

Evaluation der Notwendigkeit einer abdominalen Kontroll-Sonographie von
polytraumatisierten Patienten mit einer intraabdominellen Organverletzung und/oder
freier abdominaler Flüssigkeit in der Initialen Computertomographie

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs
Medizin
der Justus-Liebig-Universität
Gießen

vorgelegt von Hans-Hinrich Wilckens
aus Rothenburg ob der Tauber

Gießen
2017

Aus der Klinik für Anästhesiologie, operativer Intensivmedizin und Schmerztherapie
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. med. Michael Sander

Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. phil. Michael Henrich

Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. h.c. Christian Heiß

Tag der Disputation: 18. Juni 2018

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
1.1 Definition und Epidemiologie des Polytraumas	1
1.2 Klinischer Behandlungsalgorithmus bzw. Schockraumversorgung	2
1.3 Diagnostische Peritoneallavage (DPL), <i>focused assesement sonography with trauma</i> (FAST), <i>Multidetector computed tomography</i> (MDCT)	6
1.4 Bewertung der Verletzungsschwere mittels verschiedener Scoringssysteme auf Basis der Ganzkörper-CT-Diagnostik beim polytraumatisierten Patienten, sowie verschiedene Intensivscores zur Prognoseabschätzung, Letalität und Organdysfunktion beim Intensivpatienten	8
1.5 Abdominelle Kontrollsonographie im stationären Aufenthalt	12
1.6 Fragestellung und Ziel der Arbeit	14
2. Material und Methoden	15
2.1 Studiendesign	15
2.2 Einschlusskriterien	15
2.3 Schockraumversorgung	17
2.4 Untersuchung des Patientenkollektivs im Schockraum und Befundermittlung mittels der MDCT	17
2.5 Verlaufsultraschallkontrolle	18
2.6 Basisdaten und durchgeführte Maßnahmen am untersuchten Patientenkollektiv	18
2.7 Dokumentation von medizinischen Maßnahmen, Verletzungs- und Unfallart, sowie Laborwerte und Intensivdaten	19
2.8 Angewandte Scores im Schockraum zur Klassifizierung von Verletzungen und zur Einschätzung der Mortalität	22
2.8.1 Anwendung des <i>Abbreviated Injury Scale</i>	22
2.8.2 Klinische Anwendung des <i>Injury Severity Score</i> (ISS) und des <i>New Injury Severity Score</i> (NISS)	23
2.8.3 <i>Revised Trauma Score</i> (RTS)	23
2.8.4 <i>Trauma Injury Severity Score</i> (TRISS)	24
2.8.5 <i>Revised Injury Severity Classification Score</i> (RISC und RISC II)	25
2.8.6 <i>Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II</i> (APACHE II) Score	29
2.8.7 <i>Simplified Acute Physiology</i> (SAPS II)	29
2.8.8 <i>Sequential Organ Failure Assessment</i> (SOFA)	29
2.9 Statistische Auswertung der Studienpopulation	31
3. Ergebnisse	32
3.1 Basisdaten, Krankenhausverweildauern und Ergebnisdaten des untersuchten Patientenkollektivs	32
3.2 Präklinische Daten und Schockraumdaten des zu untersuchenden Patientenkollektivs	34
3.3 Parenchymatöses Verletzungsmuster und sonstige Verletzungen des Patientenkollektivs	35
3.4 Trauma- und Intensiv-Scores	39
3.5 Datenerhebung auf der Intensivstation und der Intermediate Care Station	

des zu untersuchenden Patientenkollektivs	43
3.6 Kontrollsonographie	46
3.7 Entscheidungen zur operativen Intervention	46
4. Diskussion	48
4.1 Studienpopulation	49
4.2 Verletzungsart und Verletzungsmuster	50
4.3 Basisdaten und Outcome des untersuchten Patientenkollektivs	51
4.4 Verlaufssonographie	52
4.5 Laborchemische Parameter	55
4.6 Limitationen der Studie	56
5. Zusammenfassung	59
6. Summary	60
7. Abkürzungsverzeichnis	61
8. Abbildungs – und Tabellenverzeichnis	64
8.1 Abbildungsverzeichnis	64
8.2 Tabellenverzeichnis	65
9. Literaturverzeichnis	67
10. Anhang	79
11. Publikationsverzeichnis	81
12. Ehrenwörtliche Erklärung	82
13. Danksagung	83
14. Tabellarischer Lebenslauf	84

1. Einleitung

1.1 Definition und Epidemiologie des Polytraumas

In der westlichen Welt ist das Trauma die führende Todesursache in der Altersgruppe bis 45 Jahre^{1,2}. Die Letalität von Traumapatienten konnte in den letzten Jahren entscheidend gesenkt werden^{3,4}. Die Behandlung mehrfachverletzter Patienten stellt aufgrund der Komplexität des Krankheitsbildes jedoch weiterhin hohe Anforderungen an die behandelnden Ärzte aus den unterschiedlichsten Fachdisziplinen^{5,6}.

Tscherne definierte ein Barytrauma als eine lebensbedrohende Verletzung, die sich auf eine einzige Körperregion bezieht⁷. Dahingegen bezeichnete er als Polytrauma das gleichzeitige Vorliegen von Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, welche einzeln oder in Kombination lebensbedrohlich sind⁷. Ein Polytrauma ist mit einem Schweregrad nach dem so genannten *Injury Severity Score* (ISS) von ≥ 16 Punkten definiert⁸. Im Jahr 2013 wurden von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 8,58 Millionen Unfallverletzungen gemeldet, wovon 21930 unfallbedingte Todesfälle waren⁹. Die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) veröffentlicht zu Qualitätszwecken jedes Jahr einen Bericht über Traumapatienten, wobei aus dem Jahresbericht 2014 des TraumaRegister DGU hervorgeht, dass 34.878 polytraumatisierte Patienten in 614 Kliniken medizinisch versorgt worden sind¹⁰. Die große Anzahl an Patienten und die Schwere der Verletzung stellen die behandelnden Ärzte und das Pflegepersonal dabei vor eine große Herausforderung und setzen ein strukturiertes und interdisziplinäres Handeln der jeweiligen Fachabteilungen voraus. Zu den häufigsten Unfallursachen zählen der Sturz aus niedriger Höhe und der Verkehrsunfall, gefolgt von Stürzen aus über drei Metern Höhe¹⁰. Nach Einführung von Airbags und der Gurtpflicht vor über 40 Jahren konnte die Anzahl der Unfallopfer im Straßenverkehr drastisch gesenkt werden¹¹. Beim Unfallmechanismus ist in Deutschland heutzutage zu 95% von einem stumpfen Trauma auszugehen. Dabei handelt es sich am Häufigsten um Kopf- und Thorax-, gefolgt von Extremitätenverletzungen¹⁰. Die einzelnen Verletzungen der verschiedenen Organsysteme werden anhand des *Abbreviated Injury Scale* (AIS) in ihre Schweregrade eingeteilt¹². Aus den erhobenen Werten lässt sich dann der ISS berechnen⁸. Durch die Einführung standardisierter Versorgungsabläufe sowohl prä- als auch innerklinisch konnte die Letalität in den letzten zehn Jahren von 11,7% auf 9,6% gesenkt werden^{10,13}.

1.2 Klinischer Behandlungsalgorithmus bzw. Schockraumversorgung

Durch die Einführung der Gurtpflicht im Jahr 1964 konnte die Mortalität bei Verkehrsunfällen in den Vereinigten Staaten gesenkt werden¹⁴. Der Sicherheitsgurt sollte das Herausschleudern der Insassen aus dem Fahrzeug verhindern. Allerdings zeigte sich, dass angegurtete Fahrzeuginsassen eine höhere Inzidenz an intraabdominalen Verletzungen hatten als solche, die keinen Sicherheitsgurt angelegt hatten¹⁵. Während bei der präklinischen Erstuntersuchung von Traumapatienten das Augenmerk vor allem auf die Sicherung der Atemwege, die Stabilisierung der Hämodynamik und den neurologischen Status gelegt wird, können aufgrund der diagnostischen Prozesse in dieser Phase der Erstuntersuchung Verletzungen übersehen werden. Diese so genannten *missed injuries* führen zu einer gesteigerten Morbidität, einem verlängerten Krankenaufenthalt, und somit auch zu steigenden Kosten und einer höheren Mortalität¹⁶. In der Versorgung von Traumapatienten unterscheidet man eine präklinische und innerklinische Versorgung. Im Gegensatz zur amerikanischen präklinischen Versorgung wird diese in Deutschland durch ein arztbesetztes Rettungsmittel gewährleistet¹⁷. Somit wurden im Laufe der Jahre Leitlinien implementiert, um den nichtarztbesetzten Rettungsmitteln, wie sie im amerikanischen Raum verbreitet sind, einen Behandlungsalgorithmus vorzugeben. Ziel war es, den Traumapatienten adäquat versorgen zu können. Der Behandlungsalgorithmus geht auf das Jahr 1976 zurück. Damals verunglückte der Orthopäde Dr. Jim Styner mit seinem Privatflugzeug in einer ländlichen Gegend in Nebraska/USA. Das Krankenhaus, in welchem er versorgt wurde, war für eine solche Situation nicht ausreichend vorbereitet und trainiert. Aufgrund der damaligen inadäquaten Versorgung entwickelte Styner nach seiner Genesung schließlich das Konzept des *Advanced Trauma Life Support (ATLS®)*¹⁸. Es definiert klare diagnostische und therapeutische Prioritäten zur Versorgung der Traumapatienten nach dem Motto: *treat first, what kills first*¹⁹. In Deutschland gibt es Empfehlungen für Kliniken, die an der Versorgung von Schwerverletzten teilnehmen. Je nach zugrundeliegender Versorgungsstufe hat die Klinik eine entsprechende Ausstattung gegenüber dem Traumapatienten vorzuweisen²⁰. Dazu gehört auch, dass sie über einen Schockraum mit entsprechendem Team unterschiedlicher Fachrichtungen verfügt²¹. Nach dem Weißbuch Schwerverletzten-Versorgung der DGU (2. Auflage) soll das Basis-Schockraumteam aus mindestens drei Ärzten (zwei Chirurgen, ein Anästhesist) bestehen. In Kliniken der Maximalversorgung (Überregionale Trauma-Zentren) besteht das Team aus fünf Ärzten und fünf Krankenschwestern/Krankenpflegern. Eine solche personelle Ausstattung muss prinzipiell rund um die Uhr vorgehalten werden²². Die DGU empfiehlt, dass die Hälfte

der im Schockraum eingesetzten verantwortlichen unfallchirurgischen Ärzte eine Weiterbildung im Schockraummanagement nachweisen muss. Diese soll mindestens den Anforderungen des ATLS®-Kurs-Standards entsprechen²². Es wird die Empfehlung ausgesprochen, am ATLS®-oder an einem ATLS®-äquivalenten Kurs (z.B. dem *European Trauma Course*, ETC®) teilzunehmen.

Durch die Einführung dieser Behandlungsalgorithmen zur optimalen Versorgung von polytraumatisierten Patienten hat sich die Rate der vermeidbaren Todesfälle von 40% im Jahre 1972 bis auf 9,6% im Jahre 2013 reduziert^{4,10,23}. In der präklinischen Versorgung werden schwer verletzte Patienten nach dem Prinzip des *Prehospital Trauma Life Support* (PHTLS®) behandelt²⁴. Auch hier folgt man dem Motto: *treat first, what kills first*²⁵. Falls keine sofortige Intervention notwendig ist, folgt eine zweite, kurze strukturierte körperliche Untersuchung, die so genannte *secondary survey*. Nach erfolgter *secondary survey* erfolgt der Transport des Patienten (*work and go*) in ein von der DGU zertifiziertes Traumazentrum. In der innerklinischen Versorgung kann das Überleben von polytraumatisierten Patienten durch die prioritätenorientierte und algorithmusbasierte Behandlung nach dem ATLS®-Prinzip positiv beeinflusst werden^{6,18}. Das Konzept des ATLS® beruht darauf, den Zustand des Patienten anhand seiner Vitalfunktionen rasch einzuschätzen und lebensbedrohliche Verletzungen zuerst zu behandeln (*treat first, what kills first*)¹⁹. Dabei besteht die Aufgabe des Schockraumteams, die Vitalfunktionen des Patienten wiederherzustellen und zu sichern, mittels bildgebender Verfahren die Diagnose zu stellen und nachfolgend die Planung von weiteren Therapiemaßnahmen einzuleiten²⁰. Hierbei wird der Patient einer Erstuntersuchung unterzogen (engl.: *primary survey*), die sich an den Vitalfunktionen orientiert. Eine Zweituntersuchung, die oben erwähnte *secondary survey*, erfolgt nach der Untersuchung der Vitalfunktionen. Sie hat zum Ziel, alle anatomischen Verletzungen zu erkennen.

Die Erstuntersuchung orientiert sich am so genannten **ABCDE**-Schema. Es werden zuerst die Atemwege überprüft. Dabei muss auf eine mögliche Halswirbelsäulenverletzung geachtet werden (**Airway**). Parallel dazu wird die Atmung, beziehungsweise bei intubierten Patienten die Beatmung, überprüft (**Breathing**). Es folgt die Überprüfung der hämodynamischen Parameter (**Circulation**, Kreislaufstabilisierung und Blutungskontrolle), des Bewusstseinszustands (**Disability**) und die vollständige Entkleidung des Patienten für eine kurze Untersuchung von Kopf bis Fuß (**Exposure/Environment**)¹⁹. Während der Erst- und Zweituntersuchung sollte darauf geachtet werden, dass der Patient nicht hypotherm wird und gegebenenfalls ein aktiver Wärmeerhalt erfolgt.

Ebenfalls zur Versorgung des Traumapatienten gehört das Prinzip der *damage controlled surgery*, welches darauf abzielt, eine lebensbedrohende oder schwerwiegende Komplikation für den Patienten abzuwenden²⁶. Jedoch sollte man große Operationen in der Akutphase vermeiden, etwa durch den Einsatz eines *Fixateurs externe* – bei komplizierten Frakturen. Nachdem der Patient stabilisiert ist, kann im späteren Verlauf eine definitive Versorgung erfolgen²⁷.

Parallel zur Erst- und Zweituntersuchung des ATLS®-Prinzips wird eine Ultraschalluntersuchung nach dem FAST-Protokoll (*focused assessment sonography with trauma*) durch einen in der sonographischen Bildgebung erfahrenen Arzt durchgeführt. Diese orientierende Untersuchung dient der initialen Erfassung freier intraabdomineller Flüssigkeiten und parenchymatöser Organverletzungen²⁸. Somit können bereits zu diesem Zeitpunkt erste Aussagen gemacht werden, ob eine intraabdominelle Blutung als Ursache der möglichen hämodynamischen Instabilität des Traumapatienten in Frage kommt.

Nach Beendigung der Erstuntersuchung und Durchführung der notwendigen Erstmaßnahmen zur Stabilisierung der Vitalfunktionen erfolgt die Zweituntersuchung. Diese Ganzkörperuntersuchung des Patienten dient dazu, alle vorhandenen anatomischen Verletzungen zu erkennen. Dabei werden zusätzlich die Vitalfunktionen re-evaluiert und der neurologische Status neu erhoben. Zusätzlich werden Blutproben für Laboruntersuchungen abgenommen und weitere radiologisch notwendige Untersuchungen durchgeführt, die in Abhängigkeit von Unfallmechanismus und Erstbefund stehen (zuerst Röntgen-Thorax a.p., gegebenenfalls CT-Diagnostik)¹⁹.

In Abbildung 1 ist der Schockraumalgorithmus des Universitätsklinikums Gießen abgebildet.

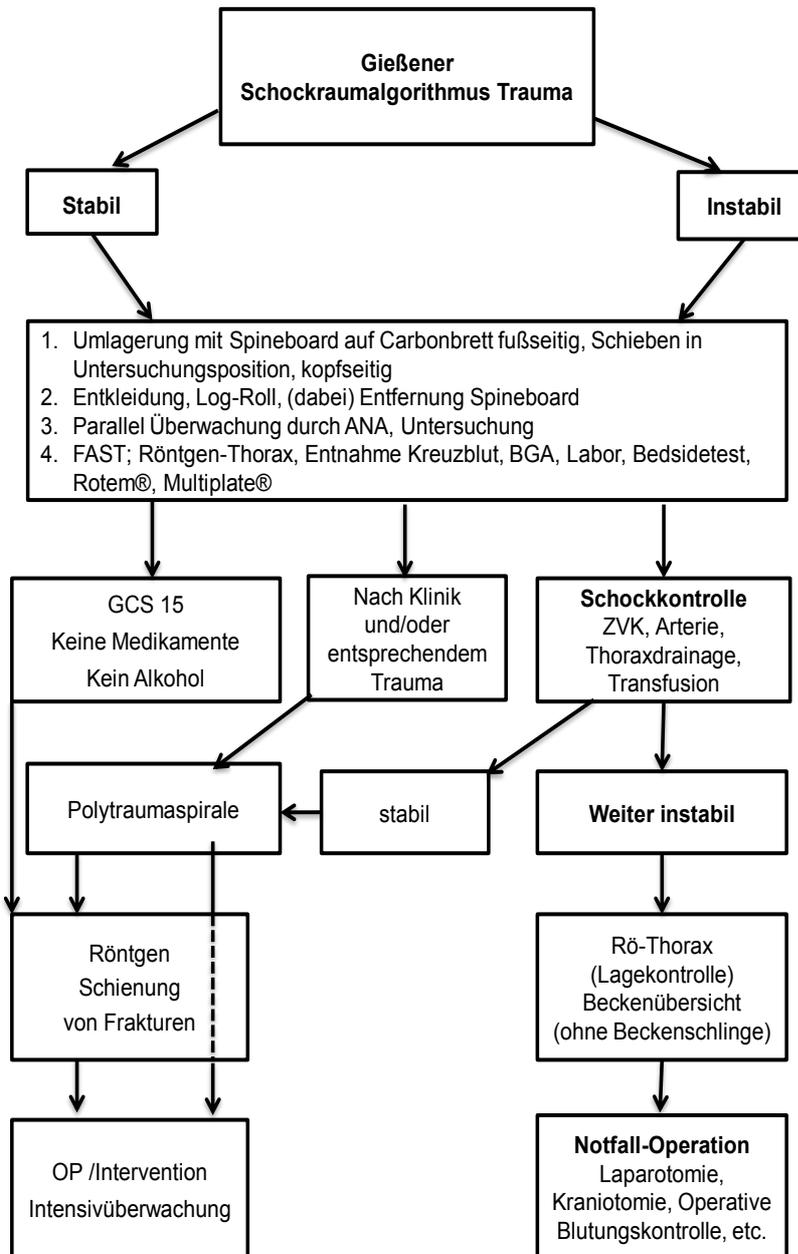


Abbildung 1: Schockraumalgorithmus des UKGM GmbH, Standort Gießen, bei polytraumatisierten Patienten

ANA: Anästhesie; FAST: *focused assessment sonography with trauma* ; BGA: Blutgasanalyse; GCS: *Glasgow Coma Scale*; ZVK: Zentraler Venenkatheter; Rö-Thorax: Röntgen-Thorax; ROTEM® (TEM International GmbH, München, Deutschland); Multiplate® (Roche Holding GmbH, Deutschland)

1.3 Diagnostische Peritoneallavage (DPL), *focused assesement sonography with trauma* (FAST), *Multidetector computed tomography* (MDCT)

Polytraumatisierte Patienten mit einer Abdominalbeteiligung haben meistens eine höhere Gesamtverletzungsschwere. Innerhalb der ersten Stunden nach dem Unfall wird neben dem Schädel-Hirn-Trauma die Letalität mit gleicher Häufigkeit durch das Abdominaltrauma bestimmt²⁹. Bei Traumapatienten, bei denen in der MDCT eine abdominelle Verletzung nachweisbar ist und die sich hämodynamisch als stabil erweisen, wird ein nichtoperatives Management erwogen. Da jedoch auch die MDCT-Diagnostik keine definitive Aussage machen kann, ob ein Traumapatient sich nicht doch einer operativen Laparoskopie unterziehen muss, benötigen diese Patienten eine engmaschige Überwachung und ein Monitoring. Eine zweizeitige Leberruptur oder Milzruptur respektive eine kontinuierliche Blutung ins Retroperitoneum nach einer Nierenverletzung sind zwar eher seltene Ereignisse, können jedoch fatale Auswirkungen haben, wenn sie übersehen werden³⁰.

In den letzten Jahren hat es bei den Untersuchungsmethoden zur Überprüfung von intraabdominellen Verletzungen einen Paradigmenwechsel gegeben³¹. Nach der Einführung der diagnostischen Peritoneallavage 1965 durch Root³² war diese Untersuchungsmethode von abdominellen Traumata lange Zeit weit verbreitet. Dabei wird ein schmaler Peritonealdialysekatheter unter Sicht in die peritoneale Höhle eingebracht. Ein positiver Nachweis im Aspirat von Erythrozyten, Gallenflüssigkeit und Darminhalt nach abdomineller Lavage mit einem Liter Flüssigkeit lässt auf eine intraabdominelle Verletzung schließen³³.

In den 1980er Jahren erschienen parallel zur etablierten diagnostischen Peritoneallavage zahlreiche Publikationen zum Einsatz von Ultraschall bei Traumapatienten³⁴. Tso et al. berichteten 1992 erstmals in den Vereinigten Staaten über den Einsatz von Ultraschall bei Patienten mit stumpfem Polytrauma³⁵. Die Abkürzung *FAST* wurde erstmals 1996 verwendet^{34,36}. Kurze Zeit später hat man diese Untersuchungsmethode in das ATLS®-Ausbildungsprogramm übernommen und als *focused assesement for the sonographic examination of the trauma patient* beziehungsweise *focused assesement sonography with trauma* bezeichnet³⁷. Dabei wurden vier standardisierte Untersuchungsabschnitte festgelegt. Diese sind in Abbildung 2 zu sehen und gliedern sich in folgende Untersuchungsabschnitte: 1. Perikard, 2. Rechter oberer Quadrant, auch *Morrison Pouch* genannt (Raum zwischen rechter Niere und Leber), 3. Linker oberer Quadrant, perisplenischer Raum, 4. Douglasraum (kleines Becken).

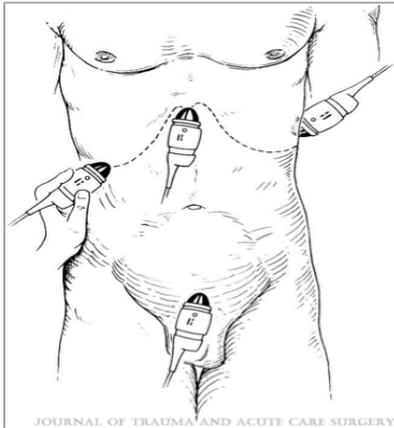


Abbildung 2: FAST mit vier standardisierten Untersuchungsabschnitten:(1) Perikardfenster, (2) rechter oberer und (3) linker oberer Quadrant,(4) Douglasraum³⁶. Mit freundlicher Genehmigung von Grace S. Rozycki et al. A Prospective Study of Surgeon-Performed Ultrasound as the Primary Adjuvant Modality for Injured Patient Assessment, Journal of Trauma and Acute Care Surgery 1995 vol: 39 (3) pp: 492-500 Wolters Kluwer Health Inc.

Aufgrund ihrer schnellen Durchführbarkeit, ihrer Nichtinvasivität und somit ihrer Schmerzlosigkeit hat die Ultraschalldiagnostik im Schockraumalgorithmus bei polytraumatisierten Patienten ihren festen Stellenwert^{36,38,39}. Die FAST sollte somit in der ersten Phase (*primary survey*) während der Stabilisierung und Sicherung der Vitalfunktionen des polytraumatisierten Patienten zur Erfassung von freier intraabdomineller Flüssigkeit herangezogen werden⁴⁰.

Seit der Einführung der Computertomographie in den 1970er Jahren hat sich die Technik durch kontinuierliche Weiterentwicklung stetig verbessert. Die Entwicklung der MDCT-Technik führte zu einer Reduktion der Bewegungsartefakte und einer Generierung eines Volumendatensatzes mit isotropen Voxeln, die ein dreidimensionales Gitter ergeben und anschließend in multiplanaren Rekonstruktionen zu Verfügung gestellt werden⁴¹. Die MDCT dient somit als unverzichtbarer Bestandteil der radiologischen Diagnostik bei polytraumatisierten Patienten mit Abdominalverletzung^{28,29}.

Somit ist sie auch eine sehr gute Methode zur Beurteilung und Klassifizierung von Verletzungen beim hämodynamisch stabilen Polytraumapatienten und nimmt deshalb eine wichtige Rolle als bildgebendes Diagnostikum ein, was in zahlreichen Studien belegt werden konnte⁴²⁻⁴⁴. So werden durch die MDCT viszerale Verletzungen und aktive Blutungen durch den Austritt von Kontrastmittel erkannt⁴³. In einer weiteren retrospektiven Multicenterstudie von Huber et al. konnte durch den Einsatz der MDCT bei polytraumatisierten Patienten eine signifikante Reduktion der Mortalität gezeigt werden⁴⁵. Patienten, bei denen in der initialen Ultraschalluntersuchung intraabdominal freie Flüssigkeit festgestellt worden war, sollten bei hämodynamischer Stabilität ohne Risiko einer weiteren Untersuchung mittels MDCT unterzogen werden⁴⁰. So sind verschiedene Verletzungen wie kleinere parenchymatöse Organläsionen, eine retroperitoneale Blutung, Gefäßverletzungen und Zwerchfellrupturen nur mit Hilfe der Computertomographie zu diagnostizieren^{46,47}. Jedoch können sich auch abdominelle Verletzungsmuster der computertomographischen Diagnostik entziehen. Hierzu gehören Pankreaskontusionen, Darmperforationen ohne Nachweis intraabdominaler Luft und Mesenterialverletzungen. Die Sensitivität und Spezifität solcher Untersuchungen wird mit 82% respektive 99% angegeben⁴⁸. Die FAST-Untersuchung gilt bezüglich intraabdominaler freier Flüssigkeit als sehr sensitiv. Im Hinblick auf Organläsionen sind die Untersuchungen jedoch nicht zufriedenstellend⁴⁹. So ist der sonographische Nachweis von intraabdominaler freier Flüssigkeit als Warnhinweis zu werten und muss bei begründetem Verdacht eine weitere Abklärung nach sich ziehen⁴⁴. Somit erfolgt die MDCT-Untersuchung nach der Stabilisierung des Patienten und dem Abschluss der Zweituntersuchung (*secondary survey*)¹⁹. Aufgrund der möglichen falsch-negativen Befunde sowohl in der FAST- als auch in der MDCT-Untersuchung sollte der Patient klinisch und mittels laborchemischer Untersuchungen beziehungsweise mittels eines hämodynamischen Monitoring überwacht werden.

1.4 Bewertung der Verletzungsschwere mittels verschiedener Scoringsysteme auf Basis der Ganzkörper-CT-Diagnostik beim polytraumatisierten Patienten, sowie verschiedene Intensivscores zur Prognoseabschätzung, Letalität und Organdysfunktion beim Intensivpatienten

Der Grundgedanke jeder Kodierung ist die Reduzierung auf das Wesentliche und bildet somit die Grundlage für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Fälle⁵⁰. Für die klinische Bewertung von polytraumatisierten Patienten werden reproduzierbare Kriterien angewendet, die die Grundlage verschiedener Punktesysteme bilden⁵¹. Dabei wird in physiologische und anatomisch-pathologische Kriterien unterschieden. Der

Abbreviated Injury Scale (AIS) wurde vor mehr als 40 Jahren von der *Association for the Advancement of Automotive Medicine* (AAAM) eingeführt¹². Der AIS Score wird für sechs unterschiedliche Verletzungsklassen graduiert. Später wurde noch eine weitere Klasse mit dem AIS-Grad neun hinzugefügt. Diese wird für solche Verletzungen verwendet, welche nicht mit ausreichender Sicherheit diagnostiziert werden können⁵⁰.

Der *Revised Trauma Score* (RTS) wurde 1989 von Champion et al.⁵² auf Grundlage des *Trauma Score* überarbeitet. Der RTS ist ein physiologischer Score, der in numerischer Form den systolischen Blutdruck, die Atemfunktion, sowie die Funktion des Zentralnervensystems zusammenfasst. Er wird aus der Summe von neurologischem Status, Hämodynamik und respiratorischer Funktion berechnet^{52,53}. Die Auswahl der Variablen wurde durch die einfache Messung dieser drei Parameter bestimmt. Die im *Trauma Score* enthaltene Rekapillarierungszeit und die Atemexkursionen werden aus der Berechnung des Score ausgeschlossen⁵⁴. Die physiologischen Parameter sind in ihrer Einschätzung bei einem polytraumatisierten Patienten leichter in Triagen anzuwenden. Dabei werden die Parameter, die Atemfrequenz und der systolische Blutdruck in fünf Abschnitte unterteilt, entsprechend ihrer Überlebenswahrscheinlichkeit an die GCS-Einteilung angelehnt, und einem codierten Wert von 0-4 zugeteilt. Zusätzlich wird im RTS schweren Kopfverletzungen mehr Bedeutung verliehen, da sich durch die Hinzunahme des GCS eine präzisere Vorhersage für Patienten mit schwerem Schädelhirntrauma im Vergleich zum *Trauma Score* zeigte⁵².

Da für die MDCT ebenfalls eine revidierte Klassifikation mit den wichtigsten Organen existiert, ermöglicht die MDCT die Einteilung der anatomischen Verletzungsschwere anhand des AIS Score System, wohingegen physiologische Parameter wie Blutdruck, Atemfrequenz und der neurologische Status in Form des GCS im RTS ihre Beachtung finden⁴¹.

Durch die radiologische objektivierbare Graduierung der Verletzungsschwere anhand des AIS Score lässt sich dann der ISS berechnen, der erstmals 1974 von Baker et al. vorgestellt wurde⁸. Der ISS orientiert sich dabei ebenfalls an anatomischen Verletzungen, bewertet jedoch im Gegensatz zum AIS die Kombination der Einzelverletzungen. Die drei höchsten AIS-Werte der am schwersten verletzten Körperregionen werden hierbei mit der zweiten Potenz (n^2) berechnet. Aus der Summe dieser Werte wird eine Punktzahl generiert, die dann dem ISS entspricht. Die maximale Punktzahl beträgt 75 ($5^2+5^2+5^2$). Der ISS ist per Definition 75, wenn einer oder mehrerer Körperregionen der AIS Score 6 zugerechnet wird⁵⁵ und gilt als Prädiktor für

Morbidität und Mortalität⁵⁵. Ab einem ISS Score von ≥ 16 wird der Patient als Polytrauma eingestuft¹³. Der ISS geht mit einer altersabhängigen Überlebenszeit einher⁵⁵. Das Alter des Patienten fließt jedoch nicht in die Bewertung mit ein; die Schwere einer möglichen Schädelhirnverletzung wird unterbewertet.

Der *New Injury Severity Score* (NISS) wurde im Jahr 1997 von Osler et al. eingeführt⁵⁶. Dieser setzt sich ebenfalls aus der Summe der drei höchsten AIS-Werte zusammen, jedoch unabhängig von der verletzten Körperregion. Durch die Einführung des NISS wird nur aus den höchsten AIS-Werten, unabhängig von der Körperregion, die Punktzahl ermittelt, sodass schwere Verletzungen von mehreren Körperregionen hierbei berücksichtigt werden. Der ISS ist trotz einiger Limitationen weiterhin das in der Literatur am häufigsten benutzte Scoringssystem⁵⁷.

Eine weitere Methode zur Abschätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit bietet der *Trauma Injury Severity Score* (TRISS)⁵⁸. Dabei werden neben anatomischen Verletzungen ebenfalls physiologische Parameter, die mittels ISS und RTS berechnet werden, miteinbezogen. Zu diesen zählen auch das Patientenalter (unter 55 Jahren versus über 55 Jahren, Altersindex 0 versus 1) und das Verletzungsmuster (stumpf versus penetrierend). Durch Einbeziehung dieser Variablen lässt sich der so genannte *Probability of Survival*-Wert (*Probability of Survival*) berechnen, der somit eine Einschätzung der individuellen Überlebenswahrscheinlichkeit abgibt⁵⁸.

Dieser Score vereint anatomische und physiologische Verletzungsmuster in der Traumakategorisierung.

Ein Überblick über die verschiedenen Scoringssysteme, deren Erhebungsalgorithmen, sowie entsprechende Berechnungen sind in Tabelle 3 bis 6 ab Seite 22 bis 24 und ab Seite 26 bis 28 abgebildet.

Das TraumaRegister der DGU wurde 1993 gegründet, um die Qualität der Traumaversorgung zu verbessern. Dabei sollte das Register als Vergleichsinformationssystem zwischen den Kliniken dienen⁵⁹. In den 1990er Jahren wurde die TRISS-Methode ebenfalls vom Trauma-Register der DGU herangezogen, um die klinischen Ergebnisse zwischen den verschiedenen Kliniken zu vergleichen. Auf Basis der Daten des Trauma-Register der DGU wurde 2003 der *Revised Injury Severity Classification Score* (RISC) eingeführt⁵⁹. Dieser bezieht nicht nur die anatomisch-pathologischen und physiologischen Kriterien mit ein, sondern lässt auch Laborwerte und Interventionen wie die kardiopulmonale Reanimation in die Berechnung des Scores mit einfließen. Darüber hinaus erlaubt er eine genauere Zustandsbeschreibung und Prognose des Patienten zum Zeitpunkt der

Krankenhausaufnahme⁵⁹. Der RISC umfasst insgesamt zehn verschiedene Variablen, die in Tabelle 5 auf Seite 26 zusammengefasst sind. Der aus der Summe der Variablen bestimmte Wert wird von einer Konstanten mit dem definierten Punktwert 5 abgezogen und anschließend mit Hilfe der logistischen Funktion $1/[1+\exp^{(-x)}]$ in die Überlebenswahrscheinlichkeit umgerechnet. Der daraus berechnete Wert ist der RISC Score. Er liegt immer zwischen 0 und 1. Im Jahr 2014 wurde der RISC Score revidiert und eine Aktualisierung erstellt, die zum Ziel hatte, eine Vorlage zu etablieren. Diese soll zeitgemäßer und leichter zu benutzen sein, um eine Risikoabschätzung bei polytraumatisierten Patienten abzugeben. Zur Aktualisierung gehören die Pupillengröße und -reaktion, die Klassifikation nach der *American Society of Anesthesiologists* (ASA), das Geschlecht und neue bzw. modifizierte Laborwerte (siehe auch Tabelle 6 Seite 27). Fehlende Werte werden im RISC II in einer separaten Kategorie mit in die Berechnung eingeschlossen. Diese neue Kategorie bekommt als Koeffizient eine Null, so dass die Prognoseabschätzung nicht wesentlich beeinflusst wird⁶⁰.

Nach Aufnahme eines polytraumatisierten Patienten auf der Intensivstation kommen weitere Scores zur Abschätzung der Prognose des Patienten zum Einsatz. Dazu gehören der *Acute Physiology and Chronic Health Evaluations II Score* (APACHE II)⁶¹, der *Simplified Acute Physiology Score II* (SAPS II)⁶² und der *Sequential Organ Failure Assessment* (SOFA)⁶³. Dabei werden physiologische Parameter, Vorerkrankungen, das Alter des Patienten, die Art der Aufnahme (Elektiv, Notfall, nichtoperiert, postoperativ, etc.), chronische Leiden, die Beurteilung und die Funktion von Organsystemen erhoben und berechnet.

Der APACHE II Score ist der weltweit am meisten verbreitete Score zur Abschätzung der Prognose eines Patienten und eine Weiterentwicklung des 1981 veröffentlichten *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation Score*^{61,64}. Dabei gliedert sich der Score in drei Abschnitte: physiologische Parameter (*Acute Physiology Score*), Alter des Patienten (*Age Points*) und vorbestehende Erkrankungen (*Chronic Health Points*). Die Scoreerhebung findet innerhalb der ersten 24 Stunden nach Aufnahme auf einer Intensivstation statt. Dabei werden jeweils die schlechtesten Werte für die Berechnung des Scores herangezogen. Bei den physiologischen Parametern handelt es sich um 12 Variablen, in die zusätzlich noch der GCS mit einfließt. Jeder Variablen wird ein Punktwert zugeordnet. Chronische Erkrankungen von Leber, Herz, Lunge, Niere und Immunsystem werden ebenfalls mit Punktwerten versehen. Als drittes Punktesystem fließt das Alter mit ein. Zusätzlich wird noch unterschieden, ob es sich um einen nichtoperierten Patienten oder um einen postoperativen Patienten handelt⁶⁴. Ferner

wird noch zwischen Notfall- oder Elektivoperation unterschieden und mit Punkten bewertet. Die Summe all dieser Werte ergibt folglich den APACHE II Score mit einer Punkteskala zwischen 0-71. Höhere Punktzahlen korrelieren mit einer zunehmenden Letalität⁶⁵.

Eine Zusammenfassung des APACHE II Score ist im Anhang auf Seite 79 dargestellt.

Der *Simplified Acute Physiology Score II* (SAPS II) zur Abschätzung der Letalität wurde 1993 von Le Gall et al. veröffentlicht⁶². Dieser Score umfasst elf physiologische Parameter, zu denen unter anderem der GCS, der Aufnahmezustand (geplant chirurgisch, nicht geplant chirurgisch, medizinisch), das Alter und chronische Leiden des Patienten (metastasierende Neoplasie, hämatologische Neoplasie, *Acquired Immune Deficiency Syndrome* (AIDS)) gehören. Die Summe aus allen Variablen ergibt den SAPS II Score, bei dem – ebenso wie beim APACHE II Score – die steigende Punktzahl mit der Letalität korreliert⁶⁴. Beim SPAS II Score liegt die Summe der Punkte zwischen 0 und 163.

Eine Zusammenfassung des SAPS II Score ist im Anhang auf Seite 80 zu sehen.

Der SOFA wurde erstmals von Vincent et al. 1996 vorgestellt⁶³. Er wurde entwickelt, um eine objektive qualitative Aussage zum Ausmaß von Organdysfunktion beziehungsweise von -versagen im zeitlichen Verlauf innerhalb einer Patientengruppe oder bei einem einzelnen Patienten zu machen⁶³. Dabei werden sechs verschiedene Organsysteme (Respiratorisches System, Kardiovaskuläres System, Leber, Niere, Gerinnungssystem, Zentrales Nervensystem) mit Punkten zwischen 0 und 4 bewertet. Zur Beurteilung der Funktion des Zentralen Nervensystems wird der GCS herangezogen. Der Punktwert wird täglich erhoben und zwischen 0-24 Punkten angegeben.

1.5 Abdominelle Kontrollsonographie im stationären Aufenthalt

Die DGU empfiehlt bei polytraumatisierten Patienten in ihren Leitlinien eine sonographische Wiederholungsuntersuchung nach sechs Stunden⁶⁶. Bisher konnte allerdings keine Evidenz für die Effektivität dieser Untersuchung nachgewiesen werden⁶⁷. Im Universitätsklinikum Gießen & Marburg GmbH (UKGM), Standort Gießen, soll die Ultraschallverlaufskontrolle bei Patienten, die in der MDCT während der Schockraumversorgung eine abdominelle Organverletzung bzw. freie intraabdominelle Flüssigkeit aufweisen, innerhalb der ersten 24 Stunden erfolgen. Hierbei handelt es

sich nicht um eine FAST-Untersuchung, sondern um eine aufwendige Untersuchung des gesamten Abdomens durch einen in dieser Technik geschulten Radiologen. Dabei sollen frühzeitig eine Zunahme der intraabdominellen Flüssigkeit und Veränderungen beziehungsweise Verletzungen der parenchymatösen Organe kontrolliert und dokumentiert werden. Der Hintergrund dieser Untersuchung ist, dass in den ersten ein bis drei Stunden und im Zeitraum zwischen drei und sechs Stunden nach Kopf- und Thoraxverletzungen Hämorrhagien die Haupttodesursache darstellen⁶⁷. Da polytraumatisierte Patienten mit Abdominalbeteiligung im Allgemeinen eine höhere Gesamtverletzungsschwere aufweisen als polytraumatisierte Patienten ohne Abdominalverletzungen, ist hier auch von einer höheren Letalität auszugehen²⁹. Ferner zeigt diese Erkenntnis, dass Diagnose und Therapie die Prognose des Abdominaltraumas mitbestimmen und beim polytraumatisierten Patienten die übersehene Abdominalverletzung eine der häufigsten vermeidbaren Todesursache ist⁶⁸. Es ist jedoch nicht geklärt, ob die Verlaufskontrollsonographie das klinische Outcome von polytraumatisierten Patienten wesentlich beeinflusst. Dass eine Verlaufskontrolle mittels Computer-Tomographie sich als nicht notwendig herausstellte, sondern die individuelle Entscheidung zur Untersuchung des Patienten mittels MDCT, welche klinische Zeichen einer Verschlechterung aufweist, konnte in einigen Studie belegt werden^{69,70}. Für die sonographische Verlaufskontrolle nach initialer Computer-Tomographie gibt es verschiedene Ergebnisse. So zeigten Lyass et al.⁷¹, dass radiologische Verlaufskontrollen das Patientenmanagement und die Behandlung nicht wesentlich beeinflussen, wohingegen bei Blackbourne et al.⁷² eine Verlaufsultraschallkontrolle die Sensitivität für die Erfassung intraabdomineller Verletzungen erhöhte. In der Schockraumdiagnostik wurde hier allerdings keine MDCT-Untersuchung durchgeführt. Geyer et al.⁷³ zeigten, dass eine routinemäßige Verlaufsultraschallkontrolle keine zusätzlichen Informationen erbrachte, wenn die initiale MDCT-Diagnostik keine parenchymatöse Organverletzung aufwies. Die in dieser Studie durchgeführten Verlaufskontrollen nach 6 und 24 Stunden bei auffälliger MDCT zeigten ebenfalls keine schon bekannten pathologischen Veränderungen. Maurer et al.⁷⁴ untersuchten Verlaufsultraschallkontrollen aus wirtschaftlicher Sichtweise und zeigten, dass eine routinemäßige Durchführung einer Verlaufsultraschallkontrolle nach einer initialen Schockraum-MDCT einen geringen diagnostischen Zugewinn bei hohem Personalaufwand nach sich zieht.

1.6 Fragestellung und Ziel der Arbeit

Der polytraumatisierte Patient stellt weiterhin hohe Anforderungen an die Ärzte aus den unterschiedlichen Fachdisziplinen. Dabei spielen radiologische Verfahren in der initialen Diagnostik beim polytraumatisierten Patienten im Schockraum und im weiteren stationären Verlauf eine entscheidende Rolle. Durch die bildgebende Diagnostik können schwerwiegende Verletzungen detektiert und mögliche intraabdominelle Veränderungen im Sinne eines Neuauftretens oder einer Zunahme von freier intraabdomineller Flüssigkeit bzw. Veränderungen an parenchymatösen Organen festgestellt werden.

In den nationalen Leitlinien⁶⁶ zur Behandlung polytraumatisierter Patienten wird zudem empfohlen, eine sonographische Wiederholungsuntersuchung in einem zeitnahen Intervall durchzuführen. Dieser Empfehlung wird am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH (UKGM), Standort Gießen, durch einen Radiologen innerhalb der ersten 24 Stunden nach Aufnahme bei initialer auffälliger MDCT nachgegangen. Aufgrund der oben aufgeführten aktuellen Literatur- und Datenlage^{41,71,73}, sowie dem routinemäßigen Einsatz der MDCT im Schockraum, ergeben sich für die Datenlage folgende Fragestellungen:

1. Hat die Verlaufskontrollsonographie des Abdomens nach initialem positivem Befund in der MDCT bei traumatisierten Patienten einen Effekt auf die weitere medizinische Versorgung des Patienten?
2. Erlaubt die Verlaufskontrollsonographie, einen weiteren diagnostischen Mehrwert zu gewinnen, und verändert sich dadurch das therapeutische Handeln?
3. Wie wird die Entscheidungsfindung durch andere routinemäßig im Schockraum und auf der Intensivstation erhobene Faktoren wie hämodynamische und laborchemische Parameter beeinflusst?

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Die Studie ist als monozentrische, retrospektive Kohortenanalyse klinischer Parameter aus dem Radiologie-Informationsmanagementsystem (RIS) und der Patientendatenmanagementsysteme KAOS (EDV Abteilung UKGM Gießen, Standort Gießen, Deutschland), ICUData®, NarkoData® (Imeso GmbH, Gießen, Deutschland) des Universitätsklinikums Gießens angelegt. Erfasst wurden Patienten ab 18 Jahren, die im Zeitraum vom 01. Mai 2011 bis zum 30. August 2014 über den Schockraum des Universitätsklinikums Gießen eingeliefert wurden, und bei denen nach den Leitlinien der DGU®¹³ der Verdacht auf eine Polytraumatisierung bestand.

2.2 Einschlusskriterien

Eingeschlossen wurden Patienten, die im Zeitraum vom 01. Mai 2011 bis 30. August 2014 eine radiologische Untersuchung in Form einer MDCT im Schockraum des Universitätsklinikums Gießen erhalten haben und darin eine abdominelle Organverletzung und/oder freie intraabdominelle Flüssigkeit aufwiesen. Die Randomisierung der Patienten ist im Ablaufalgorithmus in Abbildung 3 zu sehen.

- Aufnahme des Patienten mit vor allem Polytraumatisierung über die Zentrale Notaufnahme (ZNA) des Schockraums des Universitätsklinikums Gießen
- Ganzkörper-Spiralcomputer-Tomographie
- Verlaufskontrollultraschall bis 24 Stunden nach der initialen Computertomographie-Untersuchung bei nachgewiesener parenchymatöser Organverletzung und/oder freier intraabdomineller Flüssigkeit.

Abbildung 3 zeigt das Ablaufdiagramm für den Studieneinschluss.

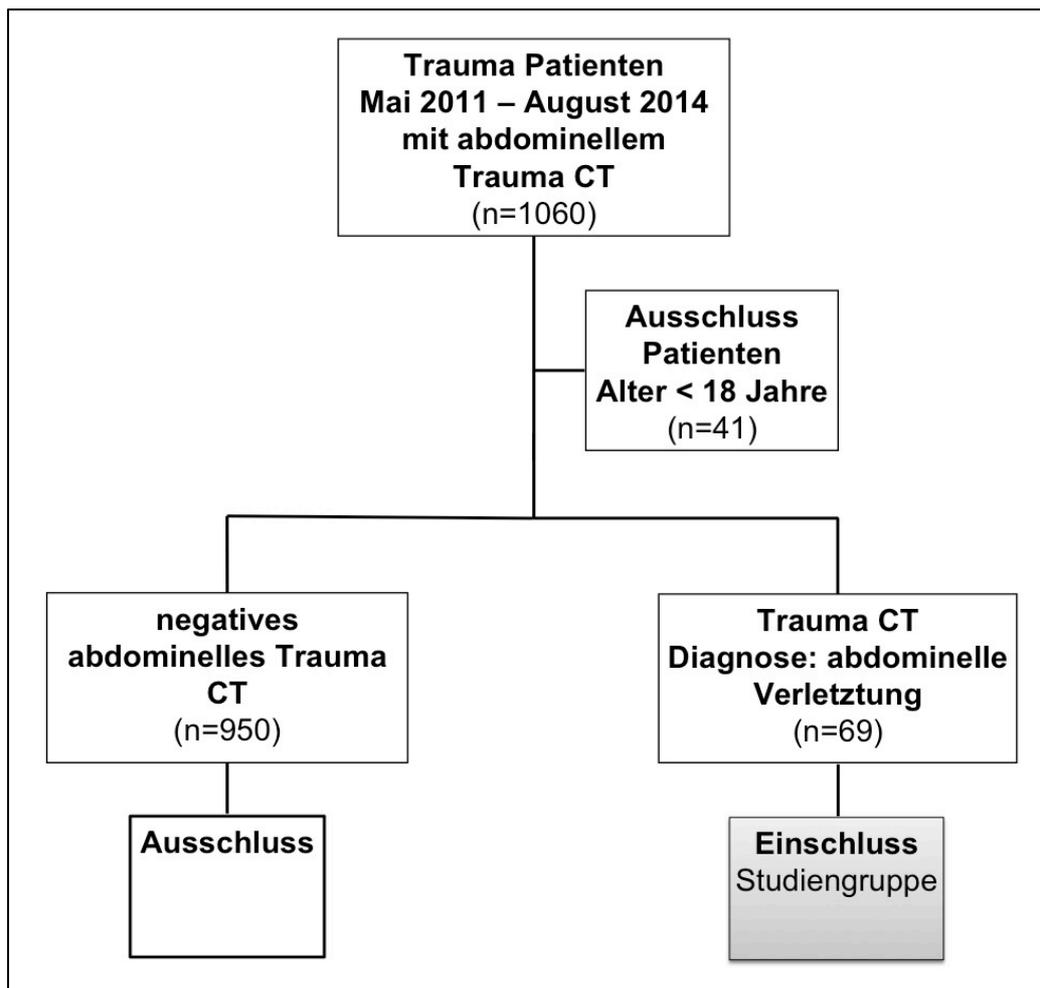


Abbildung 3: Ablaufdiagramm und Einschlusskriterien für die Studiengruppe n = 69

2.3 Schockraumversorgung

Die Schockraumversorgung des Patienten erfolgte gemäß den geltenden Leitlinien der DGU¹³. Zudem wurde das ABCDE-Schema (*Airway, Breathing, Circulation, Disability, Exposure/Environment*) nach dem ATLS®-Konzept durchgeführt. Bei der Erstuntersuchung (*primary survey*) wurden die Vitalfunktionen erhoben und festgestellt, sowie, falls notwendig, lebensrettende Sofortmaßnahmen durchgeführt. Daraufhin erfolgte die Zweituntersuchung (*secondary survey*) am entkleideten Patienten, Laborentnahmen, sowie die MDCT-Untersuchung, um mögliche Verletzungen zu detektieren.

2.4 Untersuchung des Patientenkollektivs im Schockraum und Befundermittlung mittels der MDCT

Nach der Erst- und Zweituntersuchung des Patienten erfolgte bei der Studienpopulation eine MDCT-Untersuchung. Der Computertomograph (Siemens Somatom Sensation Open Sliding Gantry; Siemens Healthcare® GmbH, Erlangen, Deutschland) befindet sich im Schockraum des UKGM. Das CT-Protokoll bei polytraumatisierten Patienten des Universitätsklinikums UKGM GmbH, Standort Gießen, besteht aus zwei Untersuchungsabschnitten, beginnend mit einer nativen Spiral-CT-Aufnahme vom Schädel mit einer Schichtdicke von 5mm (120kV Röhrenspannung, 180mA Stromstärke, Rotationszeit 1 Sekunde), gefolgt von einem zweiten Scan (Hals-Thorax-Abdomen-Spiralserie), der nach der Applikation eines Kontrastmittels (Ultravist® 370, Bayer AG, Leverkusen, Germany) durchgeführt wird. Dabei wurde nach Anheben der Arme Kontrastmittel mit einer Laufrate von 4,5ml/s innerhalb von 15 Sekunden verabreicht. Nach einer Pause von 30 Sekunden erfolgte die zweite Applikation von Kontrastmittel mit einer Laufrate von 3,5ml/s über 17 Sekunden und nachfolgendem NaCl 0,9% mit einer Laufrate von 4,5ml/s über 11 Sekunden. Die sich anschließenden Aufnahmen erfolgten mit einer Scanverzögerung von 60 Sekunden (Schichtdicke 5mm; Kollimation 1,2mm; 120kV Röhrenspannung; 180mA Stromstärke). Nach Abschluss der bildgebenden Untersuchung wurden die Rohdaten an der CT-Konsole zur multiplanaren Rekonstruktion bearbeitet. Noch im Schockraum wurden die erhobenen Befunde an das Schockraum-Team weitergegeben. Im interdisziplinären Austausch wurde daraufhin entschieden, ob der Patient operiert oder bei konservativem Vorgehen zur Überwachung auf die Intensivstation verlegt wird. Die Daten der Untersuchung und der schriftliche Untersuchungsbefund wurden zeitnah ins Patientenmanagementsystem KAOS gestellt und konnten über dieses und das ICUData®System abgerufen

und eingesehen werden.

2.5 Verlaufsultraschallkontrolle

Die Verlaufsultraschallkontrolle erfolgte bis 24 Stunden nach Aufnahme des eingeschlossenen Patientenkollektivs. Die Untersuchung wurde durch den diensthabenden Radiologen der Klinik auf der Intensivstation oder auf der Intermediate Care Station durchgeführt. Dabei wurden zur Untersuchung verschiedene mobil einsetzbare Ultraschallgeräte verwendet (Philips®Sparq, Philips® Ultrasound, Bothell, WA, USA. Sonosite® Titan, FUJIFILM, SonoSite® GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland). Der schriftliche Befund wurde von den radiologischen ärztlichen Kollegen ins KAOS-System oder in die ICUData®-Akte eingestellt respektive übertragen. Das zeitliche Intervall zwischen initialer MDCT und Verlaufsultraschallkontrolle wurde aus dem Patientendatenmanagementsystem KAOS oder der ICUData®-Akte berechnet.

2.6 Basisdaten und durchgeführte Maßnahmen am untersuchten Patientenkollektiv

Bei dem zu untersuchenden Patientenkollektiv wurden verschiedene Basisparameter erhoben sowie Maßnahmen durchgeführt und in die ICUData®-Akte und ins KAOS-System eingestellt.

- Geschlecht (männlich/weiblich)
- Alter
- Krankenhausaufenthalt in Stunden
- innerklinische Mortalität
- Frühletalität (<24h)
- 30-Tage-Mortalität
- sekundäres Blutungsereignis im Abdomen oder Becken
- OP-Intervention aufgrund einer parenchymatösen Organverletzung
- auffälliger Befund in der Kontrollsonographie
- OP-Intervention nach Ultraschallkontrolle
- Folge-OP in den nächsten 30 Tagen
- abdominelles Kompartiment

2.7 Dokumentation von medizinischen Maßnahmen, Verletzungs- und Unfallart, sowie Laborwerte und Intensivdaten

Zum Schockraumaufenthalt wurden verschiedene Daten erhoben und in die ICUData®-Akte sowie in das KAOS-System eingestellt.

Dokumentiert wurden die verschiedenen Zeitpunkte zur Patientenaufnahme, die Dauer der Schockraumbehandlung und die Zeitspanne bis zur ersten MDCT-Untersuchung. Die präklinischen Maßnahmen und Befunde wurden ebenfalls erfasst und dokumentiert und nachfolgend ins KAOS-System eingefügt. Verletzungs- sowie Unfallart (Verkehrsunfall (VU), Sturz, Sonstiger Unfallhergang) wurden festgehalten. Die im Schockraum abgenommenen Blutuntersuchungen, physiologischen Befunde und durchgeführten Maßnahmen wurden ebenfalls im Patientendatenmanagementsystem dokumentiert. Die Aufnahmezeitpunkte auf der Intensivstation des Patientenkollektivs, die Labordaten, die Beatmungszeiten, die Organersatzverfahren, die physiologische Befunde und die therapeutischen Maßnahmen wurden im ICUData® erfasst.

Alle relevanten Zeiten, Maßnahmen und Befunde, die im Schockraum erhoben, sowie die Labordaten, die im Schockraum dokumentiert und abgenommen wurden, sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Daten wurden im Patientendatenmanagementsystem ICUData® und im KAOS erfasst.

Sowohl die Datenerhebung auf der Intensivstation, als auch Aufnahmezeitpunkt, Maßnahmen, Befunde und Labordaten, die während des Intensivaufenthalts durchgeführt wurden, sind in Tabelle 2 aufgeführt. Anschließend wurden die Daten im KAOS bzw. im ICUData® dokumentiert.

Tabelle 1: Datenerhebung und Auflistung der Routineparameter, die bei jedem Unfallpatienten erhoben wurden.

Dokumentation der Zeitpunkte							
Aufnahmezeitpunkt des Patienten		Dauer der Schockraumbehandlung in Minuten			Zeitliche Dokumentation der MDCT Untersuchung		
Präklinische Maßnahmen und Physiologische Befunde							
Intubation		Reanimation			Neurologischer Status mittels GCS		
Verletzungsart- und Unfallhergang							
Penetrierend oder Stumpf	VU Auto	VU Kraftrad	VU Fahrrad	VU Fußgänger	Sturz aus >3m Höhe	Sturz aus >3m Höhe	Sonstiger Unfallhergang
Labordaten, Säure-Basenhaushalt und anaerober Stoffwechsel							
Hämoglobin (Hb) in g/dl	Partielle Thromboplastinzeit (PTT) in Sekunden		Prothombinzeit in Prozent (Quickwert)	<i>International Normalized Ratio</i> (INR)	pH	Base-excess (BE) in mmol/l	Laktat in mmol/l
Innerklinische Maßnahmen und physiologische Befunde im Schockraum							
Intubation	Reanimation	Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (EK) (Anzahl)	Systolischer Blutdruck unter 90mmHg	Atemfrequenz pro Minute	GCS		

Tabelle 2: Datenerhebung zum Intensivaufenthalt; Labordaten von Blutbild, Stoffwechsel und Gerinnung und Zeitpunkt der Verlaufultraschallkontrolle

Daten zum Intensivaufenthalt	
Zeitpunkt Intensivstationsaufnahme	
Dauer des Intensivaufenthalts in Stunden	
Beatmungsdauer in Minuten	
Durchführung eines Organersatzverfahrens ja/nein	
Transfusion von EKs (Anzahl)	
Steigender Katecholaminbedarf	
Positiver Schockindex	
Kardiopulmonale Reanimation	
Labordaten	Hb in mg/dl
	Gerinnungsfunktion (PTT, Quickwert, INR)
	Säure-Basenhaushalt (pH, BE)
	Anaerober Stoffwechsel (Laktat)
	Zentralvenöse Sättigung (ScvO ₂) in Prozent
Zeitpunkt der Verlaufskontrollsonographie	
Verlaufskontrollen nach 24 Stunden von Hb, Laktatwerten und ScvO ₂	

2.8 Angewandte Scores im Schockraum zur Klassifizierung von Verletzungen und zur Einschätzung der Mortalität

2.8.1 Anwendung des *Abbreviated Injury Scale*

Der AIS wurde vor über 40 Jahren entwickelt, um die Schwere einer anatomischen Verletzung möglichst objektiv beschreiben zu können^{12,50}. Es handelt sich um eine Bewertungsskala für die Letalität von Einzelverletzungen, die verschiedenen Körperregionen zugeordnet sind. Die Verletzungsschwere einzelner Körperregionen oder Organsysteme wird dann mit einer Zahl auf einer Skala von 1-6 (AIS) bewertet und somit klassifiziert (Tabelle 3)

Tabelle 3: AIS Punktskala 1-6 und 9 entsprechend der Verletzungsschwere

AIS Score	AIS Verletzungsschwere
1	Gering
2	Mittel
3	Schwer
4	Schwer lebensbedrohlich
5	Kritisch, Überleben fraglich
6	Nicht überlebbar
9	Nicht genauer angegeben

2.8.2 Klinische Anwendung des *Injury Severity Score (ISS)* und des *New Injury Severity Score (NISS)*

Der ISS wurde 1974 von Baker et al.⁸ eingeführt und zwei Jahre später modifiziert⁷⁵. Mittels der ISS-Werte und der Werte aus dem RTS wird der TRISS berechnet, der eine Abschätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit bietet.

2.8.3 *Revised Trauma Score (RTS)*

Der RTS wurde 1989 von Champion et al.⁵² auf Grundlage des *Trauma Score* überarbeitet. Der RTS ist ein physiologischer Score, der aus der Summe von neurologischem Status, Hämodynamik und respiratorischer Funktion berechnet wird. Tabelle 4 zeigt die physiologischen Variablen in Kombination mit dem neurologischen Status und dem dazugehörigen Punktesystem.

Tabelle 4: RTS-Berechnung aus klinischen Parametern.

GCS	Systolischer Blutdruck	Atemfrequenz	Kodierter Wert (C)
13-15	> 90	10-29	4
9-12	76-89	>29	3
6-8	50-75	6-9	2
4-5	1-49	1-5	1
3	0	0	0

Mit dem für den RTS nach Regressionsanalysen ermitteltem neu berechneten Koeffizienten ergibt sich folgende unten aufgeführte Formel. Hierbei werden die zuvor festgelegten kodierten Werte mit den Koeffizienten multipliziert; die Summe aus diesen Werten entspricht dem RTS. Die RTS-Werte reichen von 0–7,8408, wobei die Scorehöhe positiv mit der Überlebenswahrscheinlichkeit korreliert⁵².

$$\text{RTS} = 0.9638 * \text{GCS}_{(C)} + 0,7326 * \text{systolischer Blutdruck}_{(C)} + 0,2908 * \text{Atemfrequenz}_{(C)}^{52}$$

In die Formel gehen vom Autor festgelegte Konstanten mit ein.

Durch die Überarbeitung wird beim RTS somit mehr Wert auf die Gewichtung von schweren Schädelhirntraumata gelegt. Durch die Evaluation der Resultate kann ein statistischer Vergleich des Outcome von polytraumatisierten Patienten sowohl in verschiedenen Kliniken als auch innerhalb einer Klinik zu unterschiedlicher Zeit erhoben werden⁵².

2.8.4 *Trauma Injury Severity Score (TRISS)*

Eine weitere Methode zur Abschätzung der Überlebenschance bietet der TRISS⁵⁸.

Der TRISS wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{TRISS} = 1 / [1 + \exp(-x)]$$

Für stumpfe Traumata gilt die Formel⁷⁶:

$$X = -0,4499 + 0,8085 \cdot \text{RTS} + (-0,0835 \cdot \text{ISS}) + (-1,9052 \cdot \text{Altersindex})$$

Für penetrierende Traumata gilt die Formel⁷⁶:

$$X = -2,5355 + 0,9934 \cdot \text{RTS} + (-0,0651 \cdot \text{ISS}) + (-1,1360 \cdot \text{Altersindex})$$

Die aufgeführten Konstanten wurden von den Autoren festgelegt. Das Ergebnis aus der TRISS-Berechnung liegt zwischen 0 und 1 und kann als Prozent der Überlebenschance angegeben werden. Die meisten Trauma-Register verwenden den TRISS, um die klinischen Ergebnisse miteinander vergleichen zu können⁵⁷.

2.8.5 *Revised Injury Severity Classification Score* (RISC und RISC II)

Das TraumaRegister der DGU® wurde 1993 gegründet, um die Qualität der Traumaversorgung zu verbessern. Auf Basis der Daten des TraumaRegister der DGU® wurde 2003 der RISC eingeführt⁵⁹.

Die verschiedenen Variablen des RISC und RISC II wurden aus dem Patientendatenmanagementsystem KAOS beziehungsweise aus dem ICUData®-System erfasst und berechnet. Dabei wurde aus den Variablen ein Punktwert berechnet und von der Zahl 5 abgezogen. Der hierbei sich berechnende Punktwert wird in eine logistische Formel $1/1+\exp(-x)$ eingesetzt, aus der sich dann eine Überlebenswahrscheinlichkeit berechnen lässt.

Tabelle 5 zeigt den RISC Score mit den dazugehörigen Variablen.

Tabelle 6 zeigt die Aktualisierung des RISC Score aus dem Jahre 2014 (RISC II).

Tabelle 5: RISC⁵⁹ mit den dazugehörigen Variablen

Variable	Einheit	Wert	Koeffizient	
Alter bei Unfallereignis	Jahre	< 55	-	
		55-65	-1,0	
		65-74	-2	
		75+	-2,3	
NISS	Score	1-75	-0,03	
Schädelhirntrauma gemäß AIS	AIS	0-3	-	
		4	-0,5	
		5/6	-1,8	
Extremitätenverletzung gemäß AIS	AIS	0-4	-	
		5	-1,0	
Bewusstlosigkeit am Unfallort (GCS)	Punkte	6-15	-	
		3-5	-0,9	
PTT	Sek.	< 40	-	
		40-49	-0,8	
		50-79	-1,0	
		>80+	-1,2	
BE	mmol/l	-9,0 bis -19,9	-0,8	
		>-20	-2,7	
Anzahl indirekter Blutungszeichen	Anzahl	Keins	-	
		• Systolischer Blutdruck < 90 mmHG	1	-0,4
		• Hb < 9mg/dl,	2	-0,8
		• Massive Bluttransfusion > 9 Einheiten	3	-1,6
Präklinische Reanimation		Nein	-	
		Ja	-2,5	
Konstante			5,0	

Tabelle 6: RISC II⁶⁰ mit den dazugehörigen Variablen

Variable	Kategorie	Score	Koeffizient
Schlimmste Verletzung AIS	2	± 0	± 0
	3	- 0,5	- 0,517
	4	- 1,3	- 1,259
	5	- 1,7	- 1,742
	6	- 2,9	-2,941
Zweitschlimmste Verletzung AIS	0-2	+ 0,2	+ 0,254
	3	± 0	± 0
	4	- 0,6	- 0,617
	5-6	- 1,4	- 1,429
Kopfverletzung	0-2	± 0	± 0
	3-4	- 0,2	- 0,199
	5-6	- 0,8	-0,755
Alter	1-5	+ 1,4	+ 1,411
	6 – 10	+ 0,6	+ 0,581
	11 – 54	± 0	± 0
	55 – 59	- 0,5	- 0,544
	60 – 64	- 0,8	- 0,784
	65 – 69	- 0,9	- 0,921
	70 – 74	- 1,2	- 1,250
	75 – 79	- 1,9	- 1,888
	80 – 84	- 2,4	- 2,244
85 +	-2,7	- 2,665	
Geschlecht	Männlich	± 0	± 0
	Weiblich	+ 0,2	+ 0,231
ASA Klassifikation	1-2	+ 0,3	+ 0,335
	3	± 0	± 0
	4	- 1,3	- 1,334

Variable	Kategorie	Score	Koeffizient
Traumamechanismus	Stumpf	± 0	± 0
	Penetrierend	- 0,6	- 0,623
Pupillenreaktion	Prompt	+ 0,2	+ 0,271
	Träge	± 0	± 0
	Aufgehoben	- 1,0	- 1,011
Pupillengröße	Normal	+ 0,2	0,178
	Anisokorie	± 0	± 0
	Beide weit	- 0,5	- 0,490
Motorische Funktion	Normal	+ 0,6	+ 0,609
	Gezielt	± 0	± 0
	Nicht – gezielt	- 0,4	- 0,378
	Keine	- 0,8	- 0,819
CPR	Nein	± 0	± 0
	Ja	- 1,8	- 1,752
Blutdruck	< 90	- 0,7	- 0,665
	90 – 110	± 0	± 0
	111 – 150	+ 0,3	+ 0,3
	> 150	± 0	± 0
INR	< 1,20	+ 0,6	+ 0,637
	1,20 – 1,39	+ 0,2	+ 0,184
	1,40 – 2,39	± 0	± 0
	2,40 +	- 0,4	- 0,383
Hb	12 +	+ 0,4	+ 0,372
	7,0 – 11,9	± 0	± 0
	<7,0	- 0,5	- 0,551
BE	<6,0	+ 0,3	+ 0,267
	6,0 – 8,9	± 0	± 0
	9,0 – 14,9	- 0,4	- 0,404
	15 +	- 1,5	- 1,544
Konstante		+ 3,6	+ 3,590

2.8.6 APACHE II

Der APACHE II Score ist der weltweit am meisten verbreitete Score zur Abschätzung der Prognose eines Patienten und eine Weiterentwicklung des 1981 veröffentlichten *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation Score*^{61,64}. Eine Zusammenfassung des APACHE II Score ist im Anhang auf Seite 79 dargestellt.

2.8.7 SAPS II

Der SAPS II Score wurde 1993 von Le Gall et al.⁶² zur Abschätzung der Letalität veröffentlicht. Eine Zusammenfassung des SAPS II Score ist im Anhang auf Seite 80 dargestellt.

2.8.8 SOFA

Der SOFA wurde 1996 erstmals von Vincent et al. vorgestellt⁶³. Tabelle 7 zeigt die sechs verschiedenen Organsysteme, deren Parameter und die dazugehörigen SOFA-Punkte.⁶³

Tabelle 7: SOFA, kategorisiert nach Organsystemen und den daraus berechneten Punktwerten⁷⁷. PaO₂/FiO₂; Verhältnis des Sauerstoffpartialdrucks zur inspiratorischen Sauerstoffkonzentration (Horowitz Index).

Organ	Parameter	SOFA-Punkte			
		1	2	3	4
Lunge	PaO ₂ /FiO ₂	<400	<300	< 200 mit Beatmung	< 100 mit Beatmung
Niere	Kreatinin oder mg/dl Ausfuhrmenge ml/Tag	1,2-1,9	2,0-3,4	3,5-4,9 < 500/Tag	> 5,0 < 200/Tag
Leber	Bilirubin mg/dl	1,2-1,9	2,0-5,9	6,0-11,9	> 12
Herz-Kreislauf	Blutdruck mmHg und Katecholamine ¹	MAD < 70	niedrig Katechol.	mittel Katechol.	hoch Katechol
Blut/Gerinnung	Thrombozyten 10 ³ /mm ³	<150	<100	<50	<20
ZNS	GCS	13-14	10-12	6-9	<6

Katecholamindosis nach Vincent et al⁶³
niedrig = Dopamin ≤5 oder Dobutamin (jede Dosis) für mind. 1 Stunde
mittel = Dopamin > 5 oder Adrenalin / Noradrenalin ≤0,1 µg/kg*min
hoch = Dopamin > 15 oder Adrenalin / Noradrenalin >0,1 µg/kg*min

2.9 Statistische Auswertung der Studienpopulation

Im Zeitraum vom 01. Mai 2011 bis 30. August 2014 erhielten 1060 Patienten bei Verdacht auf ein polytraumatisches Verletzungsmuster und somit auch bei Verdacht auf ein abdominelles Trauma eine MDCT-Untersuchung am Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH (UKGM), Standort Gießen. Von diesen 1060 Patienten erfüllten 6,77% (n = 69) die Einschlusskriterien. Somit wurde bei 69 Patienten, die im Zeitraum 01. Mai 2011 bis 30. August 2014 über den Schockraum versorgt wurden und in der initialen MDCT eine parenchymatöse Organverletzung aufwiesen, eine Kontrollsonographie durchgeführt. Die Statistik wurde mit dem Statistik-Programm SPSS® Statistics Version 22 (IBM, Ehningen, Deutschland) berechnet. In dieser deskriptiven Statistik wurden dabei der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (\pm SD), Median und Interquartile Range (IQR) laborchemischer, klinischer Parameter-Interventionen und der verschiedenen Trauma- und Intensivscores berechnet. Die Analyse der berechneten Werte wurde rein deskriptiv untersucht und nicht miteinander verglichen. In einer kleinen Subgruppe wurden die Daten der Patienten VU Auto mit Leber- und/oder Milzverletzungen mit Daten der Patienten mit VU Kraftrad, Rad, Fußgänger und ebenfalls Leber- und/oder Milzverletzungen mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests (χ^2 -Test) verglichen. Die Daten wurden aus dem ICUData®- und KAOS-System ausgelesen und in eine Excel®-Tabelle (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) eingefügt.

3. Ergebnisse

3.1 Basisdaten, Krankenhausverweildauern und Ergebnisdaten des untersuchten Patientenkollektivs

Bei dem eingeschlossenen Studienkollektiv handelte es sich bei 70% (n = 48) um männliche und bei 30% (n = 21) um weibliche Patienten. Es erfolgten weder eine Untersuchung der beiden Geschlechtergruppen hinsichtlich der Unterschiede in den Verletzungsarten, noch eine Analyse der erhobenen Daten. Die Studienpopulation wies ein medianes Alter von 44 Jahren (IQR 20–83) auf; der Mittelwert betrug 46 ± 22 . Das Minimum lag hierbei bei 18, das Maximum bei 89.

Die Zeit in Minuten von der Aufnahme bis zum initialen CT im Schockraum betrug im Mittelwert $17,54 \pm 9,49$, Minimum 6 und Maximum 54. Der Median betrug 16 Minuten (IQR 7–35). Die Zeit in Stunden (S) bis zur ersten Verlaufssonographie nach Schockraumende lag im Mittelwert bei $5,49 \pm 7,56$ S. Die Krankenhausverweildauer in Tagen (T) betrug im Mittelwert $21,84 \pm 25,9$ T; der Median lag bei 13,95 T (IQR 1,69–75,71). Die kürzeste Krankenhausverweildauer wurde bei 0,04 T registriert, der längste Krankenhausaufenthalt mit 163,27 T festgestellt. Die sehr kurze Krankenhausverweildauer ist darauf zurückzuführen, dass drei Patienten nach der Aufnahme in den Schockraum beziehungsweise nach der Aufnahme auf die Intensivstation innerhalb der ersten 24 Stunden verstarben. Die Verweildauer auf der Intensivstation betrug im Mittelwert $10,13 \pm 14,55$ T und lag im Median bei 3,89 T (IQR 0,02–39,18) (Tabelle 8a).

Von den 69 eingeschlossenen Patienten wurden insgesamt 59,4% (n = 41) während des Krankenhausaufenthalts invasiv beatmet. Eingeschlossen in diese Patientengruppe wurden auch Patienten, deren Beatmung unter einer Stunde lag. Die Beatmungsdauer in S lag im Mittelwert bei $4,39 \pm 12,65$ S, der Median betrug 0,15 S (IQR 0–31,21) (Tabelle 8a). Bei 11,6% (n = 8) der Patienten war eine operative Intervention an den verletzten parenchymatösen Strukturen aufgrund der initialen MDCT-Diagnostik und laborchemischer Parameter notwendig. Die Indikation wurde aufgrund der Befunde in der MDCT-Diagnostik gestellt. Weder die FAST-Diagnostik noch eine auffällige Verlaufssonographie wurden als Entscheidungskriterien herangezogen. Die 24-Stunden-Letalität lag bei 4,3% (n = 3), die Krankenhaus- und 30-Tageletalität lagen jeweils bei 10,1% (n = 7). Einer Folgeoperation innerhalb der ersten 30 Tage nach Aufnahme im Krankenhaus mussten sich 55% (n = 38) der Patienten unterziehen (Tabelle 8b).

Tabelle 8a: N = Anzahl der Patienten; Basisdaten, Zeitangaben und Interventionen zum Klinikaufenthalt; MW; SD; Median, IQR.

	N (%)	Min.	Max.	MW (\pm SD)	Median (IQR)
Alter	69	18	89	46 \pm 22	44 (20-83)
Geschlecht (männlich)	48 (69,6)				
Krankenhausverweildauer (T)	69	0,04	163,27	21,84 \pm 25,9	13,95 (1,69-75,71)
Intensivverweildauer (T)	69	0	78,47	10,13 \pm 14,55	3,89 (0,02-39,18)
Beatmungsdauer (S)	69	0	78,56	4,39 \pm 12,65	0,15 (0-31,21)
Invasive Beatmung	41 (59,4)				
Zeit von Schockraumende bis Kontrollsonographie (S)	54	0	39,83	5,49 \pm 7,56	3,75 (0-22,68)
Zeit von Krankenhausaufnahme bis CT in min	54	6	54	17,54 \pm 9,49	16 (7-35)

Tabelle 8b: N = Anzahl der Patienten; Basisdaten, operative Intervention, Kontrollsonographien und Komplikationen während des Krankenhausaufenthalts

	N (%)
24S Letalität	3 (4,3)
Krankenhaus Letalität	7 (10,1)
30T Letalität	7 (10,1)
Sekundäre Blutung Abdomen Pelvis	3 (4,3)
Sekundäre Blutung Lokalität unklar	2 (2,9)
Operative Intervention	8 (11,6)
Operative Intervention nach Sonographie	0
Folgeoperation innerhalb von 30T	38 (55,1)
Abdominelles Kompartiment	0
Auffälliger Befund in der Kontrollsonographie	0
OP nach auffälliger Kontrollsonographie	0

3.2 Präklinische Daten und Schockraumdaten des zu untersuchenden Patientenkollektivs

Von den 69 Patienten, die in das Studienprotokoll eingeschlossen wurden, wurden 24,6% (n = 17) präklinisch intubiert und beatmet im Schockraum aufgenommen. Der Unfallmechanismus war zu 98,6% (n = 68) ein stumpfes Trauma. Die Unfallursachen waren zu 56,5% (n = 39) VU mit dem Auto, gefolgt von Stürzen aus über drei Metern Höhe (15,9%, n = 11). Danach folgten die Verkehrsunfälle mit Kraftradbeteiligung, sowie die als Fußgänger oder Fahrradfahrer, und die Stürze aus Höhen unter drei Metern (Abbildung 4)

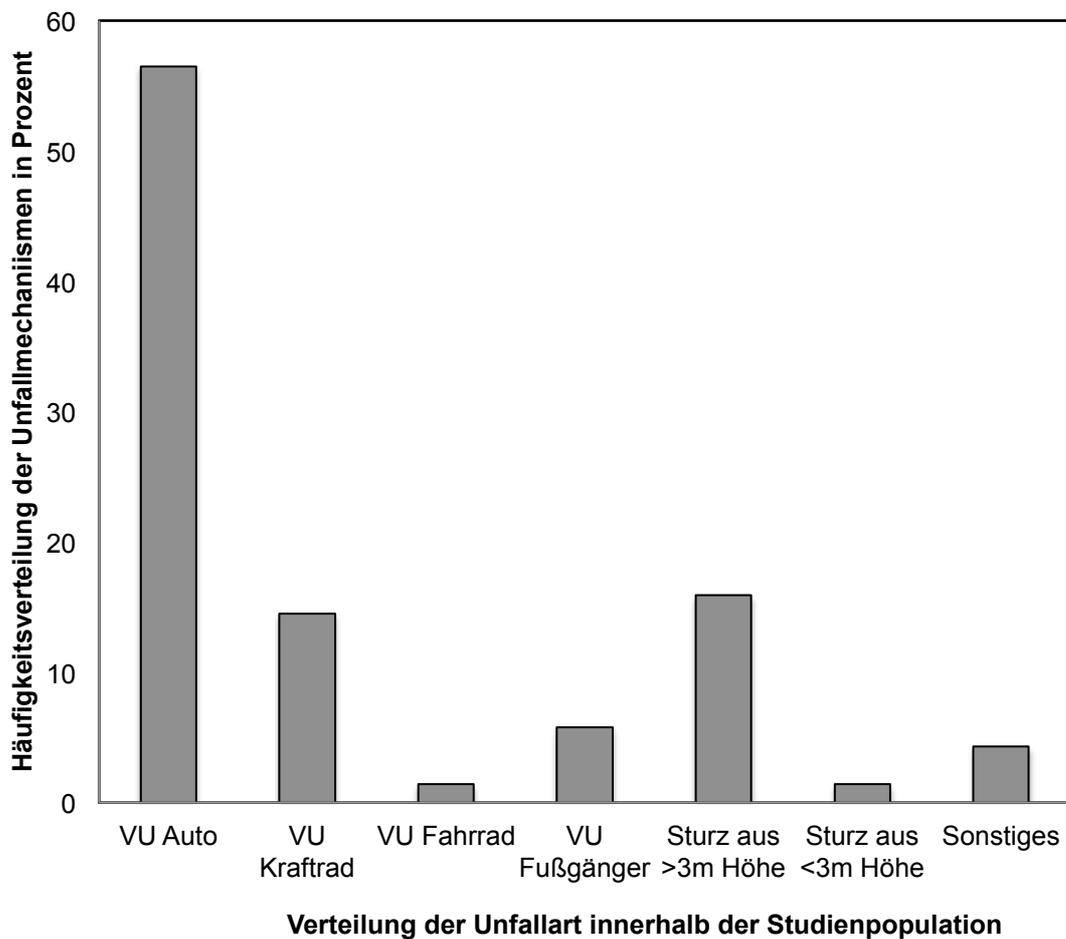


Abbildung 4: Unfallart der Studienpopulation. Die Häufigkeitsverteilung bezogen auf den jeweiligen Unfallmechanismus ist in Prozent angegeben.

3.3 Parenchymatöses Verletzungsmuster und sonstige Verletzungen des Patientenkollektivs

Von den 69 Patienten hatten 40,6% (n = 28) der Studienpopulation zusätzlich zu den abdominellen Verletzungen auch Verletzungen im Kopf-, Hals- und Gesichtsbereich. Bei 17,6% (n = 12) der Patienten wurden isolierte Gesichtsverletzungen beschrieben. 72,5% (n = 50) der traumatisierten Patienten hatten eine Thoraxverletzung, und bei 58% (n = 40) der Patienten zeigten sich Verletzungen an den Extremitäten (Abbildung 5).

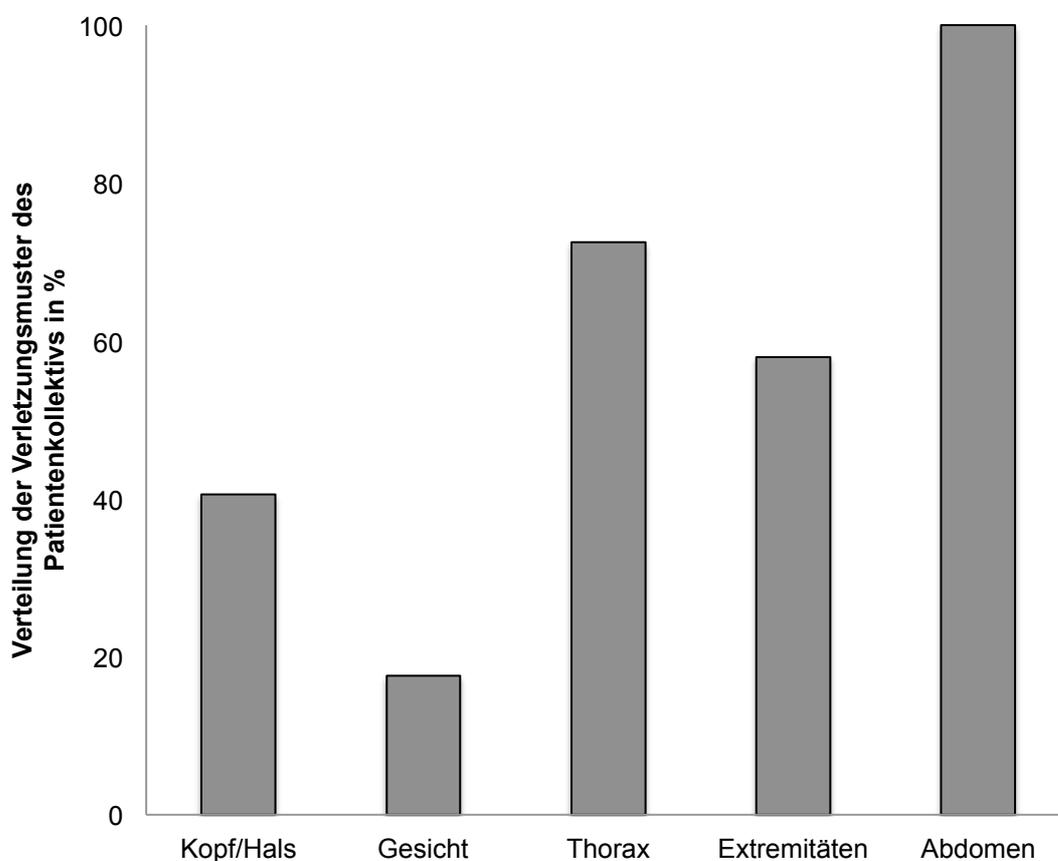


Abbildung 5: Prozentuale Verteilung der Verletzungsmuster. Neben der Abdominalverletzung sind Zweit- oder Mehrfachverletzungen der verschiedenen Körperregionen ersichtlich.

In der hier vorliegenden Studie wurde der Fokus auf die abdominellen Verletzungen gelegt. Diese wird im Folgenden genauer beschrieben.

Am häufigsten zeigte sich eine Verletzung der Milz (59,4%, n = 41), gefolgt von Verletzungen an der Leber (37,7%, n = 26). Eine Verletzung der Niere zeigte sich bei 7,2% (n = 5) der Patienten. Sonstige Verletzungen von intraabdominellen Organen (Darm, Pankreas) wurden bei 11,6% (n = 8) der Polytraumatisierten diagnostiziert. Bei 10,3% (n = 15) der Patienten zeigten sich intraabdominelle Mehrfachverletzungen. In einer Subgruppenanalyse wurden zudem die Patienten, die in einem VU mit dem Auto verwickelt waren, mit Patienten verglichen, die als Fußgänger, Radfahrer oder Kraftradfahrer bei einem VU (VU Sonstige) verletzt wurden. Dabei wurden Leber- und Milzverletzungen hinsichtlich ihrer Häufigkeitsverteilung innerhalb der beiden Gruppen untersucht. Die durch den Chi-Quadrat-Test ermittelte Häufigkeitsverteilung ergab hinsichtlich der Leberverletzungen VU Auto versus VU Sonstiges keine Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung ($p = 0,256$). Die Häufigkeitsverteilung bei den Patienten VU Auto versus VU Sonstiges mit Milzverletzung ergab hinsichtlich ihrer Häufigkeitsverteilung ($p = 0,598$) ebenfalls keine Unterschiede. In Bezug auf die Häufigkeit einer Leber- oder Milzverletzung bezogen auf die Unfallart bei einem VU wurde somit kein signifikanter Unterschied festgestellt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 9a und 9b zu sehen.

Tabelle 9a: N = Gesamtanzahl Verletzte; Chi-Quadrat-Test; Subgruppenanalyse VU Auto versus VU Sonstige bezüglich Leberverletzungen

Unfallart:	N:	Verletzung Leber: Ja (%)	Verletzung Leber:Nein (%)	P
VU Auto	39	16 (41)	23 (59)	0,256
VU Sonstiges	15	11 (73,3)	4 (26,7)	

Tabelle 9b: N = Gesamtanzahl Verletzte; Chi-Quadrat Test Subgruppenanalyse VU Auto versus VU Sonstige bezüglich Milzverletzungen

Unfallart:	N:	Verletzung Milz: Ja (%)	Verletzung Milz: Nein (%)	P
VU Auto	39	23 (59)	16 (41)	0,598
VU Sonstiges	15	9 (60)	6 (40)	

Eine Übersicht über die Unfallart, das Verletzungsmuster bei den intraabdominellen Organen und die Verletzungsart sowie präklinische Maßnahmen und physiologische Parameter werden in Tabelle 10 dargestellt. Physiologische Parameter, Labordaten und Massnahmen bei der Aufnahme im Schockraum sind in Tabelle 11a zu sehen. Die Labordaten (als Mittelwert und SD sowie als Median (IQR) angegeben) zeigt Tabelle 11b.

Tabelle 10: N = Anzahl der Patienten; Präklinische Parameter und Maßnahmen, Unfallart, Verletzungen der intraabdominellen Organe, Schockraumdaten und Maßnahmen,

	N (%)
präklinische Reanimation	0
präklinische Intubation	17 (24,6)
präklinisch systolischer Blutdruck <90mmHg	12 (19)
Unfallart	
VU Auto	39 (56,5)
VU Kraftrad	10 (14,5)
VU Fahrrad	1 (1,4)
VU Fußgänger	4 (5,8)
Sturz aus >3m Höhe	11 (15,9)
Sturz aus <3m Höhe	1 (1,4)
Sonstiges	3 (4,3)
Verletzungen	
Leber	26 (37,7)
Milz	41 (59,4)
Niere	5 (7,2)
Sonstige Verletzungen	8 (11,6)
Unfallmechanismus	
stumpf	68 (98,6)
penetrierend	1 (1,4)

Tabelle 11a: N = Anzahl der Patienten; Physiologische Parameter, Labordaten, und Massnahmen bei Aufnahme im Schockraum.

	N (%)
Schockraum systolischer Blutdruck <90mmHg	11 (15,9)
Schockraum Hb<9	2 (2,9)
Transfusion im Schockraum	3 (4,3)
Schockraum EK\geq9	1 (1,7)
Schockraum Transfusion (Anzahl der EK's je 300ml)	
0	55 (94,8)
2	1 (1,7)
6	1 (1,7)
11	1 (1,7)
Intubation im Schockraum	5 (7,2)
Reanimation im Schockraum	1 (1,4)

Tabelle 11b: N = Anzahl der Patienten; Labordaten und klinische Befunde, die erhoben wurden. Darstellung als MW \pm SD und Median (IQR)

	N (%)	Min.	Max.	MW (\pm SD)	Median (IQR)
Schockraum PTT in sek	69	21	94	31 \pm 11	28 (23-48)
Schockraum Quick in %	69	23	111	79 \pm 20	83 (37-108)
Schockraum INR	69	0,9	2,9	1,2 \pm 0,4	1,1 (1-1,9)
Schockraum BE in mmol/l	69	-14,1	2,9	-3,4 \pm 3,6	-3,1 (-10,5-0,7)
Schockraum Laktat in mmol/l	69	0,72	10,3	2,65 \pm 2,09	1,88 (0,84-8,14)
Schockraum Hb in g/dl	69	7,1	16,6	12,7 \pm 1,9	12,9 (9,3-15,5)
Schockraum pH	69	7,06	7,42	7,30 \pm 0,08	7,31 (7,1-7,40)
Atemfrequenz pro min	69	8	33	13 \pm 4	12 (10-21)

3.4 Trauma- und Intensiv-Scores

Zur Beurteilung des Schweregrads der Verletzung wurden bei der Studienpopulation verschiedene Scores herangezogen. So wurden bei allen Patienten der ISS und der NISS berechnet. Beim ISS lag der Mittelwert bei 35 ± 17 , beim NISS bei 37 ± 17 . Die maximale Punktzahl beim ISS und NISS lag bei 75, die minimale Punktzahl wurde mit neun Punkten berechnet. Zusätzlich wurde der RISC und der seit 2014 vom TraumaRegister der DGU eingeführte RISC 2 zur prognostischen Abschätzung berechnet⁴⁸. Hier ergab sich beim RISC ein Mittelwert von $0,79 \pm 0,27$, ein Median von 0,90 (IQR 0,12–0,98), beim RISC 2 ein berechneter Mittelwert von $0,8 \pm 2,93$, sowie ein Median von 0,95 (IQR 0,063–0,99)

Zusätzlich wurden bei den Patienten, die auf eine Intensivstation oder Intermediate Care Station zur Überwachung verlegt wurden, die intensivmedizinischen Scores berechnet. Dazu gehörten SAPS II, SOFA und der APACHE II Score. Bei den eingeschlossenen Patienten zeigte sich beim SAPS II hier ein berechneter Mittelwert von 27 ± 12 und ein Median von 25 (IQR 10–47); beim SOFA wurde ein Mittelwert von 5 ± 4 , ein Median von 5 (IQR 0–11) festgestellt, beim APACHE II ein Mittelwert von 18 ± 10 und ein Medianwert von 19 (IQR 4–33).

Die Medianwerte sowie die IQR der verschiedenen intensivmedizinischen Scores des untersuchten Patientenkollektivs sind in Abbildung 6 zu sehen.

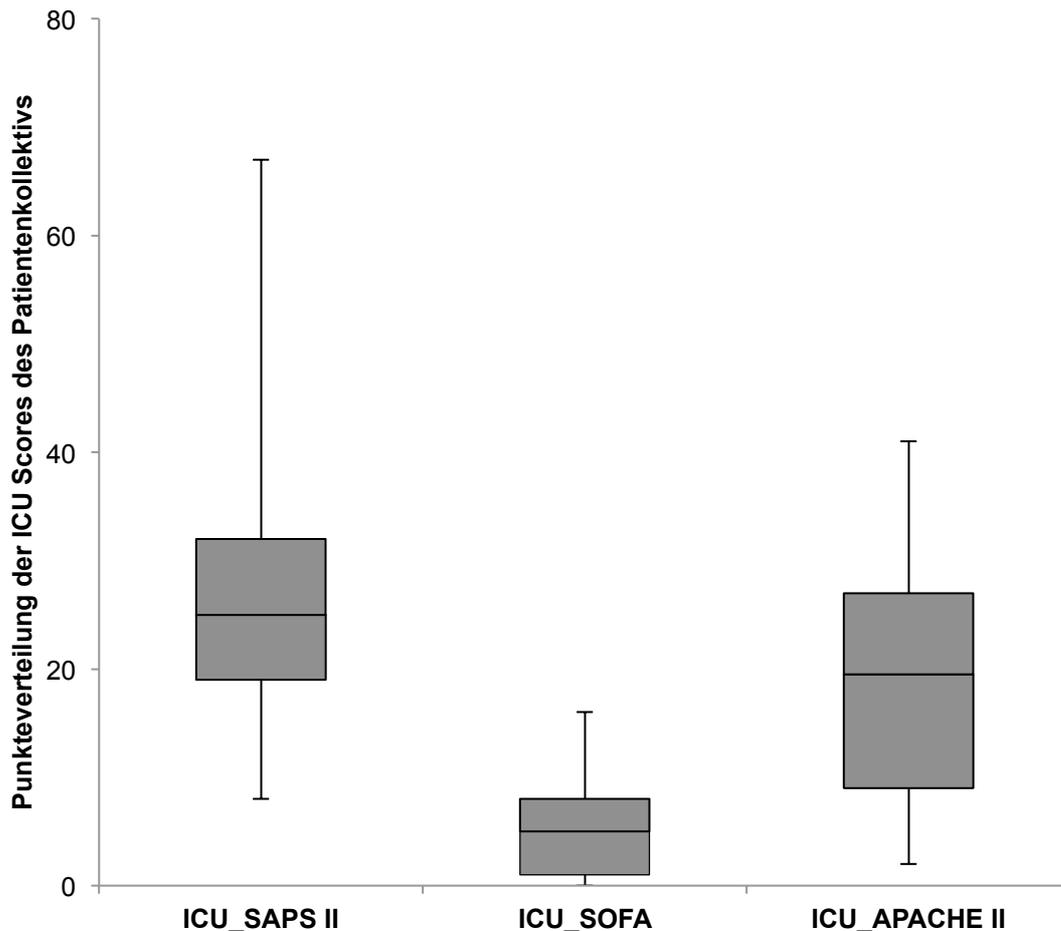


Abbildung 6: Verteilung der Punktwerte von SAPS II Score, SOFA Score und APACHE II Score; Die Boxplot zeigen die Medianwerte und die IQR; ICU: Intensive Care Unit.

Die verschiedenen Intensiv-Scores des Patientenkollektivs sind mit ihren jeweiligen Punktwerten als Mittelwert \pm SD und als Median (IQR) in Tabelle 12 zu sehen. Zusätzlich sind die verschiedenen Verletzungsmuster und ihre Häufigkeitsverteilung in Prozent angegeben (Tabelle 12).

Die Studienpopulation wurde in den ISS eingeteilt. Die prozentuale Verteilung des Patientenkollektivs sowie die Einteilung des (ISS) ist in Abbildung 7 zu sehen. Darüber hinaus wurde die Studienpopulation eingeteilt, die einen ISS $<$ 16 beziehungsweise \geq 16 Punkte aufwiesen (Abbildung 8).

Tabelle 12: N = Anzahl der Patienten; Auflistung der Trauma- und Intensivscores;

	N (%)	Min.	Max.	MW (±SD)	Median (IQR)
Verletzungen	69 (100)				
Kopf/Hals	28 (40,6)				
Gesicht	12 (17,6)				
Thorax	50 (72,5)				
Abdomen	69 (100)				
Extremitäten	40 (58)				
ISS	69	9	75	35±17	32 (13-75)
NISS	69	9	75	37±17	34 (13-75)
RISC	69	0,05	0,99	0,79±0,27	0,90 (0,12-0,98)
RISC_2	69	0,011	0,998	0,80±2,93	0,95 (0,06-0,99)
ICU_SAPSII	69	8	67	27±12	25 (10-47)
ICU_SOFA	69	0	16	5±4	5 (0-11)
ICU_APACHE II	69	2	41	18±10	19 (4-33)

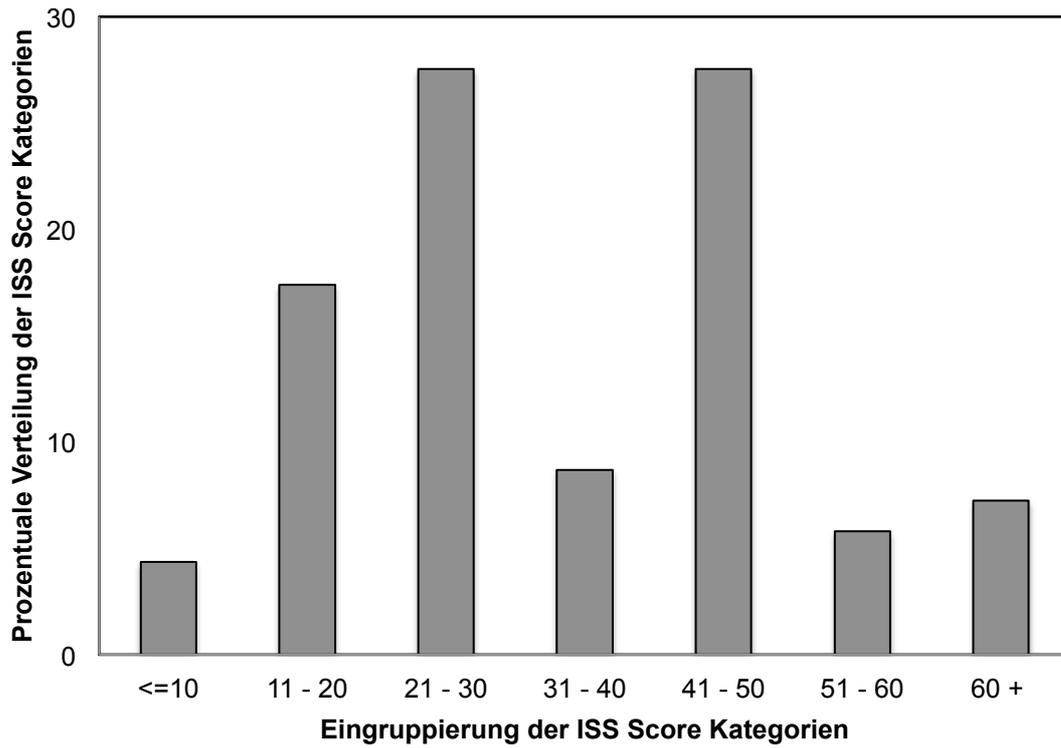


Abbildung 7: Prozentualer Anteil und Eingruppierung der Studienpopulation N = 69 nach dem jeweiligen errechneten ISS Score

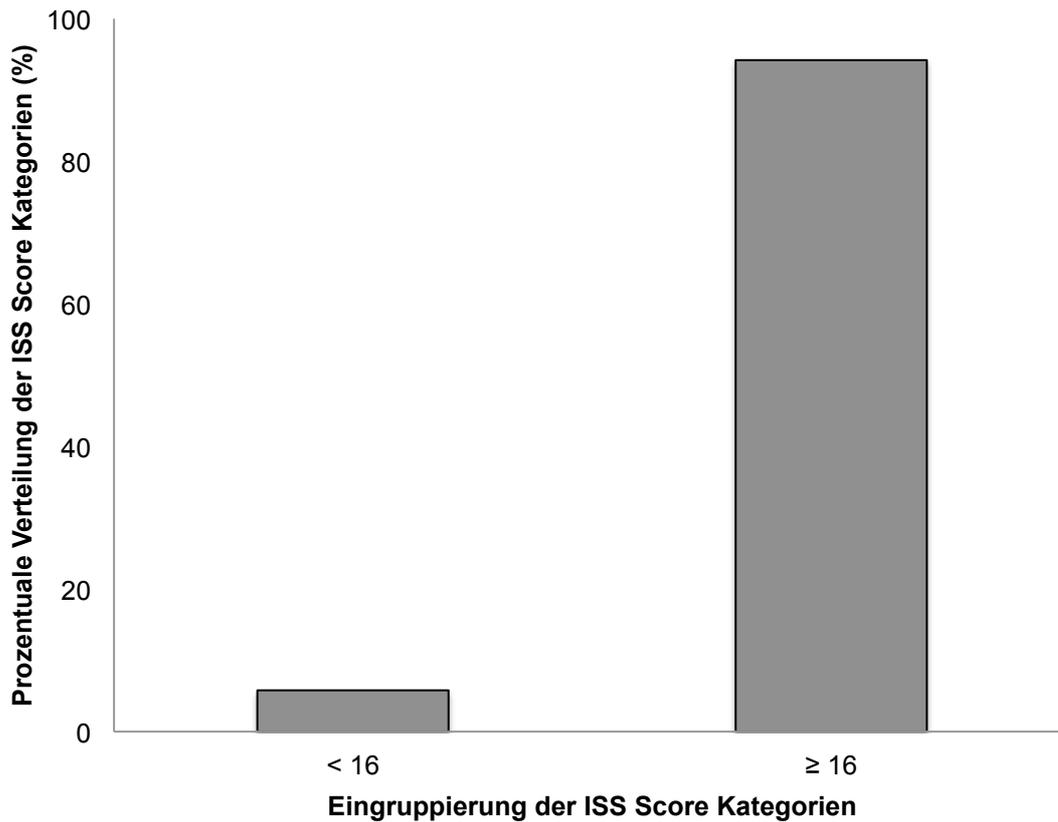


Abbildung 10: Prozentualer Anteil und Eingruppierung der Studienpopulation N = 69 mit einem ISS Score < 16 bzw. > 16

3.5 Datenerhebung auf der Intensivstation und der Intermediate Care Station des zu untersuchenden Patientenkollektivs

Auf der Intensivstation respektive der Intermediate Care Station wurden die Gerinnungsparameter (PTT; Quick, INR) und deren Verlaufswerte sowie Laktat, Hb, Hb-Verlauf, ScvO₂, pH und BE kontrolliert. Diese wurden sowohl als MW ± SD, als auch als Median (IQR) angegeben (Tabelle 14). Außerdem wurden die Transfusionen an Erythrozytenkonzentraten auf der Intensivstation, die Beatmung während des Intensivaufenthalts, das Organersatzverfahren, die Reanimation und der steigende Katecholaminbedarf protokolliert (Tabelle 13).

Tabelle 13: N = Anzahl der Patienten; Auflistung der Intensivmaßnahmen

	N (%)
Transfusion während Intensivaufenthalt	26 (37,7)
Anzahl der EK Transfusion während Intensivaufenthalt Menge (je 300ml)	
1	6 (9,1)
2	9 (13,6)
3	2 (3)
4	2 (3)
5	1 (1,5)
6	3 (4,5)
10	1 (1,5)
11	1 (1,5)
38	1 (1,5)
Steigender Katecholaminbedarf während Intensivaufenthalt	2 (3)
Positiver Schockindex während Intensivaufenthalt	5 (7,6)
Reanimation während Intensivaufenthalt	2 (3)
Invasive Beatmung während Intensivaufenthalt	37 (56,1)
Organersatzverfahren während Intensivaufenthalt	1 (1,5)

Tabelle 14: N = Anzahl der Patienten; erhobene Laborparameter bei Aufnahme und nach 24 Stunden auf der Intensivstation;

	N (%)	Min.	Max.	MW±SD	Median (IQR)
Laktat >4 während Intensivaufenthalt	15 (23,1)				
ScvO ₂ <70% während Intensivaufenthalt	4 (57,1)				
ScvO ₂ bei Intensivaufnahme	69	54	87	74±11	73 (54-87)
Laktat in mmol/l bei Intensivaufnahme	69	0,59	6,8	2,1±1,49	1,57 (0,66-5,7)
Hb in g/dl bei Intensivaufnahme	69	6,8	16,6	12,1±1,9	12,4 (8,9-15)
BE in mmol/l bei Intensivaufnahme	69	-11	4	-3±3	-3 (-8-2)
pH bei Intensivaufnahme	69	7,20	7,54	7,32±0,06	7,33 (7,21-7,43)
PTT in sek. bei Intensivaufnahme	69	22	120	37±23	30 (25-105)
Quick in % bei Intensivaufnahme	69	0	110	72±23	77 (38-102)
INR bei Intensivaufnahme	69	0,9	6,1	1,36±0,79	1,2 (1-1,9)
Hb in g/dl 24 Std. nach Intensivaufnahme	69	7	15	11±2	11 (8-14)
ScvO ₂ 24 Std. nach Intensivaufnahme	69	54	79	71±10	74
Laktat in mmol/l 24S nach Intensivaufnahme	69	0,47	6,43	1,68±1,33	1,21 (0,5-4,26)
Hb in g/dl 24 Std. nach Intensivaufnahme	69	6,8	15,2	10,9±1,9	10,8 (7,9-13,8)
BE in mmol/l 24S nach Intensivaufnahme	69	-6	4	-1±2	-1 (-5-3)
pH 24 Std. nach Intensivaufnahme	69	7,25	7,56	7,37±0,05	7,36 (7,30-7,46)
PTT in sek. 24 Std. nach Intensivaufnahme	69	19	59	33±6	32 (24-45)
Quick in % 24 Std. nach Intensivaufnahme	69	42	122	82±16	81 (63-105)
ICU_Hb_24 Std.	69	6,8	15,2	10,9±1,9	10,8 (7,9-13,8)

3.6 Kontrollsonographie

In die Studie eingeschlossen wurden 69 Patienten mit parenchymatöser Organverletzung in der initialen MDCT- Diagnostik. Davon verstarben 4,3% (n = 3) der Patienten innerhalb der ersten 24 Stunden aufgrund der Schwere ihrer Verletzungen ohne eine Kontrollsonographie. Ebenfalls in diesem Zeitraum und ohne Kontrollsonographie verstarb ein Patient aufgrund einer Dekapitation. Bei weiteren 7,59% (n = 11) der Patienten wurde keine Verlaufssonographie durchgeführt beziehungsweise dokumentiert. Von diesen elf Patienten mussten sich acht Patienten aufgrund ihrer parenchymatösen Organverletzung (Splenektomie, Leberpacking, etc.) einer operativen Intervention unterziehen, die in der initialen MDCT-Diagnostik nachgewiesen wurde. Bei den drei Patienten ohne dokumentierte Kontrollsonographie musste sich im weiteren Verlauf keiner dieser Patienten einer operativen Intervention unterziehen. Auch sonst hatten sie keine auffälligen klinischen und/oder laborchemischen Parameter, die eine operative Intervention aufgrund der parenchymatösen Organverletzung nach sich gezogen hätte.

3.7 Entscheidungen zur operativen Intervention

Insgesamt wurde bei 11,6% (n = 8) eine operative Intervention nach traumatisierter parenchymatöser Organverletzung in der MDCT durchgeführt. Dabei wurden weitere Parameter und Interventionen mit in den Entscheidungsprozess eingebunden.

Bei 3% (n = 2) beziehungsweise 1,5% (n =1) der polytraumatisierten Patienten zeigten sich eine abdominelle pelvine Blutung, ein Anstieg des Katecholaminbedarfs, eine Koagulopathie bzw. ein Hämoglobinabfall und ein Laktatanstieg. Es wurde daraufhin die Indikation zur operativen Intervention gestellt. Bei einem Patienten wurde eine Splenektomie und eine Stabilisierung des Beckenrings durchgeführt. Bei dem zweiten polytraumatisierten Patienten, bei dem eine operative Intervention notwendig wurde, zeigte sich als Ursache eine diffuse Blutung. Die zentralvenöse Sättigung spielte in der Entscheidungsfindung zur operativen Indikationsstellung keine Rolle (Tabelle 15).

Tabelle 15: N = Anzahl der Patienten; Entscheidung zur operativen Intervention aufgrund bildgebender Diagnostik, laborchemischer Daten und klinischer Parameter

Entscheidung	N (%)
Blutung	2 (3)
Hb-Abfall	1 (1,5)
Laktat	1 (1,5)
ScvO ₂	0
Koagulopathie	2 (3)
Katecholaminbedarf	2 (3)
Reanimation	0
Intubation	1 (1,5)

4. Diskussion

In dieser retrospektiven Studie wurden 69 Patienten eingeschlossen, die mit Verdacht auf Polytraumatisierung über den Schockraum des Universitätsklinikums Gießen und Marburg GmbH (UKGM), Standort Gießen, aufgenommen wurden und in der initialen MDCT-Untersuchung eine parenchymatöse Organverletzung aufwiesen. Die Studie sollte aufzeigen, inwiefern man aus einer Verlaufssonographie innerhalb der ersten 24 Stunden einen weiteren diagnostischen Nutzen ziehen kann, und ob sich dadurch das therapeutische Handeln verändert. Darüber hinaus wurden hämodynamische und laborchemische Parameter, die im Verlauf routinemäßig im Schockraum und auf der Intensivstation erhoben wurden, untersucht. Ferner wurden jene im Hinblick auf einen möglichen Einfluss in die Entscheidungsfindung analysiert. Klinische Parameter wie Reanimation und Intubation wurden ebenfalls mit in die Entscheidungsfindung einbezogen. Einige Studien haben gezeigt, dass eine Verlaufskontrolle mittels Ultraschall, CT oder beider Verfahren keine neuen Erkenntnisse erbracht hat^{69,71,73,74}. Es konnte auch gezeigt werden, dass nach initialer MDCT beim eingeschlossenen Studienkollektiv kein neuer Befund durch die Kontrollsonographie detektiert wurde. Klinische und laborchemische Parameter, wie etwa ein steigender Katecholaminbedarf, eine Intubation, ein Abfall des Hämoglobins und ein Laktatanstieg, wurden ebenfalls in die Entscheidungsfindung mit einbezogen. Cox et al.⁷⁸ untersuchten 530 Patienten, die in der initialen MDCT eine Leberverletzung aufwiesen. In den Verlaufs-MDCTs zeigten sich bei den meisten Patienten entweder unveränderte Befunde oder Verbesserungen hinsichtlich der Verletzungsschwere. Nur drei Patienten mussten sich aufgrund der Befunde in der Verlauf-MDCT einer therapeutischen Intervention unterziehen. Bei diesen Patienten waren jedoch auch klinische Symptome wie Tachykardien, Schmerzen im Abdomen und ein Anstieg der hepatischen Enzyme in den Labordaten zu verzeichnen. Andere Studien zeigten, dass der BE als Indikator für eine abdominelle Verletzung hinzugezogen werden kann^{79,80}. In der vorliegenden Studie lag der BE im Mittelwert bei -3,4mmol/l und korrelierte somit mit den Werten der Schwerverletzten in der Studie von Zentabchi et al.⁷⁹ Andere Autoren wiederum bevorzugen den Serumlaktatparameter gegenüber dem BE als Prädiktor für Mortalität und Morbidität^{81,82}. Hierbei zeigte sich in der Studie von Husain et al.⁸³, dass sowohl ein erhöhtes Laktat respektive eine eingeschränkte Laktatclearance als auch der gemessene Laktatwert nach 24 Stunden bei Traumapatienten ein signifikant unabhängiger Prädiktor für eine erhöhte Mortalität sind. Die Laktatwerte der überlebenden Patienten decken sich mit dem Mittelwert in unserer Studienpopulation, der bei 2,65mmol/l bei Aufnahme in den Schockraum

gemessen wurde. Die Laktatwerte der verstorbenen Patienten wurden in unserer Studie nicht differenziert untersucht. Allerdings ist keiner der klinischen und laborchemischen Parameter spezifisch für eine intraabdominelle Verletzung⁸⁴. In unserer retrospektiven Studie mussten sich acht Patienten (11,6%) aufgrund der initialen MDCT-Ergebnisse und demnach folglich aufgrund der bildgebenden Diagnostik einer operativen Versorgung unterziehen. Bei diesen Patienten zeigten sich auch Hämoglobinabfälle, Blutungen, erhöhte Laktatwerte, Koagulopathien und ein Anstieg des Katecholaminbedarfs. Bei den nichtoperativ versorgten Patienten konnte die Verlaufultraschallkontrolle keinen weiteren Neubefund und somit keinen diagnostischen Zugewinn zeigen – und das trotz einer in der initialen MDCT diagnostizierten parenchymatösen Organverletzung.

4.1 Studienpopulation

Von 1019 Patienten hatten 69 eine positive MDCT. Somit hatten 6,77% der Traumapatienten eine intraabdominelle Verletzung mit einem ISS-Mittelwert von 35 (± 17). In einer Studie von Costa et al.⁸⁵ hatten von 844 Patienten 9,3% eine abdominelle Verletzung (n=79), der ISS-Mittelwert lag hier bei 25,77 ($\pm 14,3$). Diese wurden noch einmal unterteilt in Patienten mit abdominellem Trauma und einem ISS > 15. Hierunter fielen 7,2% der Patienten (n = 61) mit einem ISS-Mittelwert von 30,9 ($\pm 12,1$). Demnach ist dieses Studienkollektiv mit dem hier untersuchten Studienkollektiv vergleichbar. In einer ebenfalls deskriptiven Studie zu abdominellen Traumata wurden insgesamt 110 Patienten mit einem ISS von 9 über einen Zeitraum von neun Jahren (2000-2009) eingeschlossen. Von diesen 110 Patienten erhielten 103 Patienten eine initiale MDCT. Sieben Patienten wurden aufgrund ihrer Verletzungsschwere und ihrer hämodynamischen Instabilität direkt operativ versorgt. Das mittlere Alter lag bei 21, wobei in dieser Studie auch Patienten unter 18 Jahren eingeschlossen wurden. 68% Prozent der polytraumatisierten Patienten waren Männer. Das deckt sich mit den Ergebnissen dieser Studie, in der der Anteil an männlichen Patienten bei 69,9% lag⁸⁶. Mauerer et al.⁷⁴ geben einen Anteil von 14,2% abdomineller Verletzungen an, ohne jedoch den ISS mit einzubeziehen. Bezogen auf das Gesamtkollektiv lag der Anteil der abdominellen Verletzungen in einer weiteren Studie bei 10,3% mit einem ISS von 27 (± 14). Das mittlere Alter der Gesamtpopulation lag bei 42,3 Jahren, wobei die Gruppe mit den pathologischen abdominellen Befunden ein mittleres Alter von 36,6 Jahren aufwies⁷³. Das TraumaRegister der DGU gibt einen Anteil von 20% aller Traumapatienten mit abdominellem Verletzungsmuster an. Hierbei

wurde der prozentuale Anteil der Patienten mit einer abdominellen Verletzung mit einem ISS von > 16 mit ungefähr 15% angegeben. In der hier vorliegenden Studie im Vergleich mit dem TraumaRegister der DGU ist die Diskrepanz der Anzahl der intraabdominellen Verletzungen möglicherweise auf folgende Faktoren zurückzuführen: Patienten, die über den Schockraum angemeldet worden waren, erfüllten zwar nicht die Kriterien des TraumaRegister der DGU, hatten dafür aber eine CT-Untersuchung aufgrund der Anamnese beziehungsweise der klinischen Erstuntersuchung erhalten. In unserer Studie waren 69,9% der Patienten männlichen Geschlechts, das mittlere Alter aller Traumapatienten lag bei 46 Jahren (± 22). Diese Ergebnisse decken sich mit den Daten zur Traumaversorgung des TraumaRegister der DGU¹⁰. In folgenden Studien^{72,85} wird der Anteil der männlichen Patienten mit knapp 70% respektive 83% angegeben, das durchschnittliche Alter aller eingeschlossenen Patienten lag bei 38 Jahren.

4.2 Verletzungsart und Verletzungsmuster

Von den n = 69 Patienten hatten sich 56,5% (n= 39) bei einem VU mit dem PKW eine intraabdominelle Verletzung zugezogen. Danach folgten Stürze aus über drei Metern Höhe und Unfälle mit dem Kraftrad. 98,6% der Unfallmechanismen waren Folge eines stumpfen Traumas. Ein Patient hatte eine Messerstichverletzung der Leber und wurde sofort notfallmäßig operiert. Eine Verlaufskontrolle wurde bei diesem Patienten jedoch erst nach der OP durchgeführt, um eine mögliche Nachblutung zu detektieren. Am häufigsten war die Milz betroffen (59,4%), gefolgt von Leberverletzungen (37,7%). Im TraumaRegister der DGU ist die führende Unfallursache der Sturz aus niedriger Höhe, gefolgt von VUs mit dem PKW. Auf Platz drei der Unfallursachen sind Stürze aus über drei Metern Höhe. 95,4% wurden als stumpfes Trauma ausgewertet, 4,6% davon waren penetrierender Art. In der Studie von Costa et al.⁸⁵ werden bis zu 75,9% der Unfälle als VU angegeben, und auch Pekkari et al.⁸⁶ zeigten in ihrer deskriptiven Studie, dass die meisten polytraumatisierten Patienten mit einer oder mehreren intraabdominellen Verletzung(en) in einen VU verwickelt waren. Als zweithäufigste Unfallursache ist der Sturz aufgeführt – ohne dabei jedoch die Sturzhöhe anzugeben (über oder unter 3 Metern Höhe. Zu 94% war es ein stumpfes Trauma. Die anderen 6% der Patienten hatten penetrierende Traumata, die, genau wie in dieser vorliegenden Studie, ebenfalls sofort operativ versorgt werden mussten. Die Milz ist auch in anderen Studien das am häufigsten verletzte Organ^{47,85,87,88}, gefolgt von Leberverletzungen mit 25%⁸⁷. In der Studie von Pekkari et al.⁸⁶ war das am häufigsten verletzte Organ die Niere, gefolgt von Leber und Milz. Das liegt möglicherweise daran,

dass in der Studie Patienten auch unter 18 Jahren mit eingeschlossen wurden, da bei diesen die Niere bei abdominellen Traumata häufig betroffen war⁸⁹. Bilgic et al.⁹⁰ untersuchten die Transaminasen in Hinsicht eines Vorliegens einer schweren Leberverletzung nach abdominellem Trauma. Das Studienkollektiv war im Vergleich deutlich jünger (Mittelwert 34 Jahre) und hatte mit 83% einen höheren Anteil an männlichen Patienten. Auch wurde hier mit einem Anteil von 13% eine höhere Anzahl an penetrierenden Verletzungen aufgeführt. Adam et al.⁹¹ berichten über einen 20%igen Anteil an penetrierenden abdominellen Verletzungen. Diese Zahlen sind möglicherweise auf die geographische Lage, in der die beiden Studien durchgeführt wurden, zurückzuführen.

4.3 Basisdaten und Outcome des untersuchten Patientenkollektivs

Die Zeit von der Krankenhausaufnahme bis hin zur ersten initialen MDCT betrug in Minuten im Mittelwert $17,54 \pm 9,49$. Diese Zeiten in Minuten zur ersten CT-Untersuchung decken sich mit den Zeiten aus dem TraumaRegister der DGU, die im Mittelwert bei 23 ± 17 Minuten liegen¹⁰. Andere Krankenhäuser berichten von 67 respektive 114 Minuten bis zur ersten CT-Untersuchung⁸⁶, wobei der Unterschied zwischen den beiden Zeiten von der Verletzungsschwere des Patienten abhängig war. Bei isoliertem Abdominaltrauma war die Zeit bis zur ersten CT-Untersuchung länger als bei Patienten mit multiplen Traumata.

Die Krankenhausverweildauer in Tagen lag im Mittelwert bei $21,84 \pm 25,9$. Dies ist im Vergleich zum TraumaRegister der DGU, die eine durchschnittliche Liegedauer im Krankenhaus von 14,9 Tagen angeben, eine um sieben Tage verlängerte Krankenhausverweildauer. Die Studie von Pekari et al.⁹² zeigte bei isolierten Abdominaltraumata einen durchschnittlichen Krankenhausaufenthalt von fünf respektive acht Tagen bei multiplen Traumata. Das ist eine um 16 respektive 13 Tage verlängerte Krankenhausverweildauer in der hier vorliegenden Untersuchung. Die Diskrepanz der durchschnittlichen Krankenhausverweildauer liegt möglicherweise in der Versorgungsstufe des jeweiligen Hauses begründet. Das UKGM, Standort Gießen, ist ein Universitätsklinikum und ein Haus der Maximalversorgung, wohingegen im TraumaRegister der DGU lokale, regionale und überregionale Kliniken zusammen erfasst werden. In den lokalen und regionalen Traumazentren werden unter Umständen weniger schwerverletzte polytraumatisierte Patienten versorgt. Somit verringert sich auch hier die durchschnittliche Krankenhausverweildauer gegenüber einem überregionalen Traumazentrum der Maximalversorgung. Die Diskrepanz der

Krankenhausverweildauer zur Studie von Pekkari et al. kann gegebenenfalls auf das skandinavische Gesundheitssystem zurückzuführen sein, in dem die ambulanten Versorgungsstrukturen stärker ausgeprägt sind als in Deutschland.

Die Intensivverweildauer in Tagen betrug am UKGM im Mittelwert $10,13 \pm 14,55$. Das TraumaRegister der DGU gibt eine Intensivverweildauer von 6,4 Tagen¹⁰ an. Pekkari et al.⁹² nennen darüber hinaus eine durchschnittliche Intensivverweildauer von einem Tag bei Patienten mit isoliertem Abdominaltrauma und fünf Tage bei multiplen Traumata. Die unterschiedlichen durchschnittlichen Intensivverweildauern zwischen der Studie von Pekkari et al. und den hier vorliegenden Ergebnissen können auf den dortigen niedrigeren ISS zurückzuführen sein. Insgesamt wurden 59,4% der Patienten während ihres Intensivaufenthalts invasiv beatmet. Dieser Wert liegt damit fast 20% über dem Wert, den das TraumaRegister der DGU in seinem Jahresbericht angibt¹⁰. Allerdings wurden hierbei auch Patienten mit eingeschlossen, die nur einige Stunden auf der Intensivstation nachbeatmet wurden. Die Frühletalität (<24 Stunden) und die Krankenhausletalität liegen in dieser Studie bei 4,3% respektive 10,1%. Das deckt sich mit den Daten aus dem TraumaRegister der DGU, die eine Frühletalität (<24 Stunden) mit 3,9%, beziehungsweise eine Krankenhausletalität von 8,6% angeben. In der Studie von Pekkari et al.⁹² lagen sowohl die Frühletalität (<24 Stunden) als auch die Krankenhausletalität bei 1,1%.

4.4 Verlaufssonographie

Von den 69 eingeschlossenen Patienten bekamen im weiteren Krankenhausaufenthalt 54 Patienten eine Kontrollsonographie entsprechend der Leitlinien der DGU¹⁰. Drei Patienten verstarben bei Aufnahme ins UKGM aufgrund der Schwere ihrer Verletzungen und erhielten somit keine Verlaufskontrolle. Ein Patient verstarb im Laufe der nächsten 24 Stunden aufgrund eines Schädelhirntraumas und erhielt ebenfalls keine Verlaufskontrolle. Bei elf weiteren Patienten konnte entweder keine Dokumentation der Verlaufskontrolle in der Patientenakte oder im Patientendatenmanagementsystem KAOS gefunden werden, oder aber sie mussten sich aufgrund des initialen MDCT-Befundes einer operativen Intervention unterziehen. Im UKGM, Standort Gießen, soll die Kontrollsonographie innerhalb der ersten 24 Stunden durchgeführt werden. Die Zeit in Stunden zwischen dem Behandlungsende im Schockraum und der Kontrollsonographie lag beim untersuchten Studienkollektiv bei $5,49 \pm 7,56$. Der maximale Wert lag bei 39,8 Stunden, sodass hier das geforderte Zeitlimit überschritten wurde. In einer von Maurer et al.⁷⁴ durchgeführten Studie zur Kostenanalyse und zum Stellenwert der Ultraschallverlaufskontrolle wurde von den

Autoren ein Zeitintervall von 8,58 Stunden angegeben. Das Zeitintervall wurde jedoch von der initialen Computertomographie-Untersuchung bis zur ersten Kontrollsonographie gemessen und nicht, wie in dieser Studie beschrieben, ab dem Ende der Schockraumbehandlung bis zur ersten Verlaufskontrolle. Die Kontrollen erfolgten in beiden untersuchten Studien innerhalb der ersten 24 Stunden. Die erwähnte Verlaufsultraschallkontrolle in der hier vorgestellten Studie nach 39,8 Stunden erfolgte nach operativer Versorgung des Patienten. Von den 176 bei Mauerer et al. untersuchten Patienten hatten 25 eine abdominelle Verletzung. Bei der Verlaufskontrollsonographie bei 151 Patienten ohne abdominelle Verletzung konnte in der initialen CT-Untersuchung kein Zusatz oder Neubefund ermittelt werden, der nicht bereits in der initialen CT-Untersuchung festgestellt worden war. Bei den 25 Patienten mit abdomineller Verletzung wurden bei zwei Patienten Neubefunde mittels einer Kontrolluntersuchung diagnostiziert, jedoch reichte bei beiden Patienten ein rein konservatives Vorgehen aus. Geyer et al.⁷³ verfügten bei ihrem Studienkollektiv für die Kontrollsonographie über festgeschriebene Zeitintervalle von 6 respektive 24 Stunden. Es wurden insgesamt 44 Patienten eingeschlossen. Bei 20 der untersuchten Patienten zeigte sich eine abdominelle Verletzung in der initialen MDCT. Zu beiden Zeitpunkten der Verlaufssonographie wurde weder eine Progression der beschriebenen Verletzung, noch eine Spätmanifestation nach 24 Stunden detektiert. Die Autoren schlagen deswegen vor, dass nach festgestellter abdominaler Verletzung in der initialen MDCT bei klinisch und hämodynamisch stabilen Patienten keine frühzeitige abdominelle Ultraschallkontrolle notwendig ist. Bei Patienten, die sich klinisch und laborchemisch verschlechtern, sollte anstatt der Ultraschallkontrolle eine erneute MDCT erfolgen. Lyassel et al.⁷¹ untersuchten 32 Traumapatienten, die eine Verletzung der Milz aufwiesen. Zwei Patienten wurden operativ mittels Splenektomie versorgt. Aufgrund ihrer hämodynamischen Instabilität erfolgte diese Versorgung am zweiten respektive dritten Tag ohne ergänzende bildgebende Untersuchung. Acht Patienten erhielten keine Verlaufskontrolle; bei 22 Patienten wurden im weiteren Verlauf bildgebende Verfahren durchgeführt. Ultraschallkontrollen wurden bei 15, CT-Verlaufskontrollen bei fünf, und beide Untersuchungen bei zwei Patienten durchgeführt. Dabei zeigte sich bei 13 Patienten eine Verbesserung gegenüber der initialen bildgebenden Untersuchung. Bei acht Patienten wurden keine Veränderungen festgestellt, und bei einem Patienten zeigte sich eine Verschlechterung des initialen Befundes, jedoch ohne therapeutische Konsequenz. Somit konnte auch hier gezeigt werden, dass bei klinisch stabilen Patienten mit Milztrauma eine bildgebende Kontrolluntersuchung unterbleiben kann. Bei den zwei Patienten, die sich einem operativen Eingriff unterziehen mussten, waren für die Indikation klinische Parameter ausschlaggebend. Allerdings wurden in dieser

Studie auch CT-Kontrolluntersuchungen durchgeführt. Es konnte mehrfach gezeigt werden, dass MDCT-Untersuchungen die höchste Sensitivität von nahezu 100% für freie Flüssigkeiten und Parenchymverletzungen haben, und zudem die Mortalität bei polytraumatisierten Patienten senken^{45,93}. Es gilt weiterhin als der Goldstandard, innerhalb kürzester Zeit lebensbedrohliche intraabdominelle Zustände nachzuweisen^{87,94,95}. Für die Ultraschalluntersuchung konnte in einigen Studien eine Sensitivität von 78-95% gezeigt werden⁹⁶⁻⁹⁸. Die Sensitivität bei der Ultraschalluntersuchung ist hinsichtlich der Organverletzungen jedoch uneinheitlich⁹⁶. Jordy et al. untersuchten 530 Patienten mit Leberverletzungen⁶⁹. Anstelle von Verlaufskontrollsonographien wurde eine CT-Kontrolluntersuchung innerhalb einer Woche nach Krankenhausaufnahme durchgeführt. Es zeigte sich, dass eine CT-Kontrolluntersuchung keine neueren Aufschlüsse zeigen konnte und somit nicht indiziert war. Bei drei Patienten war nach der CT-Untersuchung eine Intervention notwendig. Bei diesen Patienten waren bereits im Vorfeld klinische Veränderungen wie Tachykardie, abdominelle Schmerzzunahme und ein weiterer Anstieg der Leberenzyme im Serum als Ausdruck einer Leberverletzung festgestellt worden. Somit waren auch hier klinische und laborchemische Parameter vorab positiv, die sich in der bildgebenden Diagnostik bestätigten. Zur Erhöhung der Sensitivität empfehlen Blackbourne et al.⁷² in ihrer Studie eine Ultraschallkontrolle bei Patienten nach abdominellem stumpfen Bauchtrauma. Es wurden 547 Patienten in die Studie eingeschlossen. Nach initialer Ultraschalluntersuchung erfolgt innerhalb von 24 Stunden eine zweite Kontrolluntersuchung. Hier konnte die Sensitivität von 31,1% auf 72,1% für freie intraabdominelle Flüssigkeit gesteigert werden. Die Ultraschall- und Verlaufskontrollen wurden mit den CT-Untersuchungen verglichen. Aus der Studie geht aber nicht hervor, ob alle Patienten zuvor eine CT-Untersuchung bekommen hatten. In unserer Studie wurde bei jedem eingeschlossenen Patienten eine CT-Untersuchung durchgeführt, sodass die Sensitivität der Verlaufssonographie nicht weiter gesteigert werden konnte. Kendall et al.⁹⁹ untersuchten 1169 Patienten, die aufgrund eines abdominalen Traumas in die Notaufnahme eingeliefert worden waren. Die Studienpopulation war im Mittelwert 31 Jahre alt und somit jünger als in der hier vorliegenden Studie. Das Geschlecht war zu 67% männlich: mit 73% wurde der VU als häufigste Unfallursache angegeben. Von den 1169 Patienten erhielten 71% der Patienten eine klinische Untersuchung durch das Ärzteteam, Röntgenaufnahmen der Halswirbelsäule, des Thorax und des Beckens, Ultraschalluntersuchungen des Abdomens und eine Blutentnahme zur Untersuchung der laborchemischen Parameter. Bei den restlichen 29% der Patienten wurde zusätzlich zur Erstuntersuchung im Schockraum eine initiale MDCT-Diagnostik durchgeführt. Von der Patientenpopulation,

die eine initiale MDCT-Untersuchung erhielt, wurden 6% zur weiteren Überwachung ins Krankenhaus aufgenommen. Bei insgesamt 0,4% der Patienten wurde eine intraabdominale Verletzung festgestellt. 94% der Patienten konnten nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von 9,5 Stunden ohne eine weitere Verlaufsschall- oder MDCT-Kontrolle entlassen werden. Von den entlassenen Patienten hatte ein Patient eine übersehene intraabdominale Verletzung (*missed intraabdominal injury*), die glücklicherweise ohne medizinische Konsequenzen blieb. Es wurde somit gezeigt, dass die Prävalenz von intraabdominellen Verletzungen nach Abdominaltraumata bei hämodynamisch stabilen Patienten sehr niedrig ist. An Stelle einer Verlaufsschallkontrolle wurden bei den Patienten klinische Parameter wie Tachykardie oder abdomineller Druckschmerz als Kontrolle herangezogen. Auch ist die Rate an intraabdominellen Verletzungen mit 0,4% im Vergleich zu der vorliegenden Studie mit insgesamt 6% an intraabdominellen Verletzungen sehr niedrig.

4.5 Laborchemische Parameter

In 11,6% der Fälle wurde eine Entscheidung zur operativen Versorgung nach initialer positiver MDCT-Untersuchung getroffen. Dabei wurden laborchemische und klinische Parameter mit in die Entscheidungsfindung einbezogen. Zu den laborchemischen Parametern zählten der Hämoglobinabfall, der Laktatanstieg, eine vorhandene Koagulopathie und die Zentralvenöse Sättigung. Bei diesen handelt es sich jedoch nicht um spezifische Faktoren für ein abdominelles Trauma¹⁰⁰. Auf Seite der klinischen Parameter wurden ein steigender Katecholaminbedarf, Intubation, Reanimation oder eine Blutung im Allgemeinen zur Entscheidungsfindung hinzugezogen. Jedoch sind auch diese Parameter nicht spezifisch für ein abdominelles Trauma, da beispielsweise ein Hämatothorax oder ein Pneumothorax zu einer pulmonalen Verschlechterung führen kann, und der Patient konsekutiv intubiert werden muss. Diese beiden Verletzungsmuster können bei einer ausgeprägten Blutung oder dann, wenn der Pneumothorax sich zu einem Spannungspneumothorax ausbildet, ebenfalls zu einem Abfall des Blutdrucks und somit zur hämodynamischen Instabilität führen. Genauso können klinische und laborchemische Veränderungen wie eine Tachykardie, ein Abfall des ZVD, arterieller Druck und das Hämatokrit sowie eine verminderte Urinausscheidung als Zeichen eines intravasalen Volumenmangels einen Hinweis auf eine aktive Blutung beim polytraumatisierten Patienten geben¹⁰¹. Mofidi et al.⁸⁰ untersuchten in einer prospektiven Studie Traumapatienten hinsichtlich ihres BE. Es konnte gezeigt werden, dass ein BE von -6 oder niedriger eine hohe Sensitivität und Spezifität besitzt, freie intraabdominelle Flüssigkeit zu detektieren. Ein normaler BE

schließt jedoch ein intraabdominelles Trauma nicht definitiv aus. Ein negativer BE gilt als starker Indikator und sollte eine weitere diagnostische Abklärung nach sich ziehen¹⁰². Laktat als ein Nebenprodukt des anaeroben Stoffwechsels wird als Parameter der Gewebeoxygenierung herangezogen. Es entsteht bei der Umwandlung von Pyruvat zu Laktat durch die Laktatdehydrogenase. Laktat entsteht aber auch, wenn keine hypoxischen Verhältnisse vorliegen, wie etwa bei einem Pyruvatdehydrogenasemangel oder einer gesteigerten Glykolyse infolge von Stress^{103,104}. Ebenfalls konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass ein Anstieg des Serumlaktats mit einer erhöhten Mortalität assoziiert ist^{81,82,105,106}. Ein erhöhtes Serumlaktat ist somit zwar ein Marker für eine bestehende Gewebhypoperfusion infolge einer möglichen Blutung, jedoch nicht spezifisch für ein intraabdominelles Trauma. Eine erhöhte Laktatkonzentration im Serum sollte allerdings ebenso wie ein negativer BE durch eine weiterführende Diagnostik untersucht werden.

4.6 Limitationen der Studie

In dieser vorgestellten retrospektiven Untersuchung sollte evaluiert werden, ob eine abdominelle Kontroll-Sonographie von traumatisierten Patienten mit einer Parenchymorganverletzung und/oder freier abdomineller Flüssigkeit in der initialen Computertomographie eine Auswirkung auf das Outcome des Patienten und/oder Entscheidungsprozesse und das weitere Prozedere haben. Die Studie weist hier jedoch einige Limitationen auf. Wie bereits erwähnt, handelt es sich zunächst um eine retrospektive Studie. Eine mögliche prospektive Untersuchung wurde hier nicht durchgeführt. Diese wäre durch eine Randomisierung in zwei verschiedene Patientengruppen charakterisiert gewesen. Bei einer Patientengruppe wäre eine Verlaufssonographie durchgeführt worden, bei der anderen hätte man lediglich laborchemische und klinische Parameter zur Entscheidungsfindung herangezogen.

Zur Sicherstellung einer Homogenität des Studienkollektivs wurden nur Patienten in das Protokoll eingeschlossen, bei denen eine vollständige Datenerhebung erfolgte, und bei denen ferner das vorgegebene Polytraumaprotokoll durchgeführt wurde (Initiales MDCT und Verlaufssonographie). Patienten (n=8), die sich aufgrund des initialen MDCT-Befundes und klinischer und laborchemischer Parameter (Hämoglobinabfall, Laktat, Blutung, Koagulopathie, etc.) einer sofortigen operativen Intervention unterziehen mussten, wurden nicht aus dem Studienprotokoll herausgenommen. Hier erfolgte eine Verlaufskontrolle nach operativer Versorgung (Detektion von freier Flüssigkeit und Beurteilung etwaiger anderer parenchymatöser Verletzungen, die nicht operativ versorgt werden mussten).

Die Tatsache, dass die Verlaufskontroll- Ultraschalluntersuchungen von verschiedenen Radiologen in unterschiedlichen Ausbildungsabschnitten durchgeführt worden sind, war ein weiterer limitierender Faktor. Somit spielte die Erfahrung des Radiologen eine gewichtige Rolle und trug somit auch zur Sensitivität der Ultraschalluntersuchungen mit bei^{107,108}. Um schlussendlich eine definitive Aussage zu Verlaufsultraschallkontrollen bei polytraumatisierten Patienten mit parenchymatöser Verletzung zu machen, sind sicherlich höhere Fallzahlen notwendig.

Trotzdem kann man in der hier vorliegenden Studie mit einer Fallzahl von 69 Patienten mit auffälligem initialem MDCT-Befund eine Tendenz erkennen. Bei Patienten, bei denen zum bildgebenden Verfahren zusätzlich pathologische laborchemische Parameter (Laktatanstieg, Hämoglobinabfall, negativer BE) und klinische Zeichen (Blutung, Reanimation, Intubation) vorliegen, ist die Wahrscheinlichkeit zur operativen Versorgung der parenchymatösen Organverletzung höher als bei polytraumatisierten Patienten, bei denen nur die bildgebende Diagnostik auf die Organverletzung hinweist. Bei den nichtoperativ versorgten Patienten zeigte die Verlaufskontrolle keine Neu- oder Zusatzbefunde. Somit zog sie auch keine relevante Änderung der Therapie nach sich. Diese Erkenntnis deckt sich mit zwei weiteren Studien zur Verlaufsultraschallkontrolle^{73,74}, in denen die Fallzahlen deutlich geringer sind. Jedoch zeigten auch diese beiden Studien, dass sich in der Verlaufskontrolle keine neuen Befunde erkennen ließen. Maurer et al.⁷⁴ zogen in ihrer Studie sogar in Erwägung, bei initialem unauffälligem MDCT-Befund die Ultraschallkontrolle nicht mehr durchzuführen.

Geyer et al.⁷³ haben einen Algorithmus vorgeschlagen, wie man den Patienten nach initialem positivem MDCT-Befund überwacht. Hierbei wird vorgeschlagen, dass Patienten, bei denen sich in der MDCT-Untersuchung ein abdominales Trauma gezeigt hat, bei klinischer und laborchemischer Verschlechterung aufgrund der höheren Sensitivität gegenüber der Ultraschalluntersuchung eine sofortige MDCT-Untersuchung bekommen sollen^{109,110}.

Aus den vorliegenden Ergebnissen und ihrer Diskussion kommt man zu folgender Schlussfolgerung: In der Zusammenschau von bildgebenden Untersuchungsmethoden und klinischen und laborchemischen Parametern hat die Verlaufsultraschallkontrolle keinen diagnostischen Mehrwert erfahren.

Um auch nach einem positiven MDCT-Befund eine definitive Aussage zur sonographischen Verlaufskontrolle zu treffen, sind weitere Studien mit höheren Fallzahlen notwendig. Diese sollten entweder retrospektiv in multizentrischen Studien analysiert werden, wie es Geyer et al.⁷³ durchführten. Aufwendiger, aber besser wäre, eine prospektive randomisierte Studie. Auch hier empfiehlt sich eine multizentrische Studie, um die entsprechenden Fallzahlen zu generieren.

5. Zusammenfassung

In der Schockraumversorgung von polytraumatisierten Patienten spielen die MDCT und das Ultraschallverfahren als bildgebende Verfahren eine entscheidende Rolle, da mit ihrer Hilfe potenziell lebensgefährliche Verletzungen detektiert werden können. Neben der bildgebenden Diagnostik werden zusätzliche Informationen aus laborchemischen Daten und klinischen Parametern erhoben, um Schockzustände respektive Blutungen zu erkennen. Diese Vorgehensweise hat sich als Prozedere in nationalen und internationalen Leitlinien etabliert. Im weiteren stationären Aufenthalt sollte nach Maßgabe der Leitlinie eine weitere sonographische Kontrolle in einem gewissen Zeitfenster stattfinden. Bei initial auffälliger MDCT wird – wie bei initial unauffälligem MDCT-Befund – ebenfalls eine sonographische Verlaufskontrolle empfohlen. Ziel dieser vorliegenden Arbeit war die Evaluation der Notwendigkeit einer sonographischen Verlaufskontrolle parenchymatöser Organverletzungen und/oder freier Flüssigkeit nach initial auffälliger MDCT. Daneben sollte herausgearbeitet werden, ob sich daraus ein diagnostischer Mehrwert ziehen lässt bzw. ob sich daraus das therapeutische Handeln ändert. Andere Arbeiten konnten aus der sonographischen Kontrolle bei initial unauffälliger MDCT nämlich keinen therapeutischen Mehrwert erzielen^{73,74}.

In die Studie wurden 69 Patienten eingeschlossen. Bei allen lag eine auffällige MDCT in der Erstversorgung vor. Von diesen 69 wurden acht nach initialem MDCT-Befund operativ versorgt. Ferner erhielten 54 Patienten dieser Gruppe eine sonographische Kontrolle im weiteren Verlauf. Zudem wurden laborchemische Werte und klinische Parameter mit in die Entscheidungsfindung einbezogen. Bei keinem der 54 Patienten zeigte sich in der sonographischen Verlaufskontrolle ein therapierelevanter Neu- oder Zusatzbefund. Die acht operativ versorgten Patienten zeigten bei ihrer Aufnahme Auffälligkeiten bei den laborchemischen Werten und klinischen Parametern, sodass diese zur Entscheidungsfindung mit hinzugezogen wurden. Bei den nicht operierten Patienten waren die untersuchten laborchemischen und klinischen Parameter unauffällig.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass nach initialem positiven MDCT-Befund eine sonographische Verlaufskontrolle, wie sie in den Leitlinien gefordert wird, keinen therapierelevanten Neu- oder Zusatzbefund erbringt. In Zusammenschau der bildgebenden Diagnostik mit laborchemischen Daten und klinischen Parametern im weiteren stationären Aufenthalt können somit frühzeitig lebensbedrohliche Zustände detektiert werden und das richtige therapeutische Handeln nach sich ziehen.

6. Summary

MDCT and ultrasound play as important a role as imaging technologies in the treatment of polytraumatized patients in the emergency room. Both techniques have the capacity to detect and monitor life-threatening injuries. In addition, clinical examination or laboratory parameters are used to detect circulatory shock and an acute haemorrhage. These strategies have now been established as both national and international guidelines. According to the national guidelines, during the in-patient hospitalization a follow-up imaging via ultrasound has to be conducted within a defined time frame. The current recommendation suggests that the ultrasound should also be conducted if the MDCT results for an intraabdominal injury are positive as well as negative. Previous studies have shown that a follow-up ultrasound examination does not yield additional information^{73,74}.

The aim of this study was to further evaluate if a follow-up ultrasound examination as an additional clinical parameter is necessary and/or beneficial, in case that the initial MDCT comes up positive for an intraabdominal injury.

We enrolled 69 patients with traumatic abdominal injuries in the initial MDCT from 2011 - 2014. 8 patients received primary operative management based on the results of the MDCT diagnostic. 54 out of the 69 patients received a follow-up ultrasound during the in-hospital stay. In addition to the imaging diagnostic tools, laboratory and clinical parameters were collected.

For the 54 patients, neither changes nor additional diagnoses resulted from the follow-up ultrasound in our study. All patients who received operative management (n = 8) after the initial MDCT also showed abnormal data in regard to laboratory and clinical parameters. The patients without operative management revealed normal laboratory and clinical results.

This study has demonstrated that if the MDCT for traumatic abdominal injury did come up with initial positive findings, the follow-up imaging ultrasound could not provide an additional benefit for disease diagnosis. Initial imaging diagnostic and the results from the laboratory and clinical examination were sufficient to detect life-threatening injuries at an early stage, which in turn can improve future therapeutic approaches for each individual patient.

7. **Abkürzungsverzeichnis**

DGU = Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie

ATLS® = Advanced Trauma Life Support

PHTLS® = Prehospital Trauma Life Support

ETC = European Trauma Course

FAST = Focussed Assessment with Sonography

GCS = Glasgow Coma Scale

CT = Computed Tomography

a.p. = anterior posterior

UKGM = Uniklinikum Gießen und Marburg GmbH

ANA = Anästhesie

BGA = Blutgasanalyse

ZVK = Zentraler Venenkatheter

DPL = Diagnostische Peritoneal Lavage

MDCT = Multidetector Computed Tomography

AIS = Abbreviated Injury Scale

AAAM = Advancement of Automotive Medicine (AAAM)

RTS = Revised Trauma Score

ISS = Injury Severity Score

NISS = New Injury Severity Score

TRISS = The Trauma and the Injury Severity Score

RISC = Revised Injury Severity Classification

RISC 2 = Revised Injury Severity Classification 2

APACHE II Score = Acute Physiology and Chronic Health Evaluations II Score

SAPS II = Simplified Acute Physiology Score II

SOFA = Sequential Organ Failure Assessment

ZNA = Zentrale Notaufnahme

mm = Millimeter

kV = Kilovolt

mA = Milliampere

ml = Milliliter

sek = Sekunde

NaCl = Natriumchlorid

OP = Operation

mmHg = Millimeter Quecksilber

g/dl = Gramm/Deziliter

INR = International Normalized Ratio

mmol/l = Millimol/Liter

PTT = Partielle Thromboplastinzeit

ASA = American Society of Anesthesiologists

CPR = Kardiopulmonale Reanimation

AIDS = Acquired Immune Deficiency Syndrom

PaO₂ = Sauerstoffpartialdruck

FiO₂ = inspiratorische Sauerstoffkonzentration

MAD = Mittlerer arterieller Druck

IQR = Interquartile Range

MW = Mittelwert

SD = Standardabweichung

T = Tage

Std. = Stunden

VU = Verkehrsunfall

Min. = Minimum

Max. = Maximum

Hb = Hämoglobin

EK = Erythrozytenkonzentrat

BE = Base Excess

ICU = Intensive Care Unit

ScvO₂ = Zentralvenöse Sättigung

PKW = Personenkraftwagen

8. Abbildungs – und Tabellenverzeichnis

8.1 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Schockraumalgorithmus des UKGM GmbH, Standort Gießen, bei Polytraumatisierten Patienten; Seite 5
- Abbildung 2: FAST mit vier standardisierten Untersuchungsabschnitten; Seite 7
- Abbildung 3: Flowchart Einschlusskriterien für die Studiengruppe; Seite 16
- Abbildung 4: Unfallart der Studienpopulation. Die Häufigkeitsverteilung bezogen auf den jeweiligen Unfallmechanismus ist in Prozent angegeben; Seite 34
- Abbildung 5: Prozentuale Verteilung der Verletzungsmuster. Ersichtlich sind neben der Abdominalverletzung Zweitverletzungen oder Mehrfachverletzungen der verschiedenen Körperregionen; Seite 35
- Abbildung 6: Verteilung der Punktwerte von SAPS II Score, SOFA Score und APACHE II Score; Medianwerte und IQR; Intensive Care Unit, ICU; Seite 40
- Abbildung 7: Prozentualer Anteil und Eingruppierung der Studienpopulation n=69 nach dem jeweiligen errechneten ISS Score; Seite 42
- Abbildung 8: Prozentualer Anteil und Eingruppierung der Studienpopulation n=69 mit einem ISS Score < bzw. > 16; Seite 43

8.2 Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Datenerhebung und Auflistung der Routineparameter, die bei jedem Unfallpatienten erhoben wurden; Seite 20
- Tabelle 2: Datenerhebung zum Intensivaufenthalt; Labordaten von Blutbild, Stoffwechsel und Gerinnung und Zeitpunkt der Verlaufsschallkontrolle; Seite 21
- Tabelle 3: AIS Punktskala 1-6 und 9 entsprechend der Verletzungsschwere; Seite 22
- Tabelle 4: RTS-Berechnung aus klinischen Parametern; Seite 23
- Tabelle 5: RISC mit den dazugehörigen Variablen; Seite 26
- Tabelle 6: RISC II mit den dazugehörigen Variablen; Seite 27 und 28
- Tabelle 7: SOFA kategorisiert nach Organsystemen und den daraus berechneten Punktwerten. PaO_2/FiO_2 ; Verhältnis Sauerstoffpartialdruck zu inspiratorischer Sauerstoffkonzentration, (Horowitz Index); Seite 30
- Tabelle 8a: N = Anzahl der Patienten; Basisdaten, Zeitangaben und Interventionen zum Klinikaufenthalt; MW; SD; Median, IQR; Seite 33
- Tabelle 8b: N = Anzahl der Patienten; Basisdaten, operative Intervention, Kontrollsonographien und Komplikationen während des Krankenhausaufenthalts; Seite 33
- Tabelle 9a: N = Gesamtanzahl der Verletzten; Chi-Quadrat Test; Subgruppenanalyse VU Auto versus VU Sonstige bezüglich Leberverletzungen, Chi-Quadrat-Test; Seite 36
- Tabelle 9b: N = Gesamtanzahl der Verletzten; Chi-Quadrat Test; Subgruppenanalyse VU Auto versus VU Sonstige bezüglich Milzverletzungen, Chi-Quadrat Test; Seite 36
- Tabelle 10: N = Anzahl der Patienten; Präklinische Parameter und Maßnahmen, Unfallart, Verletzungen der intraabdominellen Organe, Schockraumdaten und Maßnahmen; Seite 37
- Tabelle 11a: N = Anzahl der Patienten; Physiologische Parameter, Labordaten, und Massnahmen bei Aufnahme im Schockraum; Seite 38

- Tabelle 11b: N = Anzahl der Patienten; Physiologische Parameter, Labordaten, und Massnahmen bei Aufnahme im Schockraum; Seite 38
- Tabelle 12: N = Anzahl der Patienten; Auflistung der Trauma- und Intensivscores; Seite 41
- Tabelle 13: N = Anzahl der Patienten; Auflistung der Intensivmaßnahmen; Seite 44
- Tabelle 14: N = Anzahl der Patienten; Erhobene Laborparameter bei Aufnahme und nach 24 Stunden auf der Intensivstation; Seite 45
- Tabelle: 15: N = Anzahl der Patienten; Entscheidung zur operativen Intervention aufgrund bildgebender Diagnostik, laborchemischer Daten und klinischer Paramtern; Seite 47

9. Literaturverzeichnis

1. Champion HR, Copes WS, Sacco WJ, et al. The Major Trauma Outcome Study: establishing national norms for trauma care. *J Trauma*. 1990;30(11):1356-1365.
2. Wick M, Ekkernkamp A, Muhr G. The epidemiology of multiple trauma. *Chirurg*. 1997;68(11):1053-1058.
3. Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D. Epidemiologie des Schwerverletzten. *Unfallchirurg*. 2000;103(5):355-363.
4. Rosch M, Klose T, Leidl R, Gebhard F, Kinzl L, Ebinger T. Cost analysis of the treatment of patients with multiple trauma. *Unfallchirurg*. 2000;103(8):632-639.
5. Lendemans S, Ruchholtz S. S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung: Schockraumversorgung. *Unfallchirurg*. 2012;115(1):14-21.
6. Mann V, Mann S, Szalay G, et al. Polytraumaversorgung auf der Intensivstation. *Anaesthesist*. 2010;59(8):739-764.
7. Tscherne H, Oestern HJ, Sturm JA. 5. Die Belastbarkeit Mehrfachverletzter und ihre Bedeutung für die operative Versorgung. *Langenbecks Arch Chir*. 1984;364(1):71-77.
8. Baker SP, O'Neill B, Haddon WJ, Long WB. The Injury Severity Score: A Method For Describing Patients With Multiple Injuries And Evaluating Emergency Care. *J Trauma Acute Care Surg*. 1974;14(3):187-196.
9. 2013 G für das J. <http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Unfaelle/Gesamtunfallgeschehen/Gesamtunfallgeschehen.htm> l. 2013.
10. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) TraumaRegister DGU(TR-

DGU), TraumaNetzwerk DGU (TNW), Sektion Notfall-, Intensiv- und Notfallmedizin, (Sektion NIS), und Akademie der Unfallchirurgie GmbH (AUC) (DGU). 2014.

11. Khouzam RN, Al-Mawed S, Farah V, Mizeracki A. Next-generation airbags and the possibility of negative outcomes due to thoracic injury. *Can J Cardiol*. 2014;30(4):396-404.
12. The abbreviated and the comprehensive research injury scales. *Stapp Car Crash J*. 1969;13:282-294.
13. AWMF (2011) S3-Leitlinie Polytrauma/Schwererletztenbehandlung R 012-019. <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html>. 2011.
14. Hodson-Walker NJ. The value of safety belts: a review. *Can Med Assoc J*. 1970;102.
15. Abbas AK, Hefny AF, Abu-Zidan FM. Seatbelts and road traffic collision injuries. *World J Emerg Surg*. 2011;6(1):18.
16. Giannakopoulos GF, Saltzherr TP, Beenen LFM, et al. Missed injuries during the initial assessment in a cohort of 1124 level-1 trauma patients. *Injury*. 2012;43(9):1517-1521.
17. Oestern HJ. The German model for rescue of traumatized patients. *Can J Surg*. 1985;28(6):486-489.
18. Kortbeek JB, Al Turki SA, Ali J, et al. Advanced Trauma Life Support, 8th Edition, The Evidence for Change. *J Trauma Acute Care Surg*. 2008;64(6):1638-1650.
19. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J. Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) im Schockraum. *Unfallchirurg*. 2004;107(10):844-850.

20. Wurmb T, Müller T, Jansen H, Ruchholtz S, Roewer N, Kühne CA. Schockraummanagement--Übergang von der Präklinik zur Klinik. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther.* 2010;45(6):390-398.
21. Boschin M, Vordemvenne T. Erste Hilfe und Traumamanagement - Traumamanagement in der Klinik. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmedizin Schmerztherapie.* 2012;47(11-12):716-722.
22. Gesellschaft D, Orthop S, Mitteilungen U. Weißbuch Schwerverletztenversorgung 2. 2012.
23. Champion HR, Sacco WJ, Copes WS. Improvement in outcome from trauma center care. *Arch Surg.* 1992;127(3):333-338.
24. Ali J, Adam RU, Gana TJ, et al. Effect of the prehospital trauma life support program (PHTLS) on prehospital trauma care. *J Trauma - Inj Infect Crit Care.* 1997;42(5):786-790.
25. Maegele M. Prehospital care for multiple trauma patients in Germany. *Chinese J Traumatol = Zhonghua chuang shang za zhi / Chinese Med Assoc.* 2015;18(3):125-134.
26. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, et al. "Damage control": an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J Trauma.* 1993;35(3):373-375.
27. Lefering R. Das schwere Trauma. *Notfall & Rettungsmedizin.* 2008;11(6):373-376.
28. Kloth JK, Kauczor H-U, Hosch W. Bildgebung im Schockraum. *Medizinische Klin - Intensivmed und Notfallmedizin.* 2011;106(2):82-88.
29. Nast-Kolb D, Trupka A, Ruchholtz S, Schweiberer L. Abdominal trauma. *Unfallchirurg.* 1998;101(2):82-91.

30. Knudson MM, Maull KI. Nonoperative management of solid organ injuries. Past, present, and future. *Surg Clin North Am.* 1999;79(6):1357-1371.
31. Alexander Y. Sheng Andrew S. Liteplo, Peter Fagenholz, Vicki E. Noble PD. Focused Assessment with Sonography in Trauma and Abdominal Computed Tomography Utilization in Adult Trauma Patients: Trends over the Last Decade. *Emerg Med Int.* 2013.
32. Root HD, Hauser CW, McKinley CR, LaFave JW, Mendiola Jr. RP. Diagnostic peritoneal lavage. *Surgery.* 1965;57(5):633-637.
33. Barbee CL, Gilsdorfl RB. Diagnostic Peritoneal Lavage in Evaluating Acute Abdominal Pain. *Ann Surg.* 1975;181(6):853-856.
34. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): Results from an International Consensus Conference. *J Trauma Acute Care Surg.* 1999;46(3):466-472.
35. Tso P, Rodriguez A, Cooper C, et al. Sonography in blunt abdominal trauma: A preliminary progress report. *J Trauma Acute Care Surg.* 1992;33(1):39-44.
36. Rozycki GS, Ochsner MG, Schmidt JA, et al. A Prospective Study of Surgeon-Performed Ultrasound as the Primary Adjuvant Modality for Injured Patient Assessment. *J Trauma Acute Care Surg.* 1995;39(3):492-500.
37. Han DC, Rozycki GS, Schmidt JA, Feliciano D V. Ultrasound Training during ATLS: An Early Start for Surgical Interns. *J Trauma Acute Care Surg.* 1996;41(2):208-213.
38. Bode PJ, Edwards MJ, Kruit MC, van Vugt AB. Sonography in a clinical algorithm for early evaluation of 1671 patients with blunt abdominal trauma. *Am J Roentgenol.* 1999;172(4):905-911.
39. Kretschmer KH, Häuser H. Radiologische Diagnostik des abdominellen

- Traumas. *Radiologe*. 1998;38(8):693-701.
40. Spahn D, Bouillon B, Cerny V, et al. Management of bleeding and coagulopathy following major trauma: an updated European guideline. *Crit Care*. 2013;17(2):R76.
 41. Linsenmaier U, Geyer LL, Körner M, Reiser M, Wirth S. Stellenwert der Multidetektor-CT bei Polytrauma. *Radiologe*. 2014;54(9):861-871.
 42. Boehm T, Alkadhi H, Schertler T, et al. Einsatz der mehrschicht-spiral-CT beim traumatologischen notfall und ihre auswirkungen auf den untersuchungs- und behandlungsalgorithmus. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren*. 2004;176(12):1734-1742.
 43. Becker CD, Poletti PA. The trauma concept: The role of MDCT in the diagnosis and management of visceral injuries. *Eur Radiol Suppl*. 2005;15(4):105-109.
 44. Röhl B, Sadick M, Diehl S, Obertacke U, Düber C. Ganzkörper-MSCT beim polytrauma: Abdominelle verletzungen. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren*. 2005;177(12):1641-1648.
 45. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick LM, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*. 2009;373:1455-1461.
 46. Linsenmaier U, Kanz KG, Mutschler W, Pfeifer KJ. Radiologische Diagnostik beim Polytrauma: Interdisziplinäres Management. *Fortschr Röntgenstr*. 2001;173(6):485-493.
 47. Poletti PA, Wintermark M, Schnyder P, Becker CD. Traumatic injuries: Role of imaging in the management of the polytrauma victim (conservative expectation). *Eur Radiol*. 2002;12(5):969-978.
 48. Stuhlfaut JW, Soto JA, Lucey BC, et al. Blunt abdominal trauma: performance of

- CT without oral contrast material. *Radiology*. 2004;233(3):689-694.
49. Marco GG, Diego S, Giulio A, Luca S. Screening US and CT for blunt abdominal trauma: A retrospective study. *Eur J Radiol*. 2016;56(1):97-101.
 50. Haasper C, Junge M, Ernstberger A, et al. Die Abbreviated Injury Scale (AIS). *Unfallchirurg*. 2010;113(5):366-372.
 51. Kanz KG, Linsenmaier U, Pfeifer KJ, Mutschler W. Standardisierte Bewertung von Unfallverletzten: Anforderungen an die bildgebende Diagnostik. *Radiologe*. 2002;42(7):515-521.
 52. Champion HR, Sacco WJ, Copres WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME. A Revision of the Trauma Score. *J Trauma Acute Care Surg*. 1989;29(5):623-629.
 53. Champion HR, Sacco WJ, Carnazzo AJ, Copes W, Fouty WJ. Trauma score. *Crit Care Med*. 1981;9(9):672-676.
 54. Lecky F, Woodford M, Edwards A, Bouamra O, Coats T. Trauma scoring systems and databases. *Br J Anaesth*. 2014;113(2):286-294.
 55. Greenspan L, McLellan BA, Greig H. Abbreviated Injury Scale and Injury Severity Score: A Scoring Chart. *J Trauma Acute Care Surg*. 1985;25(1):60-64.
 56. Osler T, Baker SP, Long W. A Modification of the Injury Severity Score That Both Improves Accuracy and Simplifies Scoring. *J Trauma Acute Care Surg*. 1997;43(6):922-926.
 57. Lefering R. Trauma scoring systems. *Curr Opin Crit Care*. 2012;18(6):637-640.
 58. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating Trauma Care: The TRISS Method. *J Trauma Acute Care Surg*. 1987;27(4):370-378.

59. Lefering R. Development and validation of the Revised injury severity classification score for severely injured patients. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2009;35(5):437-447.
60. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B. Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGUtm: the revised injury Severity Classification, version II. *Crit Care.* 2014;18(5):476.
61. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818-829.
62. Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F, et al. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA.* 1993;270(24):2957-2963.
63. Vincent JL, Moreno R, Takala J, et al. The SOFA (Sepsis-related Organ Failure Assessment) score to describe organ dysfunction/failure. On behalf of the Working Group on Sepsis-Related Problems of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med.* 1996;22(7):707-710.
64. Fleig V, Brenck F, Wolff M, Weigand MA. Scoring-Systeme in der Intensivmedizin. *Anaesthesist.* 2011;60(10):963-974.
65. Lewandowski K, Lewandowski M. Scoring-Systeme auf der Intensivtherapiestation. *Anaesthesist.* 2003;52(10):965-989.
66. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU). Supplement S3-Leitlinie Polytrauma: Schwerverletzten-Behandlung. 2011;64.
67. Bansal V, Fortlage D, Lee JG, Costantini T, Potenza B, Coimbra R. Hemorrhage is more prevalent than brain injury in early trauma deaths: The golden six hours. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2009;35(1):26-30.

68. Enderson BL, Maull KI. Missed injuries. The trauma surgeon's nemesis. *Surg Clin North Am.* 1991;71(2):399-418.
69. Cox JC, Fabian TC, Maish GO, et al. Routine follow-up imaging is unnecessary in the management of blunt hepatic injury. *J Trauma.* 2005;59(5):1175-8-80.
70. Sharma OP, Oswanski MF, Daniel S. Role of Repeat Computerized Tomography in Nonoperative Management of Solid Organ Trauma. *Am Surg.* 2005;71(3):244-249.
71. Lyass S et al. Follow-Up Imaging Studies of Blunt Splenic Injury: Do They Influence Management? *Isr Med Assoc J.* 2001;3:3.
72. Blackbourne LH, Soffer D, McKenney M, et al. Secondary ultrasound examination increases the sensitivity of the FAST exam in blunt trauma. *J Trauma.* 2004;57(5):934-938.
73. Geyer LL, Körner M, Linsenmaier U, Wirth S, Reiser MF, Meindl T. The role of follow-up ultrasound and clinical parameters after abdominal MDCT in patients with multiple trauma. *Acta radiol.* 2013.
74. Maurer MH, Winkler A, Wichlas F, et al. Kosten und Stellenwert von Ultraschallverlaufskontrollen bei polytraumatisierten Patienten nach initialer Computertomografie. *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren.* 2012;184(1):53-58.
75. Baker SP, O'Neill B. The injury severity score: an update. *J Trauma.* 1976;16(11):882-885.
76. Schluter PJ, Nathens A, Neal ML, et al. Trauma and Injury Severity Score (TRISS) coefficients 2009 revision. *J Trauma.* 2010;68(4):761-770.
77. Graf J, Wulf H, Janssens U. Daily soap. *Intensivmed und Notfallmedizin.* 2007;44(1):3-10.

78. Cox JC, Fabian TC, Maish GOIII, et al. Routine Follow-Up Imaging Is Unnecessary in the Management of Blunt Hepatic Injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2005;59(5):1175-1180.
79. Zehtabchi S, Baron BJ. Utility of Base Deficit for Identifying Major Injury in Elder Trauma Patients. *Acad Emerg Med.* 2007;14(9):829-831.
80. Mofidi M, Hasani A, Kianmehr N. Determining the accuracy of base deficit in diagnosis of intra-abdominal injury in patients with blunt abdominal trauma. *Am J Emerg Med.* 2010;28(8):933-936.
81. Jeng JC, Jablonski K, Bridgeman A, Jordan MH. Serum lactate, not base deficit, rapidly predicts survival after major burns. *Burns.* 2002;28(2):161-166.
82. Husain FA, Martin MJ, Mullenix PS, Steele SR, Elliott DC. Serum lactate and base deficit as predictors of mortality and morbidity. *Am J Surg.* 2003;185(5):485-491.
83. Husain FA, Martin Mj Fau - Mullenix PS, Mullenix Ps Fau - Steele SR, Steele Sr Fau - Elliott DC, Elliott DC, Am JS. Serum lactate and base deficit as predictors of mortality and morbidity. *Am J Surg.* 2003;185(5):485-491.
84. Rossaint R, Cerny V, Coats TJ, et al. Key Issues in Advanced Bleeding Care in Trauma. *Shock.* 2006;26(4):322-331.
85. Costa G, Tierno SM, Tomassini F, et al. The epidemiology and clinical evaluation of abdominal trauma. An analysis of a multidisciplinary Trauma Registry. *Ann Ital Chir.* 2010;81(2):95-102.
86. Pekkari P, Bylund P-O, Lindgren H, Öman M. Abdominal injuries in a low trauma volume hospital -a descriptive study from northern Sweden. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2014;22.
87. Krestan CR. Abdominelles Polytrauma und Parenchymorgane. *Radiologe.*

2014;54(9):880-885.

88. Boscak A, Shanmuganathan K, Radiol Clin North A. Splenic trauma: what is new? *Radiol Clin North Am.* 2012;50(1):105-122.
89. Buckley JC, McAninch JW. The Diagnosis, Management, and Outcomes of Pediatric Renal Injuries. *Urol Clin North Am.* 2006;33(1):33-40.
90. Bilgic I, Gelecek S, Akgun AE, Ozmen MM. Predictive value of liver transaminases levels in abdominal trauma. *Am J Emerg Med.* 2014;32(7):705-708.
91. Adam N, Sorensen V, Skinner R. Not all intestinal traumatic injuries are the same: A comparison of surgically treated blunt vs. penetrating injuries. *Injury.* 2015;46(1):115-118.
92. Pekkari P, Bylund P-O, Lindgren H, Öman M. Abdominal injuries in a low trauma volume hospital - a descriptive study from northern Sweden. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2014;22:48.
93. Yeguiayan JM, Yap A, Freysz M, et al. Impact of whole-body computed tomography on mortality and surgical management of severe blunt trauma. *Crit Care.* 2012;16(3):R101.
94. Becker CD, Mentha G Fau - Schmidlin F, Schmidlin F Fau - Terrier F, Terrier F, Eur R. Blunt abdominal trauma in adults: role of CT in the diagnosis and management of visceral injuries. Part 2: Gastrointestinal tract and retroperitoneal organs. *Eur Radiol.* 1998;8(5):772-780.
95. Becker CD, Mentha G Fau - Terrier F, Terrier F, Eur R. Blunt abdominal trauma in adults: role of CT in the diagnosis and management of visceral injuries. Part 1: liver and spleen. *Eur Radiol.* 1998;8(4):553-562.
96. Yoshii H, Sato M, Yamamoto S, et al. Usefulness and Limitations of

- Ultrasonography in the Initial Evaluation of Blunt Abdominal Trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 1998;45(1):45-51.
97. Kirkpatrick AW, Simons RK, Brown R, Nicolaou S, Dulchavsky S. The hand-held FAST: Experience with hand-held trauma sonography in a level-I urban trauma center. *Injury.* 2002;33(4):303-308.
 98. Hsu JM, Joseph AP, Tarlinton LJ, Macken L, Blome S. The accuracy of focused assessment with sonography in trauma (FAST) in blunt trauma patients: Experience of an Australian major trauma service. *Injury.* 2007;38(1):71-75.
 99. Kendall JL, Kestler AM, Whitaker KT, Adkisson M-M, Haukoos JS. Blunt Abdominal Trauma Patients Are at Very Low Risk for Intra-Abdominal Injury after Emergency Department Observation. 2010.
 100. Waydhas C, Nast-Kolb D. Intensivbehandlung beim polytraumatisierten Patienten. *Unfallchirurg.* 1999;102(6):474-491.
 101. Davis JW, Kaups KL. Base deficit in the elderly: a marker of severe injury and death. *J Trauma.* 1998;45(5):873-877.
 102. Davis JW, Mackersie RC, Holbrook TL, Hoyt DB. Base deficit as an indicator of significant abdominal injury. *Ann Emerg Med.* 1991;20(8):842-844.
 103. Aduen J, Bernstein Wk Fau - Miller J, Miller J Fau - Kerzner R, et al. Relationship between blood lactate concentrations and ionized calcium, glucose, and acid-base status in critically ill and noncritically ill patients. *Crit Care Med.* 1995;23(2):246-252.
 104. Adeva-Andany M, López-Ojén M, Funcasta-Calderón R, et al. Comprehensive review on lactate metabolism in human health. *Mitochondrion.* 2014;17:76-100.
 105. Meregalli A, Oliveira RP, Friedman G. Occult hypoperfusion is associated with increased mortality in hemodynamically stable, high-risk, surgical patients. *Crit*

Care. 2004;8(2):R60-R65.

106. Cochran A, Edelman Ls Fau - Saffle JR, Saffle Jr Fau - Morris SE, Morris SE, Res JBC. The relationship of serum lactate and base deficit in burn patients to mortality. *J Burn Care Res.* 2007;28(2):231-240.
107. Poletti PA, Mirvis SE, Shanmuganathan K, et al. Blunt abdominal trauma patients: can organ injury be excluded without performing computed tomography?. *J Trauma.* 2004;57(5):1072-1081.
108. Stengel D, Bauwens K. Systematic review and metaanalysis of emergency ultrasonography for blunt abdominal trauma. *Br J Trauma.* 2001;88(7):901-912.
109. Stengel D, Bauwens K, Porzsolt F, Rademacher G, Mutze S, Ekkernkamp A. Emergency ultrasound for blunt abdominal trauma--meta-analysis update 2003. *Zentralbl Chir.* 2003;128(12):1027-1037.
110. Korner M, Krotz MM, Degenhart C, Pfeifer KJ, Reiser MF, Linsenmaier U. Current Role of Emergency US in Patients with Major Trauma. *Radiographics.* 2008;28(1):225-242.

10. Anhang

APACHE II Score Erhebungsbogen (Deutsch)

NEGATIVSTE WERTE	ABWEICHUNGEN NACH OBEN					ABWEICHUNGEN NACH UNTEN				
	+4	+3	+2	+1	+0	+1	+2	+3	+4	Punkte
ERHOBENE VARIABLEN										
Temperatur – rektal (°C)	≥ 41°C	39-40,9°C			36-38,4°C	34-35,9°C	32-33,9°C	30-31,9°C	≤ 29,9°C	
Mittlerer arterieller Druck (mmHg)	≥ 160	130-159	110-129		70-109		50-69		≤ 49	
Herzfrequenz HF /min	≥ 180	140-179	110-139		70-109		55-69		≤ 39	
Atemfrequenz AF /min <i>Bei einem PFO2 > 50 ist, dann wird die Atmung als normal und nicht registriert.</i>	≥ 50	35-49			12-24		6-9		≤ 5	
Oxygenierung <i>Wenn der FIO2 > 0,5 ist, dann wird die Oxygenierung als normal und nicht registriert. AaDO2, wenn verfügbar.</i>	≥ 500	350-499	200-349		< 200					
Sauerstoffsdruck (paO2) (mmHg) <i>Bei einem PFO2 > 50 wird eine arterielle Sauerstoffsättigung registriert.</i>					> 70	61-70				
pH arteriell	≥ 7,7	7,6-7,69			7,3-7,49	7,25-7,32	7,15-7,24		≤ 7,15	
Natrium mmol/l	≥ 180	160-179	155-159		130-149	120-129	111-119		≤ 110	
Kalium mmol/l	≥ 7	6-6,9			3,5-5,4	2,5-2,9			≤ 2,5	
Kreatinin mg/100ml <i>Bei akuten Nierenversagen Punkte verdoppeln.</i>	≥ 3,5	2-3,4			0,6-1,4	< 0,6				
Hämatokrit %	≥ 60				30-45,9				< 20	
Leukozyten (x1000)	≥ 40				1-2,9				< 1	
Glasgow-Coma-Skala (GCS)										
Punkte = 15 – aktueller Glasgow-Coma-Score										
Punkte gesamt:										
<p>Age Points: ≤ 44 Jahre = 0 Punkte 45-54 = 2 Punkte 55-64 = 3 Punkte 65-74 = 5 Punkte ≥ 75 = 6 Punkte</p> <p>Durch Biopsie gesicherte Zirrhose und festgestellter portaler Hochdruck Obere gastrointestinale Blutungen in der Vorgeschichte, ausgehend von einem portalem Hochdruck Vorhergehende Episoden mit hepatischer Insuffizienz/hepatischer Enzephalopathie/hepatischem Koma New York Health Association (NYHA) Class IV Chronische restriktive, obstruktive oder gefäßbedingte Erkrankungen, die mit einer schweren Einschränkung bei leichten Aufgaben einhergehen (z.B. Unfähigkeit Haushalt zu führen) bedante chronische Hypoxie, Hypertakapie, sekundäre Polyzystämie, schwere pulmonale Hypertonien (>40mmHg) oder Abhängigkeit von Beatmung chronische Dialyse Der Patient hatte eine Therapie, welche die Abwehrkraft gegen Infektionen schwächt (z.B. Immunsuppression, Chemotherapie, Bestrahlung, langfristige oder hochdosierte Steroide) Erkrankungen, die mit einer Immunschwäche einhergehen (z.B. Leukämie, Lymphom, AIDS)</p> <p>Nicht-operierter Patient Postoperativer Patient nach Notfall-OP Postoperativer Patient nach Elektiv-OP</p> <p>APACHE II Score:</p> <p style="text-align: center;">+ + + =</p>										

*Ist berechnet sich aus AaDO₂ (mmHg) = p*a*O₂-p*v*O₂ oder wird vom BGA-Gerät zur Verfügung gestellt

©2004 www.intensivcare.uni.de/André Gerdes
 - Ohne Gewähr -

SAPS II

maßgeblich sind die schlechtesten Werte (höchste Punktzahl) in einem 24-Stunden-Zeitraum seit dem zur Intensiv-Aufnahme führenden Ereignis (Unfall, OP, Komplikation)

	Punkte bei abnormal niedrigen Werten				„normal“	Punkte bei abnormal hohen Werten				
Alter (Jahre)					<40	40-59 7	60-69 12	70-74 15	75-79 16	≥80 18
Herzfrequenz (pro Min.)		<40 11	40-69 2	70-119	120-159 4	≥160 7				
Blutdruck (syst., mmHg)		<70 13	70-99 5	100-199	≥200 2					
Temperatur (°C)				<39.0	≥39.0 3					
nur bei Beatmung o. Pulmonalis-Katheder PaO₂ (mmHg) / FiO₂	<100 11	100-199 9	≥200 6	-						
Urinausscheidung (L/Tag)		<0.5 11	0.5-0.99 4	≥1,0						
Harnstoff (mg/dl) oder Harnstoff-Stickstoff (mg/dl)				<60	60-179 6	≥180 10				
Leukozyten (10 ⁹ /mm ³)			<1.0 12	1.0-19,9	≥20 3					
Kalium (mmol/L)			<3 3	3.0-4.9	≥5.0 3					
Natrium (mmol/L)			<125 5	125-144	≥145 1					
Serum Bikarbonat (mEq/L)		<15 6	15-19 3	≥20						
Bilirubin (mg/dl)				<4.0	4.0-5.9 4	≥6.0 9				
Glasgow Coma Scale (vor Sedierung)	<6 26	6-8 13	9-10 7	11-13 5	14-15					
Vorerkrankungen				-	metastas. Karzinom 9	maligne hämatolog. Erkr. 10	AIDS 17			
Zuweisung auf ICU				elektiv chirurgisch	medizinisch (ohne OP) 6	ungeplant chirurgisch 8				

Le Gall et al. „A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study.“ JAMA (1993) 270: 2957-63

11. Publikationsverzeichnis

- 2007 Kredel M, Muellenbach RM, Brock RW, Wilckens HH, Brederlau J, Roewer N, Wunder C. Liver dysfunction after lung recruitment manoeuvres during pressure-controlled ventilation in experimental acute respiratory distress. *Critical Care*. 2007;11(1):R13.
- 2011 Wilckens HH, Ignee A, Käppler M, Böhrer H, Dietrich C.F. Interventionen am Nervensystem, ultraschall-gestützte Regionalanästhesie. *Interventioneller Ultraschall, Lehrbuch und Atlas für die interventionelle Sonografie*, Georg Thieme Verlag; Kapitel 30: Erschienen 2011

12. Ehrenwörtliche Erklärung

Erklärung zur Dissertation

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten, sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im In- noch im Ausland in gleicher oder

Ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde, oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

13. Danksagung

Herrn **Prof. Dr. Dr. Michael Henrich** danke ich für die Überlassung des Themas meiner Dissertation am UKGM GmbH, Standort Gießen.

Für die freundliche Betreuung während der Fertigung dieser Arbeit danke ich ebenfalls Herrn **Prof. Dr. Dr. Michael Henrich**, sowie Herrn **Dr. med. Christian Koch**, die mir beide während der Erstellung der Arbeit mit Rat und Anregungen eine wertvolle Hilfe waren.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Mutter **Johanna** und meinem Vater **Harald Wilckens** danken, die mir das Studium der Medizin ermöglicht haben.

14. Tabellarischer Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus der Version der Arbeit entfernt.