die Bedeutung von verzögert diagnostizierten Läsionen bei Polytraumatisierten. Eine Studie an 1187 Schockraumpatienten. Unfallchirurg 2006; 109: 964-974.
- 62** Pereira S.J., O'Brien D.P., Luchette F.A., Choe K.A., Lim E., Davis K., Hurst J.M., Johannigman J.A., Frame S.B.: Dynamic Helical Computed Tomography Scan Accurately Detects Hemorrhage in Patients with Pelvic Fracture. Surgery 2000; 128: 678-685.
- 63** Pfeifer Roman und Pape Hans-Christoph: Missed injuries in trauma patients: A literature review. Patient Safety in Surgery 2008; 2:20.

- 64** Philipp M.O., Kubin K., Hörmann M., Metz V.M.: Radiological emergency room management with emphasis on multidetector-row CT. Eur J Radiol 2003; 48(1): 2-4.
- 65** Poole G.V., Morgan D.B., Cranston P.E. et al.: Computed tomography in the management of blunt thoracic trauma. J Trauma 1993; 35: 296-303.
- 66** Prokop A., Hötte H., Krüger K., Rehm K.E., Isenberg J., Schiffer G.: Multislice-Spiral-CT zur Diagnostik beim Polytrauma. Unfallchirurg 2006; 109: 545-550.
- 67** Ptak T., Rhea J.T., Novelline R.A.: Experience with a continuous single-pass whole-body multidetector CT protocol for trauma: the three-minute multiple trauma CT scan. Emerg Radiol 2001; 8: 250-256.
- 68** Quaisser C.: Inegration der Ganzkörper-Computertomographie in einen modernen Schockraumalgorithmus - Auswirkungen auf den Zeitpunkt der frühen operativen Versorgung und das klinische Outcome polytraumatisierter Patienten. Inaugural - Dissertation zu Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen Fakultät der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg, Juni 2010.
- 69** Quick H. H.: Magnetresonanzangiographie: Grundlagen und Praxis für MTRA. ABW Wissenschaftsverlag, Berlin 2007. 70-71.
- 70** Regel G., Sturm J.A., Friedl H.P. et al.: Die Bedeutung der Lungenkontusion für die Letalität nach Polytrauma - Möglichkeiten der therapeutischen Beeinflussung. Chirurg 1988; 59: 771-776.
- 71** Regel G., Lobenhoffer P., Lehmann U. et al.: Ergebnisse in der Behandlung Polytraumatisierter. Eine vergleichende Analyse von 3406 Fällen zwischen 1972 und 1991. Unfallchirurg 1993; 96: 350-362.
- 72** Resnik C.S., Stackhouse D.J.: Diagnosis of Pelvic Fractures in Patients with Acute Pelvic Trauma: Efficacy of Plain Radiographs. Am J

- Roentgenol 1992; 158: 109-112.
- 73** Richardson J.D., Woods D., Johanson W.G. et al.: Lung bacterial clearance following pulmonary contusion. Surg 1979; 86: 730-735.
- 74** Rieger J., Linsenmaier U., Pfeiffer K.J. et al.: Radiologische Diagnostik beim akuten Schädel-Hirn-Trauma. Radiologe 2002; 42: 547-555.
- 75** Rieger M., Sparr H., Esterhammer R. et al.: Moderne CT-Diagnostik des akuten Thorax- und Abdominaltraumas. Radiologe 2002; 42: 556-563.
- 76** Rieger M., Mallouhi A., Attal R.E. et al.: Akutdiagnostik des Wirbelsäulentraumas. Radiologe 2006; 46: 527-544.
- 77** Rizoli S.B., Boulanger B.R., McLellan B.A., Sharkey P.W.: Injuries Missed During Initial Assessment of Blunt Trauma Patients. Accid Anal an Prev 1994; 26: 681-686.
- 78** Robertson R., Mattox R., Collins T., Parks-Miller C., Eidt J., Cone J.: Missed Injuries in a Rural Area Trauma Center. Am J Surg 1996; 172: 564-568.
- 79** Ruchholtz S., Wadhas C., Schroeder T. et al.: Stellenwert der Computertomographie in der frühen klinischen Behandlung schwer verletzter Patienten. Chirurg 2002; 73: 1005-1012.
- 80** Ruchholtz S., Zintl B., Nast-Kolb D. et al.: Qualitätsmanagement in der frühen klinischen Polytraumaversorgung. Therapieoptimierung durch Behandlungsleitlinien. Unfallchirurg 1997; 100: 859-866.
- 81** Sampson M.A., Colquhoun K.B., Hennessy N.L.: Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. Clin Radiol 2006; 61: 365-369.
- 82** Schenarts P.J., Diaz J., Kaiser C., Carrillo Y. et al.: Prospective

- comparison of admission computed tomographic scan and plain films of the upper cervical spine in trauma patients with altered mental status. J Trauma 2001; 51: 663-668.
- 83** Siewert J.R.: Basiswissen Chirurgie. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2007.
- 84** Smejkal R.S., O'Malley K.F., David E. et al.: Routine initial computed tomography of the chest in blunt torso trauma. Chest 1991; 100: 667-669.
- 85** Soundappan S.V.S., Holland A.J.A., Cass D.T.: Role of an Extended Tertiary Survey in Detecting Missed Injuries in Children. J Trauma 2004; 57: 114-118.
- 86** Stelling G.: Survival in trauma victims with pulmonary contusion . Am Surg 1991; 57: 780-784.
- 87** Sung C.K., Kim K.H.: Missed Injuries in Abdominal Trauma. J Trauma 1996; 41: 276-278.
- 88** von Tengg-Kobligk H., Weber T. F., Rengier F., Böckler D., Schumacher H., Kauczor H.-U.: Aktuelle Bildnachverarbeitung der aortalen CTA und MRA. Der Radiologe 2007; 47(11): 1003-1011.
- 89** Thies K.C., Nagele P.: Advanced Trauma Life Support - Ein Versorgungsstandard für Deutschland? Anaesthesist 2007; 56(11): 1147-1154.
- 90** Trupka A., Kierse R., Waydhas C., Nast-Kolb D., Blahs U., Schweiberer L., Pfeifer K.-J.: Schockraumdiagnostik beim Polytrauma - Wertigkeit der Thorax CT. Unfallchirurg 1997; 100: 469-476.
- 91** Tscherne H., Trentz O.: Mehrfachverletzungen. In: Heberer G., Köle W., Tscherne H. (Hrsg) Lehrbuch der Chirurgie. Springer 1978, Berlin, Heidelberg, New York.

- 92** Vles W.J., Veen E.J., Roukema J.A., Meeuwis J.D., Leenen L.P.H.: Consequences of Delayed Diagnoses in trauma Patients: A Prospective Study. *J Am Coll Surg* 2003; 197: 596-602.
- 93** Wagner R.B., Jaieson P.M.: Pulmonary contusion: evaluation and classification by computed tomography. *Surg Clin North Am* 1989; 69: 31-40.
- 94** Watura R., Cobby M., Taylor J.: Multislice CT in imaging of trauma of the spine, pelvis and complex foot injuries. *The British Journal of Radiology* 2004; 77: 46-63.
- 95** Waydhas C., Nast-Kolb D., Trupka A. et al.: Die Bedeutung des traumatisch-hämorrhagischen Schocks und der Thoraxverletzung für die Prognose nach Polytrauma. *Hefte Unfallheilkd* 1990; 212: 104-105.
- 96** Wedegärtner U., Lorenzen M., Nagel H.D., Weber C., Adam G.: Diagnostic imaging in polytrauma: comparison of radiation exposure from whole-body MSCT and conventional radiography with organ-specific CT. *Rofo* 2004; 176(7): 1039-1044.
- 97** Weninger P., Mauritz W., Friedrich P. et al.: Emergency room management of patients with blunt major trauma: evaluation of the multislice computed tomography protocol exemplified by an urban trauma center. *J trauma* 2007; 62: 584-591.
- 98** Wintermark M., Moushine E., Theumann N. et al.: Thoracolumbar spinefractures in patients who have sustained severe trauma: depiction with multi-detector row CT. *Radiology* 2003; 227: 681-689.
- 99** Wurmb T., Balling H., Frühwald P. et al.: Polytraumamanagement im Wandel. Zeitanalyse neuer Strategien für die Schockraumversorgung. *Unfallchirurg* 2009; 112: 390-399.
- 100** Wurmb T., Frühwald P., Brederlau J., Maroske J., Schindler G., Roewer N.: Schockraummanagement ohne konventionelle Radiographie?

- Macht der Computertomograph die Röntgenröhre überflüssig? Anaesthesist 2006; 55: 17-25.
- 101** Wurmb T., Frühwald P., Brederlau J., Steinhübel B., Frommer M., Kuhnigk H., Kredel M., Knüpffer J., Hopfner W., Maroske J., Moll R., Wagner R., Thiede A., Schindler G., Roewer N.: Der Würzburger Schockraumalgorithmus: Gesamtkonzept und erste Ergebnisse einer sliding-gantry-basierten Computertomographiediagnostik. Anaesthesist 2005; 54: 763-772.
- 102** Wurmb T., Frühwald P., Hopfner W., Roewer N., Brederlau J.: Whole-body multislice computed tomography as the primary and sole diagnostic tool in patients with blunt trauma: searching for its appropriate indication. The American Journal of Emergency Medicine 2007, 25: 1057-1062.
- 103** Wurmb T. und Kenn W.: The role of early multislice computed tomography in major trauma. Trauma 2012; 14(4): 301-312.
- 104** Wurmb T., Quaisser C., Kredel M. et al.: Whole-body Multislice Computed Tomography (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. Emergency Medicine Journal 2011; 28: 300-304.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und Betreuer Prof. Dr. med. Werner Kenn für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie für seine geduldige und teilweise recht unkonventionelle Unterstützung bei der Umsetzung dieser Arbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir durch meine Ausbildung und ihre Unterstützung in allen Lebenslagen diese Arbeit erst ermöglicht haben.

Natürlich gilt der Dank auch meinem Freund der trotz diverser Unlustanfänge beiderseits diesen Weg mit mir gegangen ist.

Zuletzt danke ich auch meinen Freunden die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben, sowie den vielen ehemaligen Kommilitonen die durch Ihre Fertigstellung der Dissertation immer neuen Ansporn gegeben haben diese Arbeit zu beenden!