

Untersuchung zum Nutzen der abdominellen Kontrollsonographie
bei traumatisierten Patienten mit fehlendem computertomographischem
Nachweis einer abdominellen Organläsion

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

vorgelegt von Mara Borgards
aus Witten

Gießen
(2019)

Aus der Klinik für Anästhesiologie, Operative Intensivmedizin und Schmerztherapie

Direktor der Klinik: Prof. Dr. med. M. Sander

des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Markus A. Weigand

Gutachter: PD Dr. Andreas Hecker

Tag der Disputation: 14. Dezember 2020

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 Inland 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

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Inhaltsverzeichnis</i>	1
1	<i>Einleitung</i>	1
1.1	Definition des Polytraumas	1
1.2	Epidemiologie	2
1.3	Traumaregister der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie	3
1.4	Das abdominelle Trauma im Rahmen des Polytraumas	4
1.5	Diagnostik abdomineller Traumafolgen in der primären Versorgungsphase	4
1.6	Therapie der abdominellen Begleitverletzung im Rahmen des Polytraumas	8
1.7	Schockraumversorgung im Universitätsklinikum Gießen und Marburg Standort Gießen	8
1.8	Abdominelle Kontroll-Sonographie im Rahmen des konservativen Behandlungskonzeptes	10
1.8.1	Missed Injuries.....	10
1.8.2	Tertiary Trauma Survey	11
1.8.3	Abdominelle Verlaufs-Ultraschalluntersuchung	12
1.9	Fragestellung	14
2	<i>Material und Methoden</i>	15
2.1	Studiendesign und Studienablauf	15
2.2	Ein- und Ausschlusskriterien	15
2.3	Traumatologische und intensivmedizinische Scoring Systeme	15
2.3.1	Traumascorers.....	16
2.3.2	Intensivmedizinische Scores	17
2.4	Zielparameter	17
2.5	Radiologische Verfahren	20
2.6	Sonographie	20

2.7	Datenschutz	20
2.8	Datenauswertung und Statistik	21
3	Ergebnisse	22
3.1	Studienkollektiv	22
3.2	Patientencharakteristika	23
3.3	Traumamechanismus	25
3.4	Verletzungsschwere	26
3.5	Verletzungsmuster	27
3.5.1	Subgruppe ISS \geq 16	27
3.6	Merkmale der Versorgung	27
3.6.1	Laborparameter	27
3.6.2	Transfusionen.....	28
3.6.3	Indirekte Blutungszeichen	29
3.7	Verlaufs-Ultraschalluntersuchung	29
3.7.1	Patient 1	29
3.7.2	Patient 2	29
3.7.3	Patient 3	30
3.8	Todesfälle	30
3.8.1	Patient 1	30
3.8.2	Patient 2	30
3.8.3	Patient 3	30
3.8.4	Patient 4	31
3.8.5	Patient 5	31
3.8.6	Patient 6	31
3.9	Sekundäre Blutung	31
4	Diskussion	32
4.1	Charakterisierung des Studienkollektives im Kontext zum Jahresbericht des Trauma-Registers der DGU	32
4.1.1	Verletzungsschwere	33
4.1.2	Outcome	34
4.2	Stellenwert des WBCT	34

4.3	Stellenwert der abdominellen Kontrollsonographie	36
4.4	Limitationen der Studie.....	38
4.5	Schlussfolgerung.....	39
5	Zusammenfassung.....	41
6	Summary.....	42
7	Bibliographie	43
8	Anhang.....	49
8.1	Abkürzungsverzeichnis	49
8.2	Tabellenverzeichnis.....	50
8.3	Abbildungsverzeichnis	50
10	Publikationen	51
11	Danksagung.....	52

1 Einleitung

Die Versorgung traumatologischer Patienten stellt in Deutschland eine alltägliche Herausforderung mit immensem Einfluss auf unsere Gesellschaft, die Volkswirtschaft und die betroffenen Individuen dar¹. Überlebende schwerer Verletzungen tragen in nicht unerheblichem Umfang relevante Behinderungen, chronische Schmerzen und posttraumatische Belastungsstörungen davon. So ist eine Rückkehr an ihren Arbeitsplatz etwa der Hälfte der Patienten nicht möglich¹. Allein im Jahr 2012 erfasste der Verkehrsbericht des Statistischen Bundesamtes über 2,4 Millionen Verkehrsunfälle, die zu 66.279 Schwerverletzten, hier definiert als Patienten mit mindestens 24-stündigem Krankenhausaufenthalt als Unfallfolge, führten². Neben Verkehrsunfällen spielen aber auch Unfälle in den Lebensbereichen Arbeit, Schule, Haus und Freizeit eine nicht unerhebliche Rolle. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und das Robert-Koch-Institut führen jährlich Schätzungen zur Gesamtzahl aller Unfälle in Deutschland durch. Im Jahr 2015 wurde das Gesamtvolumen aller Unfälle so auf 9,73 Millionen geschätzt³. Die Versorgung dieser Patienten wird in Deutschland mit dem Ziel einer verbesserten Ergebnisqualität sukzessive standardisiert¹. Insbesondere polytraumatisierte Patienten stellen die (prä-)klinischen Versorgungsstrukturen vor eine hochgradige Herausforderung, da sie nicht nur in der primären Phase, sondern auch im weiteren klinischen Verlauf einer sofortigen und akkuraten Diagnostik und einer schnellen Therapie bedürfen⁴.

1.1 Definition des Polytraumas

Butcher et al. zeigten dies 2009 mittels eines breit angelegten Reviews und gaben weiterhin einen umfassenden Überblick über die Entwicklung des Begriffes⁵: Die erstmalig von Tscherne et al. aufgestellte Definition des Polytraumas als einen lebensbedrohlichen Zustand, der durch eine Kombination mehrerer gleichzeitig entstandener Verletzungen verschiedener Körperregionen verursacht wird, hat bis heute Bestand^{1,6}. Allerdings weist auch diese Definition Limitationen auf, da sie keine ausreichende Sensitivität und Spezifität aufweist. Trentz et al. erneuerten die Definition des Polytraumas und berücksichtigen erstmals Scoring-Systeme sowie pathophysiologische Erkenntnisse. So gilt ein Patient mit einem Injury Severity Score (*ISS*) ≥ 16 und einer konsekutiven systemischen Reaktion, die zu Funktionsstörungen oder Versagen nicht verletzter Organe führt, als polytraumatisiert⁷. Keel et al. spezifizierte diese Erklärung weiter, indem sie das Systemic Inflammatory Response

Syndrome (*SIRS*) mit in die Deutung aufnehmen⁸. Die verwendeten Definitionen blieben dennoch weiter uneinheitlich. So wurde zum Beispiel auch ein $ISS \geq 16$ häufig zur Definition herangezogen, nachdem Boyd et al. diesem Wert eine Mortalitätsprognose von 10 % zuordneten und ihn als definierend für ein „major trauma“ beschrieben⁹.

In einem internationalen Konsensusprozess wurde im Jahr 2014, auch mit dem Ziel einer klinischen Alltagstauglichkeit, der Begriff des Polytraumas neu definiert¹⁰: In der sogenannten „Berlin Definition“ fließen neben der, durch die Abbreviated Injury Scale (*AIS*) definierten, Verletzungsschwere fünf weitere Parameter ein: ein systolischer Blutdruck ≤ 90 mmHg, ein Glasgow Coma Scale (*GCS*) ≤ 8 , ein Base Excess $\leq -6,0$ (Azidose), International Normalized Ratio (*INR*) $\geq 1,4$ / Partielle Thromboplastinzeit (*PTT*) ≥ 40 sec (Koagulopathie) und ein Alter ≥ 70 Jahre. Ist mindestens einer der genannten Parameter erfüllt und liegen zusätzlich mindestens in zwei Körperregionen Verletzungen mit einem *AIS* ≥ 3 vor, sind die Kriterien eines Polytraumas im Sinne der „Berlin Definition“ erfüllt¹⁰.

1.2 Epidemiologie

Basierend auf der uneinheitlichen Definition des Polytraumas und der in der Regel fehlenden Abgrenzung zu „schwerverletzten“ Patienten ist auch die Datenlage zur Epidemiologie nicht eindeutig. Bisherige Statistiken beziehen sich im besten Falle auf schwerverletzte respektive schwertraumatisierte Patienten. In den deutschlandweiten Gesamtunfallstatistiken der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin erfolgt beispielsweise keinerlei Unterscheidung der Verletzungsschwere, lediglich eine Unterteilung in Unfallverletzte und Unfalldtote (9,73 Millionen zu 24.578 in 2015) wird vorgenommen³. Auch das Statistische Bundesamt unterscheidet zwar zwischen leicht- und schwerverletzten Patienten, definiert Schwerverletzte jedoch lediglich als Patienten mit mindestens 24-stündigem Krankenhausaufenthalt als Unfallfolge². Diese Statistiken vermitteln einen Eindruck der durch Unfälle entstandenen Folgen, lassen jedoch keine adäquaten Rückschlüsse auf die tatsächliche Inzidenz des Polytraumas zu. Publikationen, die die medizinische Definition des Polytraumas als Grundlage ihrer Analyse nutzen, beruhen auf Hochrechnungen und kommen zu unterschiedlichen Ergebnissen: So stützen sich Kühne et al. auf die in 2005 gesammelten Daten der Arbeitsgemeinschaft „Polytrauma“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (*DGU*). Eine auf Daten von 63 Kliniken und 2.977 Patienten basierende Hochrechnung ergab hier die Annahme, dass deutschlandweite Versorgungsstrukturen das Auftreten von etwa 35.500 polytraumatisierte Patienten mit einem $ISS \geq 16$ pro Jahr zu erwarten haben¹¹. Debus et al. präsentierte eine weitere Hochrechnung, basierend auf den Daten

aller im Traumaregister der DGU® (*TR-DGU*®) erfassten Patienten des Jahres 2012 mit einem ISS ≥ 16 ($n = 13.040$), und schätzte eine Inzidenz von 0,02 % (18.200 bis 18.400 schwerverletzte Patienten)¹². Zwar wurde auch in diesen Untersuchungen nicht die „Berlin Definition“ als Grundlage der Patientenauswahl festgelegt, aber mit dem ISS ≥ 16 ein im klinischen Alltag häufig angewandtes Kriterium des Polytraumas gewählt. Als ursächlich für schwere Traumata zeigen sich überwiegend Unfälle. So erlitten annähernd 90 % aller in 2016 registrierten Patienten einen Verkehrsunfall (48,2 %) oder einen Sturz aus über oder unter 3 Metern Höhe (41,2 %). Mit 7 % machte der Verdacht auf Suizid oder Verbrechen als Verletzungsursache einen deutlich kleineren Anteil aus¹³.

1.3 Traumaregister der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

Das TR-DGU® stellt das größte Schwerverletztenregister weltweit dar und erfasst detailliert die Verletzungsschwere, das Verletzungsmuster und eine hohe Anzahl an präklinisch und innerklinisch erhobenen Parametern. Gegründet in 1993 beteiligen sich mittlerweile etwa 650 Kliniken, von denen sich circa 90 % in Deutschland befinden, an der Datenerfassung¹³. Lefering et al. zufolge liefert das TR-DGU® neben der Möglichkeit der externen Qualitätssicherung die Grundlage für wissenschaftliche Auswertungen bezüglich der Versorgung Schwerverletzter¹⁴.

Die beteiligten Kliniken erfassen standardisiert Daten aller traumatisierten Patienten, die über einen Schockraum eingeliefert werden und erhalten jährlich einen Qualitätsbericht über die Datenlage des gesamten Registers und der eigenen Klinik. So erfasste die DGU im Jahr 2016 Daten von insgesamt 40.836 Patienten. In dem Gesamtkollektiv erfüllten 12 % ($n=5.089$) der Patienten die Kriterien der „Berlin Definition“ des Polytraumas, schwere Verletzungen mit einem ISS-Wert ≥ 16 zeigten sogar 45 % ($n=18.479$) der Patienten¹³. Aufgrund einer steigenden Anzahl erfasster Patienten mit nur leichten Verletzungen, wird seit 2015 ein Basiskollektiv definiert, das nur Patienten mit relevanten Verletzungen und einer gültigen Altersangabe einschließt. Relevante Verletzungen definiert die DGU hier als Verletzungen mit einem AIS ≥ 3 oder einem AIS ≥ 2 mit zusätzlichem Intensivaufenthalt oder Tod des Patienten. Im Jahr 2016 umfasste das Basiskollektiv 82 % ($n=33.374$) der gesamten Patienten, auf die sich die weitere Auswertung bezog. Das durchschnittliche Alter des Basiskollektivs betrug 51,4 Jahre, 70 % waren Männer und 96 % wiesen ein stumpfes Trauma als Pathomechanismus auf. Der durchschnittliche ISS betrug 18,6, wobei 55 % der Patienten ein ISS ≥ 16 aufwiesen. Bei 79 % wurde im Rahmen der Notfalldiagnostik eine Ganzkörper-Computertomographie („Whole Body Computertomographie“, *WBCT*) und bei 33 % ein

Röntgen des Thorax durchgeführt¹³. Interessanterweise existieren sowohl in der primären als auch in der sekundären Versorgungsphase keine Daten zum Einsatz der Sonographie.

1.4 Das abdominelle Trauma im Rahmen des Polytraumas

In Deutschland erleiden laut Pothmann et al. etwa 20-25 % aller polytraumatisierten Patienten auch eine Verletzung des Abdomens. Ursächlich für diese Traumata sind in Europa mit 95 % weitgehend stumpfe Traumata, meist im Rahmen von Verkehrsunfällen und Stürzen¹⁵. Abdominelle Verletzungen stellen schwere Verletzungsbilder dar. Hiermit vereinbar ist auch die hohe Inzidenz lebensgefährlich verletzter Patienten in dieser Gruppe (23 % der Patienten mit relevanter abdomineller Verletzung (AIS \geq 3) sind lebensgefährlich verletzt)¹⁶.

Verletzungen abdomineller Organe umfassen Parenchym-lacerationen und Hohlorganperforationen, mit häufig relevanten Blutungen. Auch sekundäre Blutungen, insbesondere der Milz und Leber, stellen gefürchtete Komplikationen dar. Grundsätzlich können alle abdominellen Organe betroffen sein, dennoch zeigen sich stark differierende Vulnerabilitäten. So zeigen sich Leber (40 %), Milz (32 %), Nieren (25 %) und Darm (11 %) relativ häufig verletzt. Magen, Pankreas, Ureter, Blase und Diaphragma sind im Rahmen der meist stumpfen Verletzungen hingegen seltener betroffen¹⁵.

1.5 Diagnostik abdomineller Traumafolgen in der primären Versorgungsphase

In der S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung aus dem Jahre 2016 werden verschiedene diagnostische Möglichkeiten zur Detektion abdomineller Verletzungen bei polytraumatisierten Patienten vorgestellt und näher beleuchtet. Primär wird empfohlen, dass ein „Focussed Assesment with Sonography for Trauma“ (FAST) in der initialen Frühphase der Versorgung immer Anwendung finden sollte¹⁷. Die FAST-Untersuchung stellt sowohl im klinischen als auch präklinischen Alltag einen etablierten Bestandteil der Schwerverletztenversorgung dar und liefert zügig und fokussiert Informationen über peritoneale und perikardiale Verletzungen sowie über das Vorhandensein freier intrabdomineller und -thorakaler Flüssigkeiten. Zu diesem Zweck werden vier definierte Schnittebenen zur Beurteilung des perihepatischen („Morrison Pouch“) und perisplenischen Winkels („Koller-Pouch“), des kleinen Beckens („Douglas-

Raum“) und des perikardialen Raumes eingestellt¹⁸. Leichte Verfügbarkeit, einfache Handhabung, günstige Kosten, fehlende Invasivität und (wenige) Kontraindikationen gehören zu den wichtigsten Vorteilen der FAST-Untersuchung^{19,20}. Allerdings ist der Nutzen dieser Untersuchungsmethode umstritten, da zwei Übersichtsarbeiten aus den Jahren 2011 und 2013 in Bezug auf die FAST-Diagnostik zum einen eine geringe Sensitivität und des Weiteren eine starke Untersucher- und Patientenabhängigkeit als relevante Nachteile identifizierten^{19,21}. Als zügiges und nicht-invasives Diagnostikum hat dieses Untersuchungsverfahren trotz der bisher unzureichenden Evidenz weiterhin eine Berechtigung in der Schockraumdiagnostik beibehalten^{21,22}.

Den Goldstandard der apparativen Diagnostik abdomineller Verletzungen im Rahmen der Schockraumversorgung stellt die WBCT dar, die den aktuellen Leitlinien entsprechend immer durchgeführt werden sollte, sofern der klinische Zustand des Patienten dies zeitlich zulässt^{15,22}. Als WBCT wird eine Bildgebung des Kopfes bis einschließlich Beckens mittels Computertomographie (CT) bezeichnet. Ein zusätzliches Erfassen der Extremitäten ist optional möglich, aber nicht obligat. Laut DGU sollte die craniale CT (cCT) ohne Kontrastmittelverstärkung erfolgen, der Stamm hingegen kontrastmittelverstärkt untersucht werden. Hierzu kann entweder eine arterielle oder eine Dual-Bolus-Kontrastmittelapplikation zur Detektion relevanter intraabdomineller Blutungen erfolgen. Zahlreiche Studien zur Durchführung der WBCT im Rahmen der Schockraumdiagnostik konnten eine hohe Prozessqualität, insbesondere bezüglich Zeitmanagements und diagnostischer Sicherheit, darstellen. Gerade die hohe Sensitivität (82–97,2 %) und Spezifität (94,7-99 %) spiegeln sich in einem relevanten Überlebensvorteil gegenüber einer Schockraumdiagnostik ohne WBCT wider^{23–28}. Die WBCT ermöglicht die zeitnahe Lokalisation einer frischen Blutung, sowie die Differenzierung zwischen Hämoperitoneum, Flüssigkeitsverhalt und Hohlorganverletzungen^{27–30}. Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine computertomographische Darstellung von Organläsionen und freier Flüssigkeit im Abdomen. Insbesondere die Einführung der Multislice-Computertomographie (MSCT) beschleunigte diese Entwicklung, da sie rasche Untersuchungszeiten bei reduzierten Bewegungsartefakten und verbesserter Auflösung im Schockraum ermöglichte. Auf Grund der technischen Weiterentwicklung der computertomographischen Verfahren mit entsprechender Beschleunigung der Diagnostik konnte sie auch bei hämodynamisch instabilen Patienten erfolgreich eingesetzt werden. Zuvor wurden diese Patienten stabilisiert und unmittelbar einer Operation zugeführt. Durch die genaue Identifikation der abdominellen Verletzungen, mit entsprechenden zielgerichteten therapeutischen Procedere, konnte aber letztlich ein Vorteil der WBCT auch bei hämodynamisch

instabilen Patienten dargestellt werden²⁶. Der negative Aspekt der Strahlenbelastung sollte insbesondere bei pädiatrischen und schwangeren Patienten berücksichtigt werden, stellt aber in der Behandlung schwerverletzter erwachsener Patienten in der Nutzen-Risiko-Abwägung, insbesondere vor dem Hintergrund einer zunehmenden Reduktion der Strahlenbelastung (5-10 mSv), eine untergeordnete Rolle²⁶.

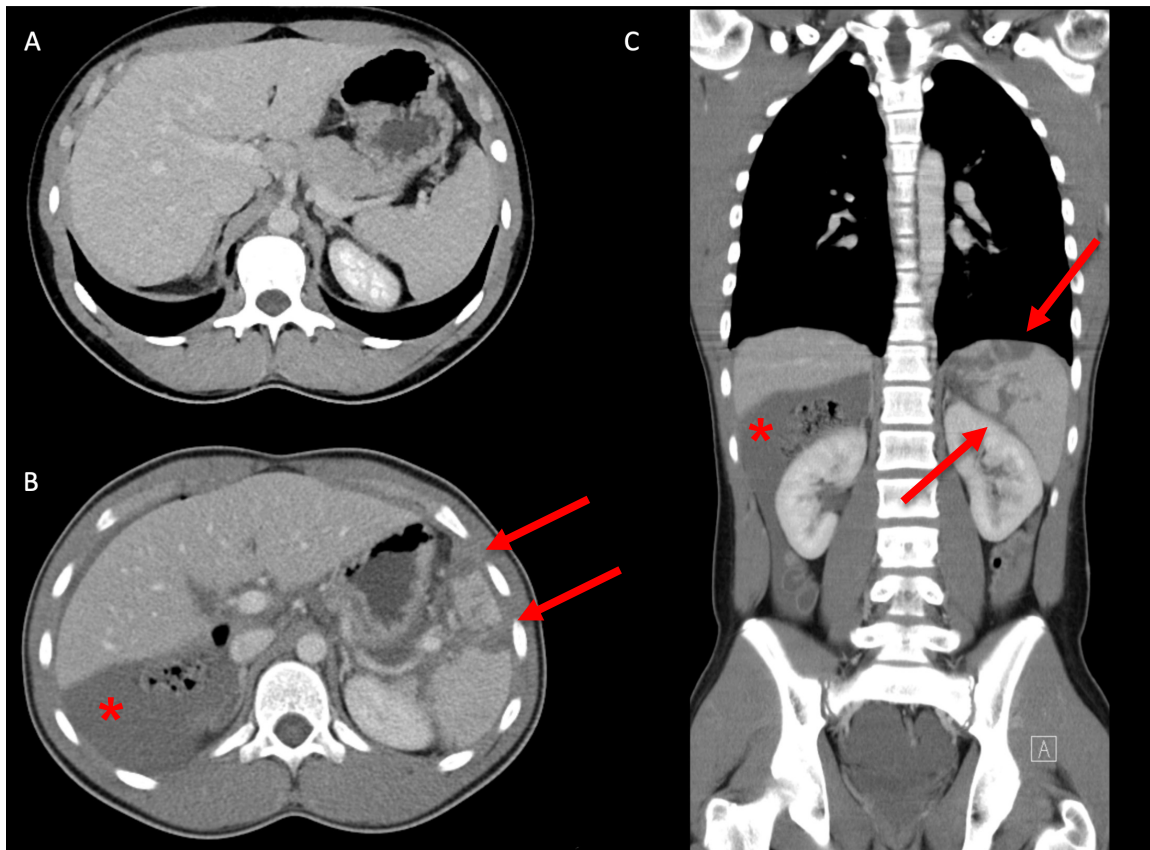


Abbildung 1 Gegenüberstellung computertomographischer Bilder (Somatom Definition AS, Siemens Healthcare, Erlangen) mit und ohne Nachweis abdomineller Organläsionen in der portalvenösen Phase nach der intravenösen Applikation von jodhaltigem Kontrastmittel (Ultravist 370, Bayer Vital, Leverkusen). **A:** Unauffälliger transversaler Oberbauchschnitt der CT-Untersuchung eines Patienten ohne Nachweis von Organläsionen. **B und C:** Transversale und koronale Rekonstruktionen der CT-Untersuchung eines anderen Patienten nach stumpfem Bauchtrauma mit Nachweis von Hämaskos (Asterisk) und einer Milzlazeration (Pfeile).

Die diagnostische Peritoneallavage sollte, außer in Ausnahmefällen, trotz hoher Sensitivität und Spezifität nicht mehr angewandt werden, da sie aufgrund falsch positiver Befunde zu einer Vielzahl unnötiger Laparotomien führt und kein geeignetes Diagnostikum für retroperitoneale Verletzungen darstellt^{27,31,32}.

Neben diesen im Rahmen der Erstbeurteilung anzuwendenden diagnostischen Möglichkeiten stehen weitere ergänzende Untersuchungen zur Verfügung, deren Indikation abhängig vom individuellen Patienten ist. Besteht beispielsweise der Verdacht auf eine Verletzung der ableitenden Harnwege können eine CT-Zystographie, ein

Zystogramm oder ein Urethrogramm durchgeführt werden¹⁵. Weiterhin spielen natürlich auch die Anamnese und nicht-apparative Untersuchungsmöglichkeiten wie die Inspektion, Palpation, Perkussion und rektale-digitale Untersuchung eine wichtige Rolle. Hier ist die Aussagekraft allerdings im hohen Maße vom klinischen Zustand des Patienten und der Erfahrung des Untersuchers abhängig. Bei bewusstseinsgetrübten bzw. intubierten polytraumatisierten Patienten sind die Ergebnisse häufig nur eingeschränkt verwendbar. Labormedizinische Parameter sind dagegen unabhängig vom Bewusstseinszustand und lassen zwar keine Aussage über die abdominelle Verletzungsschwere zu, aber können als Verlaufsparemeter hilfreich sein¹⁵.

Die früher häufig praktizierte explorative Notfalllaparatomie sollte heutzutage lediglich bei therapierefraktären intraabdominellen Verletzungen nach individueller Nutzen-Risiko-Abwägung erfolgen³¹.

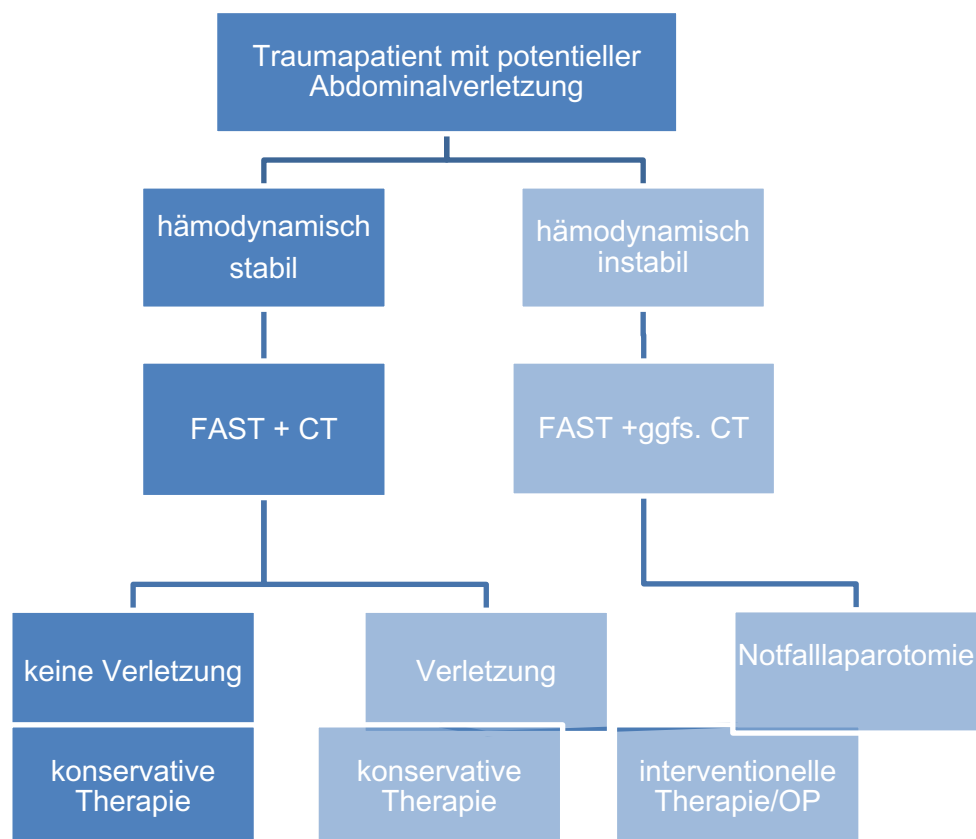


Abbildung 2 Algorithmus zur Diagnostik und Therapie abdomineller Traumafolgen (angelehnt an³¹). Der für die Studie relevante Handlungsstrang wurde dunkelblau hervorgehoben. *Abkürzungen:* CT: Computertomographie; FAST: Focused Assessment with Sonography of Trauma.

1.6 Therapie der abdominellen Begleitverletzung im Rahmen des Polytraumas

Der klinische Zustand eines polytraumatisierten Patienten dominiert das therapeutische Procedere: Im Falle einer hämodynamischen Instabilität mit Verdacht auf eine Abdominalverletzung sollte eine sofortige explorative Laparotomie erfolgen¹⁵. Sind zusätzlich Kriterien der „*AHK-Trias*“ erfüllt (Azidose (pH < 7,2), Hypothermie (< 34 °C), Koagulopathie (INR > 1,6 bzw. Transfusionsbedarf im OP > 4 l)), sollte leitliniengerecht eine chirurgische Versorgung nach den Damage-Control-Prinzipien erfolgen, deren Priorität auf der raschen Blutungs- und Kontaminationskontrolle liegt. Eine Sanierung der ursächlichen Verletzung erfolgt hier nicht, so dass erst im Verlauf nach Stabilisierung die endgültige operative Versorgung durchgeführt werden muss¹⁷. Im Falle eines hämodynamisch stabilen Patienten mit gegebener Indikation zur Intervention einer Leber- oder Milzverletzung empfiehlt die Leitlinie, abhängig vom Einzelfall, die selektive angiographische Embolisation¹⁷. Eine konservative Behandlung sollte hingegen beim hämodynamisch stabilen Patienten ohne interventionsbedürftige Befunde in der Bildgebung und ohne Anzeichen eines akuten Abdomens favorisiert werden¹⁵. In diesem Falle sollte der Patient laut Pothmann et al. mindestens 24-28 Stunden stationär überwacht werden und regelmäßigen klinischen und bei Bedarf auch labormedizinischen und bildgebenden Verlaufskontrollen unterzogen werden¹⁵. Der Algorithmus zu Diagnostik und Therapie abdomineller Traumafolgen wird in Abbildung 2 dargestellt.

1.7 Schockraumversorgung im Universitätsklinikum Gießen und Marburg Standort Gießen

Das Universitätsklinikum Gießen und Marburg (*UKGM*) am Standort Gießen ist als Haus der Maximalversorgung Standort eines überregionalen Traumazentrums. Das Klinikum umfasst insgesamt 1.231 Betten, in dem jährlich etwa 215.000 Patienten, davon 49.000 stationär, versorgt werden. Während des Studienzeitraumes gab es aufgrund des Umzugs des Studienklinikums in einen Neubau, ab April 2011 unterschiedliche räumliche Voraussetzungen. Auf die technischen Unterschiede, die durch die Verwendung verschiedener CT-Geräte und Protokolle entstanden, wird im Kapitel 2.5 eingegangen. Im Rahmen der Neueröffnung des Schockraums wurden neben der räumlichen Umstrukturierung auch die Standard Operating Procedures (*SOP*) zur Schockraumversorgung neu definiert¹⁷. Diese bis heute gültigen *SOPs* wurden auf Basis der gültigen Leitlinien und kliniksinterner Erfahrungen entwickelt. Die allgemeine

Schockraumversorgung am Patienten hat sich bereits vorher stets an den damals gültigen Leitlinien der DGU orientiert^{1,17}. Die Indikationen der Schockraumalarmierung werden in Tabelle 1 dargestellt.

Kriterien zur Schockraumbehandlung nach S3-Leitlinie	
Empfehlungs- grad A:	<ul style="list-style-type: none"> a) Störung der Vitalparameter <ul style="list-style-type: none"> - Systolischer Blutdruck unter 90 mmHg nach Trauma, - GCS unter 9 nach Trauma, - Atemstörung/Intubationspflicht nach Trauma. b) Offensichtliche Verletzungen <ul style="list-style-type: none"> - Penetrierende Verletzungen der Rumpf-/Hals-Region, - Schussverletzungen der Rumpf-/Hals-Region, - Frakturen von mehr als zwei proximalen Knochen, - Instabiler Thorax, - Instabile Beckenfraktur, - Amputationsverletzung proximal der Hände/Füße, - Verletzungen mit neurologischer Querschnittssymptomatik, - Offene Schädelverletzung, - Verbrennung > 20 % von ≥ 2b.
Empfehlungs- grad B:	<ul style="list-style-type: none"> c) Unfallmechanismus bzw. -konstellation <ul style="list-style-type: none"> - Sturz aus über drei Metern Höhe, - Verkehrsunfall, - Frontalaufprall mit Intrusion von mehr als 50-75 cm, - Geschwindigkeitsveränderung von delta > 30 km/h, - Fußgänger-/Zweirad-Kollision, - Tod eines Insassen, - Ejektion eines Insassen.
	Bei Nichtzutreffen eines der Kriterien aus a) und/oder b) ist der Unfallmechanismus c) zielführend für eine Schockraumversorgung

Tabelle 1 Kriterien zur Schockraumbehandlung aus dem „Weißbuch“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie¹

1.8 Abdominelle Kontroll-Sonographie im Rahmen des konservativen Behandlungskonzeptes

Patienten, die dem konservativen Therapiekonzept zugeordnet werden, können wiederum in Patienten mit vorerst nicht-interventionsbedürftigen Befunden und Patienten ohne abdominelle Pathologien in der Schockraumdiagnostik unterteilt werden. Letztere definieren das Patientenkollektiv der vorliegenden Arbeit und stellen das Behandlungsteam auf Grund sogenannter „Missed Injuries“ vor eine interdisziplinäre Herausforderung.

1.8.1 Missed Injuries

Missed Injuries sind als Verletzungen definiert, die in der initialen („Primary Trauma Survey“) und auch sekundären („Secondary Trauma Survey“) Diagnostik, aufgrund der Komplexität der Polytraumaversorgung, übersehen werden. Der Zeitpunkt, ab welchem eine gestellte Diagnose als übersehen („missed“) zählt, ist allerdings nicht einheitlich definiert und variiert stark³³. Eine von Keijzers et al. vorgeschlagene Klassifikation der Missed Injuries zeigt Tabelle 2.

Missed Injury Typ	Beschreibung
Typ I	<i>Vor TTS oder als Ergebnis des TTS:</i> In den initialen Untersuchungen (Primary und Secondary Survey, Notfalldiagnostik) übersehene, aber innerhalb der ersten 24 Stunden detektierte Verletzung
Typ II	<i>Nach TTS, während Klinikaufenthalt:</i> In initialen Untersuchungen und Tertiary Survey übersehene Verletzung, detektiert nach Ablauf der ersten 24 Stunden, aber noch während des Klinikaufenthaltes
Typ III	<i>Nach TTS, nach Entlassung aus der Klinik:</i> Während des Klinikaufenthaltes (initiale Untersuchungen und TTS und weiterem Verlauf) übersehene Verletzung, detektiert nach Entlassung aus der Klinik

Tabelle 2 “Missed Injury Klassifikation” angelehnt an “Missed injury classification” entnommen aus³⁴,
Abkürzungen: TTS: Tertiary Trauma Survey

Hajibandeh et al. beschreiben in einer aktuellen Übersichtsarbeit eine differierende Inzidenz übersehener Verletzungen von etwa 1 % bis 40 % mit signifikanten Folgen, hinsichtlich Morbidität und Mortalität. Den größten Anteil der Missed Injuries machen Extremitätenverletzungen aus, aber neben weiteren sind auch abdominelle Verletzungen je nach Studie mit 2 % bis 17 % der gesamten Missed Injuries vertreten³⁵⁻³⁸. Auch Stengel et al. betonen das Risiko Organverletzungen wie viszerale Hämatome, Risse oder Hohlorganlazerationen zu übersehen, während El-Matbouly et al. eine Korrelation zwischen einer verzögerten Diagnose einer stumpfen Milzverletzung und einer hohen Mortalitätsrate von 7 bis 18 % beschreiben^{19,39}. Besonders gefährdet für Missed Injuries sind, auf Grund der Komplexität der Verletzungsmuster, intensivmedizinisch versorgte Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma sowie notoperierte Patienten³⁷. Im Rahmen der Schockraumdiagnostik zeigt die WBCT einen vorteilhaften Einfluss auf die Anzahl detektierter Missed Injuries. So werden Missed Injuries im Vergleich zur alleinigen Durchführung von Sonographie und konventioneller Radiologie reduziert²⁶.

1.8.2 Tertiary Trauma Survey

Mit dem Ziel die Inzidenz von Missed Injuries zu detektieren und vor dem Hintergrund der durch die Umstände der Polytraumaversorgung limitierten diagnostischen Möglichkeiten, wurde 1990 der Tertiary Trauma Survey (TTS) eingeführt⁴⁰. Laut Thompson et al. sollte eine solche Untersuchung strukturiert und umfangreich nach Abschluss der initialen Diagnostik und erneut, wenn der Patient das Bewusstsein und die Fähigkeit zur Kooperation wiedergewinnt, durchgeführt werden. Ihre Durchführung sollte durch den behandelnden und einen weiteren Konsiliararzt erfolgen³³. Neben der wiederholten gründlichen körperlichen Untersuchung sollte eine erneute Sichtung und Beurteilung der bisherigen bildgebenden und labormedizinischen Diagnostik erfolgen³⁴. Der TTS hat sich weltweit etabliert, auch wenn sich in der Literatur diesbezüglich auch kritische Bewertungen finden³⁸. So werden neben der bisher unzureichenden Evidenz der vermehrte Zeitaufwand für medizinisches Personal, die höheren Kosten und die Gefahr der „over-diagnosis“ kleinerer, sich selbst-limitierender Verletzungen thematisiert^{34,38}.

1.8.3 Abdominelle Verlaufs-Ultraschalluntersuchung

Als Teil des TTS existieren, trotz unzureichender Evidenz, Empfehlungen zur Durchführung einer abdominalen Kontrollsonographie, die auf eine Reduktion der Inzidenz von abdominalen Missed Injuries abzielen^{17,41,42}. Es existieren weder zum Umfang der Untersuchung noch zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchung einheitliche Empfehlungen. Dabei spielt die geringe Evidenz zu diesem Thema eine entscheidende Rolle. Entstanden zu Zeiten der Single-Slice-Computertomographie, raten Geyer et al. dazu diese Empfehlungen in der heutigen Zeit zu überdenken⁴³. So ist die moderne MSCT-Diagnostik qualitativ ausgereifter und der Sonographie bezüglich der Detektion von Organverletzungen überlegen^{17,24,44}. Zur Verdeutlichung stellt Abbildung 3 Sonographiebilder einer Milzlazeration mit unterschiedlich stark auflösenden Ultraschallsonden und in verschiedenen Schallebenen gegenüber. Insbesondere der Vergleich mit den computertomographischen Bildern des gleichen Patienten (siehe Abbildung 1) veranschaulicht den qualitativen Unterschied dieser diagnostischen Tools. Verschiedene Studien konnten die Limitationen, denen die Ultraschalldiagnostik abdominaler Verletzungen unterworfen ist, aufzeigen. Insbesondere die Abhängigkeit vom Untersucher macht die Bewertung der abdominalen Kontrollsonographie schwierig. Eine Ultraschalluntersuchung im Sinne des FAST-Konzeptes ist in diesem Zusammenhang nur bei klinisch auffälligen Patienten mit Ziel eines schnellen bettseitigen Ausschlusses einer intraabdominellen Blutung sinnvoll. Dies entspricht aber nicht der Zielsetzung der abdominalen Kontrollsonographie im TTS. Insofern ist für diese Diagnostik ein erfahrener Sonographieur notwendig, der in einer detaillierten Untersuchung des Abdomens auch kleine Läsionen zu erfassen vermag. Allerdings werden insbesondere kleinere („low-grade“) Läsionen der Leber, Milz und Nieren nicht zuverlässig detektiert⁴⁵⁻⁴⁷. Vor dem Hintergrund der zusätzlichen Kosten und des hohen Personalaufwands, die mit der Durchführung der Verlaufs-Ultraschallkontrollen verbunden sind, scheint eine Neubeurteilung der Sinnhaftigkeit dieses Diagnose-Tools angemessen⁴⁸.

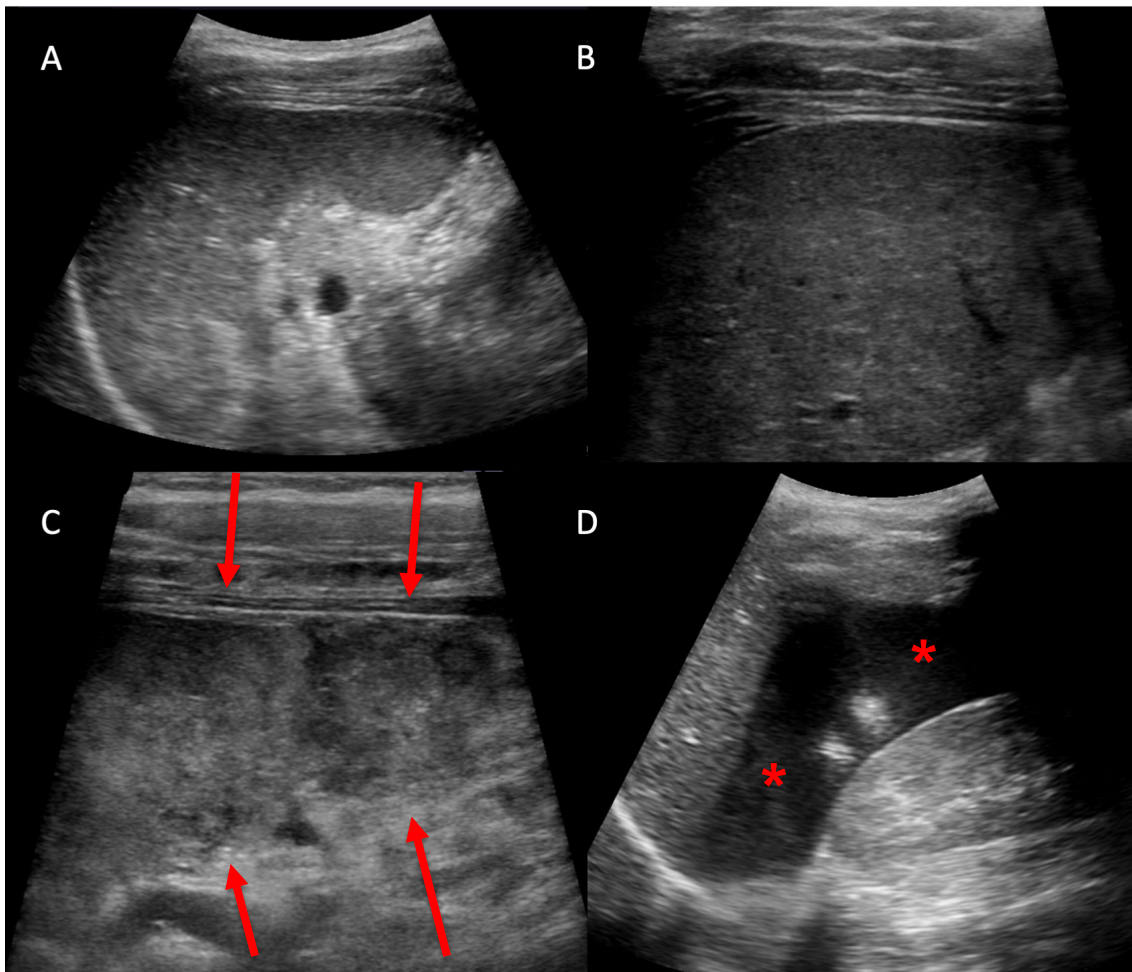


Abbildung 3 B-Bild-Sonographie eines Patienten mit Milzlazeration nach stumpfem Bauchtrauma bei guten Untersuchungsbedingungen (Ultraschallgerät: Acuson S2000, Siemens Healthcare, Erlangen). Untersuchung der Milz zunächst mit Konvexschallkopf bei 4,5 MHz (**A**) ohne sicher erkennbare Parenchymverletzung. Mithilfe eines Linearschallkopfes bei 9 MHz mit höherer Ortsauflösung dargestelltes Parenchym mit unauffälliger Abbildung im kraniokaudal mittleren Anteil der Milz (**B**). Am Unterpole der Milz bei 9 MHz erkennbare Lazeration mit deutlich echoinhogenem Parenchym (Pfeile) (**C**). Zudem Nachweis freier intraabdomineller Flüssigkeit im Morison-Pouch bei Darstellung mit Konvexschallkopf bei 4,5 MHz (Asterisk) (**D**).

1.9 Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es den Nutzen einer abdominalen Kontrollsonographie bei Traumapatienten, ohne Nachweis abdominalen Organverletzungen oder freier Flüssigkeit im initialen WBCT, zu beurteilen. Auf Basis der durchgeführten retrospektiven Analyse sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Lieferte die abdominale Kontrollsonographie am Universitätsklinikum Gießen im Zeitraum Januar 2008 bis Dezember 2011 ergänzenden Informationen bei traumatisierten Patienten, welche in der initialen WBCT einen unauffälligen abdominalen Befund aufwiesen?
- Hatte die abdominale Kontrollsonographie am Universitätsklinikum Gießen im Zeitraum Januar 2008 bis Dezember 2011 Einfluss auf das therapeutische Procedere?
- Hatte die abdominale Kontrollsonographie am Universitätsklinikum Gießen im Zeitraum Januar 2008 bis Dezember 2011 Einfluss auf das Überleben der Patienten?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Studienablauf

Im Rahmen der vorliegenden retrospektiven, deskriptiven und monozentrischen Kohortenanalyse wurden alle Trauma-Patienten des Universitätsklinikums Gießen und Marburg, am Standort Gießen, die zwischen Januar 2008 und Dezember 2011 in den Schockraum eingeliefert wurden, auf das Vorliegen eines schriftlichen Befundes einer WBCT und einer Kontroll-Sonographie des Abdomens untersucht. Nach der Überprüfung der radiologischen Befunde und des Patientenalters wurde über den Einschluss in die Studie entschieden. Die digitalen Akten der eingeschlossenen Patienten wurden gesichtet, detaillierte klinische und radiologische Daten systematisch erhoben und einer deskriptiven statistischen Analyse unterzogen.

Die Genehmigung der zuständigen Ethikkommission des Fachbereichs 11, der Justus-Liebig-Universität Gießen, wurde vor Beginn der Studie eingeholt (AZ: 134/13).

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Folgende Ein- und Ausschlusskriterien wurden für das Studienkollektiv definiert: In die Studie eingeschlossen wurden alle Patienten, die zum Zeitpunkt der Krankenhausaufnahme das 18. Lebensjahr vollendet hatten, bei denen die initial durchgeführte WBCT keine abdominellen Organläsionen und keine intraabdominelle freie Flüssigkeit zeigte und bei denen im Rahmen des TTS eine Kontrollsonographie des Abdomens innerhalb von 24 Stunden durch einen Arzt der Radiologie durchgeführt und adäquat dokumentiert wurde. Hingegen wurden Patienten vor dem vollendeten 18. Lebensjahr und Patienten, deren initiales Ganzkörper-CT intraabdominelle Flüssigkeit und/oder abdominelle Organläsionen zeigten, ausgeschlossen.

2.3 Traumatologische und intensivmedizinische Scoring Systeme

In der vorliegenden Arbeit wird auf verschiedene Scores, die auch im klinischen Alltag Anwendung finden, zurückgegriffen. Neben den intensivmedizinischen Scores Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II (*APACHE II*), Simplified Acute Physiology Score II (*SAPS II*) und Sepsis-related Organ Failure Assessment Score (*SOFA*) und dem Glasgow Coma Scale (*GCS*) wurden die Traumascores AIS, ISS und New Injury Severity Score (*NISS*) zur Beurteilung der Verletzungsschwere erfasst.

2.3.1 Traumascores

Der AIS dient der Vergleichbarkeit verschiedener Verletzungen, indem er die Verletzungsschwere mittels eines Punktesystems objektiviert und eine Aussage über die Letalitätswahrscheinlichkeit trifft. Null Punkte repräsentieren eine Verletzungsfreiheit, ein bis sechs Punkte die ansteigende Verletzungsschwere und 9 Punkte eine nicht mit ausreichender Sicherheit diagnostizierte Verletzung⁴⁹⁻⁵¹.

Körperregion	Beispiele
Kopf und Hals	Knöcherner Schädel (ohne Gesichtsschädel), Halswirbelkörper, Groß- und Kleinhirn, Medulla oblongata, Cervikalmark und Asphyxie
Gesicht	Gesichtsknochen, Mund, Nase, Augen, Ohren
Thorax	Brustkorb einschließlich Brustwirbelsäule, Rippen, Brustwirbelkörper, thorakales Rückenmark, thorakale Organe inklusive Zwerchfell; Ertrinken
Abdomen- oder Beckeninhalt	Inklusive Wirbelkörper- und Rückenmarksverletzung LWS
Extremitäten oder Beckenring	Extremitäten, knöchernes Becken
Äußerliche Strukturen	Verletzungen der Haut und Unterhaut durch mechanische und thermische Einwirkung oder Strom unabhängig von der Lokalisation

Tabelle 3 Beschreibung des für den ISS relevanten AIS in Bezug auf die verschiedenen Körperregionen

Im Rahmen des ISS werden bei einer Mehrfachverletzung die im AIS erhobenen Werte als Berechnungsgrundlage verwendet, indem nicht nur eine, sondern die drei schwersten Verletzungen des Patienten mit in die Bewertung eingehen. Es werden sechs Verletzungsklassen definiert, denen die einzelnen AIS-Punkte je nach Region oder Verletzungsmechanismus zugeordnet werden. Der ISS errechnet sich schließlich aus der Quadratsumme der drei höchsten AIS-Codes pro Körperregion. Im Falle eines AIS von 9 ist kein ISS errechenbar, im Falle eines AIS von 6 ist ein ISS von 75 definiert⁵².

Der NISS wird aus der Summe der Quadrate der drei höchsten AIS-Scores, unabhängig von der Körperregion, errechnet⁵³.

Für die Berechnung des GCS werden die drei Kategorien „beste motorische Reaktion“, „beste verbale Reaktion“ und „Augen öffnen“ Punkte vergeben und addiert. Der resultierende Gesamtwert zwischen 3 und 15 Punkten beschreibt die Bewusstseinslage und korreliert mit dem Outcome des Patienten^{54,55}.

2.3.2 Intensivmedizinische Scores

Der APACHE II-Score (0-71 Punkte) dient der Einschätzung der innerklinischen Mortalität und korreliert mit der Mortalitätswahrscheinlichkeit⁵⁶.

Der SAPS II-Score beinhaltet 17 Variablen, welche u.a. das Alter, die Aufnahmeart, drei Variablen zu Vorerkrankungen und 12 weitere physiologische Parameter beinhalten⁵⁷. Hierdurch kann ein Gesamtwert von 0-163 Punkten erreicht werden, wobei auch hier mit einer höheren Punktzahl die Mortalitätswahrscheinlichkeit steigt.

Der SOFA-Score beschreibt hingegen neben der Letalitätswahrscheinlichkeit den Funktionszustand sechs verschiedener Organsysteme. Jedem Organsystem werden hier 0-4 Punkte von normal bis massiv eingeschränkt zugeordnet. Der SOFA-Score hat sich zu dem am weitesten verbreiteten intensivmedizinischen Score entwickelt⁵⁸.

2.4 Zielparameter

Neben den Basischarakteristika der Patienten waren für die Studie die Unfallanamnese, Labor- und Blutdruckwerte, prognostische Scores und Daten zu therapeutischen Maßnahmen von Interesse. Weiterhin wurden Prozessdaten wie die Dauer zwischen Krankenhausaufnahme und Kontrollsonographie erfasst.

Als primärer Zielparameter wurde das Erfassen von sekundären Blutungsereignissen in der abdominellen Kontrollsonographie und die daraus resultierenden therapeutischen Konsequenzen definiert. Hierzu wurden Letalität, wobei zwischen 24 Stunden-, innerklinischer und 30 Tage-Letalität unterschieden wurde, und das Auftreten von sekundären Blutungsereignissen und operativen Interventionen innerhalb von 24 Stunden beschrieben. Bei der Beschreibung von Blutungen und Interventionen beschränkten wir uns auf die, für die Studie relevante, Angabe von Ereignissen in Abdomen und Becken. Zur Identifizierung von Blutungsereignissen wurde auf die ärztliche Dokumentation im elektronischen Patientendaten-Managementsystems (PDMS, (Narko- und ICUData[®], IMESO GmbH, Gießen, Deutschland)) und auf den Verlauf des Hämoglobinwertes und der Blutdruckwerte zurückgegriffen, operative

Interventionen ließen sich mithilfe des PDMS und Entlassungsbriefen nachvollziehen. Die dokumentierten Kontrollsonographien wurden gesichtet und pathologische Befunde, falls vorhanden, erfasst. Weiterhin wurde die Dauer zwischen Schockraumende und Kontrollsonographie erhoben. Die erhobenen Basisdaten umfassten Alter, Geschlecht und Aufenthaltsdauer im Krankenhaus und auf der Intensivstation.

Auch präklinische Daten wurden erfasst, wobei auf die vom zuständigen Anästhesisten dokumentierten Informationen der Schockraumübergabe im PDMS und, wenn vorhanden, auf das Einsatzprotokoll des Rettungsdienstes zurückgegriffen wurde. Hier wurden das Auftreten eines systolischen Blutdruckes < 90 mmHg, eines GCS < 9 und < 6 , sowie die Notwendigkeit einer kardiopulmonalen Reanimation und einer Intubation dokumentiert. Weiterhin wurde der Unfallmechanismus erfasst, wobei zwischen Verkehrsunfällen, entweder mit dem Auto, Kraftrad, Fahrrad oder als Fußgänger, und Stürzen aus einer Höhe von größer oder kleiner drei Metern unterschieden wurde. Andere Unfallarten wurden dem Punkt „Sonstiges“ zugeordnet. Zusätzlich wurde eine Einteilung in die Verletzungsart stumpf und spitz vorgenommen.

Den Schockraumaufenthalt betreffende Daten wurden dem PDMS entnommen. Auch hier wurde wieder das Auftreten eines systolischen Blutdruckes < 90 mmHg, und die Notwendigkeit einer kardiopulmonalen Reanimation und/oder Intubation erfasst. Weiterhin wurde das Volumen transfundierter Erythrozytenkonzentrate in ml und eine Auswahl der initialen Laborwerte dokumentiert. Die Transfusion von mindestens 9 Einheiten Erythrozytenkonzentrat, einen Hämoglobinwert < 90 mg/dl und einen systolischen Blutdruck < 90 mmHg erfassten wir gesondert und definierten sie als indirekte Blutungszeichen. Auch die Verletzungsschwere wurde mit Hilfe der Traumascores AIS, ISS und NISS dokumentiert. Zu diesem Zweck wurden die im Schockraum erhobenen Befunde vollständig gesichtet, jeder Verletzung der definierte AIS Code nach AIS 2005 zugeordnet und hierauf basierend ISS und NISS bestimmt.

Weiterhin wurden auch Daten zum Aufenthalt auf der Überwachungsstation erfasst. Für die ersten 24 Stunden wurden die intensivmedizinischen Scores SAPS II, APACHE II und SOFA berechnet. Das PDMS und Entlassungsbriefe wurden hinsichtlich gegebenenfalls durchgeführter Organersatzverfahren gesichtet und auch für den Intensivstationsaufenthalt wurde das Transfusionsvolumen in ml dokumentiert. Im Falle einer invasiven Beatmung wurde die invasive Beatmungsdauer bestimmt und in Stunden angegeben.

Außerdem wurden die durchgeführten laborchemischen Untersuchungen im Hinblick auf definierte Werte zum Zeitpunkt der Aufnahme in den Schockraum, der Aufnahme auf die Intensivstation und nach 24 Stunden analysiert. Der initialen Laborchemie wurden partielle Thromboplastinzeit (*PTT*), Quick, International Normalized Ratio (*INR*), pH,

Base Excess und Laktat entnommen. Zusätzlich wurde der Hämoglobinwert nach 24 Stunden erneut als Blutungsmarker erfasst. Eine Übersicht über die erhobenen Zielparameter zeigt Tabelle 4.

Variablen	
Basisdaten	Patientencharakteristika Geschlecht Alter Aufenthaltsdauer Krankenhaus Intensivstation Outcome 24-Stunden- Mortalität Innerklinische >Mortalität 30-Tage-Mortalität Sekundäres Blutungsereignis Intraabdominelle operative Intervention Intraabdominelles Kompartiment Positiver Befund in der Kontrollsonografie
Schockraum Daten	Blutdruck Intubation Reanimation Labor Transfusion von Erythrozytenkonzentraten Verletzungsschwere AIS ISS NISS
ICU Daten	Intensivmedizinische Scores SAPS II APACHE II SOFA Labor Transfusion von Erythrozytenkonzentraten Intubation Beatmungsdauer Organersatzverfahren
Prozessdaten	Dauer von Krankenhausaufnahme bis GKCT Dauer von Schockraum bis Kontrollsonografie

Tabelle 4 Übersicht über die Zielparameter

2.5 Radiologische Verfahren

Im Zeitraum der Studie von 2008 bis 2011 wurden in unserem Klinikum zwei verschiedene CT-Geräte und Protokolle verwendet. Von Januar 2008 bis März 2011 wurden Schockraum-CTs mittels eines 64-Zeilen Dual-Source MDCT Scanners (Sensation, Siemens Healthcare, Forchheim, Deutschland) durchgeführt und ein monophasisches Scanprotokoll genutzt. Seit April 2011 wurden Traumapatienten dagegen mittels eines 40-Zeilen Sliding-Gantry-CT-Scanners (Sensation Open, Siemens Healthcare, Forchheim, Deutschland) und eines biphasischen Injektionsprotokolls untersucht. Kontrastmittel wurde in Form von 370 mg Jod/ml (Ultravist 370, Bayer Healthcare, Berlin, Deutschland) verwendet, wobei sowohl periphere als auch zentrale Venenzugänge genutzt wurden.

2.6 Sonographie

Sowohl für die sonographische Diagnostik im Schockraum als auch für die abdominelle Verlaufssonographie wurde ein Ultraschallgerät der Firma Philips (Acuson 300®, Siemens Healthineers, Erlangen, Deutschland) verwendet. Während die initiale Untersuchung durch die diensthabenden Viszeralchirurgen und Radiologen durchgeführt wurden, erfolgte die Kontrollsonographie des Abdomens im Rahmen des TTS innerhalb von 24 Stunden nach Schockraumaufnahme durch den jeweils diensthabenden Radiologen und wurde im PDMS-Befundserver (MEDOS Nexus med RIS-Client Version 9.3.2276 und KAOS Desktop-Version 3.0.0.1) dokumentiert. Sie erfolgte nicht nach dem FAST-Prinzip, sondern nach einem krankenhausinternen Standard zum detaillierten Screening der vulnerablen Organe wie Leber, Milz und Nieren und zum Ausschluss freier Flüssigkeit in Abdomen und kleinen Becken. Einige Sonographien wurden aber aufgrund organisatorischer Gründe durch den Stationsarzt der Überwachungsstation durchgeführt und führten zu weniger ausführlichen, nicht mit dem radiologischen Standard vergleichbaren Befunden. Für die vorliegende Studie wurden lediglich die durch Radiologen erfolgten Ultraschalluntersuchungen als durchgeführt gewertet.

2.7 Datenschutz

Das Studienkollektiv wurde über eine automatisierte Datenbankabfrage in dem hausinternen Radiologie-Informationsmanagementsystem (MEDOS Nexus med RIS-Client Version 9.3.2276) mit den Suchbegriffen „CT Polytrauma“ und „Schockraum“ selektiert und über die Fallnummer mit dem OP-Dokumentationsmodul (KAOS Desktop-

Version 3.0.0.1, Eigenentwicklung des UKGM Gießen), sowie den intensivmedizinischen Daten aus den PDMS verknüpft. Eine Datenbank zur Erfassung aller studienspezifischer Parameter wurde erstellt und die Patientenidentitäten mittels Zufallsnummern pseudonymisiert. Die Dokumentation und Strukturierung der gesammelten Daten erfolgte über eine Exceltabelle (MS Excel®, Microsoft, Version 2010). Eine Tabelle, die eine Reidentifikation ermöglicht, wird in der Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin des Universitätsklinikums Gießen und Marburg (Standort Gießen) für mindestens 15 Jahre nach Veröffentlichung der Publikation durch die Studienverantwortlichen archiviert. Das Datenmanagement wurde durch die Sektion „Medizinische Informatik“ des Studienkrankenhauses betreut und überwacht.

2.8 Datenauswertung und Statistik

Es erfolgte eine deskriptive statistische Analyse der erhobenen Daten. Zunächst erfolgte eine Plausibilitätsüberprüfung der gewonnenen Daten. Diskrete Parameter wurden mittels Häufigkeitsanalysen (z.B. Kreuztabellen) und die Verteilung der Parameter mit Hilfe von Chi-Quadrat-Test oder exaktem Test nach Fisher überprüft. Normalverteilte Parameter sind mit Mittelwert und Standardabweichung dargestellt, während nicht-normalverteilte Werte mit Median und Konfidenzintervall präsentiert werden. Für alle statistischen Analysen wurden MS Excel® (Microsoft, Version 2010) und SPSS® Statistics (IBM, Version 21.0.0.0) verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Studienkollektiv

Während des vierjährigen Studienzeitraumes von Januar 2008 bis Dezember 2011 wurden 1.129 Trauma-Patienten über den Schockraum des Studienklinikums aufgenommen und mittels einer WBCT untersucht. In Bezug auf die Ausschlusskriterien wurden 73 pädiatrische Patienten, 79 Patienten mit einem positiven Nachweis einer abdominalen Verletzung in der initialen WBCT und 661 Patienten ohne dokumentierte abdominelle Kontrollsonographie von der Studie ausgeschlossen. Die übrigen 316 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien und bildeten das Studienkollektiv. In Abbildung 4 wird das Studiendesign präsentiert.

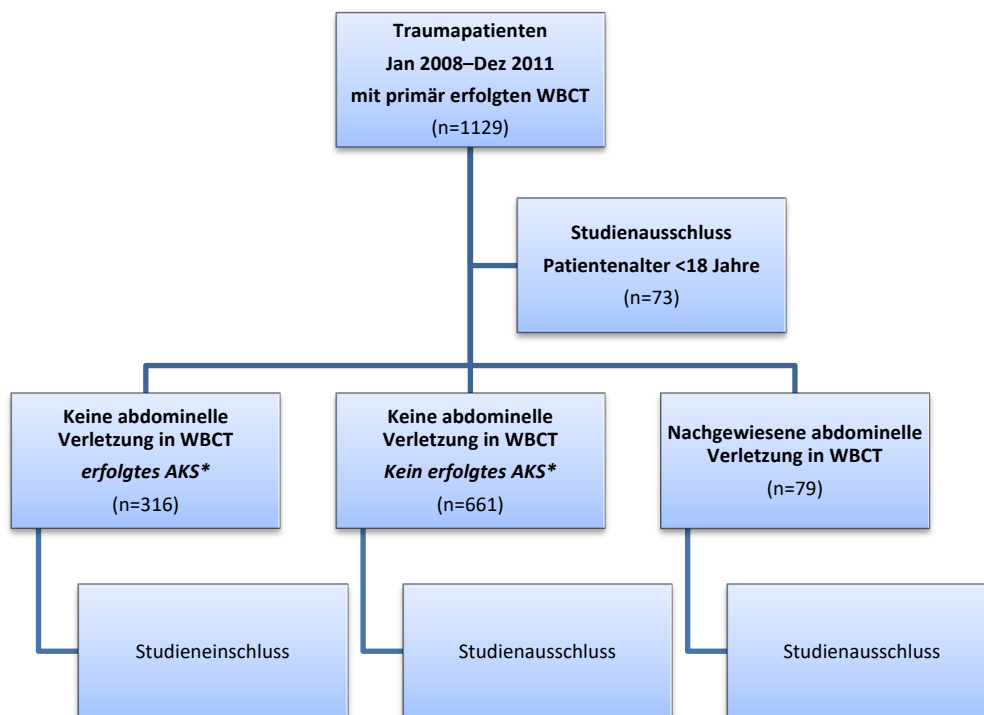


Abbildung 4 Präsentation des Studiendesigns. *Abkürzungen: WBCT = Whole Body-Computertomographie, AKS = Abdominelle Kontrollsonographie*

3.2 Patientencharakteristika

Das durchschnittliche Alter der 316 Patienten des Studienkollektivs betrug 43 (\pm 19) Jahre. Der älteste Patient war 95, der jüngste, nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien, 18 Jahre alt. 216 (68,4 %) Patienten waren männlich.

Die Patienten verbrachten im Durchschnitt 3,92 Tage auf einer Überwachungsstation und 12,4 Tage im Krankenhaus. Die innerklinische und die 30-Tage-Letalität betragen 1,9 % beziehungsweise 1,8 %. Keiner der beobachteten Patienten verstarb innerhalb der ersten 24 h nach Krankenhausaufnahme. Die Basischarakteristika des Studienkollektivs sind in Tabelle 5 dargestellt.

	Einheit	N (%)	MW	SD	Min	Max
Geschlecht männlich		216				
Alter	Jahre	316	43.1	19.01	18.0	95.0
Aufenthaltsdauer Klinik	Tage	316	12.3	12.1	0.35	92.0
Aufenthaltsdauer ICU	Tage	316	3.9	7.9	0.07	91.9
Dauer Schockraum- entlassung bis Kontrollsonografie	Stunden	316	9.1	10.6	0.4	23.9
Prähospitale Daten						
CPR		2 (0.6)				
GCS <8		32 (10.2)				
Endotracheale Intubation		37 (11.7)				
Schockraum Daten						
Hämoglobin <90mg/dl (n=309)		16 (5.17)				
Endotracheale Intubation		23 (7.3)				
CPR		0				
Dauer Krankenhaus- aufnahme bis WBCT	Minuten	316	36	22	5	159
ISS		316	10	8	0	43
NISS		316	13	11	0	59

APACHE II		316	11	8	0	37
SOFA		316	3	3	0	13
SAPS II		316	17	11	0	52
Dauer invasive Beatmung	Tage	316	4.7	7.9	0.04	32.7
Sekundäre intraabdominelle Blutung		0				
Intraabdominelle operative Intervention (24 h)		0				
Intraabdominelle operative Intervention (30 d)		0				
Intraabdominelles Kompartmentsyndrom		0				
Positiver Befund in der Kontrollsonografie		3 (0.9)				
24 -Stunden Mortalität		0				
30-Tage Mortalität		4 (1.8)				
Innerklinische Mortalität		6 (1.9)				

Tabelle 5 Basischarakteristika des Studienkollektives. *Abkürzungen: ICU: Intensive Care Unit, CPR: Cardiopulmonary Resuscitation; GCS: Glasgow Coma Scale; WBCT: Whole Body Computertomography ISS: Injury Severity Score; NISS: New Injury Severity Score; APACHE II: Acute Physiology and Chronic Health Evaluation; SOFA: Sequential Organ Failure Assessment Score; SAPS II: Simplified Acute Physiology Score.*

3.3 Traumamechanismus

In fast allen Fällen (99,4 %, n = 314) führten stumpfe Verletzungen zur Schockraumaufnahme. Bei dem überwiegenden Anteil der Patienten waren Verkehrsunfälle (73 %) und Stürze (22 %) ursächlich für die Verletzungen. 145 Patienten (46 %) waren als Fahrer oder Mitfahrer eines Personenkraftwagens (PKW) in einen Unfall verwickelt, 54 Patienten (17 %) hatten einen Unfall mit einem Kraftrad und jeweils 16 Patienten (5 %) waren als Fahrradfahrer oder Fußgänger in einen Unfall involviert. Stürze aus weniger als 3 Metern Höhe kamen 28 Mal (9 %) und Stürze aus mehr als 3 Metern Höhe 41 Mal (13 %) vor. Eine Übersicht der Unfallmechanismen wird in Abbildung 5 dargestellt.

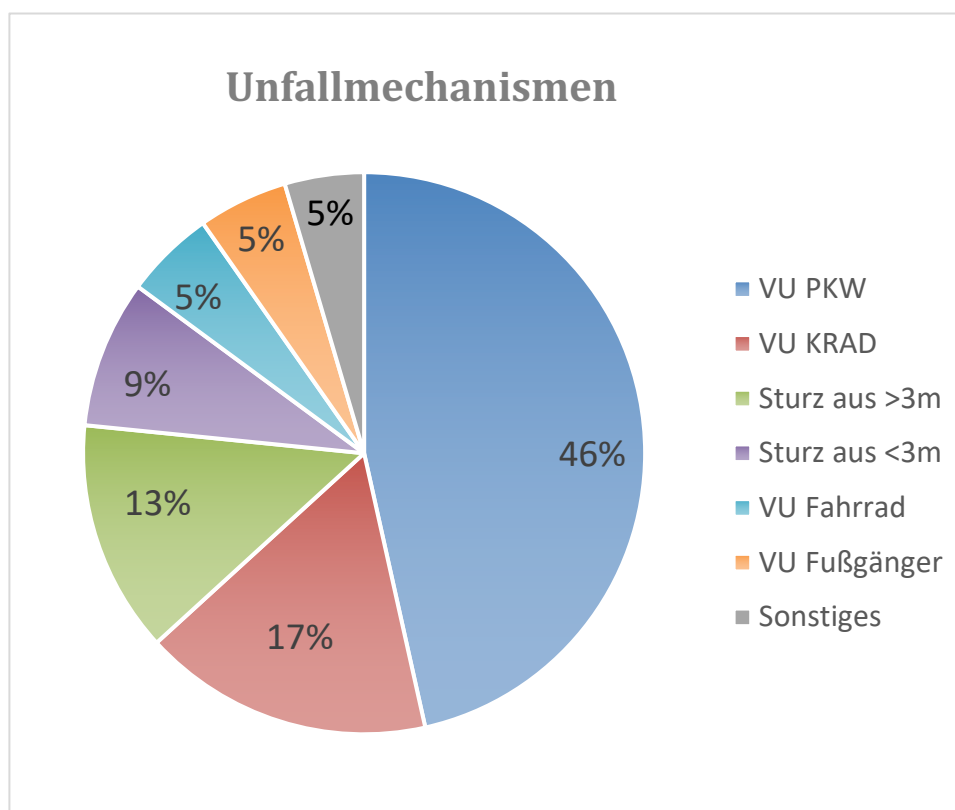


Abbildung 5 Tortendiagramm zur Übersicht der Unfallmechanismen. Alle Angaben beziehen sich in % auf die Gesamtzahl eingeschlossener Patienten. *Abkürzungen: VU = Verkehrsunfall.*

3.4 Verletzungsschwere

Der ISS lag im Mittel bei $10 (\pm 9)$, wobei 74 (23,4 %) Patienten einen $ISS \geq 16$ als Zeichen einer prognoserelevanten Mehrfachverletzung aufwiesen. Der mittlere NISS betrug $13 (\pm 11)$. Die Mittelwerte der intensivmedizinischen Scores zeigten mit einem APACHE II-, SOFA- und SAPS II-Score von $11 (\pm 8)$, $3 (\pm 3)$ bzw. $17 (\pm 11)$ ebenso eine moderate Schwere der Verletzungsfolgen. Die Verteilung der Verletzungsschwere mittels ISS wird in Abbildung 6 dargestellt.

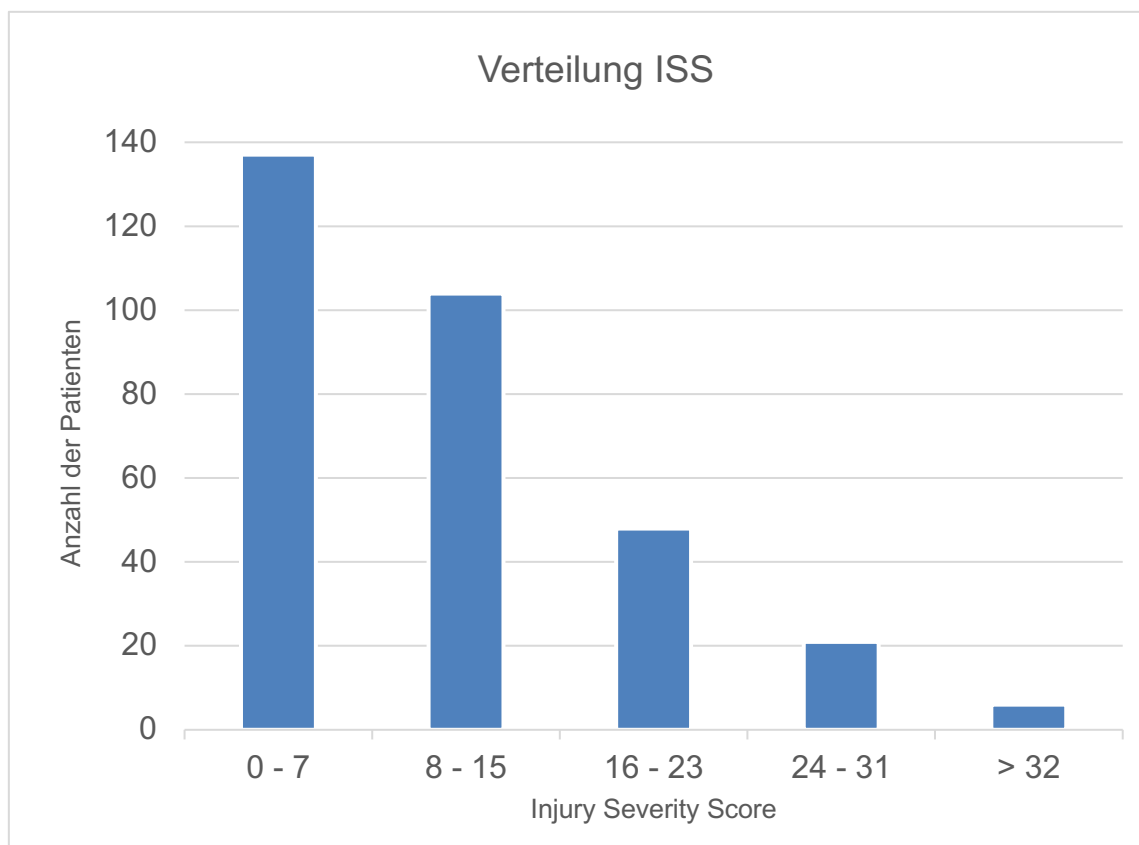


Abbildung 6 Balkendiagramm über die Verteilung der Verletzungsschwere, dargestellt mittels ISS. Abkürzung: ISS = Injury Severity Score

3.5 Verletzungsmuster

Die vorkommenden Verletzungen waren auf alle ISS-Körperregionen verteilt. Die häufigsten Verletzungen betrafen die Körperregionen „Extremitäten oder Beckenring“ (n = 154, 48,6 %), „Thorax“ (n = 148, 46,7 %) und „äußerliche Strukturen“ (n = 147, 46,4 %). 83 Patienten (26,4 %) erlitten Verletzungen in der Region „Kopf und Hals“ und 51 Patienten (16,1 %) in der Region „Gesicht“. Die Körperregion „Abdomen“ war bei 35 (11 %) Patienten betroffen, die aber aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien nur Verletzungen der Lendenwirbelsäule und des zugehörigen Rückenmarks umfasste.

3.5.1 Subgruppe ISS \geq 16

Einen ISS von mindestens 16 im Sinne einer Polytraumatisierung wiesen 74 Patienten (23,4 %) des Studienkollektivs auf. In dieser Subgruppe zeigte sich eine Alters- und Geschlechterverteilung von 77 % Männern mit einem Durchschnittsalter von 46,1 Jahren. Sowohl die Trauma-, als auch die intensivmedizinischen Scores lagen hingegen selektionsbedingt ausnahmslos höher als im Gesamtkollektiv. Der mittlere ISS betrug 23 (\pm 6) und der mittlere NISS 27 (\pm 9). Der APACHE II-Score lag bei einem Mittelwert von 16 (\pm 9), der SOFA-Score bei 5 (\pm 4) und der SAPS II-Score bei 23 (\pm 10). Auch die anteilige Mortalität lag in der definierten Subgruppe über der des Studienkollektivs. So verstarben 2 Patienten (3,3 %) innerhalb der ersten 30 Tage und 4 Patienten (5,4 %) innerklinisch.

3.6 Merkmale der Versorgung

Ein initialer GCS < 9 wurde bei 32 Patienten (10 %) dokumentiert. Bei 37 Patienten (11,7 %) wurde bereits präklinisch eine Intubation vorgenommen, 23 (7,3 %) weitere wurden im Rahmen der Schockraumversorgung intubiert. Zur Durchführung einer kardiopulmonalen Reanimation kam es bei 2 Patienten (0,6 %).

3.6.1 Laborparameter

Tabelle 6 zeigt die Mittelwerte der während des Schockraum- und Intensiv Aufenthaltes erhobenen Laborparameter im Vergleich zu den Normwerten. Sowohl bei der initial erhobenen Schockraum-Labordiagnostik als auch bei der Labordiagnostik auf der Überwachungsstation lagen die meisten Mittelwerte im Normbereich, lediglich die Laborwerte pH und Base Excess lagen leicht darunter.

	Schockraum	Intensivstation	Normalwerte
PTT in sec	29±6	31±8	26 – 36
INR	1,2±0,4	1,2±0,3	0,8 – 1,2
BE	-2,7±2,9	-2,5±2,9	-2 – 2
Laktat	1,81±1,41	1,8±1,1	0,5 – 2,2
pH	7,341±0,065	7,347±0,06	7,36 – 7,44
Hb in g/l	137,9±20,4	126±22	M: 135 – 172 W: 120 – 154
Hb < 90 mg/dl	n=16 (5,17 %)		
Hb nach 24h in mg/dl		118±22	

Tabelle 6 Übersicht über die Ergebnisse der jeweils initialen Laboranalytik im Schockraum bzw. auf der Intensivstation. Angaben in Mittelwert ± Standardabweichung.

3.6.2 Transfusionen

16 Patienten (0,05 %) erhielten während der Schockraumversorgung Erythrozytenkonzentrate (EK). Das Volumen variierte zwischen 300 und 2400 ml und betrug im Mittel 1275 ml pro Patient. In Abbildung 7 wird die Verteilung der erfolgten Transfusionen nach Volumen dargestellt. Im gesamten Verlauf des Intensivaufenthaltes wurden insgesamt 59 Patienten (0,18 %) mit 200 bis 6600 ml EK transfundiert. Im Mittel erhielt jeder dieser Patienten 1447 ml EK.

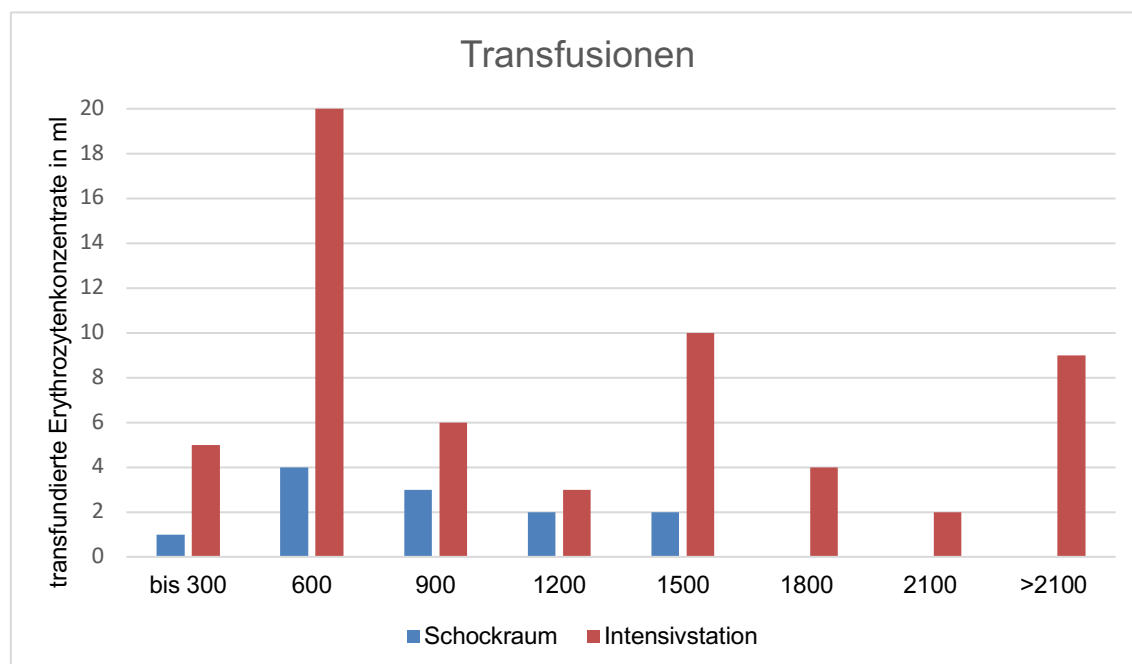


Abbildung 7 Menge der transfundierten Erythrozytenkonzentrate (ml) im Schockraum und auf der Intensivstation

3.6.3 Indirekte Blutungszeichen

Indirekte Blutungszeichen, definiert als Hb < 90 mg/dl, Transfusionen > 9 Erythrozytenkonzentrate und Blutdruck < 90 mmHg, traten bei insgesamt 19 Patienten auf. Tabelle 7 stellt das Vorkommen der diesbezüglichen Parameter dar.

Patienten mit indirekten Blutungszeichen		n=19
RR < 90 mmHg		4
Hb < 90 mg/dl		18
EK > 9 Einheiten		1

Tabelle 7 Auftreten der indirekten Blutungszeichen im Studienkollektiv

3.7 Verlaufs-Ultraschalluntersuchung

Bei keinem der 316 Patienten des Studienkollektives fand sich eine sekundäre Blutung oder ein intraabdominelles Kompartiment-Syndrom. Auch kam es zu keinem intraabdominellen chirurgischen oder interventionellen Eingriff infolge der abdominalen Kontrollsonographie. Lediglich drei Patienten (0,9 %) zeigten einen positiven Befund in der abdominalen Kontrollsonographie. In allen drei Fällen wurde freie Flüssigkeit, aber keine Parenchymläsionen/-lazerationen detektiert.

3.7.1 Patient 1

Patient 1 war männlich und 40 Jahre alt. Seine Verletzungen zog er sich im Rahmen eines Verkehrsunfalls mit einem Motorrad zu. Er wies einen ISS und NISS von 29 auf und verbrachte 32 Tage im Krankenhaus, davon 8 Tage auf einer Überwachungsstation. In der intraabdominellen Kontrollsonographie fiel eine begrenzte Menge freier intraabdomineller Flüssigkeit auf, die sich im Morrison Pouch, ventral der Leber und im ventralen unteren Abdomen um das Sigma herum befand. Dieser Befund wurde beobachtet und hatte keine weitere therapeutische Konsequenz.

3.7.2 Patient 2

Patientin 2 war 36 Jahre alt und weiblich. Ein Sturz aus über 3 Metern Höhe war ursächlich für einen ISS von 14 und einen NISS von 22. Die Krankenhausliegedauer betrug 25 Tage, die ICU-Liegedauer 2 Tage. Hier zeigte sich in der Kontrollsonographie ein kleines echofreies Signal inferior der Leber, am ehesten vereinbar mit freier

intraabdomineller Flüssigkeit. Es erfolgte eine Verlaufsbeurteilung des Befundes, welche ohne Konsequenz blieb.

3.7.3 Patient 3

Patientin 3 war 18 Jahre alt und weiblich. Auch hier war ein Sturz aus großer Höhe (über 3 m) verantwortlich für die Schocktraumaf Aufnahme. Der ISS betrug 24, der NISS 29. Die Patientin verbrachte 32 Tage im Krankenhaus und den überwiegenden Anteil davon auf einer Überwachungsstation. Auch bei dieser Patientin wurden im Douglasraum, parasplenisch, -hepatisch und -kolisch geringe Mengen an freier intraabdomineller Flüssigkeit sonographisch detektiert. Es erfolgte keine therapeutische Konsequenz aus dem Befund.

3.8 Todesfälle

Sechs (1,9 %) Patienten des Studienkollektives mit einem Durchschnittsalter von 75 Jahren verstarben während des Krankenhausaufenthaltes. Für keinen dieser Todesfälle war eine abdominelle Verletzung ursächlich. So waren auch die durchgeführten Ultraschallkontrollen unauffällig.

3.8.1 Patient 1

Der männliche Patient war zum Zeitpunkt der Krankenhausaufnahme 55 Jahre alt. Im Rahmen von Baumfällarbeiten wurde er von einem fallenden Ast getroffen und mit einem ISS von 9 und einem NISS von 18 eingeliefert. An Tag 8 nach der Aufnahme verstarb er an einem hypoxischen Hirnschaden in Folge einer Aspiration und kardiopulmonalen Reanimation.

3.8.2 Patient 2

Patient 2 war 80 Jahre alt und ebenfalls männlich. Bei ihm war ein Sturz aus weniger als 3 Metern Höhe ursächlich für Verletzungen mit einem ISS/NISS von 18/27. Eine pneumogene Sepsis mit Multiorganversagen führte an Tag 12 nach Aufnahme zu seinem Tod, nachdem ein subdurales Hämatom stabilisiert worden war.

3.8.3 Patient 3

Patient 3 war männlich und wurde mit 77 Jahren nach einem Sturz aus weniger als 3 Metern Höhe im Schockraum aufgenommen. Sein ISS betrug 22, der NISS 27. Ein

subarachnoidales Hämatom mit infauster Prognose führte an Tag 4 zu einem Versterben des Patienten.

3.8.4 Patient 4

Patientin 4 war weiblich und 83 Jahre alt. Auch bei ihr war die Unfallart ein Sturz aus geringer Höhe. Dieser führte zu Verletzungen mit einem ISS/NISS von 9/27. Im Rahmen des erlittenen massiven zerebralen Traumas und der im Verlauf des Intensiv Aufenthaltes wiederholt aufgetretenen kardiopulmonalen Krisen verstarb die Patientin an Tag 5 nach Aufnahme.

3.8.5 Patient 5

Patient 5, männlich und 83 Jahre alt, wurde nach einem PKW-Unfall mit schwersten Verletzungsmuster (ISS/NISS 34/34) in das Studienkrankenhaus eingeliefert. An Tag 91 verstarb er an einer pneumogenen Sepsis mit akutem Nierenversagen infolge pulmonaler Kontusionen.

3.8.6 Patient 6

Der 74-jährige männliche Patient 6 wurde ebenfalls nach einem Verkehrsunfall mit einem PKW aufgenommen. Er erlitt ein subdurales Hämatom und sein ISS betrug 17 sowie sein NISS 27. Er verstarb an Tag 31 im Rahmen einer Sepsis mit Multiorganversagen und Cholezystitis.

3.9 Sekundäre Blutung

Lediglich ein Patient (0,3 %) des Studienkollektives erlitt eine sekundäre Blutung innerhalb der ersten 24 Stunden nach Aufnahme. Dieser 62-jährige männliche Patient wurde nach einem Sturz aus großer Höhe mit einem ISS/NISS von 22/22 über den Schockraum aufgenommen. Die sekundäre Blutung konnte durch die abdominelle Kontrollsonographie, die eine Stunde nach der Verlegung aus dem Schockraum durchgeführt wurde, nicht dargestellt werden, da sie im extraperitonealen Fettgewebe des kleinen Beckens mit Ursprung im pelvinen Gefäßsystem lokalisiert war. Der Patient wurde innerhalb der ersten 24 Stunden auf Grund einer Anämie mit 2 Erythrozytenkonzentraten behandelt. An Tag 16 erfolgte die subkutane Hämatomausräumung, so dass keine unmittelbare operative Revision des Befundes notwendig war.

4 Diskussion

Mit der vorliegenden Studie wurde der Nutzen der abdominalen Kontrollsonographie bei Traumapatienten mit fehlendem Nachweis einer abdominalen Organverletzung oder freier intraabdomineller Flüssigkeit in der initialen Computertomographie untersucht. Die abdominale Kontrollsonographie innerhalb der ersten 24 Stunden nach Trauma stellt eine weit verbreitete Praxis dar, um eine Missed Injury des Abdomens auszuschließen. Diese Untersuchung wurde seitens der DGU bis zur aktuellen Fassung der DGU-Leitlinien zur Versorgung von Schwerverletzten empfohlen. Interessanterweise existiert hierzu aber nur eine geringe Evidenz, so dass die abdominale Kontrollsonographie in den aktuellen Leitlinien nicht mehr erwähnt wird. Auf Grund der mangelnden Evidenz wurde aus dem klinischen Alltag eines Maximalversorgers die Frage aufgeworfen, ob die Kontrolluntersuchung über einen definierten Zeitraum einen Einfluss auf das Überleben und/oder das weitere therapeutische Procedere der Patienten hatte. Zur Klärung dieser Fragestellung wurden Daten von 316 Patienten retrospektiv erhoben und analysiert, welche keinen Nutzen der abdominalen Kontrollsonographie nach initial unauffälliger WBCT in einem repräsentativen Traumakollektiv zeigten.

4.1 Charakterisierung des Studienkollektives im Kontext zum Jahresbericht des Trauma-Registers der DGU

Mit dem jährlichen Bericht des TR-DGU® steht eine der größten Datenbanken weltweit als Referenz für die eigenen Daten zur Verfügung. Zur Beurteilung der Vergleichbarkeit der erhobenen Daten werden sie hier den Ergebnissen des Jahresberichtes 2013 des TR-DGU® für das Universitätsklinikum Gießen und Deutschland gegenübergestellt^{59,60}. Die Charakteristika des erhobenen Studienkollektivs erscheinen mit den Daten des DGU-Jahresberichtes 2013 vergleichbar. So waren das Alter (*Im Folgenden werden die Daten in der Reihenfolge „Studienkollektiv“, „Traumaregister Uniklinikum Gießen“ und zuletzt „Traumaregister Deutschland“ dargestellt; Mittelwert 43, 43 und 43 Jahre*) und das Geschlecht (Anteil der Männer 68, 66, 70 %) mit einer ähnlichen Verteilung charakterisiert. Auch der Unfallmechanismus war mit 99 % respektive 99 % und 95 % stumpfer Gewalteinwirkung ähnlich. Zwar glichen sich zudem der Anteil von Unfällen mit einem Kraftrad (17, 11,9 und 13,1 %), einem Fahrrad (5,4, 9,3, und 9,2 %) und als Fußgänger (5,4, 7,5 und 7 %), allerdings gab es im Studienkollektiv mehr Unfälle mit einem PKW (74,5, 33,5 und 54,7 %) und einen geringeren Anteil an Stürzen (21,5, 33,9 und 38,1 %) als in den Kollektiven der DGU. Die Ursachen dieser Unterschiede können

retrospektiv nicht eindeutig geklärt werden. Eine mögliche Ursache könnte aber die unterschiedliche Interpretation der Indikationsliste für eine Schockraumzuweisung darstellen. Diese variiert zwischen den verschiedenen Traumazentren. Laut der Indikationsliste des Universitätsklinikums Gießen ist ein Sturz nicht zwangsläufig eine Indikation für eine Zuweisung. Als Folge dessen könnten Stürze im hiesigen Rettungsdienstbereich zu einem geringeren Anteil über den Schockraum eingeliefert werden. Zudem werden Sturzpatienten im Gegensatz zu beispielsweise Verkehrsunfallopfern häufiger auch ohne Rettungsmittel in der Klinik vorstellig.

4.1.1 Verletzungsschwere

Bezüglich der Verletzungsschwere zeigten sich deutliche Unterschiede, die alle auf insgesamt schwerer verletzte Patienten im Kollektiv des TR-DGU[®] hinwiesen. So differierten die Traumascores mit einem mittleren ISS von 10, 8 und 17 und einem NISS von 13 versus 21 in den Gruppen signifikant (Der NISS wurde am Universitätsklinikum Gießen im Beobachtungszeitraum nicht erfasst). Auch war der Anteil der Patienten mit einem $ISS \geq 16$ im Patientenkollektiv des deutschlandweiten TR-DGU[®] (48 %) deutlich höher als im Studienkollektiv (23 %), welches aber mit dem Gießener Kollektiv aus dem TR-DGU[®] (19 %) vergleichbar war. Passend zu diesen Ergebnissen wichen auch die präklinische Intubations- (12, 7 und 23 %) und Reanimationsrate (0,6, 0,8 und 2,7 %) und das Auftreten eines $GCS \leq 8$ (10, 11 und 17 %) voneinander ab. Ebenso zeigten sich Unterschiede in der Transfusionsrate (Schockraum: 0,05, 2 und 9 %) und entsprechend war auch der durchschnittliche SAPS II im TR-DGU[®]-Kollektiv höher (17 vs. 26 %; SAPS II wurde am Universitätsklinikum Gießen für das TR-DGU[®] nicht erfasst)¹⁴. Die hier aufgezeigten Unterschiede erscheinen aber vor dem Hintergrund des Studiendesigns plausibel. Aufgrund des Ausschlusses von Patienten mit initial detektierten abdominellen Verletzungen, wurde ein Anteil der schwer verletzten Patienten a priori ausgeschlossen, so dass die Anzahl der schwerstverletzten Patienten entsprechend niedrig ausfällt. Darüber hinaus wurden im TR-DGU[®] reanimationspflichtige und verstorbene Patienten inkludiert, während diese für die vorliegende Studie nicht geeignet waren, da sie entweder noch vor der WBCT unmittelbar interventionell oder operativ versorgt wurden oder verstarben. Auch regionalspezifische Unterschiede in der Indikationsstellung der Schockraumalarmierung könnten die Unterschiede erklären.

Im Jahresbericht 2013 des TR-DGU[®] erfolgte lediglich eine Darstellung der Verletzungsverteilung für die Subgruppe mit einem $ISS \geq 16$, so dass ein Vergleich mit unserem leichter verletzten Studienkollektiv nicht sinnvoll erscheint. Ein weiterer Faktor,

der gegen einen diesbezüglichen Vergleich spricht, war unser Studiendesign mit der abdominellen Verletzung als Ausschlusskriterium. Beachtung sollte allerdings der angegebene Anteil abdomineller Verletzungen nach AIS-Körperregion im Jahresbericht finden. So wies sowohl am Universitätsklinikum Gießen und als auch deutschlandweit ein nicht unerheblicher Anteil der Patienten (30 und 22,4 %) eine abdominelle Verletzung mit einem AIS ≥ 2 auf und wäre somit aus unserer Studie ausgeschlossen worden.

4.1.2 Outcome

Passend zu den Ergebnissen der Verletzungsschwere differierten auch die Outcomeparameter zwischen den Gruppen. Die Liegedauer im Krankenhaus des Studienkollektives war kürzer als die der schwerer verletzten Patienten des deutschlandweiten DGU-Kollektives (12,4, 9,5 und 16,2 Tage). Auch bezüglich der Letalität zeigten sich entsprechende Abweichungen. Während in den ersten 24 Stunden kein Patient des Studienkollektives verstarb, waren es im Jahresbericht für das Universitätsklinikum Gießen 0,8 % und deutschlandweit 4,7 %. Ebenso unterschieden sich die 30-Tage- (1,8 vs. 9,6 %, wurde am Universitätsklinikum Gießen für das TR-DGU[®] nicht erfasst) und die innerklinische Letalität (1,9, 3,2 und 10 %).

Zusammenfassend wurde mit dem Studienkollektiv eine bezüglich der Patientencharakteristika und Unfallart repräsentative Kohorte polytraumatisierter Patienten identifiziert und untersucht. Das Kollektiv stellt allerdings selektionsbedingt eine leichter verletzte Subgruppe exklusive der schwerverletzten Patienten mit intraabdominellen Läsionen dar.

4.2 Stellenwert des WBCT

Das WBCT stellt im klinischen Alltag eine elementare Säule der Schockraumversorgung dar. Es ermöglicht eine schnelle und suffiziente Diagnostik in einer kritischen Situation. Insbesondere wenn es in einen von allen Traumateam-Mitgliedern einstudierten Diagnostik- und Versorgungsalgorithmus implementiert ist, ermöglicht es eine sichere und schnelle Bestätigung von klinischen Verdachtsdiagnosen. Für die Diagnostik von intraabdominellen Verletzungen nach stumpfen Bauchtraumata, welche einen Großteil des beschriebenen Studienkollektives einschließt, weist das WBCT in vergleichbaren Studien eine Sensitivität und Spezifität von bis zu 97,2 bzw. 99 % auf^{44,61}. Livingston et al. konnte einen negativ prädiktiven Wert des WBCT von 99 % darstellen und postulierte, dass keine Argumente und somit auch keine Indikation für eine weitere klinische

Überwachung von Patienten, die ein stumpfes Abdominaltrauma erlitten haben und ein unauffälliges WBCT aufwiesen, existierten⁶².

Seit der Implementierung der WBCT in die Schockraumversorgung stellte die hämodynamische Instabilität bei Trauma-Patienten eine wichtige Limitation dar. Gegen die WBCT sprach die potentielle Verzögerung notwendiger Notfallmaßnahmen wie z.B. die zügige Laparotomie. So zeigte Neal et al. anhand einer vergleichswisen großen Studienkohorte (n=3.218) eine um 70 % gesteigerte Mortalität bei schwerverletzten Patienten mit Anhalt für eine intraabdominelle Blutung, die eine WBCT anstatt einer unmittelbaren Notfalllaparotomie erhielten⁶³. Huber-Wagner et al. konnte dagegen nachweisen, dass die WBCT auch bei diesen instabilen Patientenkollektiv ein sicheres Diagnostikum darstellt und darüber hinaus die Durchführung einer WBCT mit einem Überlebensvorteil mit einer signifikanten Reduktion der Mortalität von 12 % assoziiert war (n=4621)⁶⁴. Dies wurde zum einen mit einem geringen zeitlichen Aufwand, zum anderen mit einer zielgerichteten Therapie nach der durchgeführten WBCT sowie mit der Detektion bis dahin unerkannter lebensbedrohlicher Verletzungen begründet. Die Diskussion um die adäquate diagnostische Strategie bei traumatisierten Patienten stellt auch das Universitätsklinikum Gießen vor eine Herausforderung. Zum Zeitpunkt der Studie und bis heute sieht das Schockraumprotokoll als Primärdiagnostik eine fokussierte körperliche Untersuchung, die Durchführung des sonographischen FAST-Protokolls sowie bei Verdacht auf einen relevanten Pneumo-/Hämatothorax eine Röntgen-Aufnahme des Thorax vor der Durchführung der WBCT vor. Im Falle eines hämodynamisch instabilen Patienten wird interdisziplinär über das weitere therapeutische Procedere entschieden, so dass auch eine Notfalllaparotomie ohne vorherige WBCT-Untersuchung möglich ist. Dieses Procedere beeinflusst wie oben beschrieben die Zusammensetzung des Studienkollektives. Allerdings wird zunehmend auf Basis der gültigen Leitlinien zur Versorgung schwerverletzter Patienten und den Ergebnissen von Huber-Wagner et al. auch bei instabilen Patienten eine WBCT durchgeführt.

Mehrere Aspekte haben den Einsatz der WBCT im Rahmen der Schockraumversorgung in den letzten Jahrzehnten geprägt. Zum einen haben technische Innovationen zu einer hohen Auflösung bei gleichzeitig reduzierter Strahlenbelastung geführt, zum anderen ist ihr Einsatz aus den oben genannten Gründen stetig gestiegen und darüber hinaus wurde die WBCT fest in die Versorgungsalgorithmen etabliert. Obwohl sie die Schockraumversorgung und die unmittelbar weitere Therapie maßgeblich beeinflusst hat, wurden die weiteren diagnostischen und Überwachungsstrategien in den letzten Jahren nur im geringen Maße verändert. Vor dem Hintergrund eines steigenden finanziellen Druckes im Gesundheitssystem sowie auch aus Gründen des

Patientenkomforts wurde die Indikation zur intensivmedizinischen und/oder stationären Überwachung nach unauffälliger WBCT diskutiert. Mehrere Studien konnten dabei auf Grund der hohen Sensitivität und Spezifität der WBCT keinen Benefit aus einer stationären Überwachung nach negativer WBCT bei Patienten, die ein stumpfes Abdominaltrauma erlitten, ableiten⁶⁵⁻⁶⁸. In der Bundesrepublik Deutschland existieren bis heute keine einheitlichen Empfehlungen für die Überwachungsindikationen nach unauffälliger WBCT infolge eines stumpfen Abdominaltraumas. Aus diesem Grund werden im Universitätsklinikum Gießen bis heute die entsprechenden Patienten auf eine Überwachungsstation aufgenommen. Interessanterweise wurde die Sinnhaftigkeit der abdominellen Kontrollsonographie nach unauffälliger WBCT trotz der gleichen Implikationen nicht systematisch untersucht.

4.3 Stellenwert der abdominellen Kontrollsonographie

Die Durchführung einer abdominellen Kontrollsonographie im Rahmen des TTS zielt auf eine Reduktion des Auftretens von Missed Injuries und den damit verbundenen, zum Teil schwerwiegenden Folgen ab. So sollten Diagnostik und Therapie von Traumapatienten das Ziel haben Langzeitbehinderungen mit zum Teil finanziellen und gegebenenfalls auch medizinisch-rechtlichen Konsequenzen zu vermeiden³³. Um Morbidität und Mortalität dieser Patienten möglichst gering zu halten, ist eine zeitnahe strukturierte Reevaluation mit Festlegung des weiteren Procederes im interdisziplinären Team unabdingbar⁴². Hajibandeh et al. konnten diesbezüglich zeigen, dass die Durchführung eines TTS Missed Injuries reduzieren kann³⁸. Ob dieses Prozedere eine abdominelle Kontrollsonographie beinhalten sollte, ist weiterhin umstritten. Wie in Kapitel 1.9 beschrieben, wurde diese Untersuchung in Zeiten mit qualitativ weniger ausgereifter Initialdiagnostik eingeführt. So führte die Etablierung der WBCT in Multi-Slice-Technik in die geltenden Schockraumalgorithmen zu einer potentiellen Entbehrlichkeit der Kontrollsonographie, die bisher weder belegt noch bestätigt werden konnte. Allerdings konnten verschiedene Studien die Limitationen des Ultraschalls bezüglich der Detektion von Organläsionen zeigen und weder einen signifikanten diagnostischen Zugewinn, noch einen Einfluss auf die weitere Therapie durch die Kontrollsonographie nach erfolgter WBCT nachweisen^{21,43,48,69-71}. Auch die vorliegende Untersuchung kann keinen Nutzen der abdominellen Kontrollsonographie nach initial unauffälliger WBCT in einem repräsentativen Traumatikerkollektiv detektieren und unterstützt somit die vorgenannten bisherigen Studienergebnisse.

Während sich die Berechtigung des fest in die Versorgungsalgorithmen etablierten FAST-Konzeptes, trotz der in Kapitel 1.5 beschriebenen Nachteile, in erster Linie auf ihren Charakter eines zügigen und einfach anwendbaren Diagnostikums begründet,

lässt sich dies nicht auf die abdominelle Kontrollsonographie übertragen. Die abdominelle Kontrollsonographie stellt eine komplexe und detaillierte Untersuchung dar, welche mit einem wesentlich höheren Aufwand verbunden ist. So konnten Maurer et al. die Kosten und den hohen Personalaufwand demonstrieren, den die routinemäßige Anwendung der abdominellen Kontrollsonographie verursacht⁴⁸. Neben Gesamtkosten von 28,93 € ermittelten sie pro Kontrollsonographie eine Gesamtbindungszeit von 47 Minuten, welche zwar aufgrund unterschiedlicher struktureller und räumlicher Bedingungen nicht vorbehaltlos auf andere Kliniken übertragen werden können, aber dennoch einen Hinweis auf den hohen Grad der Personalbindung liefern. Zu betonen bleibt, dass mit den vorliegenden Daten und den bisherigen Studien nicht die Sinnhaftigkeit der abdominellen Kontrolluntersuchung an sich, sondern die routinemäßigen Anwendung nach einer hochsensitiven und -spezifischen WBCT angezweifelt werden soll. Letztlich bleibt die maximal mögliche Patientensicherheit primäres Ziel ärztlichen Handelns, weshalb eine konsequente Durchführung des TTS unabdingbar bleibt und hier ggf. auch eine abdominelle Kontrollsonographie sinnvoll erscheinen kann. So könnten beispielsweise potentielle CT-Untersuchungen vermieden werden. In Zeiten der Ressourcen- und Personalverknappung ist eine zielorientierte Anforderung der Radiologen und Radiologinnen ein weiteres Argument für ein problemorientierten und nicht generellen Einsatz der abdominellen Kontrollsonographie. Ein zielorientiertes Vorgehen könnte beispielsweise die Konsultation des Radiologen bei unklaren Befunden in der Ultraschalluntersuchung durch einen Intensivmediziner, ein verdächtiges Abfallen des Hämoglobinspiegels oder auch klinische Indices wie abdominelle Schmerzen darstellen. Ein weiterer potentieller Vorteil dieses Procederes wäre der Lerneffekt für den Intensivmediziner, wenn eine Kontrolle eines suspekten sonographischen Befundes durch einen Radiologen erfolgt.

Die unzureichende Evidenz und die inkonsistenten Definitionen bezüglich der Begriffe „Polytrauma“ und „Missed Injuries“ erschweren die Einführung einheitlicher Empfehlungen. Um Standards erarbeiten zu können und die Vergleichbarkeit verschiedener Studien zu ermöglichen, ist die Existenz allgemeingültiger Definitionen unabdingbar. Ein entscheidender Schritt in diese Richtung war die Einführung der „Berlin Definition“ des Polytrauma-Begriffes im Jahr 2014, deren flächendeckende Implementierung im klinischen Alltag allerdings noch zu optimieren ist. Weiterhin finden sich in der Literatur der jüngeren Vergangenheit verschiedene Vorschläge zur Klassifikation von Missed Injuries. So demonstrieren Keijzers et al. einen Entwurf zur Klassifikation von Missed Injuries³⁴, während Hajinbandeh et al. eine Differenzierung des Begriffes in „missed injury detection rate“ und „missed injury rate“ empfehlen³⁸. Auch hier

wäre eine einheitliche Definition, ggf. im internationalen Konsensus, zielführend, um hierauf basierend allgemeingültige Standards erarbeiten zu können.

4.4 Limitationen der Studie

Das gewählte retrospektive Design stellt in sich eine Limitation dar, die bei der Beurteilung der Ergebnisse berücksichtigt werden muss. So kann kein kausaler Zusammenhang zwischen der abdominellen Kontrollsonographie und fehlenden abdominellen Missed Injuries dargestellt werden. Des Weiteren konnte nicht auf direkt erhobene ISS-Werte zurückgegriffen werden, sondern sie mussten anhand der dokumentierten Befunde rekonstruiert werden. Bei der diesbezüglichen Datenerhebung fielen hier einzelne Unterschiede auf: Insbesondere kleinere Verletzungen der Haut wurden teilweise detailliert beschrieben, aber besonders bei schwerer verletzten Patienten, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit auch äußerliche Verletzungen vorlagen, wurden häufig, vermutlich aufgrund des verschobenen Fokus, keine erwähnt. Partiiell inkonsistente Ergebnisse können somit nicht ausgeschlossen werden. Allerdings wurden relevante Verletzungen mit höheren AIS-Werten regelhaft zuverlässig detektiert und dokumentiert und so sollten die Auswirkungen auf unsere Ergebnisse lediglich gering sein. Weiterhin limitiert das relativ kleine Studienkollektiv die Aussagefähigkeit der erhobenen Daten. Aufgrund des vermuteten niedrigen Anteils zusätzlicher Informationen durch die abdominelle Kontrollsonographie sind hohe Fallzahlen prospektiver Studien erforderlich, um eine Aussage über die Notwendigkeit und Nutzen dieser Untersuchung treffen zu können. Leider konnten, trotz der Sichtung von initial 1.129 Patienten, nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien nur 316 Patienten in das Studienkollektiv aufgenommen werden. Den größten Anteil der ausgeschlossenen Patienten machten 661 Patienten ohne dokumentierte Kontrollsonographie aus. Dies ist für die Fallzahl der Studie limitierend, allerdings sollte auch kritisch hinterfragt werden, warum eine derart hohe Anzahl nicht angefordert oder dokumentiert wurde, obwohl dies verpflichtend war. Am ehesten ist dies im Falle der fehlenden Anforderungen mit klinischer Unauffälligkeit oder im Falle durchgeführter abdomineller Kontrollsonographie fehlenden pathologischen Befunden vereinbar. Leider war dies retrospektiv aber nur noch in Einzelfällen sicher zu eruieren, so dass viele potentielle Patienten exkludiert werden mussten. Daher sollte die Studie prospektiv mit Hilfe einer suffizienten Fallzahlschätzung weitergeführt werden.

Bei der Beurteilung der Ergebnisse sollte einem außerdem bewusst sein, dass das untersuchte Studienkollektiv nur eine Subgruppe aller Traumapatienten mit geringem

Verletzungsgrad ausmacht. Eine Übertragung der hier erhobenen Ergebnisse auf das gesamte Traumakollektiv ist also nicht möglich.

Eine weitere Limitation der Studie ist die Benutzerabhängigkeit der abdominellen Kontrollsonographie. Um eine vollständige Vergleichbarkeit bezüglich der Ultraschallbefunde zu erreichen, müssten alle Untersuchungen durch den gleichen Sonographen durchgeführt werden. Diese Bedingung kann allerdings im klinischen Alltag und vor dem Hintergrund der erforderlichen Kollektivgröße kaum erfüllt werden, so dass bei potentiellen zukünftigen Studien zu diesem Thema voraussichtlich die gleiche Schwäche toleriert werden müsste.

Einen zusätzlichen Einfluss auf die diagnostische Genauigkeit der Untersuchung könnte weiterhin der Umzug des Klinikums mit resultierenden unterschiedlichen räumlichen Bedingungen und verschiedenen CT-Geräten und -Scanprotokollen während des Studienzeitraumes haben. Da beide Geräte vergleichbare technische Merkmale besitzen, ist hier allerdings von keinem relevanten Einfluss auszugehen.

4.5 Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie konnte keinen zusätzlichen Nutzen der abdominellen Kontrollsonographie im Rahmen des TTS bei traumatisierten Patienten mit fehlenden initialen computertomographischen Nachweis einer abdominellen Organläsion feststellen. Nur in drei Fällen (0,9 %) konnten ergänzende Informationen zur initialen WBCT-Untersuchung gewonnen werden, während sich eine therapeutische Konsequenz bei keinem der 316 ausgewerteten Fälle ergab. Auch ein Einfluss auf das Outcome konnte nicht gezeigt werden. Zwar kann aus diesen Ergebnissen, aufgrund des retrospektiven Studiendesign, keine übertragbare Aussage generiert werden, aber dennoch geben die Daten einen Hinweis auf den klinischen Stellenwert dieses diagnostischen Tools für Patienten der Zielpopulation. Zieht man weiterhin den personellen und finanziellen Aufwand der abdominellen Kontrollsonographie mit in die Bewertung ein, erscheint eine routinemäßige Anwendung diskutabel. So hatte die Studie bereits unmittelbare Konsequenzen für den klinischen Alltag. Sowohl am Universitätsklinikum Gießen, als auch am Universitätsklinikum Heidelberg wurde die routinemäßige abdominelle Kontrollsonographie nach unauffälliger Ganzkörper-Computertomographie verlassen, so dass wichtige klinische Ressourcen anderweitig eingesetzt werden können. Die abdominelle Kontrollsonographie erfolgt nun nach klinischer Indikation. Dies entspräche z.B.: Neben der Verlaufskontrolle bereits bekannter oder im Initial-CT unklarer abdomineller Verletzungen sollte im Falle einer

klinischen Verschlechterung eines Patienten fraglos eine Ursachendiagnostik inklusive sonographischer Verfahren erfolgen. Weiterhin ist eine patientenindividuelle großzügige Indikationsstellung unverzichtbar, wenn wie bei sedierten, dementen oder mental retardierten Patienten von einer geminderten Kommunikationsfähigkeit ausgegangen werden muss.

Zur Unterstützung unserer Ergebnisse und zur Generierung einer allgemeingültigen Aussage sollten zukünftige Studien zum Thema „abdominelle Kontrollsonographie“ idealerweise als prospektive Kohortenstudien angelegt sein und Patienten mit und ohne Kontrollsonographie miteinander vergleichen. Zur Generierung höherer Fallzahlen wäre gegebenenfalls ein multizentrischer Ansatz zielführend.

5 Zusammenfassung

Die Ganzkörper-Computertomographie ist auf Grund der hohen Sensitivität und Spezifität der Goldstandard der Initialdiagnostik traumatisierter Patienten. Nach der Primärversorgung traumatisierter Patienten sollte ein Tertiary Trauma Survey mit Einsatz einer abdominellen Kontrollsonographie erfolgen. Ziel der vorliegenden Studie war es den Nutzen der abdominellen Kontrollsonographie bei traumatisierten Patienten mit fehlendem computertomografischem Nachweis einer abdominellen Organläsion zu untersuchen.

Hierfür wurden retrospektiv die Daten aller Traumapatienten, die zwischen 2008 und 2011 in den Schockraum des UKGM Gießen eingeliefert wurden, gesichtet. In die Studie eingeschlossen wurden alle erwachsenen Patienten ohne freie Flüssigkeit oder detektierte Organläsion im initialen WBCT, denen ein adäquat dokumentierter Befund der abdominellen Kontrollsonographie zugeordnet werden konnte.

Entsprechend den Einschlusskriterien wurden 316 Patienten analysiert (ISS 10 ± 8 , NISS 13 ± 11). Die abdominelle Kontrollsonographie zeigte nur bei drei Patienten geringe Mengen an freier intraabdomineller Flüssigkeiten, welche ohne therapeutische Konsequenz blieben. Kein Patient verstarb durch eine intraabdominelle Blutung.

Die vorliegende Untersuchung konnte keinen diagnostischen Zugewinn oder therapeutische Konsequenzen durch die routinemäßige Durchführung der abdominellen Kontrollsonographie bei Patienten des Studienkollektivs zeigen. Folglich erscheint eine routinemäßige Anwendung dieses diagnostischen Tools bei Patienten ohne klinischen oder laborchemischen Hinweis auf eine intraabdominelle Verletzung diskutabel. Prospektive Kohortenstudien mit einer ausreichenden Fallzahl sind notwendig, um den Nutzen der routinemäßigen abdominellen Kontrollsonographie nach initial erfolgten WBCT zu untersuchen.

6 Summary

Patients suffering from severe blunt abdominal trauma are challenging because of their need for accurate diagnostic imaging and fast therapeutic action. Whole-body computed tomography (WBCT) is highly sensitive and represents the gold standard in the trauma room diagnostic setting. The aim of our study was to investigate the impact and therapy relevance of abdominal follow-up sonography as part of the tertiary trauma survey (TTS) in patients without abdominal parenchymal organ lesions or free abdominal fluid in initial WBCT.

All adult patients without abdominal parenchymal organ lesions or free intraabdominal fluid in the initial WBCT examination, who received abdominal follow-up sonography within 24 hours after trauma, were included in this retrospective analysis between January 2008 and December 2011.

316 patients were analyzed (ISS 10 ± 8 , NISS 13 ± 11) according to the inclusion criteria. Overall, only small amounts of free intraabdominal fluid were detected in abdominal follow-up sonography in 3 patients (0.9 %) and remained without therapeutic consequence. None of the patients died due to intraabdominal bleeding.

Abdominal follow-up sonography as part of the TTS did not show additional benefits and had no impact on further treatment in patients without abdominal parenchymal organ lesions or free intraabdominal fluid in the initial WBCT examination. We conclude that abdominal follow-up sonography is not routinely required but should be performed if indicated on a clinical or laboratory basis because of its fast and less invasive character. Further prospective studies are necessary to clarify the diagnostic and therapeutic value of abdominal follow-up sonography.

7 Bibliographie

1. DGU. *Weißbuch Schwerverletztenversorgung*. 2. Auflage. Berlin; 2012.
2. Bundesamt S. *Bericht Des Statistischen Bundesamtes - Verkehr*. Vol 7. Berlin; 2016.
3. Rose U, Müller G, Burr H, Schulz A, Freude G. *Arbeit Und Mentale Gesundheit. Ergebnisse Aus Einer Repräsentativerhebung Der Erwerbstätigen in Deutschland*. Dortmund; 2016.
4. McCullough AL, Haycock JC, Forward DP, Moran CG. Early management of the severely injured major trauma patient. *Br J Anaesth*. 2014;113(2):234-241.
5. Butcher N, Balogh ZJ. The definition of polytrauma: the need for international consensus. *Injury*. 2009;40 Suppl 4:S12-22.
6. Tscherne H, Regel G, Sturm JA, Friedl HP. [Degree of severity and priorities in multiple injuries]. *Chirurg*. 1987;58(10):631-640.
7. Trentz O. Polytrauma: Pathophysiology, Priorities, and Management. In: *General Trauma Care and Related Aspects*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014:69-76.
8. Keel M, Trentz O. Pathophysiology of polytrauma. *Injury*. 2005;36(6):691-709.
9. Boyd CR, Tolson MA, Copes WS. Evaluating trauma care: the TRISS method. Trauma Score and the Injury Severity Score. *J Trauma*. 1987;27(4):370-378.
10. Pape HC, Lefering R, Butcher N, et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new "Berlin definition." *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;77(5):780-786.
11. Kühne CA, Ruchholtz S, Buschmann C, et al. [Trauma centers in Germany. Status report]. *Unfallchirurg*. 2006;109(5):357-366.
12. Debus F, Lefering R, Frink M, et al. Numbers of Severely Injured Patients in Germany. A Retrospective Analysis From the DGU (German Society for Trauma Surgery) Trauma Registry. *Dtsch Arztebl Int*. 2015;112(49):823-829.
13. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Sektio für Notfall- und Intensivmedizin S (NIS) und A-A der UG. *Jahresbericht 2017 - Traumaregister Der DGU.*; 2017.
14. Lefering R, Paffrath T, Nienaber U. [The TraumaRegister DGU® as data source for monitoring severe injuries]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2014;57(6):660-665.
15. Pothmann CEM, Sprengel K, Alkadhi H, et al. [Abdominal injuries in polytraumatized adults : Systematic review]. *Unfallchirurg*. 2018;121(2):159-173.
16. Paffrath T, Lefering R, Flohé S, TraumaRegister DGU. How to define severely injured patients? An Injury Severity Score (ISS) based approach alone is not

- sufficient. *Injury*. 2014;45 Suppl 3:S64-9.
17. German Trauma Society (DGU). *S3 – Guideline on Treatment of Patients with Severe and Multiple Injuries*. Vol 012–019. Germany; 2011.
 18. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, et al. Focused Assessment with Sonography for Trauma (FAST): results from an international consensus conference. *J Trauma*. 1999;46(3):466-472.
 19. Stengel D, Bauwens K, Sehouli J, et al. Systematic review and meta-analysis of emergency ultrasonography for blunt abdominal trauma. *Br J Surg*. 2001;88(7):901-912.
 20. Waydhas C, Nast-Kolb D, Blahs U, Pfeifer KJ, Schweiberer L. [Abdominal sonography versus peritoneal lavage in shock site diagnosis in polytrauma]. *Chirurg*. 1991;62(11):789-792; discussion 792-3.
 21. Stengel D, Bauwens K, Rademacher G, Ekkernkamp A, Güthoff C. Emergency ultrasound-based algorithms for diagnosing blunt abdominal trauma. *Cochrane database Syst Rev*. 2013;7:CD004446.
 22. Krueger A, Frink M, Kiessling A, Ruchholtz S, Kühne CA. [Emergency room management : in the era of the White Paper, S3 guidelines, Advanced Trauma Life Support® and TraumaNetwork DGU® of the German Society of Trauma Surgery]. *Chirurg*. 2013;84(5):437-450.
 23. Rieger M, Czermak B, El Attal R, Sumann G, Jaschke W, Freund M. Initial clinical experience with a 64-MDCT whole-body scanner in an emergency department: better time management and diagnostic quality? *J Trauma*. 2009;66(3):648-657.
 24. Kanz K-G, Paul AO, Lefering R, et al. Trauma management incorporating focused assessment with computed tomography in trauma (FACTT) - potential effect on survival. *J Trauma Manag Outcomes*. 2010;4:4.
 25. Surendran A, Mori A, Varma DK, Gruen RL. Systematic review of the benefits and harms of whole-body computed tomography in the early management of multitrauma patients: Are we getting the whole picture? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76(4):1122-1130.
 26. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick L-M, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *Lancet*. 2009;373(9673):1455-1461.
 27. Liu M, Lee CH, P'eng FK. Prospective comparison of diagnostic peritoneal lavage, computed tomographic scanning, and ultrasonography for the diagnosis of blunt abdominal trauma. *J Trauma*. 1993;35(2):267-270. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8355307>.
 28. Stuhlfaut JW, Soto JA, Lucey BC, et al. Blunt abdominal trauma: performance of

- CT without oral contrast material. *Radiology*. 2004;233(3):689-694.
29. Killeen KL, Shanmuganathan K, Poletti PA, Cooper C, Mirvis SE. Helical computed tomography of bowel and mesenteric injuries. *J Trauma*. 2001;51(1):26-36.
 30. Pal JD, Victorino GP. Defining the role of computed tomography in blunt abdominal trauma: use in the hemodynamically stable patient with a depressed level of consciousness. *Arch Surg*. 2002;137(9):1029-1032; discussion 1032-3.
 31. Lendemans S, Ruchholtz S. [S3 guideline on treatment of polytrauma/severe injuries. Trauma room care]. *Unfallchirurg*. 2012;115(1):14-21.
 32. Hoffmann R, Nerlich M, Muggia-Sullam M, et al. Blunt abdominal trauma in cases of multiple trauma evaluated by ultrasonography: a prospective analysis of 291 patients. *J Trauma*. 1992;32(4):452-458.
 33. Thomson CB, Greaves I. Missed injury and the tertiary trauma survey. *Injury*. 2008;39(1):107-114.
 34. Keijzers GB, Giannakopoulos GF, Del Mar C, Bakker FC, Geeraedts LMG. The effect of tertiary surveys on missed injuries in trauma: a systematic review. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012;20:77.
 35. 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.
 36. Postma ILE, Winkelhagen J, Bijlsma TS, Bloemers FW, Heetveld MJ, Goslings JC. Delayed diagnosis of injury in survivors of the February 2009 crash of flight TK 1951. *Injury*. 2012;43(12):2012-2017.
 37. Biffi WL, Harrington DT, Cioffi WG. Implementation of a tertiary trauma survey decreases missed injuries. *J Trauma*. 2003;54(1):38-43; discussion 43-4.
 38. Hajibandeh S, Hajibandeh S, Idehen N. Meta-analysis of the effect of tertiary survey on missed injury rate in trauma patients. *Injury*. 2015;46(12):2474-2482.
 39. El-Matbouly M, Jabbour G, El-Menyar A, et al. Blunt splenic trauma: Assessment, management and outcomes. *Surgeon*. 2016;14(1):52-58.
 40. Enderson BL, Reath DB, Meadors J, Dallas W, DeBoo JM, Maul KI. The tertiary trauma survey: a prospective study of missed injury. *J Trauma*. 1990;30(6):666-669; discussion 669-70.
 41. Stürmer K, Dresing K, Bonnaire M. Recommended Guidelines for Diagnostics and Therapy in Trauma Surgery - Recommended Guidelines for Polytrauma. *Eur J Trauma*. 2001;27:137-150.
 42. Mann V, Mann S, Szalay G, et al. [Treatment of polytrauma in the intensive care unit]. *Anaesthesist*. 2010;59(8):739-761; quiz 762-763.

43. 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.* 2014;55(4):486-494.
44. Wurmb TE, Frühwald P, Hopfner W, et al. Whole-body multislice computed tomography as the first line diagnostic tool in patients with multiple injuries: the focus on time. *J Trauma.* 2009;66(3):658-665.
45. Rozycki GS, Knudson MM, Shackford SR, Dicker R. Surgeon-performed bedside organ assessment with sonography after trauma (BOAST): a pilot study from the WTA Multicenter Group. *J Trauma.* 2005;59(6):1356-1364.
46. Richards JR, Schleper NH, Woo BD, Bohnen PA, McGahan JP. Sonographic assessment of blunt abdominal trauma: a 4-year prospective study. *J Clin Ultrasound.* 2002;30(2):59-67.
47. Poletti PA, Kinkel K, Vermeulen B, Irmay F, Unger P-F, Terrier F. Blunt abdominal trauma: should US be used to detect both free fluid and organ injuries? *Radiology.* 2003;227(1):95-103.
48. Maurer MH, Winkler A, Wichlas F, et al. [Costs and role of ultrasound follow-up of polytrauma patients after initial computed tomography]. *Rofo.* 2012;184(1):53-58.
49. Rating the severity of tissue damage. I. The abbreviated scale. *JAMA.* 1971;215(2):277-280.
50. Rating the severity of tissue damage. II. The comprehensive scale. *JAMA.* 1972;220(5):717-720.
51. Palmer CS, Franklyn M, Read-Allsopp C, McLellan S, Niggemeyer LE. Development and validation of a complementary map to enhance the existing 1998 to 2008 Abbreviated Injury Scale map. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2011;19:29.
52. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma.* 1974;14(3):187-196.
53. Osler T, Baker SP, Long W. A modification of the injury severity score that both improves accuracy and simplifies scoring. *J Trauma.* 1997;43(6):922-925; discussion 925-6.
54. Burchardi H, Larsen R. *Die Intensivmedizin.* 9. Auflasg. (Springer Verlag, ed.); 2004.
55. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet (London, England).* 1974;2(7872):81-84.
56. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. APACHE II: a severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818-829.

57. Le Gall JR, Lemeshow S, Saulnier F. A new Simplified Acute Physiology Score (SAPS II) based on a European/North American multicenter study. *JAMA*. 270(24):2957-2963.
58. 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.
59. Jahresbericht 2013 des Traumaregisters der DGU für das Universitätsklinikum Gießen. *Dtsch Gesellschaft für Unfallchirurgie, Sektio für Notfall- und Intensivmed Schwerverletztenversorgung und AUC-Akademie der Unfallchirurgie GmbH*. 2013.
60. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, Sektio für Notfall- und Intensivmedizin S (NIS) und A-A der UG. *Jahresbericht 2013 Des Traumaregisters Der DGU*.; 2013.
61. Wurmb TE, Quaisser C, Balling H, et al. Whole-body multislice computed tomography (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. *Emerg Med J*. 2011;28(4):300-304.
62. Livingston DH, Lavery RF, Passannante MR, et al. Admission or observation is not necessary after a negative abdominal computed tomographic scan in patients with suspected blunt abdominal trauma: results of a prospective, multi-institutional trial. *J Trauma*. 1998;44(2):273-280; discussion 280-2.
63. Neal MD, Peitzman AB, Forsythe RM, et al. Over reliance on computed tomography imaging in patients with severe abdominal injury: is the delay worth the risk? *J Trauma*. 2011;70(2):278-284.
64. Huber-Wagner S, Biberthaler P, Häberle S, et al. Whole-body CT in haemodynamically unstable severely injured patients--a retrospective, multicentre study. *PLoS One*. 2013;8(7):e68880.
65. Heilbrun ME, Chew FS, Tansavatdi KR, Tooze JA. The role of negative CT of the abdomen and pelvis in the decision to admit adults from the emergency department after blunt trauma. *J Am Coll Radiol*. 2005;2(11):889-895.
66. Awasthi S, Mao A, Wooton-Gorges SL, Wisner DH, Kuppermann N, Holmes JF. Is hospital admission and observation required after a normal abdominal computed tomography scan in children with blunt abdominal trauma? *Acad Emerg Med*. 2008;15(10):895-899.
67. Livingston DH, Lavery RF, Passannante MR, et al. Admission or observation is not necessary after a negative abdominal computed tomographic scan in patients with suspected blunt abdominal trauma: results of a prospective, multi-institutional

- trial. *J Trauma*. 1998;44(2):273-280; discussion 280-2.
68. Holmes JF, McGahan JP, Wisner DH. Rate of intra-abdominal injury after a normal abdominal computed tomographic scan in adults with blunt trauma. *Am J Emerg Med*. 2012;30(4):574-579.
69. Körner M, Krötz MM, Degenhart C, Pfeifer K-J, Reiser MF, Linsenmaier U. Current Role of Emergency US in Patients with Major Trauma. *Radiographics*. 28(1):225-242.
70. Stengel D, Bauwens K, Sehoul J, et al. Emergency ultrasound-based algorithms for diagnosing blunt abdominal trauma. *Cochrane database Syst Rev*. 2005;(2):CD004446.
71. Lyass S, Sela T, Lebensart PD, Muggia-Sullam M. Follow-up imaging studies of blunt splenic injury: do they influence management? *Isr Med Assoc J*. 2001;3(10):731-733.

8 Anhang

8.1 Abkürzungsverzeichnis

AIS	Abbreviated Injury Scale
AKS	Abdominelle Kontrollsonographie
APACHE II	Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II
cCT	Craniale Computertomographie
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
FAST	Focussed Assesment with Sonography for Trauma
GCS	Glasgow Coma Scale
INR	International Normalized Ratio
ISS	Injury Severity Score
MSCT	Multislice-Computertomographie
NISS	New Injury Severity Score
PDMS	Patientendaten-Managementsystems
PTT	Partielle Thromboplastin Time
SAPS	Simplified Acute Physiology Score II
SIRS	Systemic Inflammatory Response Syndrome
SOFA	Sepsis-related Organ Failure Assessment Score
SOP	Standard Operating Procedure
TR-DGU®	Traumaregister der DGU®
TTS	Tertiary Trauma Survey
WBCT	Whole Body Computertomographie
UKGM	Universitätsklinikum Gießen und Marburg

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Kriterien zur Schockraumbehandlung aus dem „Weißbuch“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie	9
Tabelle 2 “Missed Injury Klassifikation” angelehnt an “Missed injury classification”	10
Tabelle 3 Beschreibung des für den ISS relevanten AIS in Bezug auf die verschiedenen Körperregionen	16
Tabelle 4 Übersicht über die Zielparameter.....	19
Tabelle 5 Basischarakteristika des Studienkollektives.	24
Tabelle 6 Übersicht über die Ergebnisse der jeweils initialen Laboranalytik im Schockraum bzw. auf der Intensivstation.....	28
Tabelle 7 Auftreten der indirekten Blutungszeichen im Studienkollektiv	29

8.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Gegenüberstellung computertomographischer Bilder mit und ohne Nachweis abdomineller Organläsionen.....	6
Abbildung 2 Algorithmus zur Diagnostik und Therapie abdomineller Traumafolgen.....	7
Abbildung 3 B-Bild-Sonographie eines Patienten mit Milzlazeration nach stumpfem Bauchtrauma bei guten Untersuchungsbedingungen	13
Abbildung 4 Präsentation des Studiendesigns.....	22
Abbildung 5 Tortendiagramm zur Übersicht der Unfallmechanismen.	25
Abbildung 6 Balkendiagramm über die Verteilung der Verletzungsschwere, dargestellt mittels ISS.	26
Abbildung 7 Menge der transfundierten Erythrozytenkonzentrate (ml) im Schockraum und auf der Intensivstation.	28

9 Publikationen

- Schneck E, Koch C, **Borgards M**, Reichert M, Hecker A, Heiß C, Padberg W, Alexandre-Lafont E, Röhrig R, Krombach GA, Weigand M, Bernhard M, Roller FC. Rofo. 2017 Feb;189(2):128-136. doi: 10.1055/s-0042-120844. Impact of Abdominal Follow-Up Sonography in Trauma Patients Without Abdominal Parenchymal Organ Lesion or Free Intraabdominal Fluid in Whole-Body Computed Tomography. **Rofo**. 2017 Feb;189(2):128-136.
- Präsentation der Studienergebnisse (wissenschaftlicher Vortrag) auf dem 10.Treffen der wissenschaftlich tätigen Arbeitsgruppen der deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin im Bereich Notfallmedizin (WATN) 2015 am 08.- 09.02.2015 in Kiel

10 Danksagung

Spätestens beim Verfassen dieser Danksagung ist mir bewusst geworden wie viele Menschen mich bei der Erstellung meiner Dissertation unterstützt haben.

Zuallererst möchte ich mich bei Prof. Dr. med. Markus Weigand für das freundliche Überlassen des Themas und die zügige Sichtung und Korrektur meiner Arbeit danken.

Auch meinen Zweitbetreuern Dr. Emmanuel Schneck und Dr. Christian Koch bin ich zu höchstem Dank verpflichtet. Kompetenter Rat, konstruktive Kritik, zügiges Korrekturlesen und regelmäßige Motivationsspenden waren elementar für den erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit.

Zusätzlich habe ich von vielen Seiten weitere Unterstützung erhalten: Bei Dr. Fritz Roller möchte ich mich für die Hilfe bei der Nutzung des Radiologie-Managementsystems zur Selektion der Patienten bedanken. Dr. Sebastian Harth danke ich sehr für das zur Verfügung gestellte Bildmaterial und auch für sein radiologisches Wissen, dass er jederzeit mit mir geteilt hat. Vielen Dank auch an PD Dr. Michael Bernhard für die zur Verfügung gestellte Literatur und an PD Dr. Michael Knipper für seine Ratschläge bezüglich effektiver Literaturrecherche.

Auch meiner Familie, die mich immer beim Erreichen meiner Ziele unterstützt hat, möchte ich herzlich danken. Meiner Mutter Frauke Borgards-Zwering, die es bei jeglichen Krisen immer wieder geschafft hat, mich neu zu motivieren. Meinem Vater Michael Laubmeister und meinem Stiefvater Markus Zwering, die mir bei allen nur denkbaren Computerfragen stets eine große Hilfe waren. Meinen Geschwistern für ihre emotionale Unterstützung.

Ein großes Dankeschön gilt auch meinen Freunden, die sich häufig meine Klagen und Zweifel anhören mussten und immer wieder Quelle neuer Motivation waren. Zu guter Letzt möchte ich meinem Sohn Michel danken, der immer für Ablenkung und den ein oder anderen Perspektivenwechsel gesorgt hat.