

**Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin
und Schmerztherapie
der Universität Würzburg**

Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. Patrick Meybohm

**Die simultane Versorgung von Traumapatienten in einem Doppel-Ganzkörper-
CT-Schockraum: Eine retrospektive Beobachtungsstudie am
Universitätsklinikum Würzburg**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Maximilian Dümpert

aus Schweinfurt

Würzburg, März 2023

Referent: Prof. Dr. med. Thomas Wurmb

Koreferent/Koreferentin: Prof. Dr. med. Hendrik Jansen

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 09.11.2023

Der Promovend ist Arzt.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Trauma und Polytrauma	1
1.2	Grundlagen der Traumaversorgung.....	2
1.3	Schockraum.....	4
1.4	Computertomographie	8
1.5	Die Entwicklung des Doppelschockraumkonzeptes am Universitätsklinikum Würzburg	13
1.6	Qualitätsmanagement.....	19
1.7	Fragestellung.....	19
2	Material und Methoden	20
2.1	Ethik- und Tierversuchsvotum	21
2.2	Kollektiv der untersuchten Patienten und Patientinnen	21
2.3	Kliniksysteme.....	22
2.4	Datenbank	23
2.5	Abbreviated Injury Scale (AIS).....	30
2.6	ASA Physical Status Classification System	31
2.7	Injury Severity Score.....	32
2.8	RISC-II-Score	32
2.9	Glascow-Coma-Scale	35
2.10	Statistische Analyse.....	35
3	Ergebnisse.....	37
3.1	Patientencharakteristika und Präklinik	38
3.2	Verletzungsschwere (ISS)	40
3.3	Zustand bei Aufnahme und Procedere im Schockraum	41
3.4	Zeitintervalle und Outcome	42
3.5	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	45

4	Diskussion	46
4.1	Patientencharakteristika und Präklinik	47
4.2	Verletzungsschwere (ISS)	49
4.3	Zustand bei Aufnahme und Procedere im Schockraum	50
4.4	Zeitintervalle und Outcome	52
4.5	Vergleich mit historischer Kontrollgruppe	54
4.6	Limitationen dieser Untersuchung	55
4.7	Ausblick	56
5	Zusammenfassung	58
6	Literaturverzeichnis	59

Appendix

- I. Abkürzungsverzeichnis (in alphabetischer Reihenfolge)
- II. Abbildungsverzeichnis
- III. Tabellenverzeichnis
- IV. Danksagung
- V. Lebenslauf
- VI. Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

1 Einleitung

1.1 Trauma und Polytrauma

Im Jahr 2020 wurden in Deutschland 2719 Menschen alleine bei Verkehrsunfällen getötet (1). 327.550 wurden dabei verletzt (2). Es zeigte sich eine Häufung vor allem bei jungen Männern im Alter zwischen 15 und 25 Jahren. Bei einem Drittel der verstorbenen Personen dieser Gruppe war ein Unfall todesursächlich (3).

Am häufigsten erlitten Traumapatienten und -patientinnen thorakale und kraniale Verletzungen, gefolgt von Verletzungen der Extremitäten und der Wirbelsäule (4-6). Die Haupttodesursachen sind Hirnschäden und Blutungen. Etwa die Hälfte der tödlich verletzten Patienten und Patientinnen starb noch während der ersten Stunde (7). In Deutschland erreichen Traumapatienten und -patientinnen durchschnittlich nach 62 Minuten ein Krankenhaus (6). Somit kommt der frühen Versorgungsphase, insbesondere der Behandlung im Schockraum, ein hoher Stellenwert für die Prognose der Patienten zu (8).

Die Bezeichnung „Polytrauma“ beschreibt eine Vielzahl gleichzeitig erlittener Verletzungen, von denen mindestens eine oder die Kombination aus mehreren lebensgefährlich ist (9). Alternativ hierzu kann auch die Kombination aus mindestens zwei Verletzungen mit einem AIS (Abbreviated Injury Scale) ≥ 3 und einer Hypotension, einer Azidose, einer Koagulopathie, eines GCS-Werts (Glasgow Coma Scale) ≤ 8 oder eines Lebensalters > 70 Jahren als Polytrauma bezeichnet werden (10). Personen mit einer Gesamtverletzungsschwere ab einem ISS von 16 werden generell als schwerverletzt bezeichnet (11). In der folgenden Tabelle sind die unterschiedlichen Definitionen des Polytraumas dargestellt.

Tabelle 1: **Definition des Polytraumas.**

Definition Polytrauma	Publikation
Multiple Verletzungen, die alleine oder in Kombination potentiell tödlich sind	The treatment of the seriously injured at an emergency station – Tscherne 1966 (9)
Zwei Verletzungen jeweils mit AIS ≥ 3 + Hypotension oder + Azidose oder + Koagulopathie oder + GCS ≤ 8 oder	The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition' – Pape 2014 (10)

1 Einleitung

+ Alter > 70 Jahren	
Gesamtverletzungsschwere ISS \geq 16	Multiple Trauma and Emergency Room Management – Frink 2017 (11)

Das Kernziel bei der Versorgung dieser Patienten und -patientinnen ist das Überleben der Patienten und Patientinnen und die Wiederherstellung der körperlichen und sozialen Funktionsfähigkeit (12).

1.2 Grundlagen der Traumaversorgung

Die Voraussetzung für eine effektive Behandlung Schwerverletzter ist das zügige Erkennen lebensbedrohlicher Verletzungen sowie deren Priorisierung und Behandlung nach Relevanz (13).

In diesem Zusammenhang hat sich der Leitsatz „treat first, what kills first“ etabliert. Damit ist gemeint, Verletzungen nach deren Bedrohlichkeit zu ordnen und abzuarbeiten (14). Hierbei spielen Behandlungskonzepte wie ETC (European Trauma Course) oder ATLS® (Advanced Trauma Life Support) eine wesentliche Rolle. Sie stellen Leitfäden bei der Behandlung Schwerverletzter dar und können die Versorgung und damit die Prognose dieser Patienten und Patientinnen verbessern (15, 16).

„Advanced Trauma Life Support“ (ATLS®) wurde in den 1980er Jahren in den USA entwickelt und kurz darauf durch das American College of Surgeons übernommen. Seitdem wurde es regelmäßig aktualisiert. Mittlerweile ist ATLS® weltweit anerkannt (17). ATLS® wird sowohl in der präklinischen als auch in der klinischen Versorgung angewandt und stellt somit eine gemeinsame Kommunikationsebene zur Verfügung, die eine nahtlose Übergabe des Patienten oder der Patientin ermöglicht. Das Konzept sieht eine klinische Ersteinschätzung des oder der Verletzten vor und kann mit einfachsten Mitteln in der zivilen Traumaversorgung, aber auch in Kriegs- und Krisengebieten umgesetzt werden. Den Kern stellt hierbei das Vorgehen nach dem ABCDE-Schema dar. Es dient der schnellen Erfassung und Behandlung unmittelbar lebensbedrohlicher Zustände und Verletzungen. Hierbei wird zuerst der Atemweg (A = Airway) geprüft. Erst wenn dieser frei bzw. gesichert ist, kann zum nächsten Punkt übergegangen werden. Dieser stellt die Atmung (B = Breathing) dar. Erst wenn diese suffizient oder der Patient oder die Patientin ggf. künstlich beatmet ist, steht die Beurteilung des Kreislaufes (C = Circulation) an. Hierbei gilt es vor allem, Blutungen und Schockzustände zu erkennen und zu behandeln. Im Anschluss daran findet eine kurze neurologische (D = Disability) Untersuchung statt.

1 Einleitung

Der letzte Punkt beinhaltet eine vollständige Entkleidung und Untersuchung des Patienten oder der Patientin (E = Exposure) und die Kontrolle der Umgebungsbedingungen (E = Environment). Eine Sonderstellung haben akute, kritische Blutungen inne, die unverzüglich und noch vor Beginn des Algorithmus behandelt werden müssen. In diesem Fall steht vor dem A für die Sicherung des Atemweges ein <C> für Blutstillung. Durch dieses Konzept soll sichergestellt werden, dass keine wichtigen Untersuchungen vergessen und keine Verletzungen übersehen werden. Hierzu ist es wichtig, dass jeder einzelne Punkt sorgfältig und in der jeweiligen Reihenfolge abgearbeitet wird, ohne einen Schritt zu überspringen. Nach der Untersuchung ist eine Evaluation vorgesehen, ob die benötigten Ressourcen zur Verfügung stehen oder ob eine weitere Fachdisziplin hinzugezogen oder der Patient bzw. die Patientin ggf. sogar in eine andere Klinik verlegt werden sollte (14, 18-20).

Wichtig für den Behandlungserfolg Schwerverletzter ist ein standardisiertes und strukturiertes Vorgehen. Dies ermöglicht trotz des hohen Stresslevels während der Versorgung eine zügige Diagnostik und die Initiierung lebensrettender Maßnahmen und reduziert gleichzeitig die Gefahr, Behandlungsschritte zu vergessen (21, 22). Auf der Basis von ATLS® können hierfür klinikinterne Versorgungsprotokolle ausgearbeitet werden, die an die jeweiligen Gegebenheiten angepasst sind (18). Durch die Einführung solcher Handlungsvorgaben, sog. SOPs (Standard Operating Procedures), konnte die Versorgung von Patienten und Patientinnen im Schockraum wesentlich verbessert werden. Sowohl die Zeit zwischen Aufnahme und vollständiger Diagnostik als auch bis zum Beginn lebensrettender Interventionen konnte signifikant verkürzt und somit insgesamt auch das Outcome der Patienten und Patientinnen verbessert werden (23, 24).

Ein weiterer Schritt war in diesem Zusammenhang die Entwicklung der ersten deutschen Leitlinie zur Schwerverletztenversorgung 2001. Ihr folgten die entsprechenden Aktualisierungen 2011 und 2016 (25, 26).

Neben diesen Leitfäden spielen Zeitfaktoren bei der Behandlung eine wesentliche Rolle. In diesem Zusammenhang hat Cowley den Begriff der sogenannten „Golden Hour“ geprägt. Hiermit wollte er die besondere Bedeutung der ersten Stunde nach einem Trauma für das Überleben des Patienten oder der Patientin hervorheben (27). Diesem Umstand wird seitdem Rechnung getragen und es ist das Ziel der präklinischen Versorgung einen Traumapatienten bzw. eine Traumapatientin idealerweise innerhalb der ersten Stunde nach dem Unfall in eine Klinik eingeliefert zu haben (28-30). Durch eine Zeitersparnis kann das Outcome dieser Personen verbessert werden.

1 Einleitung

Insbesondere solche Patienten und Patientinnen, die eine OP (Operation) benötigen, profitieren von einer schnellen Diagnostik und einer Reduktion etwaiger Verzögerungen bis zum Beginn operativer Maßnahmen (31, 32).

Grundsätzlich gilt also: Klare Regeln und ein zügiges Vorgehen sind in der Versorgung Schwerverletzter elementar (24).

1.3 Schockraum

Die zentrale Notaufnahme stellt das Bindeglied zwischen präklinischer und klinischer Versorgung von Notfallpatienten und -patientinnen dar. Den Mittelpunkt jeder Notaufnahme bildet der Schockraum, der zur Versorgung kritisch Kranker mit akuter vitaler Bedrohung vorgehalten wird. Grundsätzlich können hier sowohl traumatologische als auch nicht-traumatologische Patienten und Patientinnen behandelt werden. Hierbei sollen Verletzungen und Erkrankungen schnellstmöglich erkannt und das weitere Procedere geplant werden. Außerdem können im Schockraum lebensrettende Sofortmaßnahmen durchgeführt werden (21, 28, 29).

Die Entscheidung, ob eine Person im Schockraum versorgt werden muss, sollte anhand bestimmter Kriterien getroffen werden. Die Einschätzung hierzu kann präklinisch entweder durch den Notarzt oder die Notärztin bzw. das Rettungsdienstpersonal oder innerklinisch durch das Klinikpersonal erfolgen. Im Anschluss daran sollte der Patient oder die Patientin zeitnah in der Klinik angemeldet und das Schockraumteam aktiviert werden (21, 29, 33). Die Indikationen für eine Schockraumversorgung können entweder Verletzungen und klinische Parameter oder auch der Unfallmechanismus selbst sein. Nachfolgend sind die Indikationen entsprechend der aktuellen S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenversorgung (26) detailliert aufgeführt.

Tabelle 2: **Indikationen für eine Schockraumaufnahme** (26).

Indikation	Ggf. Bedingung
Trauma	+ systolischer Blutdruck < 90 mmHg oder
	+ GCS < 9 oder
	+ respiratorische Insuffizienz
Penetrierendes Trauma oder Schussverletzung des Rumpfes oder Halses	
Frakturen von mehr als zwei proximalen Knochen	
Instabile Thoraxverletzungen	

1 Einleitung

Frakturen des Beckens	
Amputationen proximal der Hände bzw. Füße	
Wirbelsäulen-Verletzungen mit Querschnittssymptomatik	
Offene Frakturen des Schädels	
Verbrennungen von über 20% der Körperoberfläche und mind. Grad 2b	
Sturz aus über 3 m Höhe	
Kraftfahrzeugunfall	+ Frontalaufprall und Intrusion > 50 cm oder
	+ Geschwindigkeitsdifferenz > 30 km/h oder
	+ Tod oder Ejektion eines Insassen oder einer Insassin
Kollision eines Kraftfahrzeugs mit einem Fußgänger bzw. einer Fußgängerin oder einem Radfahrer bzw. einer Radfahrerin	

Der Schockraum sollte sich entsprechend den Empfehlungen der S3-Leitlinie Polytrauma in der zentralen Notaufnahme und in der Nähe des OP-Traktes befinden und zwischen 25 – 50 m² groß sein (26). Da in einem Schockraum schwerstverletzte und teilweise instabile Patienten und Patientinnen versorgt werden, ist ein vollständig ausgerüsteter Anästhesiearbeitsplatz inklusive Beatmungsgerät und der Möglichkeit zur Überwachung der Vitalparameter notwendig (21). Um eine zügige Diagnostik zu ermöglichen sind außerdem ein Ultraschall-, ein Röntgengerät und/oder ein Computertomograph verfügbar (34). Zusätzlich empfiehlt die S3-Leitlinie die Vorhaltung von chirurgischem Instrumentarium für Notfalloperationen, wie beispielsweise einer Laparotomie, Thorakotomie, Kraniotomie oder unfallchirurgische Eingriffe (26).

Die Versorgung im Schockraum wird durch ein interdisziplinäres Team sichergestellt. Die Zusammensetzung dieser Teams richtet sich sowohl nach der Versorgungsklasse des jeweiligen Krankenhauses (Lokales Traumazentrum LTZ, regionales Traumazentrum RTZ, überregionales Traumazentrum ÜTZ) als auch nach dem Zustand des Patienten oder der Patientin und sind im Weißbuch Schwerverletztenversorgung der DGU festgelegt. Hierbei wird zwischen einem Basisteam (BST) und einem erweiterten Team (EST) unterschieden. Das Basisteam stellt die grundlegende Besetzung des Schockraums da und muss sofort verfügbar sein. Das erweiterte Schockraumteam soll das Basisteam bei entsprechender Notwendigkeit ergänzen und muss innerhalb von 30 Minuten verfügbar sein (34). Die folgende Tabelle stellt die Zusammensetzung des Schockraumteams je nach Größe des Traumazentrums dar.

1 Einleitung

Tabelle 3: **Schockraumteam und entsprechende Qualifikation** (WA = Weiterbildungsassistent bzw. -assistentin, FA = Facharzt bzw. Fachärztin, OA = Oberarzt bzw. Oberärztin) (34).

Fach	LTZ		RTZ		ÜTZ	
	BST	EST	BST	EST	BST	EST
Orthopädie/ Unfallchirurgie	FA	OA	FA + (WA)	OA	FA + (WA)	OA
Allgemein-/ Viszeralchirurgie	(FA)	OA	(WA)	OA	(WA)	OA
Anästhesiologie	FA	OA	FA	OA	FA	OA
Radiologie		OA		OA		OA
Neurochirurgie				FA		OA
Gefäßchirurgie				FA		FA
Handchirurgie						FA
Herz-Thorax-Chirurgie						FA
MKG-Chirurgie						FA
HNO						FA
Augenheilkunde						FA
Urologie						FA
Gynäkologie						FA
Plastische Chirurgie						FA
Kinderchirurgie/Pädiatrie						FA
Pflege Notaufnahme	1		2		2	
Pflege Anästhesie	1		1		1	
Radiologie (MTRA)	1		1		1	
OP-Pflege				2		2

Der Einsatz dieser sog. „Traumateams“ stellt einen Benefit für die Qualität der Versorgung dar (35, 36). Die Leitung der Versorgung kann entweder durch einen sog. „Traumaleader“ bzw. eine „Traumaleaderin“ oder durch eine interdisziplinäre Führungsgruppe erfolgen. In der aktuellen S3-Leitlinie werden beide Systeme als gleichwertig angesehen (26).

Eine rechtzeitige Alarmierung des Schockraumteams ist für die Versorgung essenziell. Idealerweise soll der Alarm 10 bis 15 Minuten vor Eintreffen in der Klinik erfolgen. Hierdurch hat das Schockraumteam genügend Zeit sich zu versammeln, ist jedoch nicht unnötig lange vorher gebunden. Ein verfrühtes Eintreffen des Patienten oder der

1 Einleitung

Patientin vor Anwesenheit des Schockraumteams ist kritisch für diesen bzw. diese und muss unbedingt vermieden werden (37, 38).

Nach der Ankunft des Patienten oder der Patientin im Schockraum wird dieser vom Notarzt bzw. der Notärztin und dem Rettungsdienst an das Schockraumteam übergeben und auf die Schockraumliege umgelagert. Hierbei sollen die wichtigsten Informationen zum Unfallmechanismus, den vermuteten Verletzungen und bisherigen Maßnahmen weitergegeben werden. Im Anschluss findet die sog. „Primary-Survey“ statt; eine Erstuntersuchung, die dem ABCDE-Konzept aus ATLS® folgt. In dieser Phase werden dem Patienten oder der Patientin außerdem i.v.-Zugänge angelegt, Blut abgenommen und ggf. eine eFAST-Sonografie (extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) durchgeführt. Letztere dient der zügigen Identifikation lebensbedrohlicher Blutungen, eines Pneumo- oder Hämatothorax oder einer Perikardtamponade (39). Auch ein initiales Ganzkörper-CT (Ganzkörper-Computertomographie), falls dies indiziert und in der Klinik Standard ist, findet in dieser Phase statt. Ziel ist es, lebensbedrohliche Verletzungen zu erkennen und zu behandeln. In der „Secondary-Survey“ findet die Bildgebung via Röntgen oder organspezifischem CT statt, falls noch kein initiales CT durchgeführt worden ist. Ziel ist es hierdurch weitere Verletzungen zu erkennen oder zu bestätigen. Im Anschluss wird die weitere Therapie geplant und es wird entschieden, ob der Patient oder die Patientin direkt operiert oder auf die Intensivstation verlegt werden muss (14, 18, 28). Am Universitätsklinikum Würzburg wurde für dieses Vorgehen ein Flowchart entwickelt, welches im Folgenden unter 1.5 Würzburger Schockraumkonzept dargestellt wird.

Für das operative Vorgehen haben sich sog. „Damage Control Konzepte“ etabliert. Sie beinhalten nur die nötigsten, operativen Eingriffe und dienen dazu, die Vitalfunktionen zu stabilisieren. Zu den Indikationen für diese Eingriffe gehören unter anderem signifikante Blutungen, Schockzustände und ein ISS (Injury Severity Score) > 35. In diesen Fällen wird auf eine langwierige definitive Operation verzichtet und stattdessen eine vorübergehende Versorgung vorgenommen. Hierzu zählt man beispielsweise die Dekompression eines Spannungspneumothorax oder die Kontrolle einer abdominalen Blutung mittels Laparotomie (11, 29).

Ein besonderes Schockraumkonzept stellt der sog. „Hybrid-Emergency Room“ dar. Hierunter versteht man einen Schockraum, in dem sich ein Computertomograph befindet und in dem Notfalleingriffe oder interventionelle, radiologische Eingriffe erfolgen können. Der Patient oder die Patientin wird hierfür direkt auf der CT-Liege gelagert, wo er während der gesamten Schockraumphase verbleiben und auch behandelt werden kann.

Durch die Etablierung dieses Hybrid-ER-Konzeptes (Hybrid-Emergency Room) konnte die 28-Tages-Mortalität deutlich gesenkt werden (40).

1.4 Computertomographie

1971 entwickelte Godfrey N. Hounsfield den ersten Computertomographen der Welt. Nur 8 Jahre später erhielten er und Allen M. Cormack, der zuvor ebenfalls zu rotierenden Röntgenröhren geforscht hatte, den Medizinnobelpreis. In den folgenden Jahren wurde die Technik stetig verbessert (41). Die Weiterentwicklung in Form der Multislice-Computertomographie (MSCT) führte schließlich zu einer deutlich verbesserten Bildqualität. Außerdem ermöglicht es eine Ganzkörper-CT-Untersuchung und somit eine große diagnostische Aussagekraft in kurzer Zeit, was insbesondere bei der Versorgung Schwerverletzter auf Grund des generalisierten Unfallmechanismus vorteilhaft ist (42). Die MSCT stellt somit ein hochpräzises und schnelles bildgebendes Verfahren dar, das auch bei instabilen oder sogar reanimationspflichtigen Patienten und Patientinnen angewandt werden kann (43-45). Deshalb ist es mittlerweile ein wichtiger Bestandteil in der Bildgebung traumatisierter Patienten und Patientinnen (18, 21, 26, 28, 30, 46, 47). 2019 nutzten deutlich über 2/3 der im Traumaregister der DGU (Deutsch Gesellschaft für Unfallchirurgie) gelisteten Kliniken die Ganzkörper-CT routinemäßig bei Polytraumatisierten (6).

Die Ganzkörper-Computertomographie bietet eine hohe diagnostische Sicherheit (48). Sie weist eine höhere Sensitivität bei der Erkennung von lebensgefährlichen Verletzungen auf als die konventionelle Bildgebung, bestehend aus eFAST-Sonografie, Röntgen und organspezifischer CT-Diagnostik (49, 50). Zusätzlich kann durch eine CT-Untersuchung im Vergleich zur konventionellen Bildgebung Zeit eingespart werden (4, 5, 51-53). Während für eine konventionelle Röntgen- und Ultraschalldiagnostik sowie organspezifische CT-Untersuchungen im Schnitt zusammen über 75 Minuten benötigt werden, ist eine vollständige Ganzkörper-CT-Untersuchung bereits nach 12 Minuten abgeschlossen (54-56).

Huber-Wagner et al. konnten in einer Untersuchung zeigen, dass eine initiale Ganzkörper-CT-Untersuchung im Vergleich zur konventionellen Bildgebung Überlebensvorteile bieten könnte. Dieser Effekt wird deutlich, wenn man die Number Needed To Scan vergleicht (17 vs. 32) (51).

Hilbert et al. konnten diese Ergebnisse bestätigen. Durch die Entwicklung eines neuen Schockraumalgorithmus, der auf ein initiales Ganzkörper-CT statt der konventionellen

1 Einleitung

Bildgebung setzt, konnte die Schockraumbehandlungszeit deutlich verkürzt werden. Nach Einführung dieses Algorithmus zeigte sich außerdem eine deutliche Reduktion der standardisierten Sterberate. Der Anteil der Verstorbenen sank von 15% auf 9,1%. Auch im Vergleich zu Zahlen aus dem DGU-Traumaregister scheint der neu entwickelte Algorithmus einen Überlebensvorteil zu bieten (52).

Lang et al. konnten zeigen, dass Patienten und Patientinnen, die initial eine Ganzkörper-CT erhielten, im Durchschnitt einen kürzeren Aufenthalt auf der Intensivstation, sowie einen kürzeren Krankenhausaufenthalt allgemein aufwiesen (4).

In der Traumatologie versteht man unter einer Ganzkörper-CT meist die sog. „Polytraumaspirale“; eine native CCT (Craniale Computertomographie) in Kombination mit einem Kontrastmittel-CT von Kopf bis Becken (30).

Hierfür ist die richtige Indikationsstellung wichtig, um die Personen zu identifizieren, die am meisten von einer Ganzkörper-CT profitieren (57). Dies umfasst vor allem schwerverletzte und/ oder hämodynamisch instabile Patienten und Patientinnen (44, 56, 58).

Deshalb soll eine initiale Ganzkörper-CT durchgeführt werden, wenn eines der folgenden Kriterien auf den zu Untersuchenden zutrifft: Störung der Vitalfunktionen (A-/B-/C-Probleme), Bewusstseinsstörung (GCS), relevanter Unfallmechanismus oder Verletzungen mindestens zweier relevanter Körperregionen (59).

Die detaillierten Indikationen für eine Polytraumaspirale in der Traumatologie umfassen die folgenden Kriterien und zeigen Überschneidungen mit den Indikationen zur Aufnahme in den Schockraum (vgl. Tabelle 2). Hieraus resultiert ein großer Anteil an Ganzkörper-CT-Untersuchungen bei Schockraumpatienten und -patientinnen (6). In der nachfolgenden Tabelle sind die Indikationen für ein Ganzkörper-CT dargestellt.

Tabelle 4: **Indikationen für eine Ganzkörper-CT** (57).

Kategorie	Indikation
Störung der Vitalfunktionen	Systolischer Blutdruck < 80 mmHg
	Atemfrequenz < 10 oder > 29 /min
	Sauerstoffsättigung < 90 %
	GCS initial < 9 + Intubation
Unfallmechanismus	Sturz aus > 5 m Höhe
	Verkehrsunfall mit hoher Geschwindigkeit/ gegen LKW/ als Fußgänger bzw. Fußgängerin oder Radfahrer bzw. RadfahrerIn

1 Einleitung

	PKW-Unfall mit Einklemmung/ Überschlag/ Frontalzusammenstoß/ Ejektion aus PKW/ Tod eines Beifahrers oder einer Beifahrerin
	Einklemmung/ Verschüttung/ Explosion
Verletzungen	Instabiler/ offener Thorax
	Offenes Abdomen
	Instabiles Becken
	Fraktur von > 2 langen Röhrenknochen
	Amputation proximal von Hand/ Fuß

Voraussetzungen für eine initiale Ganzkörper-CT in der Traumatologie sind neben der entsprechenden Indikation, eine Einbettung in den Schockraumalgorithmus der Klinik und das Vorhandensein eines Sono- und Röntgen-Gerätes. Letztere sollen als Rückfallebene bei einer technischen Störung des CT oder als alternative Bildgebung dienen, wenn eine CT-Untersuchung nicht möglich ist (60). Die endgültige Entscheidung, ob der Patient oder die Patientin eine Ganzkörper-CT-Untersuchung erhält, trifft je nach Organisation des Schockraumteams der Teamleader bzw. die Teamleaderin oder die Führungsgruppe Schockraum (61, 62). So muss bei Schwangeren und Kindern aufgrund der Strahlenexposition, welche im Folgenden noch näher erläutert wird, eine strenge Nutzen-Risiko-Abwägung erfolgen (63-65). In bestimmten Fällen kann die Ganzkörper-CT außerdem der konventionellen Bildgebung unterlegen sein. So eignet sich beim reanimationspflichtigen Patienten oder der reanimationspflichtigen Patientin eine Röntgenaufnahme des Thorax zur Identifikation potentiell reversibler Ursachen (Spannungspneumothorax etc.) besser als eine CT-Untersuchung, da die Unterbrechung der Maßnahmen bei ersterem deutlich kürzer ist (60).

Häufig sind ein Umlagern und der Transport des Patienten oder der Patientin von der Schockraumliege in der Notaufnahme zur CT-Liege in der Radiologie notwendig. Hierdurch geht wertvolle Zeit verloren (55). Eine Zeitersparnis kann erreicht werden, wenn sich der Computertomograph in der Notaufnahme oder sogar direkt im Schockraum befindet (5, 32, 61, 66, 67). Bei knapp der Hälfte der befragten Kliniken befand sich ein Computertomograph entweder direkt im Schockraum oder in unmittelbarer Nähe dazu (68). Durch die Etablierung eines neuen Schockraumkonzeptes konnten Jin et al. ein Umlagern von der Schockraumliege auf die CT-Liege bzw. einen Transport des Patienten bzw. der Patientin zwischen Schockraum und CT-Gerät vermeiden. Hierdurch konnte die Zeit, die für die Diagnostik benötigt

wurde, signifikant verkürzt werden (66). Auch andere Untersuchungen konnten dies bestätigen. Durch einen im Schockraum befindlichen Computertomographen konnte die Versorgungszeit und sogar das Outcome verbessert werden (5, 52, 61, 66).

Das Doppelschockraumkonzept des Universitätsklinikums Würzburg stellt eine herausragende Weiterentwicklung dar. Es handelt sich dabei um zwei Schockräume, die durch eine fahrbare CT-Gantry miteinander verbunden sind. Hierdurch ist es möglich zwei Patienten oder Patientinnen gleichzeitig zu versorgen ohne auf eine zügige Ganzkörper-CT-Diagnostik ohne Umlagern verzichten zu müssen. Zusätzlich können im Doppelschockraum Notfalleingriffe wie Thorakotomie oder Laparotomie durchgeführt werden (69).

Andere Konzepte erweitern das Spektrum an möglicher Diagnostik und Therapie nochmals. Diese sogenannten Hybrid-Schockräume kombinieren einen Schockraum inklusive Computertomographen mit der Ausstattung, um interventionelle und operative Eingriffe beispielsweise zur Blutungsstillung durchführen zu können (70). In der Grafik „Verschiedene Schockraumkonzepte“ sind unterschiedliche Konfigurationen von Schockräumen und deren Bezug zu einem Computertomographen dargestellt.

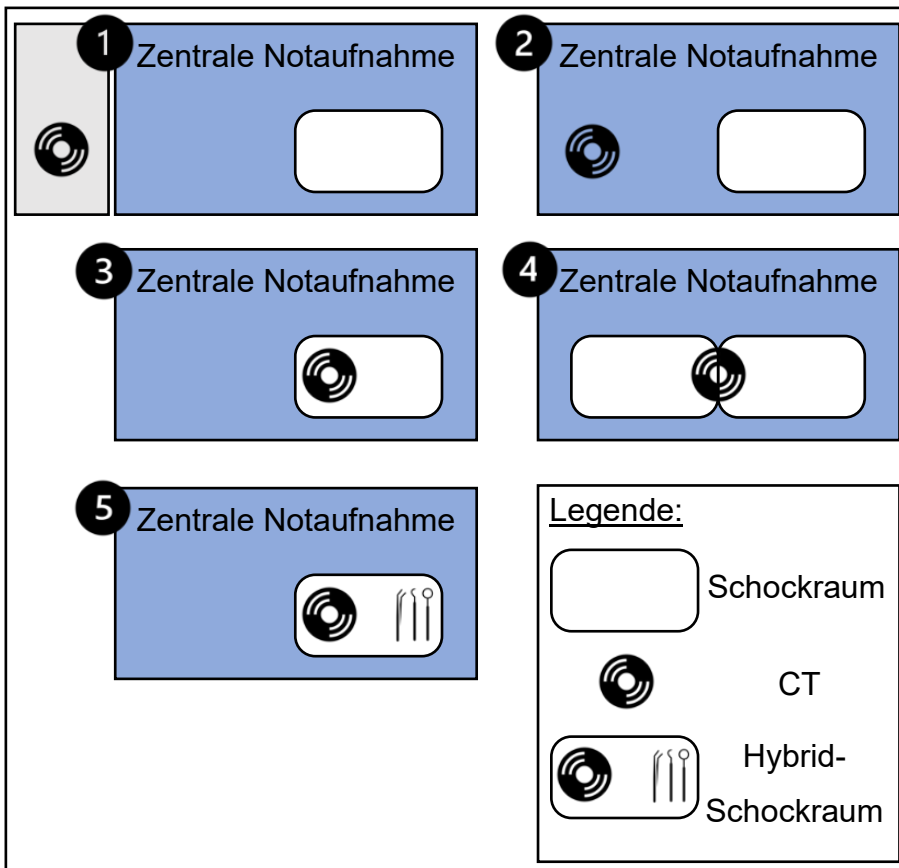


Abbildung 1: **Verschiedene Schockraumkonzepte** (1. CT außerhalb der ZNA, 2. CT innerhalb der ZNA und in Nähe zum Schockraum, 3. CT im Schockraum, 4. Doppelschockraum mit CT, 5. Hybrid-Schockraum mit CT). Eigene Grafik.

Durch die Einführung eines Schockraumalgorithmus, der eine initiale Ganzkörper-CT vorsieht, nahm die Zahl der CT-Untersuchungen deutlich zu. 80 % der Traumapatienten und -patientinnen erhielten ein Ganzkörper-CT nachdem dieser Algorithmus zur Routine wurde, während vorher nur 10 % der Patienten und Patientinnen eine solche Untersuchung erhielten (4).

Standardisierte Ganzkörper-CT-Scans in der Traumadiagnostik bedeuten eine höhere Strahlenexposition als bei einer konventionellen Bildgebung (5, 71, 72). Durch neuartige CT-Geräte konnte die Strahlenbelastung allerdings deutlich reduziert werden. Insgesamt ist ein Patient oder eine Patientin während einer Ganzkörper-CT-Untersuchung in etwa einer effektiven Strahlendosis von 10-20 mSv (Millisievert) ausgesetzt (5, 73-75). Das Risiko für eine Krebserkrankung liegt pro 10 mSv Strahlung bei 1 zu 1777 (5). Das Risiko, während der Behandlung Schwerverletzter eine lebensbedrohliche Verletzung zu übersehen, beschreiben Houshian et al. dagegen mit knapp 1 zu 10 (76). Wurmb et al. konnten in einer Untersuchung zeigen, dass durch eine CT-Diagnostik im Durchschnitt

ein Leben pro 302 Untersuchungen gerettet werden konnte (5). Somit zeigt sich in der Nutzen/Risiko-Abwägung ein klarer Trend zu Gunsten der CT-Diagnostik.

Allerdings gibt es hierbei auch Einschränkungen. Durch eine zu großzügige Indikationsstellung für ein Ganzkörper-CT können Verletzungen oder Erkrankungen, die nicht im Zusammenhang mit dem Trauma stehen und ohne Relevanz sind, auffallen. Es droht eine Erhöhung der Falsch-Positiv-Raten (77).

Insgesamt hat sich die Computertomographie trotzdem als äußerst effizient in der Bildgebung traumatisierter Patienten und Patientinnen erwiesen (78). Sie ist deshalb größtenteils in die Algorithmen zur Polytraumaversorgung integriert (18, 26) und gilt als das bildgebende Verfahren der Wahl (78).

1.5 Die Entwicklung des Doppelschockraumkonzeptes am Universitätsklinikum Würzburg

Der Schockraum des Universitätsklinikums Würzburg wurde in den letzten Jahren wiederholt weiterentwickelt. 2004 wurde ein Einzelschockraum mit darin befindlichem Ganzkörper-Computertomographen installiert. Nach 14 Jahren wurde dieser 2018 schließlich zu einem Doppelschockraum mit fahrbarer Ganzkörper-CT-Gantry weiterentwickelt (53, 69). Die nachfolgende Grafik gibt einen Überblick über verschiedenen Publikationen des Schockraums am Universitätsklinikum Würzburg.

1 Einleitung

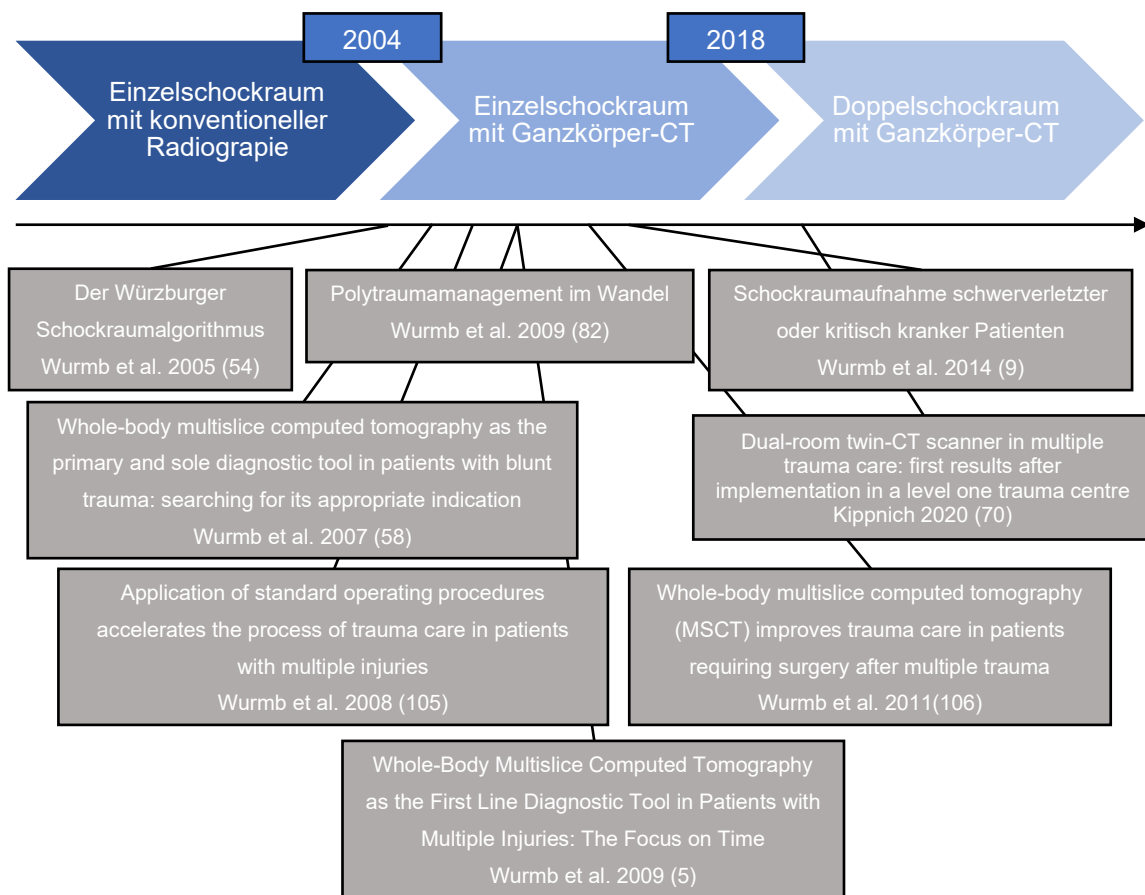


Abbildung 2: **Entwicklung des Würzburger Schockraums und dazugehörige Publikationen** (5, 9, 54, 58, 70, 82, 106, 107). Eigene Grafik.

Dieses Schockraumkonzept ermöglicht es, das CT-Gerät in beide Räume zu fahren und somit zwei Patienten oder Patientinnen nahezu parallel zu versorgen. Beide Räume verfügen über die standardmäßige Ausstattung eines Schockraumes inklusive Möglichkeiten zur konventionellen Bildgebung wie Ultraschall- und Röntgengeräten. Außerdem sind in beiden Schockräumen operative Versorgungen im Rahmen des Damage Control Prinzips durchführbar. Der Doppelschockraum befindet sich in der Zentralen Notaufnahme des Zentrums für operative Medizin des Universitätsklinikums. Die Anfahrt des Rettungsdienstes befindet sich auf derselben Ebene. Auf dem Dach des Gebäudes befindet sich ein Landeplatz für Rettungshubschrauber, der über einen direkten Aufzug mit der ZNA (Zentrale Notaufnahme) verbunden ist. Die Intensivstation und der OP-Trakt befinden sich im gleichen Gebäude, eine Etage tiefer. Nachfolgend sind Fotografien und der Grundriss des Würzburger Doppelschockraumes abgebildet.

1 Einleitung



Abbildung 3: Schockraum des Universitätsklinikums Würzburg (69). Eigene Fotografie.



Abbildung 4: Schockraum mit offener, halbgeschlossener und geschlossener Strahlenschutztüre (79). Eigene Fotografie.

1 Einleitung

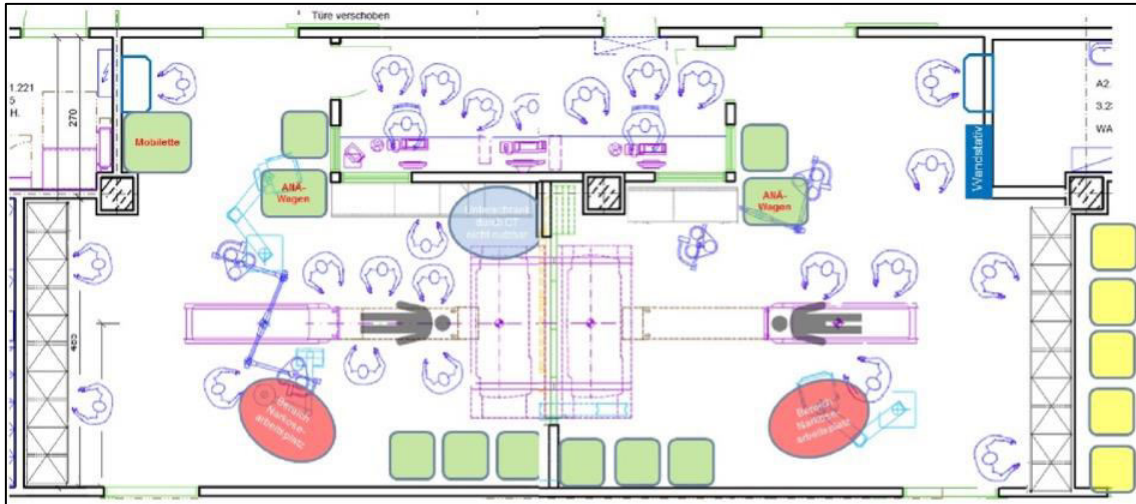


Abbildung 5: Grundriss des Würzburger Doppelschockraumes (80).

Um die Versorgung im Schockraum zu optimieren, wurden im September 2019 die entsprechenden Abläufe aktualisiert. Das neue Konzept gliedert sich im Wesentlichen in drei Phasen und enthält spezifische Aufgaben für die Fachdisziplinen Anästhesie, Radiologie, Unfallchirurgie, Viszeralchirurgie und für ggf. konsiliarisch hinzugerufene Kollegen und Kolleginnen. Die Leitung der Versorgung wird in Würzburg durch die Führungsgruppe Schockraum sichergestellt. Diese setzt sich zusammen aus je einem Facharzt bzw. einer Fachärztin für Anästhesiologie, Chirurgie und Radiologie. Die Führungsgruppe entscheidet gemeinsam über den Personaleinsatz, die Diagnostik und die Therapie (81).

Der Patient oder die Patientin wird durch den Rettungsdienst in den Schockraum transportiert und dort an das bereitstehende Schockraumteam übergeben. Diese Übergabe enthält Alter und Geschlecht des Patienten oder der Patientin, den Unfallmechanismus und -Zeitpunkt, eine kurze Zusammenfassung des klinischen Zustands und eine Übersicht über die bisherige Therapie.

Anschließend wird der Patient oder die Patientin durch den Rettungsdienst und das Schockraumteam auf die Schockraumliege umgelagert. Hier können alle weiteren Untersuchungen und Maßnahmen durchgeführt werden, ohne erneut umlagern zu müssen.

Die erste Phase stellt die sog. „Reanimationsphase“ dar. Hierbei wird die Versorgung entsprechend der Primary Survey nach ATLS durchgeführt und das Vorgehen richtet sich nach dem ABCDE-Schema. Jeder Fachrichtung sind hierfür bestimmte Aufgaben zugeordnet. Präsentiert sich ein Patient oder eine Patientin bereits in dieser Phase mit

1 Einleitung

einer persistierenden hämodynamischen Instabilität, wird unmittelbar, noch vor jeder weiteren Diagnostik, eine FAST-Sonographie durchgeführt.

Im Anschluss an die „Reanimationsphase“ entscheidet die Führungsgruppe Schockraum, welche weitere Diagnostik durchgeführt werden soll. Bei entsprechender Indikation findet in der Regel eine frühzeitige Ganzkörper-CT-Bildgebung statt (sog. „CT-Phase“).

Die Führungsgruppe Schockraum wertet unmittelbar nach der Bildgebung die Ergebnisse aus und legt die weitere Versorgung prioritätenorientiert fest.

Auf die „CT-Phase“ folgt die dritte Phase, die sog. „Versorgungsphase“. Hierbei erfolgt die Reevaluation nach dem ABCDE-Schema, weitere Diagnostik und ggf. eine Ergänzung der Instrumentierung.

Anschließend trifft sich die Führungsgruppe erneut und bespricht die gesamten Untersuchungsergebnisse, den aktuellen Zustand des Patienten oder der Patientin und plant das weitere Vorgehen. Hiermit endet die Schockraumversorgung.

Der Patient oder die Patientin wird nun in den OP, auf die Intensivstation bzw. die IMC (Intermediate Care Station) oder in eine andere Abteilung verlegt (62).

Die nachfolgende Abbildung „Flowchart Schockraum“ stellt den Arbeitsablauf im Schockraum des Universitätsklinikums Würzburg graphisch dar und ist als Plakat im Schockraum und im Intranet verfügbar.

1 Einleitung

$t_{\text{Inzid}} = 0$		Übergabe: Alter, Geschlecht Unfallmechanismus Auffindesituation und -Zeitpunkt ABCDE Behandlung Verlauf SAMPLER					
Kopf gibt Kommando, Umlagerung mit Rettungsdienst Beatmung + Rettungsdienst Monitoring							
Umlagerung	Anästhesie Mindestversorgung: ▶ ABCDE-Check ▶ Sicherstellung zweier dicklumiger Zugänge	Radiologie ▶ Definition Patienten- + Tischposition ▶ Kontrastmittel an freien Zugang	Unfallchirurgie CNA-Pflege	Allgemeinchirurgie	Konsiliaris		
Reanimation Primary Survey	A ▶ Tubus: Verifikation, Lage, Fixierung ▶ SGA: ggf. Wechsel auf Tubus ▶ Wach: Intubationsindikation?	▶ Beginn Entkleidung	▶ Beginn Entkleidung	▶ Kompression von Blutungen ▶ Notfalllaparotomie	▶ Notfallthorakotomie ▶ Interventionelle Radiologie		
	B ▶ CO ₂ ? Beatmungsdricke? ▶ Auskultation + Inspektion Thorax ▶ Bülau-Drainage(n)?						
	Nur bei persistierender Instabilität - Nur bei persistierender Instabilität - Nur bei persistierender Instabilität						
	C ▶ Schocktherapie ▶ Shalden mit BGA, Labor und Kreuzblut					▶ FAST	▶ Beckenschlinge ▶ Touriquets
	D ▶ Pupillenkontrolle					▶ Entfernung restlicher Kleidungsstück ▶ Log-Roll-Manöver + Inspektion Rücken ▶ Entfernung Immobilisationsgerät (Cervikalschütze belassen) ▶ Wärmeinhalt des Patienten sicherstellen	▶ Öffnung der Beckenschlinge bei hämodynamischer Stabilität + klinische Untersuchung des Beckens
E ▶ Kopfposition Log-Roll-Manöver + Entfernung Immobilisationsgerät	▶ Kopffixierung	▶ Öffnung der Beckenschlinge bei hämodynamischer Stabilität + klinische Untersuchung des Beckens	▶ Öffnung der Beckenschlinge bei hämodynamischer Stabilität + klinische Untersuchung des Beckens	▶ Öffnung der Beckenschlinge bei hämodynamischer Stabilität + klinische Untersuchung des Beckens	▶ Öffnung der Beckenschlinge bei hämodynamischer Stabilität + klinische Untersuchung des Beckens		
$t_{\text{Inzid}} = 10$	Führungsgruppe Schockraum ▶ Festlegung Diagnostik						
CT	Führungsgruppe Schockraum ▶ Festlegung und Priorisierung Therapie						
$t_{\text{Inzid}} = 20$	Führungsgruppe Schockraum ▶ Abklärung Betten-situation						
Versorgung Secondary Survey	Labor ▶ BGA, Labor + Kreuzblut ▶ Reevaluation A-/B-/C-/D-/E-Problem ▶ ggf. Erweiterung der Instrumentierung um art. Kanüle, ZVK, Shalden, Magensonde, NIRRS	▶ schriftliche Fixierung ▶ Kurzbefund	▶ fokussierte Untersuchung muskuloskelettales System ▶ Extremitätendurchblutung ▶ Anlage Blasenkateter ▶ Fotodokumentation	▶ fokussierte Untersuchung Abdomen + Weichteile ▶ Extremitätendurchblutung	▶ spezifische Untersuchung + Behandlung		
$t_{\text{Inzid}} = 30$	Führungsgruppe Schockraum ▶ Reevaluation der Gesamtsituation ▶ Zusammenfassung ▶ Gemeinsamer Abschluss Schockraumphase						
Verlegung	OP, ITS, IMC, Interventionelle Radiologie						

Abbildung 6: Flowchart Schockraum (62).

1.6 Qualitätsmanagement

Die Versorgung Schwerverletzter stellt eine große Herausforderung für das behandelnde Team dar. Häufig sind die Patienten oder Patientinnen in einem kritischen Zustand. Entscheidungen müssen zügig getroffen werden. Außerdem sind viele verschiedene Disziplinen an der Versorgung beteiligt. Es ist also nicht verwunderlich, dass es an diesem Hochrisikoworkplatz zu Fehlern kommen kann. Knapp über die Hälfte der Fehler bei der Versorgung Schwerverletzter treten während der Behandlung im Schockraum auf (82).

Es ist deshalb unerlässlich, die Abläufe bei der Versorgung regelmäßig zu evaluieren und Fehlerquellen zu identifizieren. Durch ein effizientes Qualitätsmanagement konnte die Versorgung verbessert werden (83). Die Anwendung von Checklist-Verfahren führte zu einer Optimierung der Abläufe während der Schockraumversorgung. Bei Schwerverletzten führte dies sogar zu einer Senkung der Mortalität (84).

Um die Qualität der Versorgung Schwerverletzter auf einem hohen Niveau zu garantieren, werden in Deutschland regelmäßig Kliniken innerhalb des Traumanetzwerkes der DGU zertifiziert (34).

1.7 Fragestellung

Ziel dieser Studie war es, die Abläufe im Schockraum unserer Klinik zu evaluieren. Der Fokus lag hierbei darauf, Unterschiede der persönlichen Charakteristika, der präklinischen und klinischen Versorgung, der zeitlichen Abläufe, des Verletzungsmusters und schließlich auch des Outcomes zwischen Einzel- und Doppelschockraumpatienten und -patientinnen zu identifizieren. Den primären Endpunkt unserer Studie bildete dabei die Dauer zwischen der Ankunft im Schockraum und dem Beginn der CT-Diagnostik und falls erforderlich dem Beginn einer Notfalloperation.

2 Material und Methoden

Die Grundlage dieser Arbeit bildet eine retrospektive Analyse von Daten aller Aufnahmen im Traumaschockraum des Universitätsklinikums Würzburg vom 1. Mai 2019 bis zum 29. April 2020. Hierzu wurden standardmäßig erfasste Parameter aus der elektronischen Patientenakte und dem digitalen Anästhesieprotokoll COPRA (siehe 2.2) gesichtet und in einer Datenbank (siehe 2.3) dokumentiert. Im Anschluss wurden die Daten ausgewertet. Das standardisierte Vorgehen für jeden Patienten und jede Patientin ist in der nachfolgenden Grafik dargestellt.

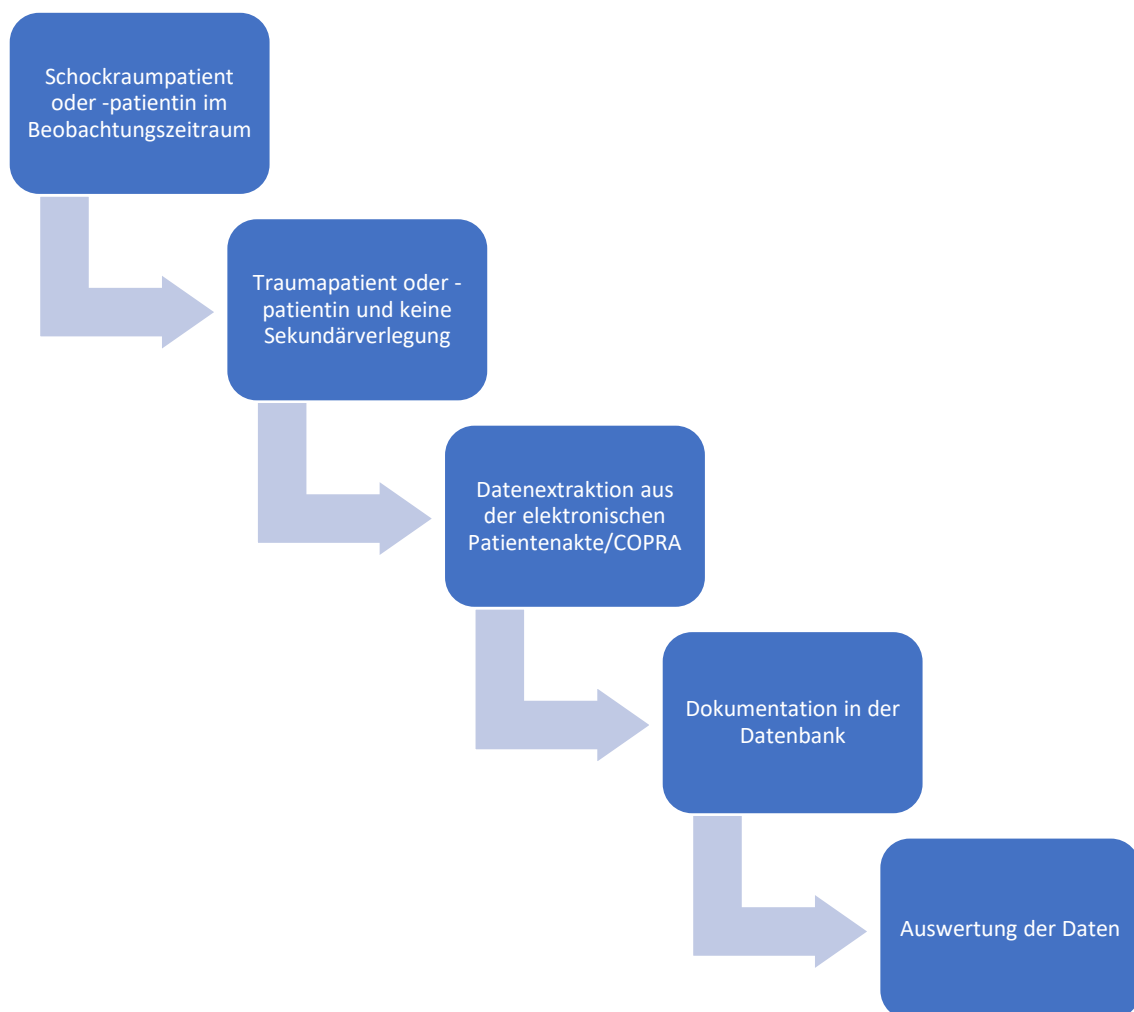


Abbildung 7: **Workflow pro Patient oder Patientin.** Eigene Grafik.

2.1 Ethik- und Tierversuchsvotum

Auf eine Genehmigungspflicht wurde durch die örtliche Ethikkommission der Universität Würzburg unter dem Aktenzeichen 2019070102 verzichtet.

2.2 Kollektiv der untersuchten Patienten und Patientinnen

Alle Patienten und Patientinnen, die im Beobachtungszeitraum über den Schockraum des Universitätsklinikums Würzburgs aufgenommen worden sind, wurden erfasst (Gesamtkollektiv). Hierzu wurde automatisiert eine Auslese aller Schockraumaufnahmen aus dem SAP (Klinikverwaltungssoftware „Systemanalyse Programmentwicklung“) generiert. Die Bearbeitung der Daten erfolgte dann pseudonymisiert anhand der klinikinternen Identifikationsnummer. Personen, die nicht wegen einer traumatischen Ursache aufgenommen worden sind, wurden von einer weiteren Untersuchung ausgeschlossen. Personen, die sekundär in die Uniklinik verlegt und hier über den Schockraum aufgenommen worden sind, wurden ebenfalls von der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Die übrigen Schockraumpatienten und -patientinnen bildeten das Untersuchungskollektiv. Die folgende Grafik stellt die Entwicklung des Untersuchungskollektivs aus dem Gesamtkollektiv dar.

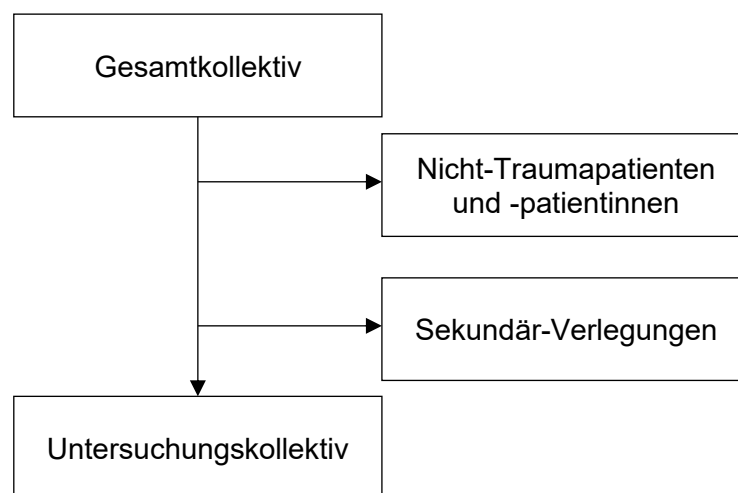


Abbildung 8: **Ein-/Ausschlusskriterien.** Eigene Grafik.

Aus dem untersuchten Kollektiv wurden zwei Gruppen gebildet. Hierbei wurde unterschieden, ob zwei Patienten oder Patientinnen simultan oder überlappend im

2 Material und Methoden

Schockraum versorgt worden sind. War dies der Fall, wurden sie der Doppelschockraumgruppe (im Folgenden Gruppe 1) zugeteilt. Wurden Patienten oder Patientinnen hingegen alleine versorgt, wurden diese als Einzelschockraumpatienten bzw. -patientinnen (im Folgenden Gruppe 2) bezeichnet. Die Versorgungszeit konnte aus der Ankunftszeit im Schockraum (Zeitpunkt des ersten digital festgehaltenen Vitalparameterwertes in COPRA) und dem Zeitpunkt der Weiterverlegung in den OP oder auf die Intensivstation (Zeitpunkt des letzten digital festgehaltenen Vitalparameterwertes in COPRA) bestimmt werden. Hierdurch ließ sich bestimmen, ob Patienten oder Patientinnen im Schockraum parallel oder einzeln versorgt worden sind. In der folgenden Tabelle sind die Definitionen der Gruppen 1 und 2 aufgeführt.

Tabelle 5: **Definition der Untersuchungsgruppen.**

Gruppe 1	Gruppe 2
Doppelschockraumgruppe - simultane Versorgung - überlappende Versorgung	Einzelschockraumgruppe - alleinige Versorgung

2.3 Kliniksysteme

Um die entsprechenden Daten zu den jeweiligen Patienten und Patientinnen zu erheben, wurde auf zwei Computersysteme des Universitätsklinikums Würzburg zurückgegriffen:

1) Elektronische Patientenakte

Das Universitätsklinikum Würzburg verfügt über eine elektronische Patientenakte, die Teil der Klinikverwaltungssoftware der Firma SAP ist. Hier können u.a. persönliche Daten, Arztbriefe, Laborbefunde, Befunde der Radiologie, OP-Berichte oder zum Beispiel auch Schockraumprotokolle angelegt, bearbeitet und gespeichert werden. In der nachfolgenden Abbildung „Screenshot Schockraumprotokoll“ ist die erste Seite des am Universitätsklinikum Würzburg verwendeten Schockraumprotokolles dargestellt. Dies wird bereits während der Versorgung des Patienten oder der Patientin angelegt. Grundlage hierfür sind u.a. die Daten aus COPRA und aus dem Notarzteinsatzprotokoll. Nachfolgend ist eine Bildschirmaufnahme des Schockraumprotokolls abgebildet.

Abbildung 9: Screenshot Schockraumprotokoll. Eigener Screenshot.

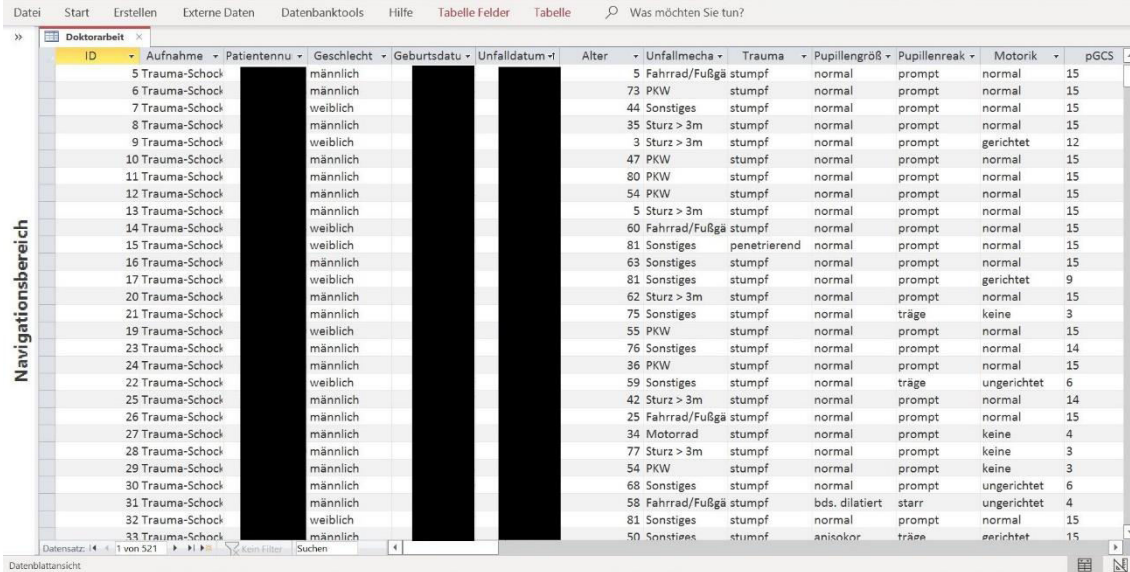
2) COPRA

Die anästhesiologischen Bereiche und Intensivstationen des Universitätsklinikums verfügen über Computerarbeitsplätze mit Zugang zu COPRA, einem Programm zur Dokumentation u.a. von Vitalparametern, durchgeführten Prozeduren, gegebenen Medikamenten, Laborwerten und Einstellungen am Beatmungsgerät. Sowohl die Überwachungsmonitore als auch die Beatmungsgeräte verfügen über eine IT (Informationstechnologie)-Schnittstelle. Dies ermöglicht dem Programm die automatische Übernahme von Vitalparametern und den Beatmungseinstellungen. Durchgeführte Maßnahmen wie Instrumentierung, Medikamentenapplikation oder Lagerung werden vom betreuenden Anästhesisten manuell dokumentiert. Durch die breite Verfügbarkeit des Programmes ist eine lückenlose Dokumentation vom Schockraum über den OP bis auf die Intensivstation möglich.

2.4 Datenbank

Um die erhobenen Daten zu dokumentieren, wurde eine Datenbank entwickelt (Microsoft® Access® 2009). Die Daten wurden pseudonymisiert und auf einem lokalen Datenträger innerhalb der Klinik gespeichert. Im Folgenden ist eine Bildschirmaufnahme der Datenbank dargestellt.

2 Material und Methoden



The screenshot shows a Microsoft Access 2009 interface with a table named 'Doktorarbeit'. The table contains 33 rows of patient data. The columns are: ID, Aufnahme, Patientennu., Geschlecht, Geburtsdatu., Unfalldatum, Alter, Unfallmecha., Trauma, Pupillengröß., Pupillenreak., Motorik, and pGCS. The 'Aufnahme' column contains various trauma types such as 'Trauma-Schock', 'Fahrrad/Fußgä', 'PKW', and 'Sturz > 3m'. The 'Geschlecht' column lists 'männlich' and 'weiblich'. The 'Alter' column shows ages ranging from 5 to 81. The 'Trauma' column lists injury mechanisms like 'stumpf', 'penetrierend', 'normal', 'träge', 'bds. dilatiert', 'starr', 'anisokor', and 'erichtet'. The 'pGCS' column shows scores from 3 to 15. A vertical navigation bar on the left is labeled 'Navigationbereich'.

ID	Aufnahme	Patientennu.	Geschlecht	Geburtsdatu.	Unfalldatum	Alter	Unfallmecha.	Trauma	Pupillengröß.	Pupillenreak.	Motorik	pGCS
5	Trauma-Schock		männlich			5	Fahrrad/Fußgä	stumpf	normal	prompt	normal	15
6	Trauma-Schock		männlich			73	PKW	stumpf	normal	prompt	normal	15
7	Trauma-Schock		weiblich			44	Sonstiges	stumpf	normal	prompt	normal	15
8	Trauma-Schock		männlich			35	Sturz > 3m	stumpf	normal	prompt	normal	15
9	Trauma-Schock		weiblich			3	Sturz > 3m	stumpf	normal	prompt	gerichtet	12
10	Trauma-Schock		männlich			47	PKW	stumpf	normal	prompt	normal	15
11	Trauma-Schock		männlich			80	PKW	stumpf	normal	prompt	normal	15
12	Trauma-Schock		männlich			54	PKW	stumpf	normal	prompt	normal	15
13	Trauma-Schock		männlich			5	Sturz > 3m	stumpf	normal	prompt	normal	15
14	Trauma-Schock		weiblich			60	Fahrrad/Fußgä	stumpf	normal	prompt	normal	15
15	Trauma-Schock		weiblich			81	Sonstiges	penetrierend	normal	prompt	normal	15
16	Trauma-Schock		männlich			63	Sonstiges	stumpf	normal	prompt	normal	15
17	Trauma-Schock		weiblich			81	Sonstiges	stumpf	normal	prompt	gerichtet	9
20	Trauma-Schock		männlich			62	Sturz > 3m	stumpf	normal	prompt	normal	15
21	Trauma-Schock		männlich			75	Sonstiges	stumpf	normal	träge	keine	3
19	Trauma-Schock		weiblich			55	PKW	stumpf	normal	prompt	normal	15
23	Trauma-Schock		männlich			76	Sonstiges	stumpf	normal	prompt	normal	14
24	Trauma-Schock		männlich			36	PKW	stumpf	normal	prompt	normal	15
22	Trauma-Schock		weiblich			59	Sonstiges	stumpf	normal	träge	ungerichtet	6
25	Trauma-Schock		männlich			42	Sturz > 3m	stumpf	normal	prompt	normal	14
26	Trauma-Schock		männlich			25	Fahrrad/Fußgä	stumpf	normal	prompt	normal	15
27	Trauma-Schock		männlich			34	Motorrad	stumpf	normal	prompt	keine	4
28	Trauma-Schock		männlich			77	Sturz > 3m	stumpf	normal	prompt	keine	3
29	Trauma-Schock		männlich			54	PKW	stumpf	normal	prompt	keine	3
30	Trauma-Schock		männlich			68	Sonstiges	stumpf	normal	prompt	ungerichtet	6
31	Trauma-Schock		männlich			58	Fahrrad/Fußgä	stumpf	bds. dilatiert	starr	ungerichtet	4
32	Trauma-Schock		weiblich			81	Sonstiges	stumpf	normal	prompt	normal	15
33	Trauma-Schock		männlich			50	Sonstiges	stumpf	anisokor	träge	erichtet	15

Abbildung 10: Screenshot Datenbank (Microsoft® Access® 2009). Eigener Screenshot.

Zu jedem eingeschlossenen Patienten und jeder eingeschlossenen Patientin wurden folgende Parameter dokumentiert:

- 1) ID: Jedem Patienten und jeder Patientin wurde durch das Programm eine Zahl (sog. Autowert) zugeteilt. Durch diesen Wert wurde sichergestellt, dass die zusammengehörenden Parameter eines Patienten oder einer Patientin einander zugeordnet werden konnten.
- 2) Aufnahme: Es wurde zwischen der Aufnahme des Patienten oder der Patientin als primärer Trauma-Schockraum, als Sekundärverletzung und als Nicht-Trauma-Schockraum unterschieden. Die Art der Aufnahme konnte aus der Anamnese des Schockraumprotokolls erschlossen werden.
- 3) Patientennummer: Die Patientenidentifikationsnummer des Klinikums wurde erfasst, um den Datensatz einem Patienten oder einer Patientin zuordnen zu können und wurde der Patientenübersicht aller im Beobachtungszeitraum über den Schockraum aufgenommenen Patienten und Patientinnen entnommen.
- 4) Geschlecht: Ob der Patient männlich oder weiblich war, wurde anhand des Namens bzw. anhand des Geschlechtsmerkmals der elektronischen Patientenakte entnommen.
- 5) Geburtsdatum: Das Geburtsdatum der Patienten und Patientinnen wurde der elektronischen Patientenakte entnommen.

2 Material und Methoden

- 6) Alter: Das Alter in Jahren wurde anhand des Geburtsdatums und des Unfalldatums berechnet. Die Formel hierfür lautete: $\text{Jahr}([\text{Unfalldatum}] - [\text{Geburtsdatum}] + 1) - 1900$.
- 7) Unfalldatum: Das Unfalldatum entspricht in dieser Arbeit per Definition dem Einlieferungsdatum und wurde der Übersicht aller Schockraumpatienten und -patientinnen entnommen. Durch das Unfalldatum in Kombination mit der Patientenidentifikationsnummer konnte der untersuchte Fall eindeutig identifiziert werden, auch wenn ein Patient oder eine Patientin schon mehrere Male im Universitätsklinikum Würzburg behandelt worden ist.
- 8) Unfallmechanismus: Bei der Klassifikation des Unfallmechanismus wurde zwischen LKW-, PKW-, Motorrad-, Rad- oder Fußgängerunfall und einem Sturz aus über drei Metern Höhe unterschieden. Konnte der Fall keiner dieser Kategorien zugeordnet werden, wurde „Sonstiges“ vermerkt. Die Einteilung war mit Hilfe der Anamnese des Schockraumprotokolls möglich.
- 9) Trauma: Mithilfe des Schockraumprotokolls konnte zwischen einem stumpfen und einem penetrierenden Trauma unterschieden werden.
- 10) pPupillengröße: Die präklinisch erfasste Pupillengröße wurde der Anamnese des Schockraumprotokolls entnommen und vermerkt. Wurde keine Pupillengröße erfasst, wurde „nicht-erhoben“ dokumentiert; andernfalls entsprechend normal, anisokor oder beidseits dilatiert.
- 11) pPupillenreaktion: Die präklinische Pupillenreaktion wurde in prompt, träge oder starr eingeteilt und der Anamnese des Schockraumprotokolls entnommen.
- 12) pMotorik: Die präklinische erhobene Motorik wurde als normal, gerichtet oder ungerichtet beschrieben und dem GCS-Feld des Schockraumprotokolls entnommen.
- 13) pGCS: Der präklinisch erhobene GCS-Wert wurde dem GCS-Feld des Schockraumprotokolls entnommen und vermerkt.
- 14) pIntubation: Aus dem Schockraumprotokoll konnte entnommen werden, ob ein Patient oder eine Patientin präklinisch bereits intubiert worden ist.
- 15) pThorax-Drainage: Es wurde dokumentiert, ob ein Patient oder eine Patientin bereits präklinisch eine Thorax-Drainage angelegt bekommen hat. Dies wurde dem Schockraumprotokoll entnommen.
- 16) pReanimation: Anhand des Schockraumprotokolls war ersichtlich, ob der Patient oder die Patientin präklinisch reanimiert worden ist.

2 Material und Methoden

- 17) Ankunft Schockraum: Die Ankunftszeit des Patienten oder der Patientin im Schockraum wurde als der Zeitpunkt definiert, zu dem der erste Vitalparameter in COPRA dokumentiert worden ist.
- 18) Doppelschockraum: Wenn zwei Patienten oder Patientinnen zeitgleich im Schockraum behandelt worden sind, wurde bei beiden Patienten oder Patientinnen der Parameter „Doppelschockraum“ vermerkt. Hierfür wurden die Ankunftszeiten beider Patienten oder Patientinnen und die jeweilige Aufenthaltsdauer im Schockraum anhand des Monitorings in COPRA verglichen. Bei einer Überschneidung der Behandlung beider Patienten oder Patientinnen im Schockraum, wurde die Versorgung als Doppelschockraum gewertet.
- 19) NIRS: Aus COPRA war ersichtlich, ob ein Patient oder eine Patientin ein NIRS-Monitoring erhalten hatte.
- 20) CT: Ob eine CT-Untersuchung durchgeführt worden ist, konnte aus dem Schockraumprotokoll oder dem PACS abgeleitet werden.
- 21) Uhrzeit CT: Die Uhrzeit des Trauma-CTs wurde definiert als die Uhrzeit, zu der das Topografiebild fertiggestellt worden ist. Diese ist im PACS beim entsprechenden Topografiebild notiert.
- 22) Zeit bis CT: Die Zeit-Differenz zwischen der Ankunft im Schockraum und der Uhrzeit des CTs wurde mit folgender Formel berechnet: Wenn $([Uhrzeit CT] > [Ankunft SR]; [Uhrzeit CT] - [Ankunft SR]; [23:59] - [Ankunft SR] + [Uhrzeit CT] + [00:01])$.
- 23) OP: Aus dem OP-Register des SAP wurde entnommen, ob der Patient notfallmäßig operiert worden ist. Als Notfalloperation wurde eine OP definiert, die unmittelbar auf die Schockraumversorgung erfolgt ist und bei der der Schnitt innerhalb von 120 Minuten stattgefunden hat.
- 24) Uhrzeit OP: Die Uhrzeit der Notfalloperation wurde als die Uhrzeit des Schnitts definiert. Diese war im OP-Bericht der Pflege dokumentiert.
- 25) Zeit bis OP: Die Dauer zwischen der Ankunft im Schockraum und der Uhrzeit der OP wurde anhand folgender Formel berechnet: Wenn $([Uhrzeit OP] > [Ankunft SR]; [Uhrzeit OP] - [Ankunft SR]; [23:59] - [Ankunft SR] + [Uhrzeit OP] + [00:01])$.
- 26) OP-Art: Zur Dokumentation der OP-Art wurde zwischen Kraniotomie, Thorakotomie, Laparotomie, Eingriffen an der oberen Extremität, der unteren Extremität, der Wirbelsäule, des Beckens oder interventionell-radiologischen Eingriffen unterschieden. Die OP-Art konnte dem OP-Bericht entnommen werden. Zu den Operationen wurden nur diejenigen gezählt, die als Parameter

2 Material und Methoden

- in der Datenbank hinterlegt waren. Anlage einer Hirndrucksonde bspw. wurde nicht als OP gewertet.
- 27) A-Problem: Ein A-Problem wurde dokumentiert, wenn der Patient oder die Patientin zur Behandlung eines verlegten Atemweges im Schockraum intubiert werden musste. Dies wurde dem Schockraumprotokoll oder COPRA entnommen.
- 28) B-Problem: Ein B-Problem wurde definiert als periphere Sauerstoffsättigung von unter 90 %, einer Atemfrequenz über 20 bzw. unter 10 pro Minute oder wenn dem Patienten oder der Patientin im Schockraum eine Thoraxdrainage zur Behandlung einer Ateminsuffizienz angelegt werden musste. Die Entscheidungsgrundlage hierfür bildeten die Informationen in COPRA.
- 29) C-Problem: Als C-Problem wurde eine Herzfrequenz unter 100 Schlägen pro Minute, ein systolischer Blutdruck unter 100 mmHg, eine Herzfrequenz, deren Wert größer als der des systolischen Blutdrucks war, eine offensichtliche Blutung oder die Gabe von Katecholaminen verstanden. Entscheidend hierfür war die Dokumentation in COPRA.
- 30) D-Problem: Ein D-Problem wurde dokumentiert, wenn der Patient oder die Patientin einen GCS-Wert von unter 15, ein anderes neurologisches Defizit oder ein Krampfgeschehen aufwies. Grundlage hierfür war das Anamnesefeld und das GCS-Feld des Schockraumprotokolls sowie das Notizfeld in COPRA.
- 31) E-Problem: Hatte ein Patient oder eine Patientin Verbrennungen, eine Hypothermie, Schmerzen oder erhielt er eine Analgesie, wurde ein E-Problem dokumentiert. Die Daten hierfür wurden aus dem Schockraumprotokoll sowie COPRA gewonnen.
- 32) Intubation: Mithilfe von COPRA bzw. des Schockraumprotokolls wurde ermittelt, ob ein Patient oder eine Patientin im Schockraum intubiert worden ist.
- 33) Thorax-Drainage: Aus COPRA bzw. dem Schockraumprotokoll konnte abgeleitet werden, ob der Patient oder die Patientin im Schockraum eine Thorax-Drainage erhalten hatte.
- 34) Arterie: Ist ein Patient oder eine Patientin mit einem arteriellen Zugang instrumentiert worden, konnte dies aus COPRA erörtert werden.
- 35) ZVK: Anhand der COPRA-Dokumentation wurde vermerkt, ob einem Patienten oder einer Patientin ein zentralvenöser Zugang angelegt worden ist.
- 36) Shaldon: Hatte ein Patient oder eine Patientin einen Shaldon erhalten, konnte dies aus COPRA eruiert werden.

2 Material und Methoden

- 37) Analgesie: Bei der Analgesie wurde zwischen Opioiden, Nicht-Opioiden und S-Ketamin unterschieden. Erhielt ein Patient oder eine Patientin keine Analgesie, wurde „Nein“ ausgewählt. Die Medikamentengabe wurde aus COPRA abgeleitet (Dies gilt auch für alle Medikamente und Blutprodukte der folgenden Punkte 38 – 46).
- 38) Sedativa: Bei den Sedativa wurde zwischen Propofol, Barbituraten oder Benzodiazepinen unterschieden. Bei Nichtgabe wurde entsprechend „Nein“ eingetragen.
- 39) Muskelrelaxantien: Bei den Muskelrelaxantien wurde nur vermerkt, ob ein Patient oder eine Patientin entsprechende Medikamente bekommen hatte oder nicht.
- 40) Katecholamine: Die Katecholamintherapie wurde in Adrenalin, Noradrenalin, Akrinor oder Sonstige unterschieden. Sind einem Patienten oder einer Patientin keine Katecholamine verabreicht worden, wurde hier „Nein“ dokumentiert.
- 41) Antiarrhythmika: Bei der antiarrhythmischen Therapie wurden keine Medikamente unterschieden, sondern nur vermerkt, ob der Patient oder die Patientin eine entsprechende Therapie erhalten hatte.
- 42) Antiemetika: Bei der antiemetischen Therapie wurde zwischen Ondansetron, Dimenhydrinat oder Sonstige unterschieden. Hat der Patient oder die Patientin keine solche Therapie erhalten, wurde „Nein“ dokumentiert.
- 43) Menge EK: Die Menge an Erythrozytenkonzentrat (EK), die ein Patient oder eine Patientin im Schockraum erhalten hatte, wurde in Millilitern dokumentiert. Als Standardwert war 0 eingetragen und beibehalten, falls der Patient oder die Patientin keine EK-Transfusion erhalten hatte.
- 44) Menge TK: Sind dem Patienten oder der Patientin im Schockraum Thrombozytenkonzentrate (TK) verabreicht worden, wurde die Menge in Millilitern vermerkt. Als Standardwert 0 war eingetragen und wurde entsprechend beibehalten, wenn der Patient oder die Patientin keine TKs erhalten hatte.
- 45) Menge FFP: Ist einem Patienten oder einer Patientin im Schockraum gefrorenes Frischplasma (FFP) transfundiert worden, wurde das Volumen in Millilitern dokumentiert. War dies nicht der Fall, wurde der Standardwert 0 beibehalten.
- 46) Gerinnungstherapie : Zur Auswahl standen hierbei Tranexamsäure, Calcium, Fibrinogen, PPSB (Prothrombinkomplex-Konzentrat), AT III (Antithrombin III) und die Gerinnungsfaktoren F XIII, F VIIa. Erhielt ein Patient oder eine Patientin keine Gerinnungstherapie, wurde „Nein“ dokumentiert. Wurden mehrere

2 Material und Methoden

- Gerinnungstherapeutika verabreicht, wurde das als erstes gegebene Medikament eingetragen.
- 47) Verletzung 1: Die schwerste Verletzung der am schwersten betroffenen Körperregion wurde mittels Abbreviated Injury Scale (AIS) kodiert und als Wert zwischen 0 und 6 dokumentiert. Die Verletzungen wurden dem Diagnosefeld des Schockraum-Protokolls oder dem zugehörigen Arztbrief entnommen (gilt für die Punkte 47 – 49 und 51 - 53).
- 48) Verletzung 2: Die schwerste Verletzung der zweitschwerst betroffenen Körperregion wurde als AIS-Wert zwischen 0 und 6 festgehalten.
- 49) Verletzung 3: Die schwerste Verletzung der drittschwerst betroffenen Körperregion wurde eingetragen, nachdem sie als AIS-Wert zwischen 0 und 6 codiert worden ist.
- 50) ISS: Aus den Werten der Punkte 47) bis 49) wurde der ISS bestimmt und dokumentiert. Weiteres zum ISS ist im entsprechenden Kapitel ausführlich beschrieben.
- 51) Schwerste Verletzung: Die schwerste Verletzung wurde als AIS-Wert zwischen 0 und 6 dokumentiert.
- 52) Zweitschwerste Verletzung: Die zweitschwerste Verletzung wurde ebenfalls als AIS-Wert zwischen 0 und 6 kodiert.
- 53) Kopfverletzung: Die Schwere der Kopfverletzung als AIS-Wert zwischen 0 und 6 wurde dokumentiert.
- 54) ASA: Aus dem Entlassbrief des Patienten oder der Patientin konnten die Vorerkrankungen abgeleitet werden. Mithilfe des ASA Klassifikationssystems wurde der Gesundheitszustand des Patienten oder der Patientin vor dem Unfall als Wert zwischen 1 und 4 kodiert.
- 55) Systolischer Blutdruck: Der erste gemessene systolische Blutdruck aus COPRA abgelesen und in mmHg dokumentiert. Ist kein Wert dokumentiert gewesen, wurde der Fehlwert 1000 eingetragen.
- 56) INR: Die INR wurde aus der Laborseite in COPRA abgelesen dokumentiert. War der Wert nicht vorhanden, wurde als Fehlwert 100 eingetragen.
- 57) Hb: Der Hämoglobin-Wert des Patienten oder der Patientin wurde in mg/dl dokumentiert. Quelle hierfür war die Laborseite in COPRA. War der Wert nicht vorhanden, wurde als Fehlwert 100 eingetragen.

- 58) BE: Das Basendefizit (BE) in mmol/l wurde aus der Laborseite in COPRA abgelesen und dokumentiert. War der Wert nicht vorhanden, wurde als Fehlwert 100 eingetragen.
- 59) RISC-II: Der RISC-II-Wert wurde anhand der erhobenen Parameter berechnet und dokumentiert. Genaueres zum RISC-II und zur Berechnung ist im entsprechenden Kapitel beschrieben.
- 60) Intensivtage: Die Anzahl der Tage, die ein Patient oder eine Patientin im Anschluss an die Behandlung im Schockraum am Stück auf einer Intensivstation verbracht hatte, wurde dokumentiert. Diese Information konnte aus den Bewegungen im SAP oder dem Arztbrief abgeleitet werden.
- 61) Beatmungstage: Wie viele Tage ein Patient oder eine Patientin im Anschluss an die Behandlung im Schockraum beatmet werden musste, ist im Arztbrief ersichtlich und wurde dokumentiert.
- 62) Tod innerhalb von 24 Stunden: Ist ein Patient oder eine Patientin innerhalb von 24 Stunden verstorben, wurde dies dokumentiert. Entscheidungsgrundlage hierfür waren die Bewegungen im SAP bzw. der entsprechende Arztbrief.
- 63) Tod innerhalb von 30 Tagen: Wenn ein Patient oder eine Patientin nach 24 Stunden aber innerhalb von 30 Tagen verstorben ist, wurde dies ebenfalls dokumentiert. Dies war allerdings nur möglich, wenn der Patient oder die Patientin sich so lange im Universitätsklinikum in Behandlung befunden hatte, da diese Information aus den SAP – Bewegungen oder dem entsprechenden Arztbrief abgeleitet wurde.
- 64) 23:59: Dieser Parameter diene als Berechnungshilfe für Zeitdifferenzen und entspricht dem Uhrzeitwert 23:59.
- 65) 00:01: Der Parameter entspricht dem Zeitwert 00:01 und diene ausschließlich als Berechnungshilfe für Zeitdifferenzen.

2.5 Abbreviated Injury Scale (AIS)

Die Abbreviated Injury Scale, kurz AIS, wurde von der Association for the Advancement of Automotive Medicine (AAAM) entwickelt und erstmals 1969 veröffentlicht. Ziel war es, Verletzungen zu klassifizieren und sie nach ihrer Schwere zu ordnen. Hierfür stehen Tabellen zur Verfügung, in denen mittlerweile über 2000 Verletzungen aufgelistet sind, denen jeweils ein Schweregrad zugeteilt ist. Die Schweregrade beginnen bei 1 (leicht)

und steigen über 2 (mittelschwer), 3 (schwer), 4 (sehr schwer), 5 (kritisch mit vitaler Bedrohung) bis hin zu 6 (nicht überlebbar). Ist keine Verletzung vorhanden oder kann diese nicht klassifiziert werden, wird der Wert 0 zugeordnet. Die Einteilung der Schweregrade des AIS wird als Experten-Konsens gebildet und ergibt sich vor allem aus der Mortalität, die durch die entsprechende Verletzung besteht. Weitere Einflussgrößen sind Behandlungskosten bzw. -aufwand, Therapiedauer und der Grad der funktionellen Einschränkung durch die Verletzung. Die AIS bildet die Grundlage für viele weitere Traumascores. Für die vorliegende Arbeit wurde auf die AIS-Version von 2005 zurückgegriffen (85, 86).

2.6 ASA Physical Status Classification System

Das Physical Status Classification System wurde 1941 von der American Society of Anesthesiologists (ASA) entwickelt und seitdem einige Male modifiziert. Es dient dazu, den Gesundheitszustand eines Patienten oder einer Patientin vor einer OP zu bewerten (87). Hierzu stehen in der neuesten Version von 2014 insgesamt 6 Kategorien (ASA I - VI) zur Verfügung. ASA I beschreibt einen Patienten oder eine Patientin, der oder die vor der OP gesund war. ASA II trifft auf Patienten und Patientinnen zu, die eine leichte Grunderkrankung ohne relevante Einschränkungen haben, zum Beispiel Rauchende oder Patienten und Patientinnen mit einem gut therapierten Diabetes mellitus. Patienten und Patientinnen mit schweren Grunderkrankungen, wie beispielsweise COPD (Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung), Hepatitis oder Zustand nach Apoplex oder Myokardinfarkt vor über 3 Monaten werden als ASA III klassifiziert. Stellt die zugrundeliegende Erkrankung eine Bedrohung des Lebens dar, wird dies als ASA IV beschrieben. Beispiele hierfür sind ein Apoplex oder Myokardinfarkt innerhalb der letzten 3 Monate oder eine Sepsis. Hat der Patient oder die Patientin ohne die OP keine Überlebenschance, wird er als ASA V klassifiziert. Hierunter fällt beispielsweise ein rupturiertes Aortenaneurysma. ASA VI trifft nur zu, wenn der Patient oder die Patientin für hirntot erklärt worden ist (88). Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Stadien der ASA-Klassifikation.

2 Material und Methoden

Tabelle 6: **ASA-Klassifikation** (88).

ASA-Kategorie	Zustand des Patienten oder der Patientin
ASA I	Gesund
ASA II	Leichte Grunderkrankung
ASA III	Schwere Grunderkrankung
ASA IV	Lebensbedrohliche Grunderkrankung
ASA V	Keine Überlebenschance ohne OP
ASA VI	Hirntod

2.7 Injury Severity Score

Eine objektive Beurteilung der Schwere von Verletzungen ist notwendig, um diese vergleichen und Rückschlüsse auf die Mortalität ziehen zu können (89).

Der Injury Severity Score vereint die Schwere unterschiedlicher Verletzungen eines Patienten oder einer Patientin in einem Wert. Somit lässt sich bewerten, wie schwer ein Person insgesamt verletzt ist, wenn er mehrere Verletzungen in unterschiedlichen Körperregionen erlitten hat. Hierzu werden alle Verletzungen bewertet und mit Hilfe der AIS-Klassifikation skaliert. Die drei schwersten Verletzungen aus jeweils unterschiedlichen Körperregionen fließen in die Berechnung des ISS ein. Hierbei werden nur AIS-Werte zwischen 1 und 5 berücksichtigt. Liegt eine Verletzung mit einem AIS von 6 vor, wird für den ISS automatisch der höchstmögliche Wert von 75 festgelegt. Die anatomische Einteilung der Verletzungen orientiert sich an folgenden Körperregionen: Schädel/HWS, Gesicht, Brust, Bauch/Becken, Extremitäten und Allgemeines wie Schürfwunden, Prellungen oder Hypothermie. Zur Berechnung werden die AIS-Werte der 3 schwersten Verletzungen quadriert und anschließend miteinander addiert. Das Ergebnis ist der ISS-Wert, der mit der Mortalität des Patienten oder der Patientin korreliert. Bei der Interpretation des Ergebnisses sollten allerdings noch weitere Parameter wie das Lebensalter mit einbezogen werden (90, 91).

2.8 RISC-II-Score

Mithilfe des RISC-II-Scores (Revised Injury Severity Classification) kann auf die Verletzungsschwere eines Patienten oder einer Patientin und dessen bzw. deren Überlebenschance geschlossen werden. Hierzu werden den nachstehenden

2 Material und Methoden

Variablen entsprechende Werte zugeordnet. Zur Berechnung werden diese Werte zusammengezählt und zur Konstanten [3,6] addiert. Mithilfe dieses Scores [x] lässt sich nun die Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten oder der Patientin abschätzen: $P(\text{Überleben}) = 1/1+e^{(-x)}$. Selbst bei teilweise unvollständigen Daten [?] kann der Score und damit die Überlebenswahrscheinlichkeit bestimmt werden (92). In der folgenden Tabelle sind die Variablen und deren jeweiliger Wert zur Berechnung des RISC-II-Scores dargestellt.

Tabelle 7: **Parameter zur Berechnung des RISC-II-Scores** (mmHg = Millimeter-Quecksilbersäule, INR = International Normalized Ratio, Hb = Hämoglobin, BE = Base-Excess) (92).

Variable	Einheit	Kategorie	Wert
Schwerste Verletzung	AIS	2	0
		3	-0,5
		4	-1,3
		5	-1,7
		6	-2,9
Zweitschwerste Verletzung	AIS	0-2	+0,2
		3	0
		4	-0,6
		5-6	-1,4
Kopfverletzung	AIS	0-2	0
		3-4	-0,2
		5-6	-0,8
Alter	Jahre	1-5	+1,4
		6-10	+0,6
		11-54	0
		55-59	-0,5
		60-64	-0,8
		65-69	-0,9
		70-74	-1,2
		75-79	-1,9
		80-84	-2,4
85+	-2,7		
Geschlecht		? / m	0
		W	+0,2

2 Material und Methoden

Allgemeinzustand	ASA	1-2 ? / 3 4	+0,3 0 -1,3
Traumamechanismus		? / stumpf penetrierend	0 -0,6
Pupillenreaktion		prompt ? / träge starr	+0,2 0 -1,0
Pupillengröße		normal ? / anisokor beidseits dilatiert	+0,2 0 -0,5
Motorik		normal ? / gerichtet ungerichtet keine	+0,6 0 -0,4 -0,8
Zustand nach Reanimation		? / nein Ja	0 -1,8
Systolischer Blutdruck	mmHg	<90 ? / 90-110 111-150 >150	-0,7 0 +0,3 0
Gerinnung	INR	<1,20 1,20-1,39 ? / 1,40-2,39 >=2,40	+0,6 +0,2 0 -0,4
Hämoglobinwert	Hb	>=12,0 ? / 7,0-11,9 <7,0	+0,4 0 -0,5
Basendefizit	BE	<6,0 ? / 6,0-8,9 9,0-14,9 >=15,0	+0,3 0 -0,4 -1,5
Konstante			+3,6

2.9 Glasgow-Coma-Scale

Die Glasgow-Coma-Scale (GCS) dient der zügigen Erfassung der Bewusstseinsqualität eines Patienten oder einer Patientin. Hierzu werden die Funktionen Augenöffnen, Sprache und Motorik überprüft. Jeder dieser Funktionen wird entsprechend der jeweiligen Ausprägung ein Zahlenwert zugeordnet. Anschließend werden die drei Zahlenwerte addiert und ergeben den Gesamtwert, der zwischen 3 und 15 liegt. Einen Wert von 15 erhält ein Patient oder eine Patientin, der keine Defizite in den o.g. Funktionen aufweist und dementsprechend vollständig bei Bewusstsein ist. Je niedriger der Wert ist, desto eingeschränkter ist die Bewusstseinsfunktion des Patienten oder der Patientin. Aufgrund der schweren Bewusstseinsstörung gilt ein GCS-Wert kleiner als 9 als Intubationskriterium. Der niedrigste, erreichbare GCS-Wert beträgt 3 (25, 93, 94). Die Tabelle „Variablen der GCS“ stellt die 3 Kategorien zur Berechnung des GCS-Wertes und deren jeweiligen Wert dar.

Tabelle 8: **Variablen der GCS** (94).

Punktwert	Augenöffnen	Sprache	Motorik
6			auf Aufforderung
5		orientiert	auf Schmerzreiz gezielt
4	spontan	desorientiert	auf Schmerzreiz ungezielt
3	auf Aufforderung	inadäquat	Beugesynergismen
2	auf Schmerzreiz	unverständlich	Strecksynergismen
1	kein	Keine	keine

2.10 Statistische Analyse

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für klinische Epidemiologie und Biometrie der Universität Würzburg. Als Programm wurde hierfür Microsoft Excel verwendet. Im Kolmogorov-Smirnov-Test zeigte sich keine Normalverteilung der Daten. Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden die Daten mit Median und Interquartilsabständen (25. und 75. Perzentile) dargestellt. Vergleichende Berechnungen wurden für metrische Parameter mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests

2 Material und Methoden

durchgeführt. Für kategorielle Variablen wurde der Pearson-Chi-Quadrat-Test angewandt. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum vom 1. Mai 2019 bis zum 29. April 2020 wurden insgesamt 521 Patienten und Patientinnen über den Schockraum des Universitätsklinikums Würzburg aufgenommen. 53 dieser Personen waren keine Trauma-Patienten oder -Patientinnen, sondern wurden beispielsweise wegen eines akuten Aortensyndroms eingeliefert und deshalb ausgeschlossen. Weitere 45 Personen wurden ebenfalls ausgeschlossen, da sie in einer anderen Klinik erstversorgt und im Anschluss als Verlegung in die Uniklinik transportiert worden sind (Sekundärverlegungen). Die übrigen 423 Personen wurden als Traumapatienten und -patientinnen primär über den Schockraum aufgenommen und somit in die Erhebung eingeschlossen. Von diesen Personen wurden 46 Patienten und Patientinnen (10,9 %) parallel im Schockraum behandelt (Gruppe 1). 377 (89,1 %) wurden einzeln im Schockraum versorgt (Gruppe 2). Die folgenden Ergebnisse gliedern sich entsprechend der Versorgung als Doppel- bzw. Einzelschockraum (Gruppe 1 vs. Gruppe 2). Die folgende Abbildung stellt die Entwicklung der beiden Gruppen 1 und 2 aus dem Gesamtkollektiv dar.

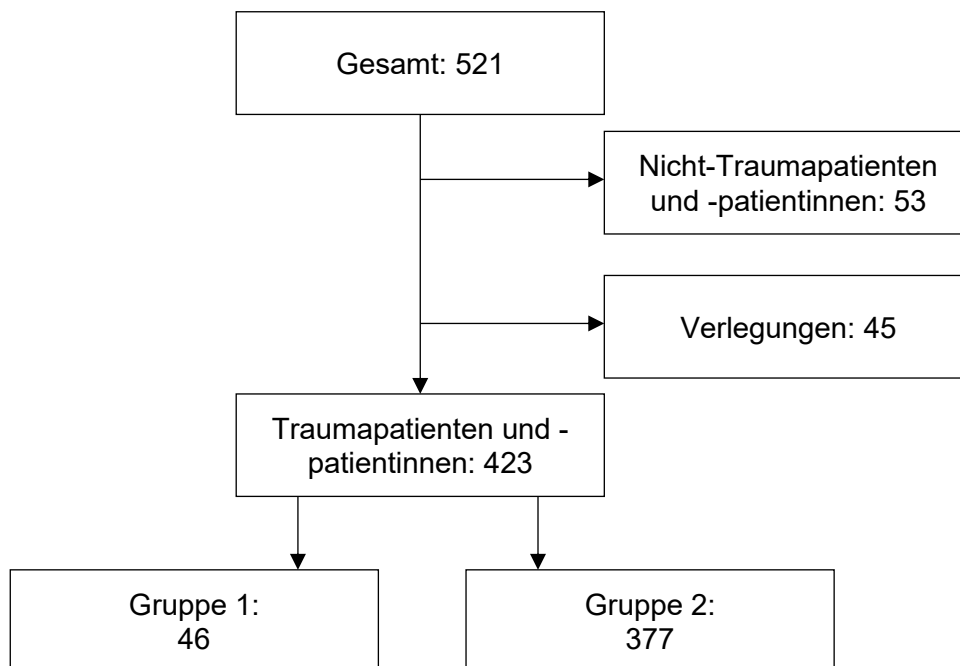


Abbildung 11: **Zusammensetzung des Untersuchungskollektivs.** Eigene Grafik.

3.1 Patientencharakteristika und Präklinik

Das Gesamtkollektiv aus 423 Patienten und Patientinnen gliedert sich in 46 Personen, die parallel im Schockraum behandelt worden sind (Gruppe 1) und in 377 Personen, die allein im Schockraum versorgt worden sind (Gruppe 2). 28 Patienten aus Gruppe 1 (60,9 %) und 267 Patienten aus Gruppe 2 (70,8 %) waren männlich. Das Alter der Patienten und Patientinnen aus Gruppe 1 betrug im Median 49,5 Jahre (IQR 28,5 – 61,5), das der Patienten und Patientinnen aus Gruppe 2 im Median 50 Jahre (IQR 30 – 71). 26 Patienten und Patientinnen der Gruppe 1 wurden als ASA I (56,5 %), 15 als ASA II (32,6 %) und 5 als ASA III (10,9 %) klassifiziert. In Gruppe 2 wurden 208 Patienten und Patientinnen als ASA I (55,2 %), 131 als ASA II (34,7 %) und 38 als ASA III (10,1 %) eingestuft. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die epidemiologische Zusammensetzung und den Gesundheitszustand der Patienten und Patientinnen vor dem Trauma.

Tabelle 9: **Epidemiologische Patientencharakteristika und Gesundheitszustand vor Aufnahme.** Das Alter ist angegeben als Median und IQR.

	Gruppe 1	Gruppe 2	p-Wert
Aufnahmen	46 (10,9 %)	377 (89,1 %)	
Geschlecht			0,165
- Männlich	28 (60,9 %)	267 (70,8 %)	
- Weiblich	18 (39,1 %)	110 (29,2 %)	
Alter	49,5 (28,5-61,5)	50 (30-71)	0,157
ASA			0,955
- I	26 (56,5 %)	208 (55,2 %)	
- II	15 (32,6 %)	131 (34,7 %)	
- III	5 (10,9 %)	38 (10,1 %)	

Der für die Behandlung ursächliche Unfallmechanismus verteilt sich zwischen den beiden Gruppen folgendermaßen:

In Gruppe 1 verunfallten 22 Personen (47,8 %) als PKW-Insassen oder Insassin, 4 (8,7 %) als Motorradfahrer und -fahrerinnen, eine Person (2,2 %) als Fußgänger, 2 (4,3 %)

3 Ergebnisse

bei einem Sturz aus über 3 m Höhe und 17 (37 %) durch Mechanismen, die nicht zugeordnet werden konnten.

In Gruppe 2 erlitten 74 Personen (19,6 %) einen PKW-Unfall, 44 (11,7 %) einen Unfall als Motorradfahrer oder -fahrerin, 39 (10,3 %) einen Unfall als Fußgänger bzw. Fußgängerin oder Radfahrer bzw. Radfahrerin, 70 (18,6 %) einen Sturz aus über 3 m Höhe und 150 (39,8 %) ein Trauma, das keiner der o.g. Kategorien zugeordnet werden konnte. Alle Personen aus Gruppe 1 und 362 der Personen aus Gruppe 2 (96 %) erlitten ein stumpfes Trauma. 15 der Patienten und Patientinnen aus Gruppe 2 (4 %) wiesen eine penetrierende Verletzung auf. In der folgenden Tabelle sind der Unfall- und Traumamechanismus aufgeführt.

Tabelle 10: Verteilung der Unfallmechanismen und Art des Traumas.

	Gruppe 1	Gruppe 2	p-Wert
Unfallmechanismus			
- PKW	22 (47,8 %)	74 (19,6 %)	<0,001
- Motorrad	4 (8,7 %)	44 (11,7 %)	0,548
- Fußgänger bzw. Fußgängerin/ Radfahrer bzw. Radfahrerin	1 (2,2 %)	39 (10,3 %)	0,074
- Sturz > 3 m	2 (4,3 %)	70 (18,6 %)	0,015
- Sonstige	17 (37,0 %)	150 (39,8 %)	0,711
Trauma			0,168
- Stumpf	46 (100 %)	362 (96,0 %)	
- Penetrierend	0	15 (4,0 %)	

Die präklinische Versorgung wurde durch den Rettungsdienst und ggf. einen Notarzt oder eine Notärztin geleistet. Der präklinisch erhobene GCS-Wert und die durchgeführten Maßnahmen sind in der Tabelle „Präklinisch erhobener GCS und präklinische Versorgung“ dargestellt.

3 Ergebnisse

Tabelle 11: **Präklinisch erhobener GCS und präklinische Versorgung** (p = präklinisch). Der GCS-Wert ist angegeben als Median und IQR.

	Gruppe 1	Gruppe 2	p-Wert
Präklinische Versorgung			
- pGCS	15 (13-15)	15 (9-15)	0,132
- pIntubation	18 (39,0 %)	164 (43,5 %)	0,572
- pThoraxdrainage	1 (2,2 %)	12 (3,2 %)	0,708
- pReanimation	1 (2,2 %)	19 (5,0 %)	0,387

3.2 Verletzungsschwere (ISS)

Die Traumafolgen wurden mit Hilfe der Injury severity scale (ISS) kodiert. Der ISS-Wert betrug bei Patienten und Patientinnen der Gruppe 1 im Median 9 (IQR 4 – 13) und bei Gruppe 2 ebenfalls 9 (IQR 4 – 19). Zur genaueren Analyse wurden die beiden untersuchten Gruppen nochmals in ISS-Subgruppen (0-15, 16-24, 25-75) unterteilt. Die entsprechende Auswertung ist in der untenstehenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 12: **Medianer ISS, medianer ISS der Subgruppen, Verteilung der Patienten und Patientinnen auf die Subgruppen**. ISS und ISS-Subgruppen sind angegeben als Median und IQR.

	Gruppe 1	Gruppe 2	p-Wert
ISS	9 (4 – 13)	9 (4 – 19)	0,130
ISS-Subgruppen: Median ISS			
- 0-15	5 (4-10)	5 (4-9)	0,390
- 16-24	22 (20-22)	17 (16-22)	0,156
- 25-75	37 (28-53)	29 (25-34)	0,202
ISS-Gruppen: Verteilung			0,209
- 0-15	35 (76,1 %)	243 (64,5 %)	
- 16-24	7 (15,2 %)	65 (17,2 %)	
- 25-75	4 (8,7 %)	69 (18,3 %)	

3.3 Zustand bei Aufnahme und Procedere im Schockraum

Im Rahmen der Reanimationsphase wurde unmittelbar nach der Aufnahme im Schockraum der klinische Zustand des Patienten oder der Patientin anhand der ABCDE-Regel des ATLS®-Konzeptes erhoben. Bei Personen der Gruppe 1 gab es ein (2,2 %) A-Problem, 3 (6,5 %) B-Probleme, 13 (28,3 %) C-Probleme, 15 (32,6 %) D-Probleme und 21 (45,7 %) E-Probleme. 9 Personen der Gruppe 2 (2,4 %) hatten ein A-Problem, 28 (7,4 %) ein B-Problem, 106 (28,1 %) ein C-Problem, 156 (41,4 %) ein D-Problem und 110 (29,2 %) ein E-Problem. Das folgende Diagramm stellt die Prävalenzen von A-, B-, C-, D- und E-Problemen in beiden Gruppen dar.

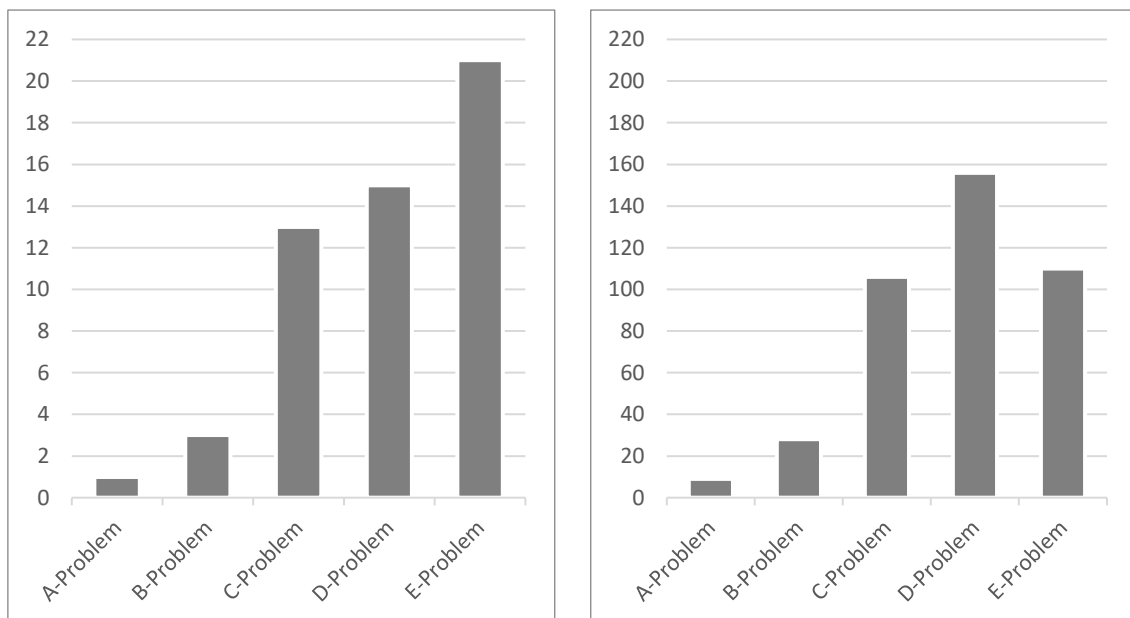


Abbildung 12: Die Grafik stellt die Klinik der Patienten und Patientinnen aus Gruppe 1 (links) und Gruppe 2 (rechts) entsprechend der ABCDE-Klassifikation aus ATLS dar (A = Airway, B = Breathing, C = Circulation, D = Disability, E = Exposure/Environment) (14, 18-20). Die y-Achse stellt die absolute Anzahl der Patienten und Patientinnen dar, die x-Achse die Art des Problems. Eigene Grafik.

In der Tabelle „Klinik bei Aufnahme“ ist der Zustand der Patienten und Patientinnen bei Aufnahme entsprechend der ABCDE-Klassifikation dargestellt.

3 Ergebnisse

Tabelle 13: **Klinik bei Aufnahme.**

	Gruppe 1	Gruppe 2	p- Wert
A-Problem	1 (2,2 %)	9 (2,4 %)	0,928
B-Problem	3 (6,5 %)	28 (7,4 %)	0,824
C-Problem	13 (28,3 %)	106 (28,1 %)	0,984
D-Problem	15 (32,6 %)	156 (41,4 %)	0,252
E-Problem	21 (45,7 %)	110 (29,2 %)	0,023

In Tabelle „Maßnahmen im Schockraum“ sind die durchgeführten Notfallmaßnahmen im Schockraum dargestellt.

Tabelle 14: **Maßnahmen im Schockraum.**

	Gruppe 1	Gruppe 2	p- Wert
Intubation	4 (8,7 %)	24 (6,4 %)	0,549
Thoraxdrainage	0	20 (5,3 %)	0,109
Arterieller Zugang	12 (26,1 %)	121 (32,1 %)	0,407
ZVK	5 (10,9 %)	68 (18,0 %)	0,225
Katecholamintherapie	16 (34,8 %)	98 (26,0 %)	0,205
Gerinnungstherapie	4 (8,7 %)	29 (7,7 %)	0,811
EK-Transfusion	2 (4,6 %)	9 (2,4 %)	0,430

3.4 Zeitintervalle und Outcome

44 (95,7 %) der Personen aus Gruppe 1 und 343 (91 %) der Personen aus Gruppe 2 erhielten eine Ganzkörper-CT. Die Zeit zwischen Eintreffen im Schockraum und der CT (tCT) betrug bei Gruppe 1 im Median 8 Minuten (IQR 5 – 15,5) und bei Gruppe 2 im Median 6 Minuten (IQR 4 – 10). 9 der Personen aus Gruppe 1 (19,6 %) und 70 der Personen aus Gruppe 2 (18,6 %) benötigten eine Notfalloperation. Die Zeit bis zur OP (tOP) betrug bei Gruppe 1 im Median 99 Minuten (97 – 108) und bei Gruppe 2 im Median 90 Minuten (78 – 106). Die folgende Grafik stellt Zeit zwischen Aufnahme und der CT-Bildgebung bzw. dem Beginn operativer Maßnahmen dar.

3 Ergebnisse

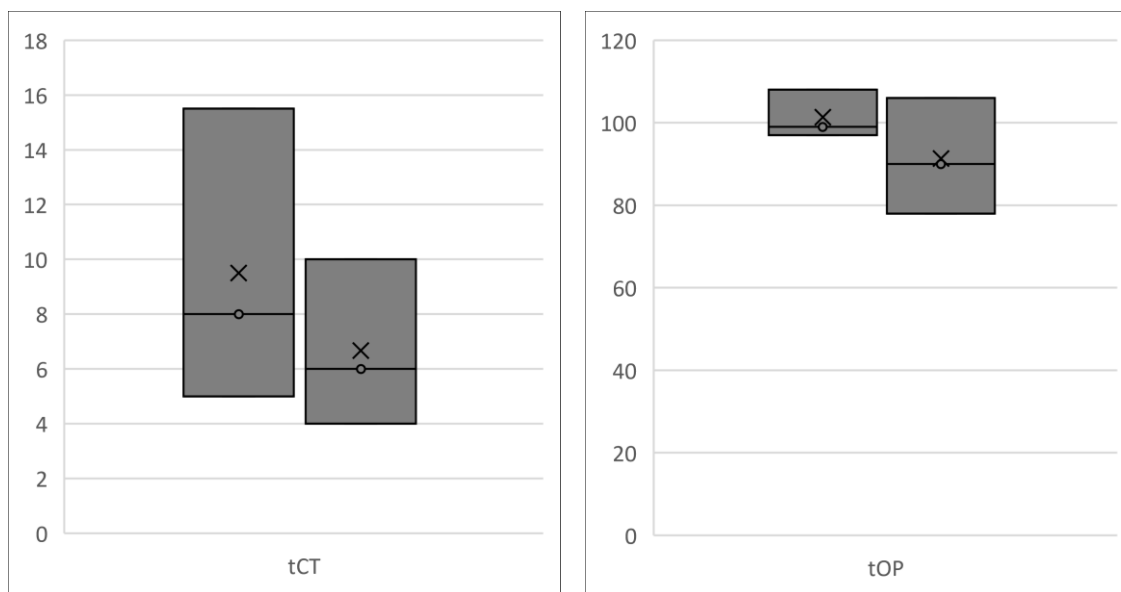


Abbildung 13: Die Tabelle zeigt die mediane Zeit und die IQR bis zur CT (tCT) bzw. bis zur OP (tOP) in Gruppe 1 (links) und Gruppe 2 (rechts). Die y-Achse stellt die Zeit in Minuten dar. Auf der x-Achse ist Gruppe 1 bzw. 2 aufgetragen. Eigene Grafik.

In der nachstehenden Tabelle sind die Zeiten zwischen Aufnahme und der CT-Bildgebung bzw. dem Beginn operativer Maßnahmen aufgeführt.

Tabelle 15: Durchgeführte CTs bzw. OPs inkl. Zeit bis CT und bis OP. tCT und tOP sind angegeben als Median und IQR.

	Gruppe 1	Gruppe 2	p- Wert
CT	44 (95,7 %)	343 (91 %)	0,284
tCT	8 (5 – 15,5)	6 (4 – 10)	0,028
OP	9 (19,6 %)	70 (18,6 %)	0,870
tOP	99 (97 – 108)	90 (78 – 106)	0,081

Der RISC-II-Wert betrug bei Gruppe 1 im Median 5,6 (IQR 4,3 – 6,4) und bei Gruppe 2 im Median 4,5 (IQR 2,3 – 5,7). Hieraus lässt sich im Median eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 0,996 (IQR 0,987 – 0,998) für Gruppe 1 und 0,989 (IQR 0,909 – 0,997) für Gruppe 2 berechnen. In Gruppe 1 verstarben 2 (4,3 %) Personen innerhalb von 24 Stunden und keine weitere Person innerhalb von 30 Tagen. 24 Personen der Gruppe 2 (6,4 %) verstarben innerhalb von 24 Stunden, weitere 30

3 Ergebnisse

Personen innerhalb von 30 Tagen (8 %). Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über das Outcome der Patienten und Patientinnen.

Tabelle 16: **Outcome der Patienten und Patientinnen.** RISC-II-Wert und Überlebenswahrscheinlichkeit sind angegeben als Median und IQR.

	Gruppe 1	Gruppe 2	p- Wert
RISC-II-Wert	5,6 (4,3-6,4)	4,5 (2,3-5,7)	0,001
Überlebenswahrscheinlichkeit	0,996 (0,987 – 0,998)	0,989 (0,909-0,997)	
Tod in 24 h	2 (4,3 %)	24 (6,4 %)	0,591
Tod in 30 d	0	30 (8,0 %)	0,047

3.5 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

In der Abbildung „Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse“ sind die wichtigsten Resultate dieser Arbeit dargestellt.

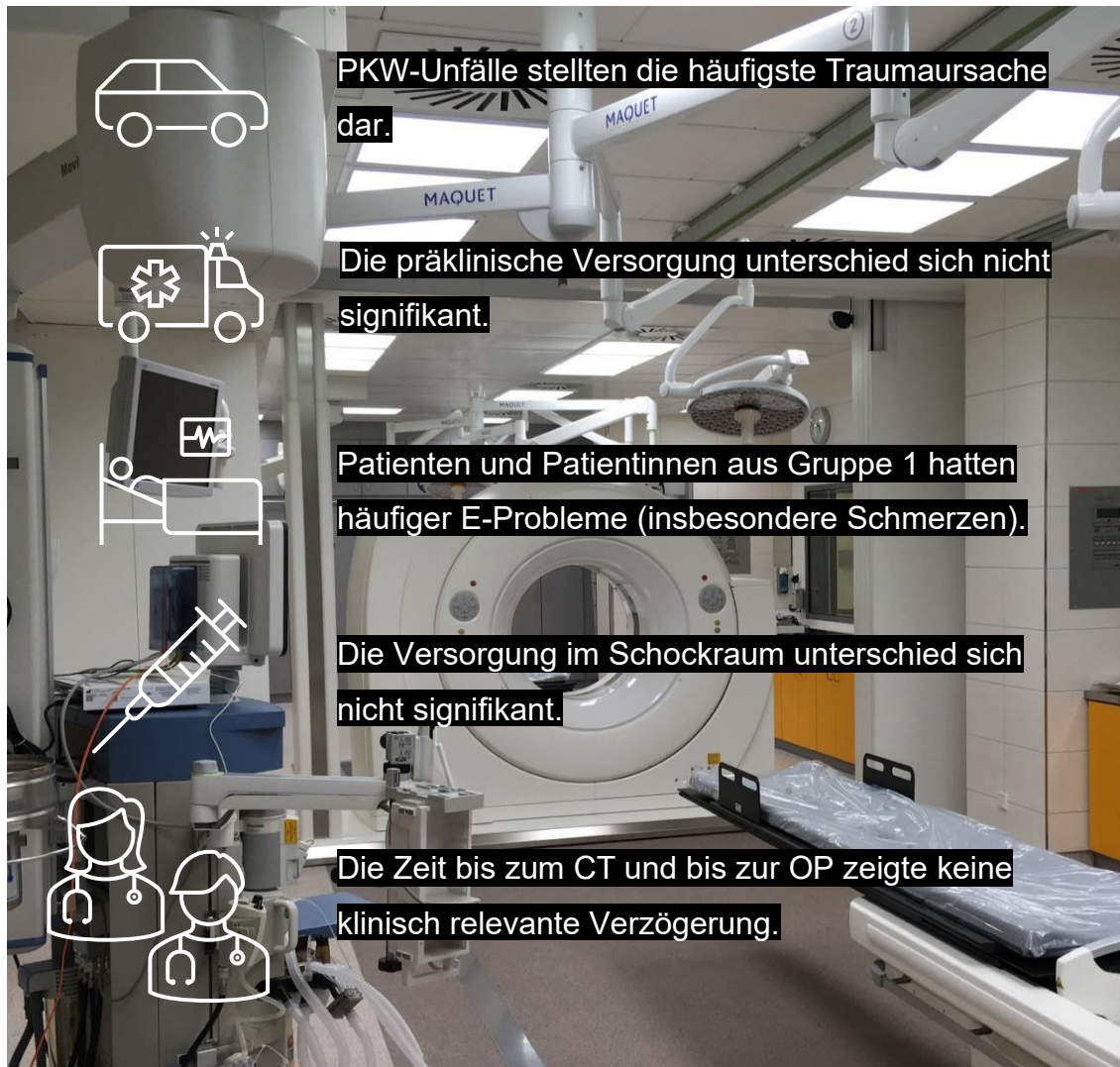


Abbildung 14: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse im Vergleich einer simultanen Behandlung im Doppelschockraum mit der in einem Einzelschockraum. Eigene Grafik.

4 Diskussion

Das Universitätsklinikum Würzburg verfügt seit 2018 über ein hochmodernes Schockraumkonzept. Den Kern bildet hierbei der Doppelschockraum mit zentraler, fahrbarer CT-Einheit. Hierdurch ist es möglich, zwei Schwerverletzte gleichzeitig zu versorgen und beiden Patienten bzw. Patientinnen in unmittelbarer Abfolge eine CT-Bildgebung zukommen zu lassen.

Um die Qualität dieses innovativen und hochentwickelten Konzeptes zu evaluieren, wurde eine retrospektive Analyse aller Schockraumaufnahmen des Universitätsklinikums zwischen dem 1. Mai 2019 und dem 29. April 2020 durchgeführt. Hierbei wurde zwischen Patienten und Patientinnen, die simultan als Doppelschockraum (Gruppe 1) und solchen, die allein im Schockraum (Gruppe 2) versorgt worden sind, unterschieden.

PKW-Unfälle stellten insgesamt die häufigste Traumaursache dar. Die präklinische Versorgung unterschied sich nicht zwischen beiden Gruppen, allerdings fiel auf, dass Personen aus Gruppe 1 häufiger unter E-Problemen (insbesondere Schmerzen) litten. Die Versorgung im Schockraum wies keine Unterschiede auf. Die Diagnostik mittels CT-Bildgebung und der Beginn operativer Maßnahmen wurden zügig und ohne klinisch relevante Verzögerungen durchgeführt.

Der Doppelschockraum und die Möglichkeit zur nahezu parallelen Versorgung und CT-Bildgebung zweier Patienten bzw. Patientinnen sind zum Einen aufgrund steigender Patientenzahlen und den möglichen Vorteilen neuer Techniken notwendig (95). Zum anderen ist es sinnvoll, eine CT-Einheit nicht fest an einen Schockraum zu binden, sondern durch das Doppelschockraumkonzept und die Einbindung in das Elektivprogramm eine erhöhte Auslastung zu ermöglichen. Durch die Einrichtung eines Doppelschockraums mit beweglicher CT-Einheit, die sich in beiden Räumen nutzen lässt, konnten Ressourcen deutlich besser eingesetzt werden (96, 97). Aus diesem Grund sollte diese Arbeit untersuchen, inwiefern sich Patienten und Patientinnen und deren Versorgung unterscheiden, wenn diese allein oder parallel im Schockraum behandelt worden sind.

4.1 Patientencharakteristika und Präklinik

In Gruppe 1 lag der Anteil männlicher Patienten mit 60,9 % etwas unter dem der Gruppe 2 mit 70,8 %. Das Alter der Personen beider Gruppen lag im Median bei 50 bzw. 49,5 Jahren und zeigt keine wesentlichen Unterschiede. Diese Ergebnisse entsprechen in etwa auch dem Basiskollektiv des Traumaregisters der DGU von 2019. Hier waren 69,2 % der Traumapatienten Männer. Der Altersdurchschnitt lag insgesamt bei 53,4 Jahren (6). Im europäischen Vergleich anhand der REACT-2-Studie von Sierink et al. zeigt sich eine ähnliche Verteilung. Der Anteil männlicher Patienten lag hier bei 76 %. Allerdings waren die Patienten und Patientinnen im Median mit 42 bzw. 45 Jahren etwas jünger als in unserer Beobachtung (72). Der größere Anteil männlicher Patienten könnte auf eine größere Gefährdung hinweisen, die möglicherweise aus einem riskanteren Verkehrsverhalten oder Arbeitsunfällen, wie beispielsweise in der Industrie oder Landwirtschaft resultiert.

Um den prätraumatischen Gesundheitszustand beider Gruppen unserer Studie miteinander vergleichen zu können, wurde dieser mit Hilfe des Klassifikationssystems der American Society of Anesthesiologists (ASA) ermittelt. Dieses dient eigentlich zur perioperativen Risikostratifizierung, ist in der Anästhesiologie allerdings weit verbreitet und wird standardisiert angewandt, weshalb es in dieser Untersuchung Verwendung fand. Hierbei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. In beiden Gruppen wiesen knapp über 90 % der Personen einen ASA von I oder II auf. Die Patienten und Patientinnen des Traumaregisters der DGU von 2019 waren mit einem entsprechenden Anteil von 81 % (ASA I oder II) und somit 19 % ASA III im Durchschnitt schwerer vorerkrankt (6). Im Kollektiv von Sierink et al. war dieser Anteil mit 96 % etwas größer als in unserer Beobachtung (72). Die Einschätzung des prätraumatischen Gesundheitszustandes mittels ASA ist anwenderabhängig und kann deshalb je nach Untersucher und Zeitpunkt der Erhebung variieren. Vermutlich lassen sich hierdurch die Unterschiede zwischen unserer Untersuchung und den Ergebnissen der DGU bzw. von Sierink et al. erklären.

Bei der Auswertung der Unfallmechanismen, die zur Aufnahme in den Schockraum führten, zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen beiden beobachteten Gruppen. PKW-Unfälle waren für 47,8 % der Schockraumaufnahmen in Gruppe 1 verantwortlich, während diese bei Gruppe 2 nur 19,6 % ausmachten. Vermutlich ist dies darauf zurückzuführen, dass Patienten und Patientinnen, die gleichzeitig im Schockraum behandelt worden sind, häufig Fahrer bzw. Fahrerin und Beifahrer bzw. Beifahrerin eines

4 Diskussion

PKWs oder die Fahrer bzw. Fahrerinnen zweier beteiligter PKWs waren. Das Universitätsklinikum Würzburg verfügt als überregionales Traumazentrum über ein sehr großes Einzugsgebiet, das u.a. viel befahrene Autobahnen umfasst. Im Rahmen von MANV-Ereignissen können im hiesigen Schockraum direkt zwei Personen versorgt werden, was insbesondere bei Verkehrsunfällen notwendig zu sein scheint. Der Anteil der Motorradfahrer und Motorradfahrerinnen weist zwischen beiden Gruppen nur einen geringen Unterschied auf (8,7 % vs. 11,7 %). Ein deutlicher Unterschied in der Verteilung zeigt sich hingegen auch in der Verteilung der Radfahrer bzw. Radfahrerinnen und der Fußgänger bzw. Fußgängerinnen (2,2 % vs. 10,3 %) und der Patienten und Patientinnen, die gestürzt waren (4,3 % vs. 18,6 %). Dies liegt vermutlich in der Tatsache begründet, dass bei diesen Unfallmechanismen meist nur eine Person verunglückt. Der Vergleich der Unfallmechanismen der Personen aus Gruppe 2 mit den Patienten und Patientinnen des Traumaregisters von 2019 ergibt eine ähnliche Verteilung. Hier waren 19,3 % PKW-, 11,8 % Motorrad- und 15,7 % Radfahrer- bzw. Fußgängerunfälle. 14,4 % der Patienten und Patientinnen erlitten einen Sturz aus über 3 Metern Höhe (6). Helm et al. fanden in ihrer Untersuchung folgende Unfallmechanismen von Traumapatienten und -patientinnen, die durch die Luftrettung am Standort Ulm versorgt worden sind. Der Anteil der PKW-Unfälle fiel mit 42,7 % vergleichbar, der der Motorrad-Unfälle mit 19,5 % allerdings größer aus. Der Anteil der Radfahrer- bzw. Fußgängerunfälle mit 7,3 % und 2,7 % war vergleichbar groß. Der Teil der Personen, die aus über 3 Metern Höhe gestürzt waren, ist mit 18,6 % ebenfalls vergleichbar (98).

Der überwiegende Teil der Patienten und Patientinnen dieser Arbeit wiesen ein stumpfes Trauma auf. In Gruppe 1 waren dies alle und in Gruppe 2 96 % der Untersuchten. Vergleicht man diese Daten mit dem Traumaregister der DGU bestätigt sich diese Verteilung. Hier lag der Anteil der Personen mit nicht-penetrierenden Verletzungen bei 96,2 % (6). Bei Sierink et al. lag dieser Teil bei 98 % (72). In Deutschland scheinen stumpfe Traumata durch Unfallmechanismen wie Verkehrsunfälle, Stürze oder Arbeitsunfälle zu überwiegen, während penetrierende Verletzungen wie Stich- oder Schusswunden eher die Ausnahme darzustellen scheinen.

Die präklinische Versorgung wird in Deutschland durch nicht-ärztliches Rettungsdienstpersonal und bei entsprechender Indikation zusätzlich durch einen Notarzt oder eine Notärztin geleistet. Grundlagen stellen hierbei die Stabilisierung an der Einsatzstelle (z.B. durch Lagerung, Medikamentenapplikation, invasive Maßnahmen wie Intubation, die Anlage einer Thoraxdrainage oder Reanimation) und der zügige Transport in eine geeignete Zielklinik dar (26). Der durch den Rettungsdienst erhobene

GCS-Wert betrug bei beiden Gruppen im Median 15. Im Kollektiv des Traumaregisters betrug dieser Wert 12,9 (6). Die Patienten und Patientinnen von Sierink et al. wiesen einen GCS-Wert im Median von 14 auf (72). Der Anteil intubierter Personen ist in beiden Gruppen vergleichbar groß (39 % vs. 43,5 %). In einer Untersuchung von Timm et al. spiegelt sich diese Verteilung wider. Hier lag der Anteil der präklinisch intubierten Personen bei 44,1 % (99). 2,2 % der Personen aus Gruppe 1 und 3,2 % derer aus Gruppe 2 erhielten präklinisch eine Thoraxdrainage. Auch hier zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen. Der Anteil entspricht der Untersuchung von Timm et al., in der 3 % der Patienten und Patientinnen eine Thoraxdrainage angelegt worden ist (99). Eine Reanimation war bei 2,2 % der Personen aus Gruppe 1 und bei 5 % der Personen aus Gruppe 2 notwendig. Bei Timm et al. betrug die Häufigkeit von präklinischen Reanimationen 4,5 % (99).

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das Untersuchungskollektiv der Personen aus Gruppe 1 mit dem der Personen aus Gruppe 2 vergleichen lässt. Bis auf den Unfallmechanismus ließen sich keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Dies ist ein Hinweis darauf, dass für jeden Patienten und jede Patientin ein voll funktionsfähiger Schockraum mit einem kompletten Schockraumteam zur Verfügung stehen muss, ungeachtet der Tatsache, ob es sich um einen Doppel- oder einen Einzelschockraum handelt. Durch den direkten räumlichen Bezug des Doppelschockraumes lassen sich bei einer parallelen Behandlung dann bei Bedarf personelle und materielle Ressourcen flexibel anpassen.

4.2 Verletzungsschwere (ISS)

Der ISS betrug in beiden Gruppen im Median 9 und lässt anhand dessen keinen Unterschied erkennen. Bei der Zuweisung der Patienten und Patientinnen in drei ISS-Subgruppen zeigen sich allerdings deutliche Unterschiede, hauptsächlich bei den Leicht- (ISS 0-15) und den Schwerverletzten (ISS 25-75). 76,1 % der Personen aus Gruppe 1 und 64,5 % derer aus Gruppe 2 erlitten leichte Verletzungen. Hingegen waren es 8,7 % Schwerverletzte in Gruppe 1 und 18,3 % in Gruppe 2. Trotz einer vergleichbaren medianen Verletzungsschwere war somit der Anteil Schwerverletzter in Gruppe II größer. Vergleicht man diese Ergebnisse mit den Daten aus dem Traumaregister, fällt auf, dass die Patienten und Patientinnen in unserer Erhebung im Mittel weniger schwer verletzt waren. Die Patienten und Patientinnen des Traumaregisters wiesen im Mittel einen ISS von 18,2 auf. Nur 46,7 % dieser Personen waren leichtverletzt mit einem ISS unter 16 (6). Die Entscheidung, ob ein Patient oder eine Patientin über den Schockraum

aufgenommen wird, trifft in der Regel der Notarzt oder die Notärztin am Unfallort. Dieser oder diese orientiert sich hierbei an verschiedenen Indikationen, trifft die Entscheidung dann allerdings individuell (vgl. Tabelle 2 „Indikationen für eine Schockraumaufnahme“). Diese Indikationen umfassen u.a. auch den Unfallmechanismus wie beispielsweise Hochgeschwindigkeitsunfälle. Da das Einzugsgebiet des Universitätsklinikums große Autobahnabschnitte enthält und bei Verkehrsunfällen hier häufig diese Indikationen erreicht werden, könnte das im Durchschnitt etwas geringere Verletzungsschwere erklären. Personen aus Gruppe 1 scheinen seltener schwere Verletzungen aufzuweisen als solche aus Gruppe 2. Da sich dies jedoch erst im Nachhinein klären lässt und trotzdem fast jeder zehnte Patient bzw. jede zehnte Patientin aus Gruppe 1 schwere Verletzungen erlitt, ist es unerlässlich, bei diesen Personen primär die gleiche Schockraumkonfiguration und -besetzung wie bei Einzelschockräumen sicherzustellen. Bei Unfällen mit mehreren Beteiligten wird die Entscheidung, ob ein Patient oder eine Patientin im Schockraum behandelt werden muss, außerdem auch abhängig davon gemacht, wie schwer beispielsweise die anderen Insassen bzw. Insassinnen desselben Fahrzeugs verletzt worden sind. Dieser Faktor, aber auch Ereignisse mit einem Massenansturm von Verletzten (MANV) führen dazu, dass eine Klinik mehrere Schwerverletzte aufnehmen und versorgen können muss. Hierzu stellt das Doppelschockraumkonzept eine mögliche Lösung dar.

4.3 Zustand bei Aufnahme und Procedere im Schockraum

Personen, die in den Schockraum aufgenommen worden sind, wurden anhand der ABCDE-Systematik untersucht. Hierbei zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in der Prävalenz von A-, B-, C- oder D-Problemen zwischen den beiden Gruppen. Signifikant mehr Patienten und Patientinnen aus Gruppe 1 litten unter einem E-Problem (45,7 % vs. 29,2 %). Diese Ergebnisse lassen vermuten, dass die Personen beider Gruppen vergleichbar häufig vital gefährdet waren, zum Beispiel durch eine Verlegung des Atemweges (A-Problem), eine defizitäre Atmung (B-Problem) oder einen hämorrhagischen Schock (C-Problem). Auch neurologische Defizite scheinen in beiden Gruppen eine vergleichbare Prävalenz aufzuweisen. Unterschiede zeigen sich hingegen bei weiteren Traumafolgen, wie beispielsweise Unterkühlung und Schmerzen. Diese überwiegen signifikant in Gruppe 1. Aufgrund unterschiedlicher Definitionen ist ein Vergleich mit entsprechender Literatur nur eingeschränkt möglich. Untersuchungen von Murao et al. und Kinoshita et al. fanden in ihren Untersuchungen allerdings Prävalenzen

4 Diskussion

für einen Schock von um die 20 % bei Traumapatienten (40, 100). Dies ist in Anbetracht der weiter gefassten Definition des C-Problems in unserer Erhebung mit unseren Ergebnissen vergleichbar (28,1 %). Die im Schockraum durchgeführten Maßnahmen unterscheiden sich zwischen den beobachteten Gruppen nicht signifikant. Intubationen, Instrumentierung mit arteriellem Zugang oder ZVK, Therapie zur Optimierung der Gerinnung, Transfusion von EKs und Katecholamingabe wurden in beiden Gruppen vergleichbar häufig durchgeführt. 6,4 % der Personen aus Gruppe 2 mussten im Schockraum intubiert werden. Bei Lang et al. war dies bei jedem zweiten Schockraumpatienten bzw. jeder zweiten Schockraumpatientin notwendig (4). Furugori et al. fanden in ihrer Erhebung einen Anteil von 38,2 % für Intubationen im Schockraum (101). Diese Abweichungen könnten sich durch die hohe Rate präklinischer Intubationen in unserer Studie ergeben. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die Verfügbarkeit von Notärzten und Notärztinnen im Einzugsgebiet des Universitätsklinikums. Im städtischen Bereich wird das Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) durch Anästhesisten und Anästhesistinnen des Universitätsklinikums besetzt. Zusätzlich zum NEF ist der Rettungshubschrauber Christoph 18 schnell verfügbar. Dieser ist durch Fachärzte und Fachärztinnen der Anästhesiologie besetzt und wird bei Unfallereignissen häufig primär alarmiert. Sowohl die Qualifikation der Notärzte und Notärztinnen als Anästhesisten und Anästhesistinnen, als auch die Großzahl an Patienten und Patientinnen, die mit dem Rettungshubschrauber transportiert werden, könnten eine Erklärung für die hohe Rate präklinischer Intubationen darstellen. Eine weitere Diskrepanz zwischen unseren Daten und den Ergebnissen anderer Studien bei der Versorgung im Schockraum zeigt sich bezüglich der Zahl angelegter Thoraxdrainagen. Bei Lang et al. erhielten etwa 20 % der Behandelten im Schockraum eine Drainage (4). Bei Furugori et al. waren es 7,5 % der Versorgten (101). In unserer Erhebung war dies nicht in Gruppe 1 und bei 5,3 % der Personen aus Gruppe 2 notwendig. Auch dieser Anteil ist abhängig von der Zahl präklinisch erfolgter Punktionen sowie von der Art der Verletzungen und lässt sich deshalb nur bedingt vergleichen. Laut dem Traumaregister der DGU benötigten 2019 6 % der Traumapatienten und -patientinnen eine Transfusion von EKs im Schockraum (6). In unserer Kohorte betrug dieser Anteil nur 2,4 %. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre das geringere Verletzungsausmaß bei Patienten und Patientinnen unserer Untersuchung.

Patienten und Patientinnen aus Gruppe 1 litten insgesamt häufiger unter Schmerzen. Dies könnte auf eine eingeschränkte präklinische Analgesie durch mangelnde Ressourcen bei Unfallereignissen mit mehreren Betroffenen hinweisen. Da Schmerzen

außerdem keinen lebensbedrohlichen Zustand darstellen, wurden die leichter verletzten Personen aus Gruppe 1 möglicherweise weniger intensiv von einem Notarzt oder der Notärztin betreut, sondern direkt in die Klinik transportiert. Insgesamt zeigt die Versorgung im Schockraum keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Dies spricht für eine Versorgung auf individualmedizinischem Niveau bei Doppel- und Einzelschockräumen, insbesondere bei lebensrettenden Maßnahmen wie der Intubation, der Anlage einer Thoraxdrainage, der Instrumentierung mit arteriellem Zugang oder ZVK (Zentraler Venenkatheter) oder der Applikation von Medikamenten und Blutprodukten.

4.4 Zeitintervalle und Outcome

Zeitfaktoren spielen bei der Versorgung von Traumapatienten und -patientinnen eine wesentliche Rolle. Eine verspätete Durchführung operativer Maßnahmen gehört zu den relevanten Todesursachen während der Schwerverletztenversorgung (31). Um dies zu vermeiden, ist eine zügige Diagnostik aller Verletzungen notwendig. Hierzu ist das Ganzkörper-CT mittlerweile weltweit als Standard anerkannt (18, 26, 78).

Der Fokus der vorliegenden Studie lag deshalb auf den Versorgungszeiten im Schockraum, insbesondere der Zeit zwischen Eintreffen und CT-Bildgebung bzw. OP-Beginn. Hierbei ergaben sich keine Unterschiede bezüglich der Häufigkeiten durchgeführter CT-Untersuchungen oder Operationen zwischen beiden Gruppen. Allerdings zeigten sich signifikante Abweichungen bei den Versorgungszeiten. So lag die Zeit zwischen Eintreffen im Schockraum und dem ersten Topographiebild der CT in Gruppe 1 im Median bei 8 Minuten. In Gruppe 2 betrug diese Zeitspanne 6 Minuten. Frellesen et al. erreichten für ein vergleichbares Doppelschockraumkonzept eine entsprechende Zeit von 15 Minuten (96). 2009 verfügte das Universitätsklinikum Würzburg noch über einen Einzelschockraum mit dort befindlichem CT. Hier lag die Zeit zwischen Ankunft des Patienten oder der Patientin und der CT-Bildgebung bei 23 Minuten (5). Bei Furugori et al. war eine Bildgebung für ein vergleichbares Setting nach 23 Minuten möglich (101). Im europäischen Vergleich beschreibt Sierink et al. eine Zeit von 32 Minuten bis zum Ende der CT-Bildgebung. Allerdings befand sich in der REACT-2-Studie der Computertomograph nicht zwangsläufig im Schockraum selbst (72). Die Zeitspanne zwischen Einlieferung in den Schockraum und der CT-Bildgebung zeigte signifikante Unterschiede zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2. Der Vergleich mit anderen, internationalen Studien zeigt jedoch auch, dass die Dauer bis zur Diagnostik in beiden

Gruppen bereits auf ein Minimum reduziert ist und eine Differenz von 2 Minuten keine klinisch relevante Verzögerung darzustellen scheint. Die zügige Bildgebung in diesem Setting weist auf einen optimierten Workflow und die hohe Qualität der Versorgung, auf individualmedizinischem Niveau hin.

Im Vergleich der Dauer zwischen Schockraumaufnahme und Beginn einer Notfalloperation zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden untersuchten Gruppen. Die Zeitspanne lag bei Personen aus Gruppe 1 im Median bei 99 Minuten und in Gruppe 2 bei 90 Minuten. Im Einzelschockraumsetting des Universitätsklinikums Würzburg von 2011 betrug diese Dauer 105 Minuten (102). Furugori et al. erreichten mit ihrem Versorgungskonzept einen OP-Beginn nach 83 Minuten (101). Allerdings ist es schwer, die Zeitdifferenzen direkt miteinander zu vergleichen, da hierzu einheitliche Definitionen für die Zeitspannen „Zeit bis zum CT“ und „Zeit bis zur OP“ fehlen. In unserer Untersuchung definierten wir die Zeit zwischen Ankunft im Schockraum (vgl. 2. Methoden – 2.3 Datenbank – 17. Ankunft Schockraum) und dem Zeitpunkt des Schnitts im OP (vgl. 2. Methoden – 2.3 Datenbank – 24. Uhrzeit OP) als Zeit bis zur Notfall-OP. Insgesamt konnten wir zeigen, dass der Beginn operativer Maßnahmen in Gruppe 1 und Gruppe 2 ohne klinisch relevante Verzögerungen sichergestellt werden könnte.

Die Prozesszeiten „Zeit bis zum CT“ und „Zeit bis zur OP“ stellen wichtige Qualitätsparameter dar, da durch eine Zeitersparnis bei der Versorgung von Traumapatienten und -patientinnen das Outcome verbessert werden kann (31).

In der vorliegenden Untersuchung fanden wir zwischen beiden Gruppen keine Unterschiede in der berechneten Prognose (RISC-II). Das tatsächliche Outcome lässt sich wegen niedriger Fallzahlen nicht vergleichen. In Gruppe 1 verstarben zwei Personen innerhalb der ersten 24 h (4,3 %) und keine weitere in den nächsten 30 Tagen. In Gruppe 2 verstarben innerhalb der ersten 24 Stunden 6,4 % der Patienten bzw. Patientinnen. Insgesamt lag die 30-Tagesmortalität bei 14,4 %. Sierink et al. fanden in ihrer Studie eine Mortalität von 11 % innerhalb der ersten 24 Stunden und von 23 % innerhalb von 30 Tagen (72). Das Traumaregister der DGU gibt für 2019 eine 24-Stunden-Mortalität von 4,5 % und 11,4 % für 30-Tage an (6). Die Daten der Mortalität lassen sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit nur eingeschränkt vergleichen, da die Kliniken, in denen die Patienten und Patientinnen behandelt worden sind, über unterschiedliche Versorgungsstufen und Einzugsgebiete verfügen. Insgesamt liegen die Ergebnisse zur Mortalität in der vorliegenden Studie im zu erwartenden Bereich und

zeigen keine Anzeichen, dass eine Versorgung in einem Doppelschockraum einen negativen Einfluss auf das Outcome haben könnte.

Diese Arbeit liefert erste Hinweise darauf, dass es bei der simultanen Versorgung zweier Patienten oder Patientinnen in einem gut organisierten Doppelschockraumkonzept zu keinen klinisch relevanten Verzögerungen im zeitlichen Ablauf und zu keinen negativen Auswirkungen auf das Outcome zu kommen scheint. Für Personen, die in einem solchen Doppelschockraum behandelt werden, scheint die Qualität der Versorgung auf dem gleichen, individualmedizinischen Niveau, wie dies in einem Einzelschockraum bereits der Standard ist, sichergestellt werden zu können.

4.5 Vergleich mit historischer Kontrollgruppe

Das Universitätsklinikum Würzburg verfügt seit 2018 über einen Doppelschockraum. Im Rahmen der Etablierung dieses neuen Konzeptes wurden auch die Abläufe für die Versorgung Schwerverletzter aktualisiert und als sogenannte „standard operating procedures“ (SOPs) festgehalten. Erste Daten zur Qualität der Versorgung im Doppelschockraum wurden von Kippnich et al. 2020 veröffentlicht (69). Die vorliegende Studie soll diese Ergebnisse nun aktualisieren und in einen größeren Gesamtkontext stellen. Die Patienten und Patientinnen der Kontrollgruppe waren mit einem ISS von im Median 17 schwerer verletzt als die unserer Einzelschockraumgruppe (ISS im Median 9). Dies ist dadurch zu erklären, dass in der damaligen Studie nur Personen eingeschlossen wurden, die notfallmäßig operiert worden sind. Die Zeit bis zur CT-Bildgebung war in der damaligen Untersuchung mit 15 Minuten im internationalen Vergleich bereits kurz (72, 96, 103). In der aktuellen Untersuchung konnte diese Zeit auf 6 Minuten bis zum CT verbessert werden. Dies könnte durch verschiedene Maßnahmen wie neuere Technik und Ausstattung, eine bessere Organisation, Teamtraining und regelmäßige Qualitätszirkel erreicht worden sein. Ein ähnlicher Effekt ist auch bei der Zeit bis zur Notfalloperation zu beobachten: Die Zeit konnte von 96,5 Minuten auf 90 Minuten reduziert werden.

Das Universitätsklinikum Würzburg verfügt über langjährige medizinische und wissenschaftliche Erfahrung in der Versorgung polytraumatisierter Patienten und Patientinnen in einem Einzel-Ganzkörper-CT-Schockraum. Die Qualität der Versorgung wurde regelmäßig evaluiert und an neue Gegebenheiten angepasst (5, 53, 57, 69, 102, 104, 105). 2018 wurde der bisherige Schockraum durch ein hochmodernes Doppelschockraumkonzept ersetzt. Dies stellte große Ansprüche an räumliche,

apparative und personelle Strukturen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind hinweisend darauf, dass dieses Konzept in der Versorgung Schwerverletzter eine deutliche Relevanz besitzt. 10,9 % aller in einem Jahr über den Schockraum aufgenommenen Personen wurden parallel im Doppelschockraum versorgt. Hierbei zeigten sich keine klinisch relevanten Unterschiede in der Qualität der Versorgung zu Personen, die individuell im Einzelschockraum behandelt worden sind. Die Zeitabläufe konnten sogar noch optimiert werden, sodass selbst bei Patienten und Patientinnen, die in der aktuellen Untersuchung als Doppelschockraum versorgt worden sind, die CT-Bildgebung zügiger möglich war, als dies schon im Einzelschockraum der Untersuchung von 2018 der Fall gewesen ist. Dies weist auf die große Effektivität des Doppelschockraumkonzeptes hin, das nicht im Widerspruch mit einer hochqualitativen Versorgung auf individualmedizinischem Niveau zu stehen scheint.

4.6 Limitationen dieser Untersuchung

Eine mögliche Limitation der vorliegenden Arbeit stellt das retrospektive Design dar. Die Dokumentation lief zu großen Teilen zwar automatisiert, wie beispielsweise die Erfassung von Versorgungszeiten und Vitalparametern durch COPRA oder Zeitmarken bei der CT-Bildgebung. Trotzdem war in einigen Bereichen die manuelle Dokumentation durch die Behandelnden notwendig. Dies war u.a. beim Schockraumprotokoll der Fall. Zum Teil erfolgte die Dokumentation erst nach der Versorgung im Schockraum. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass hierbei zumindest teilweise Ungenauigkeiten aufgetreten sind.

Des Weiteren können wir anhand unserer Ergebnisse nicht beantworten, ob simultan versorgte Patienten und Patientinnen gleichzeitig im Rahmen eines Ereignisses verletzt worden sind oder, ob es sich um eine zufällige Doppelzuweisung gehandelt hat. Wenn Letzteres der Fall gewesen war, können wir ebenso wenig eine Aussage über den Grund der Zuweisung treffen. Möglich wären beispielsweise die einzige Verfügbarkeit des Schockraumes aufgrund der Abmeldung anderer Kliniken oder das Vorhalten von Spezialdisziplinen am Universitätsklinikum.

Da die vorliegende Studie an einem Universitätsklinikum, das über langjährige Erfahrung in der Versorgung Schwerverletzter verfügt, durchgeführt worden ist, lassen sich die Ergebnisse kaum auf andere Kliniken einer niedrigeren Versorgungsklasse übertragen. Es ist davon auszugehen, dass an einem Universitätsklinikum sowohl eine optimalere

Ausstattung vorhanden als auch das Personal regelmäßiger in die Behandlung von Traumapatienten integriert ist.

4.7 Ausblick

Zusammenfassend sind die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zum Einen hinweisend auf den bestehenden Bedarf eines Doppelschockraum-Konzeptes und zum Anderen darauf, dass bei diesem Konzept eine Versorgung auf individualmedizinischem Niveau sichergestellt werden kann. Dieses Konzept könnte somit auch für weitere überregionale Traumazentren mit einem vergleichbaren Einzugsgebiet sinnvoll sein. Allerdings stellt die Etablierung und die Behandlung in einem Doppelschockraum besondere Anforderungen an räumliche und personelle Gegebenheiten. Außerdem sollte ein großes Maß an Erfahrung in der Schwerverletztenversorgung vorhanden sein, was hauptsächlich auf Kliniken der Maximalversorgung bzw. Universitätskliniken zutreffen dürfte.

In den letzten 30 Jahren hat sich die Zahl der Krankenhäuser in Deutschland um 20 % reduziert (95). Es ist anzunehmen, dass sich diese Entwicklung fortsetzt und es zu einer zunehmenden Zentralisierung der Patientenversorgung kommen wird. Hierdurch ist anzunehmen, dass überregionalen Traumazentren eine noch größere Stellung zukommen wird.

Eine zunehmende Zentralisierung bedeutet für die Versorgung von Traumapatienten und -patientinnen längere Distanzen zwischen der Unfallstelle und der versorgenden Klinik. Durch die Luftrettung können Transportzeiten minimiert werden. Es ist somit zu erwarten, dass der Bedarf an Luftrettungsmitteln steigen wird. In Bayern gibt es aktuell 15 Standorte für Rettungs- und Intensivtransporthubschrauber (106). Um die Verfügbarkeit weiterhin zu gewährleisten, müssen neue Standorte geschaffen werden, wie dies zuletzt in Augsburg und Dinkelsbühl geschehen ist (107, 108).

Der Doppelschockraum mit Ganzkörper-CT stellt ein hochmodernes und effektives Instrument zur Schwerverletztenversorgung dar. Eine mögliche Weiterentwicklung dieses Konzeptes stellt der sogenannte Hybrid-Schockraum dar. Hierbei handelt es sich um einen Schockraum mit Ganzkörper-CT, in dem lebensrettende Sofortmaßnahmen wie Operationen entsprechend des Damage Control Prinzips oder interventionell-radiologische Eingriffe durchgeführt werden können (70, 109). Erste Studienergebnisse weisen auf eine Optimierung der Versorgungszeit und einen geringeren Bedarf an

4 Diskussion

Transfusionen bei Personen, die in einem solchen Hybrid-Schockraum behandelt worden sind, hin (110).

Insgesamt ist anzunehmen, dass durch technische Entwicklungen, wie beispielsweise noch schnellerer CT-Bildgebung oder künstliche Intelligenz, die bei der Auswertung der Bilder assistiert, die Versorgung weiter optimiert werden kann.

5 Zusammenfassung

Hintergrund Die Versorgung Schwerverletzter setzt das zügige Erkennen lebensbedrohlicher Verletzungen und deren Priorisierung voraus(13)(13). Hierzu verfügt das Universitätsklinikum Würzburg seit 2018 über ein Doppelschockraumkonzept mit Ganzkörper-CT, fahrbarer CT-Gantry und einer mobilen Schutzwand, wodurch zwei Personen nahezu simultan behandelt werden können. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war zum Einen mögliche Spezifika von simultan versorgten Patienten und Patientinnen zu identifizieren und zum Anderen die Evaluation möglicher Unterschiede in der Qualität der Versorgung in einem Doppel- und einem Einzelschockraum, insbesondere der Zeit bis zur CT-Bildgebung und bis zum Beginn operativer Maßnahmen.

Methodik Im Rahmen einer retrospektiven Untersuchung wurden die Patientendaten aller Schockraumaufnahmen des Universitätsklinikums Würzburg vom 1. Mai 2019 bis zum 29. April 2020 analysiert. Die Datensätze wurden bei einer simultanen Versorgung im Schockraum der Doppelschockraumgruppe (Gruppe 1) und bei einer alleinigen Versorgung der Einzelschockraumgruppe (Gruppe 2) zugeordnet.

Ergebnisse 10,9 % aller Schockraumaufnahmen wurden simultan im Schockraum versorgt (46 von 423). Personen aus Gruppe 1 verunglückten häufiger bei PKW-Unfällen (47,8 % vs. 19,6 %; $p < 0,05$). Keine Unterschiede fanden sich bezüglich Alter, Geschlecht, ASA, ISS und präklinischer Versorgung. Die Klinik bei der Aufnahme unterschied sich nicht bezüglich A-, B-, C- und D-Problemen, allerdings litten Personen aus Gruppe 1 häufiger unter Schmerzen (hier als E-Problem nach ATLS klassifiziert) (45,7 % vs. 29,2 %; $p < 0,05$). Die Versorgung im Schockraum (Instrumentierung, Medikamentenapplikation, Transfusion) ergab keine relevanten Unterschiede. Insbesondere zeigte sich keine klinisch relevante Verzögerung bei simultan versorgten Patienten und Patientinnen bis zur CT-Bildgebung oder dem Beginn operativer Maßnahmen (tCT: 8 vs. 6 min (Gruppe 1 vs. Gruppe 2), $p < 0,05$; tOP: 99 vs. 90 min (Gruppe 1 vs. Gruppe 2), $p < 0,05$). Auch das Outcome in beiden Gruppen war vergleichbar.

Diskussion Die simultane Versorgung zweier Schwerverletzter stellt hohe Anforderungen an Personal, Ausstattung und Organisation. Das in dieser Arbeit untersuchte Doppelschockraumkonzept kann auch bei simultan versorgten Patienten und Patientinnen eine bestmögliche Versorgung auf individualmedizinischem Niveau gewährleisten werden.

6 Literaturverzeichnis

1. Destatis. Verkehrsunfälle - Getötete nach Alter und je 1 Millionen Einwohner 2021 [abgerufen am 23.05.2021 um 12:37 Uhr]. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/getoetete-alter.html>.
2. Destatis. Verletzte bei Verkehrsunfällen 2021 [abgerufen am 23.05.2021 um 12:33 Uhr]. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Verkehrsunfaelle/Tabellen/verletzte-alter.html>.
3. Destatis. Gestorbene: Deutschland, Jahre, Todesursachen, Geschlecht, Altersgruppen 2020 [abgerufen am 23.05.2021 um 12:11 Uhr]. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=23211-0004#abreadcrumb>.
4. Lang P, Kulla M, Kerwagen F, Lefering R, Friemert B, Palm H-G, et al. The role of whole-body computed tomography in the diagnosis of thoracic injuries in severely injured patients – a retrospective multi-centre study based on the trauma registry of the German trauma society (TraumaRegister DGU®). *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2017;25(1):82.
5. Wurmb T, Frühwald P, Hopfner W, Keil T, Kredel M, Brederlau J, et al. Whole-Body Multislice Computed Tomography as the First Line Diagnostic Tool in Patients With Multiple Injuries: The Focus on Time. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*. 2009;66(3):658-65.
6. Lefering R, Höfer C. Jahresbericht 2020 - TraumaRegister DGU. Köln: Akademie der Unfallchirurgie GmbH; 2020 [abgerufen am 03.06.2021 um 16:14 Uhr]. <https://www.traumaregister-dgu.de/>.
7. Bansal V, Fortlage D, Lee JG, Costantini T, Potenza B, Coimbra R. Hemorrhage is More Prevalent than Brain Injury in Early Trauma Deaths: The Golden Six Hours. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2009;35(1):26-30.
8. Huber-Wagner S, Stegmaier J, Mathonia P, Paffrath T, Euler E, Mutschler W, et al. The sequential trauma score - a new instrument for the sequential mortality prediction in major trauma. *European Journal of Medical Research*. 2010;15(5):185.
9. Tscherne H. The treatment of the seriously injured at an emergency station. *Chirurg*. 1966;37(6):249-52.
10. Pape H-C, Lefering R, Butcher N, Peitzman A, Leenen L, Marzi I, et al. The definition of polytrauma revisited: An international consensus process and proposal of the new 'Berlin definition'. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2014;77(5).
11. Frink M, Lechler P, Debus F, Ruchholtz S. Multiple Trauma and Emergency Room Management. *Dtsch Arztebl Int*. 2017;114(29-30):497-503.
12. Oestern HJ, Regel G. Allgemeine Aspekte. *Tscherne Unfallchirurgie - Trauma-Management*. Berlin, Heidelberg: Springer; 1997. p. 3.

13. Schweiberer L, Nast-Kolb D, Duswald KH, Waydhas C, Müller K. Das Polytrauma - Behandlung nach dem diagnostischen und therapeutischen Stufenplan. *Unfallchirurg*. 1987;90:529-38.
14. Bouillon B, Kanz KG, Lackner CK, Mutschler W, Sturm J. Die Bedeutung des Advanced Trauma Life Support® (ATLS®) im Schockraum. *Der Unfallchirurg*. 2004;107(10):844-50.
15. van Olden GDJ, Dik Meeuwis J, Bolhuis HW, Boxma H, Goris RJA. Clinical impact of advanced trauma life support. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2004;22(7):522-5.
16. Thies K, Gwinnutt C, Driscoll P, Carneiro A, Gomes E, Araújo R, et al. The European Trauma Course - From concept to course. *Resuscitation*. 2007;74:135-41.
17. Carmont MR. The Advanced Trauma Life Support course: a history of its development and review of related literature. *Postgrad Med J*. 2005;81(952):87-91.
18. Helm M, Kulla M, Lampl L. Advanced Trauma Life Support®. *Der Anaesthesist*. 2007;56(11):1142-6.
19. Helm M, Kulla M, Bouillon B, Lott C. Innerklinisches Traumamanagement – Vergleich aktueller Kurskonzepte. *Notfallmedizin up2date*. 2010;5(01):9-24.
20. Hodgetts TJ, Mahoney PF, Russell MQ, Byers M. ABC to <C>ABC: redefining the military trauma paradigm. *Emerg Med J*. 2006;23(10):745-6.
21. Roessler M. Patientenversorgung im Schockraum - aktueller Stand. *Anästhesiologie & Intensivmedizin*. 2017;85:414-28.
22. van Maarseveen OEC, Ham WHW, van de Ven NLM, Saris TFF, Leenen LPH. Effects of the application of a checklist during trauma resuscitations on ATLS adherence, team performance, and patient-related outcomes: a systematic review. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2019.
23. Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D, Waydhas C, Schwender D, Pfeifer KJ, et al. Quality management in the early treatment of patients with multiple injuries. II. Quality improvement guidelines. *Der Unfallchirurg*. 1997;100(11):859-66.
24. Bernhard M, Becker TK, Nowe T, Mohorovicic M, Sikinger M, Brenner T, et al. Introduction of a treatment algorithm can improve the early management of emergency patients in the resuscitation room. *Resuscitation*. 2007;73(3):362-73.
25. Bouillon B. S3 – Leitlinie Polytrauma/ Schwerverletzten-Behandlung. Berlin: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF); 2011 [abgerufen am 09.09.2019 um 12:35 Uhr]. http://www.leitliniensekretariat.de/files/MyLayout/pdf/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2011-07.pdf.
26. Bouillon B. S3 – Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung. Berlin: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF); 2016 [abgerufen am 03.06.2021 um 16:17]. <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/012-019.html>.
27. Lerner EB, Moscatti RM. The Golden Hour: Scientific Fact or Medical “Urban Legend”? *Academic Emergency Medicine*. 2001;8(7):758-60.

28. Nerlich M, Kerschbaum M, Ernstberger A. Polytrauma-Management – präklinisches Handling und Schockraumversorgung. *Notfall + Rettungsmedizin*. 2017;20(7):596-601.
29. Wurmb T, Müller T, Jansen H, Ruchholtz S, Roewer N, Kühne CA. Schockraummanagement – Übergang von der Präklinik zur Klinik. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2010;45(06):390-8.
30. Wolfschmidt F, Dierks A, Wurmb T, Kickuth R, Kenn W. Innerklinisches Traumamanagement – Diagnostik im Schockraum. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2014;49(09):536-43.
31. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ. Time to Laparotomy for Intra-abdominal Bleeding from Trauma Does Affect Survival for Delays Up to 90 Minutes. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2002;52(3).
32. Weninger P, Mauritz W, Fridrich P, Spitaler R, Figl M, Kern B, et al. Emergency Room Management of Patients With Blunt Major Trauma: Evaluation of the Multislice Computed Tomography Protocol Exemplified by an Urban Trauma Center. *The Journal of trauma*. 2007;62:584-91.
33. Waydhas C, Trentzsch H, Hardcastle TC, Jensen KO, Abdelmotaleb KTY, Abi Saad G, et al. Survey on worldwide trauma team activation requirement. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2020.
34. Bouillon B. Weißbuch Schwerverletztenversorgung - Empfehlungen zur Struktur, Organisation, Ausstattung sowie Förderung von Qualität und Sicherheit in der Schwerverletztenversorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU); 2019.
35. Dodek P, Herrick R, Phang PT. Initial Management of Trauma by a Trauma Team: Effect on Timeliness of Care in a Teaching Hospital. *American Journal of Medical Quality*. 2000;15(1):3-8.
36. Lomas GA, Goodall O. Trauma teams vs non-trauma teams. *Accident and Emergency Nursing*. 1994;2(4):205-10.
37. Handolin LE, Jääskeläinen J. Pre-notification of arriving trauma patient at trauma centre: A retrospective analysis of the information in 700 consecutive cases. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2008;16(1):15.
38. Lillebo B, Seim A, Vinjevoll O-P, Uleberg O. What is optimal timing for trauma team alerts? A retrospective observational study of alert timing effects on the initial management of trauma patients. *Journal of multidisciplinary healthcare*. 2012;5:207-13.
39. Netherton S, Milenkovic V, Taylor M, Davis PJ. Diagnostic accuracy of eFAST in the trauma patient: a systematic review and meta-analysis. *CJEM*. 2019;21(6):727-38.
40. Kinoshita T, Yamakawa K, Matsuda H, Yoshikawa Y, Wada D, Hamasaki T, et al. The Survival Benefit of a Novel Trauma Workflow that Includes Immediate Whole-body Computed Tomography, Surgery, and Interventional Radiology, All in One Trauma Resuscitation Room: A Retrospective Historical Control Study. *Annals of Surgery*. 2019;269(2):370-6.
41. Geschichte der Computertomographie - Von Godfrey Hounsfield zum 32-Zeiler. [abgerufen am 12.06.2021 um 09:55 Uhr].

- <https://www.radiologie.de/ge%c2%adschich%c2%adte-der-com%c2%adpu%c2%adter%c2%adto%c2%admo%c2%adgra%c2%adphie/>.
42. Klingenberg-Regn K, Schaller S, Flohr T, Ohnesorge B, Kopp AF, Baum U. Subsecond multi-slice computed tomography: basics and applications. *European Journal of Radiology*. 1999;31(2):110-24.
43. Gäble A, Hebebrand J, Armbruster M, Mück F, Berndt M, Kumle B, et al. Update Polytrauma und Computertomographie unter Reanimationsbedingungen. *Notfall + Rettungsmedizin*. 2021.
44. Huber-Wagner S, Biberthaler P, Häberle S, Wierer M, Dobritz M, Rummeny E, et al. Whole-body CT in haemodynamically unstable severely injured patients - a retrospective, multicentre study. *PLoS One*. 2013;8(7):e68880-e.
45. Tsutsumi Y, Fukuma S, Tsuchiya A, Ikenoue T, Yamamoto Y, Shimizu S, et al. Computed tomography during initial management and mortality among hemodynamically unstable blunt trauma patients: a nationwide retrospective cohort study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine*. 2017;25(1):74-.
46. Watura R, Cobby M, Taylor J. Multislice CT in imaging of trauma of the spine, pelvis and complex foot injuries. *The British Journal of Radiology*. 2004;77(suppl_1):S46-S63.
47. Tartaglione M, Gamberini L, Coniglio C, Lupi C, Montanari N, Bardi T, et al. Diagnostic pathways in major trauma patients admitted to Italian hospitals: survey and discussion points from the trauma update 2019. *European Journal of Emergency Medicine*. 2019.
48. Stengel D, Ottersbach C, Matthes G, Weigeldt M, Grundei S, Rademacher G, et al. Accuracy of single-pass whole-body computed tomography for detection of injuries in patients with major blunt trauma. *CMAJ : Canadian Medical Association journal = journal de l'Association medicale canadienne*. 2012;184:869-76.
49. Langdorf M, Medak A, Hendey G, Nishijima D, Mower W, Raja A, et al. Prevalence and Clinical Import of Thoracic Injury Identified by Chest Computed Tomography but Not Chest Radiography in Blunt Trauma: Multicenter Prospective Cohort Study. *Annals of emergency medicine*. 2015;66.
50. Deunk J, Dekker HM, Brink M, van Vugt R, Edwards MJ, van Vugt AB. The value of indicated computed tomography scan of the chest and abdomen in addition to the conventional radiologic work-up for blunt trauma patients. *The Journal of trauma*. 2007;63(4):757-63.
51. Huber-Wagner S, Lefering R, Qvick L-M, Körner M, Kay MV, Pfeifer K-J, et al. Effect of whole-body CT during trauma resuscitation on survival: a retrospective, multicentre study. *The Lancet*. 2009;373(9673):1455-61.
52. Hilbert P, zur Nieden K, Kaden I, Hofmann GO, Stuttmann R. Early and Rapid Diagnosis with Multislice CT Reduces Lethality in Trauma Patients Requiring Intensive Care: Findings of a Prospective Study. *ISRN Emergency Medicine*. 2013;2013:8.
53. Wurmb T, Frühwald P, Brederlau J, Steinhübel B, Frommer M, Kuhnigk H, et al. Der Würzburger Schockraumalgorithmus. *Der Anaesthesist*. 2005;54(8):763-72.

54. Gordic S, Alkadhi H, Hodel S, Simmen HP, Brueesch M, Frauenfelder T, et al. Whole-body CT-based imaging algorithm for multiple trauma patients: radiation dose and time to diagnosis. *The British Journal of Radiology*. 2015;88(1047):20140616.
55. Häuser H, Bohndorf K, Rüter A. Acute polytrauma patients in the emergency room: analysis of the spectrum and time needed for diagnostic radiological work-up. *Der Unfallchirurg*. 1998;101(2):129-36.
56. Fung Kon Jin PHP, van Geene AR, Linnau KF, Jurkovich GJ, Ponsen KJ, Goslings JC. Time factors associated with CT scan usage in trauma patients. *European Journal of Radiology*. 2009;72(1):134-8.
57. Wurmb T, Frühwald P, Hopfner W, Roewer N, Brederlau J. Whole-body multislice computed tomography as the primary and sole diagnostic tool in patients with blunt trauma: searching for its appropriate indication. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2007;25(9):1057-62.
58. Wada D, Nakamori Y, Yamakawa K, Yoshikawa Y, Kiguchi T, Tasaki O, et al. Impact on survival of whole-body computed tomography before emergency bleeding control in patients with severe blunt trauma. *Critical Care*. 2013;17(4):R178.
59. Davies R, Scrimshire A, Sweetman L, Anderton M, Holt E. A Decision Tool for Whole-body CT in Major Trauma that Safely Reduces Unnecessary Scanning and Associated Radiation Risks: An Initial Exploratory Analysis. *Injury*. 2015;47.
60. Wurmb T, Frühwald P, Brederlau J, Maroske J, Schindler G, Roewer N. Schockraummanagement ohne konventionelle Radiographie? *Der Anaesthesist*. 2006;55(1):17-25.
61. Hilbert P, zur Nieden K, Hofmann GO, Hoeller I, Koch R, Stuttmann R. New aspects in the emergency room management of critically injured patients: A multi-slice CT-oriented care algorithm. *Injury*. 2007;38(5):552-8.
62. Markus C. Schockraum Flowchart Flyer 2020 [abgerufen am 25.06.2021 um 10:25 Uhr]. <https://vitrisqm.klinik.uni-wuerzburg.de:448/23/dokumentenmanagement/dokument.aspx?id=43538>.
63. Weißleder A, Kulla M, Annecke T, Beese A, Lang P, Beinkofer D, et al. Akutbehandlung schwangerer Patientinnen nach schwerem Trauma – eine retrospektive Multicenteranalyse. *Der Unfallchirurg*. 2020;24.
64. Shetty MK. Abdominal Computed Tomography During Pregnancy: A Review of Indications and Fetal Radiation Exposure Issues. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 2010;31(1):3-7.
65. Pearce MS, Salotti JA, Little MP, McHugh K, Lee C, Kim KP, et al. Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. *The Lancet*. 2012;380(9840):499-505.
66. Jin PHPFKMG, J Carel MD, PhD; Ponsen, Kees Jan MD; van Kuijk, Cees MD, PhD; Hoogerwerf, Nico MD, PhD; Luitse, Jan S. MD. Assessment of a New Trauma Workflow Concept Implementing a Sliding CT Scanner in the Trauma Room: The Effect on Workup Times. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*. 2008;64(5):1320-6.

67. Huber-Wagner S, Mand C, Ruchholtz S, Kühne CA, Holzapfel K, Kanz K-G, et al. Effect of the localisation of the CT scanner during trauma resuscitation on survival - A retrospective, multicentre study. *Injury*. 2014;45:S76-S82.
68. Ernstberger A, Reske S, Braunschweig R, Huber-Wagner S, Kulla M, Brandl A, et al. Polytrauma-CT – Goldstandard ohne Standard? *RöFo*. 2019;191(S 01):77.
69. Kippnich M, Schorscher N, Kredel M, Markus C, Eden L, Gassenmaier T, et al. Dual-room twin-CT scanner in multiple trauma care: first results after implementation in a level one trauma centre. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2020.
70. The founding members of the Japanese Association for Hybrid Emergency Room S. The hybrid emergency room system: a novel trauma evaluation and care system created in Japan. *Acute Medicine & Surgery*. 2019;6(3):247-51.
71. Ruchholtz S, Waydhas C, Schröder T, Piepenbrink K, Kuehl H, Nast-Kolb D. The value of computed tomography in the early treatment of seriously injured patients. *Chirurg*. 2002;73:1005-12.
72. Sierink JC, Treskes K, Edwards MJR, Beuker BJA, den Hartog D, Hohmann J, et al. Immediate total-body CT scanning versus conventional imaging and selective CT scanning in patients with severe trauma (REACT-2): a randomised controlled trial. *The Lancet*. 2016;388(10045):673-83.
73. Hara AK, Paden RG, Silva AC, Kujak JL, Lawder HJ, Pavlicek W. Iterative Reconstruction Technique for Reducing Body Radiation Dose at CT: Feasibility Study. *American Journal of Roentgenology*. 2009;193(3):764-71.
74. Brenner DJ, Elliston CD. Estimated Radiation Risks Potentially Associated with Full-Body CT Screening. *Radiology*. 2004;232(3):735-8.
75. Kahn J, Grupp U, Kaul D, Böning G, Lindner T, Streitparth F. Computed tomography in trauma patients using iterative reconstruction: Reducing radiation exposure without loss of image quality. *Acta radiologica (Stockholm, Sweden : 1987)*. 2015;57.
76. Houshian S, Larsen MS, Holm C. Missed Injuries in a Level I Trauma Center. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2002;52(4).
77. Sierink JC, Saltzherr TP, Russchen MJAM, de Castro SMM, Beenen LFM, Schep NWL, et al. Incidental findings on total-body CT scans in trauma patients. *Injury*. 2014;45(5):840-4.
78. Huber-Wagner S, Kanz K-G, Hanschen M, van Griensven M, Biberthaler P, Lefering R. Whole-body computed tomography in severely injured patients. *Current Opinion in Critical Care*. 2018;24(1):55-61.
79. Eigene Abbildung.
80. Ausschnitt Umbaumaßnahme Zentrale Notaufnahme UKW.
81. Wurmb T, Balling H, Frühwald P, Keil T, Kredel M, Meffert R, et al. Polytraumamanagement im Wandel. *Der Unfallchirurg*. 2009;112(4):390-9.
82. Davis JW, Hoyt DB, McArdle MS, Mackersie RC, Eastman AB, Virgilio RW, et al. An Analysis of Errors Causing Morbidity and Mortality in a Trauma System: A Guide for Quality Improvement. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1992;32(5).
83. Ruchholtz S, Waydhas C, Lewan U, Piepenbrink K, Stolke D, Debatin J, et al. A multidisciplinary quality management system for the early treatment of

- severely injured patients: Implementation and results in two trauma centers. *Intensive care medicine*. 2002;28:1395-404.
84. Lashoher A, Schneider E, Juillard C, Stevens K, Colantuoni E, Berry W, et al. Implementation of the World Health Organization Trauma Care Checklist Program in 11 Centers Across Multiple Economic Strata: Effect on Care Process Measures. *World journal of surgery*. 2016;41.
85. Gennarelli TA, Wodzin E. AIS 2005: A contemporary injury scale. *Injury*. 2006;37(12):1083-91.
86. Haasper C, Junge M, Ernstberger A, Brehme H, Hannawald L, Langer C, et al. Die Abbreviated Injury Scale (AIS). *Der Unfallchirurg*. 2010;113(5):366-72.
87. Mayhew D, Mendonca V, Murthy BVS. A review of ASA physical status – historical perspectives and modern developments. *Anaesthesia*. 2019;74(3):373-9.
88. American Society of Anesthesiologists. ASA Physical Status Classification System. 2014 [abgerufen am 12.06.2020 um 10:45 Uhr]. <https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-classification-system>.
89. Baker SP. Evaluation of medical care of the injured. *The Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1971;11(10):892-4.
90. Baker SP, O'Neill B, Haddon WJ, Long WB. The Injury Severity Score: A Method for describing Patients with multiple Injuries and evaluating Emergency Care. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1974;14(3):187-96.
91. Baker SP, O'Neill B. The Injury Severity Score: An Update. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1976;16(11).
92. Lefering R, Huber-Wagner S, Nienaber U, Maegele M, Bouillon B. Update of the trauma risk adjustment model of the TraumaRegister DGU™: the Revised Injury Severity Classification, version II. *Crit Care*. 2014;18(5):476-.
93. Teasdale G, Jennett B. Assessment of coma and impaired consciousness: A practical scale. *The Lancet*. 1974;304(7872):81-4.
94. Teasdale G, Murray G, Parker L, Jennett B. Adding up the Glasgow Coma Score. *Acta neurochirurgica Supplementum*. 1979;28 1:13-6.
95. Destatis. Krankenhäuser: Einrichtungen, Betten und Patientenbewegungen 2022 [abgerufen am 11.09.2022 um 10:37 Uhr]. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/gd-krankenhaeuser-jahre.html>.
96. Frellesen C, Boettcher M, Wichmann JL, Drieske M, Kerl JM, Lehnert T, et al. Evaluation of a dual-room sliding gantry CT concept for workflow optimisation in polytrauma and regular in- and outpatient management. *European Journal of Radiology*. 2015;84(1):117-22.
97. Fung Kon Jin PHP, Dijkgraaf MGW, Alons CL, van Kuijk C, Beenen LFM, Koole GM, et al. Improving CT scan capabilities with a new trauma workflow concept: Simulation of hospital logistics using different CT scanner scenarios. *European Journal of Radiology*. 2011;80(2):504-9.
98. Helm M, Hauke J, Schlafer O, Schlechtriemen T, Lampl L. Erweitertes medizinisches Qualitätsmanagement am Beispiel der „Tracer“-Diagnose „Polytrauma“. *Der Anaesthesist*. 2012;61(2):106-15.
99. Timm A, Maegele M, Wendt K, Lefering R, Wyen H, the TraumaRegister DGU. Pre-hospital rescue times and interventions in severe trauma in Germany

- and the Netherlands: a matched-pairs analysis. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2019;45(6):1059-67.
100. Murao S, Yamakawa K, Kabata D, Kinoshita T, Umemura Y, Shintani A, et al. Effect of earlier door-to-CT and door-to-bleeding control in severe blunt trauma: a retrospective cohort study. *World Journal of Emergency Surgery*. 2020.
101. Furugori S, Kato M, Abe T, Iwashita M, Morimura N. Treating patients in a trauma room equipped with computed tomography and patients' mortality: a non-controlled comparison study. *World J Emerg Surg*. 2018;13:16-.
102. Wurmb TE, Quaisser C, Balling H, Kredel M, Muellenbach R, Kenn W, et al. Whole-body multislice computed tomography (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. *Emergency Medicine Journal*. 2011;28(4):300-4.
103. Furugori S, Kato M, Abe T, Iwashita M, Morimura N. Treating patients in a trauma room equipped with computed tomography and patients' mortality: a non-controlled comparison study. *World Journal of Emergency Surgery*. 2018;13(1):16.
104. Wurmb TE, Bernhard M. Total-body CT for initial diagnosis of severe trauma. *The Lancet*. 2016;388(10045):636-8.
105. Wurmb TE, Frühwald P, Knuepffer J, Schuster F, Kredel M, Roewer N, et al. Application of standard operating procedures accelerates the process of trauma care in patients with multiple injuries. *European Journal of Emergency Medicine*. 2008;15(6).
106. Bayerisches Staatsministerium des Innern fSul. Luftrettung 2015 [abgerufen am 28.09.2022 um 12:48 Uhr].
<https://www.stmi.bayern.de/sus/rettungswesen/luftrettung/index.php>.
107. rth.info. Christoph 40 2020 [abgerufen am 28.09.2022 um 12:59 Uhr].
<https://www.rth.info/stationen.db/station.php?id=143>.
108. rth.info. Christoph 65 2020 [abgerufen am 28.09.2022 um 13:01 Uhr].
<https://www.rth.info/stationen.db/station.php?id=159&show=65>.
109. Wada D, Nakamori Y, Kanayama S, Maruyama S, Kawada M, Iwamura H, et al. First installation of a dual-room IVR-CT system in the emergency room. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*. 2018;26(1):17.
110. Watanabe H, Matsumoto R, Kuramoto S, Muroi T, Oka K, Shimojo Y, et al. Hybrid emergency rooms reduce the requirement of blood transfusion in patients with severe trauma. *World Journal of Emergency Surgery*. 2021;16(1):34.

Appendix

I. Abkürzungsverzeichnis (in alphabetischer Reihenfolge)

AIS	Abbreviated Injury Scale
ASA	American Society of Anesthesiologists
AT III	Antithrombin III
ATLS®	Advanced Trauma Life Support
BE	Base Excess
BGA	Blutgasanalyse
BST	Basisschockraumteam
CCT	Kraniale Computertomographie
COPRA	Programm zur Dokumentation in der Anästhesie
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EK	Erythrozytenkonzentrat
EST	Erweitertes Schockraumteam
ETC	European Trauma Course
eFAST	extended Focused Assessment with Sonography for Trauma
FA	Facharzt/Fachärztin
F VIIa	(Gerinnungs-) Faktor VIIa
F XIII	(Gerinnungs-) Faktor XIII
FFP	Fresh Frozen Plasma
GCS	Glasgow Coma Scale
Ggf.	gegebenenfalls
Hb	Hämoglobin
i.v.	intravenös
IMC	Intermediate Care
INR	International Normalized Ratio
IQR	Inter Quartile Range (deutsch: Interquartilsabstand)
ISS	Injury Severity Scale
LTZ	Lokales Traumazentrum
MANV	Massenanfall von Verletzten
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule (Einheit der Blutdruckmessung)

MSCT	Multislice-Computertomographie
mSv	Millisievert (Einheit von ionisierender Strahlung)
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
OA	Oberarzt/Oberärztin
OP	Operation
PACS	Picture Archiving and Communication System (= digitales Bildgebungsarchiv)
PPSB	Prothrombinkomplex-Konzentrat
RTZ	Regionales Traumazentrum
RISC-II	Revised Injury Severity Classification II
SAP	Systemanalyse Programmentwicklung (= IT- Unternehmen; im Text synonym für die Klinikverwaltungssoftware)
Sono	Sonografie
SOP	Standard Operation Procedure
TK	Thrombozytenkonzentrat
u.a.	unter anderem
ÜTZ	Überregionales Traumazentrum
ZVK	Zentralvenöser Katheter
WA	Weiterbildungsassistent/Weiterbildungsassistentin (Assistenzarzt/Assistenzärztin)

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verschiedene Schockraumkonzepte (1. CT außerhalb der ZNA, 2. CT innerhalb der ZNA und in Nähe zum Schockraum, 3. CT im Schockraum, 4. Doppelschockraum mit CT, 5. Hybrid-Schockraum mit CT). Eigene Grafik..	12
Abbildung 2: Entwicklung des Würzburger Schockraums und dazugehörige Publikationen (5, 9, 54, 58, 70, 82, 106, 107). Eigene Grafik.	14
Abbildung 3: Schockraum des Universitätsklinikums Würzburg (69). Eigene Fotografie.	15
Abbildung 4: Schockraum mit offener, halbgeschlossener und geschlossener Strahlenschutztüre (79). Eigene Fotografie.	15

Abbildung 5: Grundriss des Würzburger Doppelschockraumes (80).....	16
Abbildung 6: Flowchart Schockraum (62).....	18
Abbildung 7: Workflow pro Patient oder Patientin . Eigene Grafik.	20
Abbildung 8: Ein-/Ausschlusskriterien . Eigene Grafik.....	21
Abbildung 9: Screenshot Schockraumprotokoll . Eigener Screenshot.....	23
Abbildung 10: Screenshot Datenbank (Microsoft® Access® 2009). Eigener Screenshot.	24
Abbildung 11: Zusammensetzung des Untersuchungskollektivs . Eigene Grafik.....	37
Abbildung 12: Die Grafik stellt die Klinik der Patienten und Patientinnen aus Gruppe 1 (links) und Gruppe 2 (rechts) entsprechend der ABCDE-Klassifikation aus ATLS dar (A = Airway, B = Breathing, C = Circulation, D = Disability, E = Exposure/Environment) (14, 18-20). Die y-Achse stellt die absolute Anzahl der Patienten und Patientinnen dar, die x-Achse die Art des Problems. Eigene Grafik.	41
Abbildung 13: Die Tabelle zeigt die mediane Zeit und die IQR bis zur CT (tCT) bzw. bis zur OP (tOP) in Gruppe 1 (links) und Gruppe 2 (rechts) . Die y-Achse stellt die Zeit in Minuten dar. Auf der x-Achse ist Gruppe 1 bzw. 2 aufgetragen. Eigene Grafik.....	43
Abbildung 14: Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse im Vergleich einer simultanen Behandlung im Doppelschockraum mit der in einem Einzelschockraum . Eigene Grafik.	45

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definition des Polytraumas	1
Tabelle 2: Indikationen für eine Schockraumaufnahme (26).....	4
Tabelle 3: Schockraumteam und entsprechende Qualifikation (WA = Weiterbildungsassistent bzw. -assistentin, FA = Facharzt bzw. Fachärztin, OA = Oberarzt bzw. Oberärztin) (34).....	6
Tabelle 4: Indikationen für eine Ganzkörper-CT (57).	9
Tabelle 5: Definition der Untersuchungsgruppen	22

Tabelle 6: ASA-Klassifikation (88).	32
Tabelle 7: Parameter zur Berechnung des RISC-II-Scores (mmHg = Millimeter-Quecksilbersäule, INR = International Normalized Ratio, Hb = Hämoglobin, BE = Base-Excess) (92).	33
Tabelle 8: Variablen der GCS (94).	35
Tabelle 9: Epidemiologische Patientencharakteristika und Gesundheitszustand vor Aufnahme . Das Alter ist angegeben als Median und IQR.	38
Tabelle 10: Verteilung der Unfallmechanismen und Art des Traumas	39
Tabelle 11: Präklinisch erhobener GCS und präklinische Versorgung (p = präklinisch). Der GCS-Wert ist angegeben als Median und IQR.	40
Tabelle 12: Medianer ISS, medianer ISS der Subgruppen, Verteilung der Patienten und Patientinnen auf die Subgruppen . ISS und ISS-Subgruppen sind angegeben als Median und IQR.	40
Tabelle 13: Klinik bei Aufnahme	42
Tabelle 14: Maßnahmen im Schockraum	42
Tabelle 15: Durchgeführte CTs bzw. OPs inkl. Zeit bis CT und bis OP . tCT und tOP sind angegeben als Median und IQR.	43
Tabelle 16: Outcome der Patienten und Patientinnen . RISC-II-Wert und Überlebenswahrscheinlichkeit sind angegeben als Median und IQR.	44

IV. Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei Univ.-Prof. Dr. med. Patrick Meybohm, dem Direktor der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie des Universitätsklinikums Würzburg für die Möglichkeit zur Promotion. Besonders bedanke ich mich bei Dr. med. Maximilian Kippnich, Facharzt für Anästhesiologie am Universitätsklinikum Würzburg für die hervorragende Betreuung, Unterstützung und die nötige Motivation.

Weiterhin möchte ich mich bei Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Wurmb, dem Leiter der Sektion Notfallmedizin für die Überlassung des Themas und die sehr gute Betreuung bedanken.

Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Eltern Ingeborg und Michael Dümpert bedanken, ohne die weder mein Studium noch diese Arbeit möglich gewesen wären.

VI. Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

Kippnich M, **Dümpert M**, Schorscher N, Jordan M, Kunz A, Meybohm P, Wurmb T. Simultaneous treatment of trauma patients in a dual room trauma suite with integrated movable sliding gantry CT system: an observational study. *Sci Rep* 12, 16065 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20491-2>.

Dümpert M, Jordan M, Gassenmaier T, Meybohm P, Wurmb T, Kippnich M. Analyse von gleichzeitig versorgten Traumapatienten in einem Doppel-Ganzkörper-CT-Schockraum – Gibt es Besonderheiten? 18. Wissenschaftliche Arbeitstage Notfallmedizin des Arbeitskreises Notfallmedizin der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Kiel, 13.-14.02.2022. *Anästhesiologie und Intensivmedizin*. 2022; 63:S53-96.

Kippnich M, **Dümpert M**, Gilbert F, Gassenmaier T, Meybohm P, Wurmb T. Optimierung der „Time to CT“ in einem Doppel-Ganzkörper-CT-Schockraum. 17. Wissenschaftliche Arbeitstage Notfallmedizin des Arbeitskreises Notfallmedizin der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Kiel, 31.01.-01.02.2021. *Anästhesiologie und Intensivmedizin*. 2021; 62:S29-33. Best Abstract Award.