

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Klinik der Universität München
Direktoren: Prof. Dr. Wolfgang Böcker und Prof. Dr. Boris Holzapfel

**Stellenwert der Diagnosestellung und Computertomographie-
gestützten Diagnostik im Rahmen der Schockraumversorgung
bei Herz-Kreislauf-Stillstand**

Eine bizenrische Studie der
Ludwig-Maximilians-Universität, Klinikum Innenstadt
und
der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar

Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Sophia-Anna Ruth Maria Henne

aus
München
Jahr
2024

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Karl-Georg Kanz
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Gunther Fesl
Mitbetreuung durch die promovierten Mitarbeiter:	Prof. Dr. Viktoria Bogner-Flatz Dr. Michael Dommasch
Dekan:	Prof. Dr. med. Thomas Gudermann
Tag der mündlichen Prüfung:	12.12.2024

Für meine Familie
und in besonderem Gedenken an meinen verstorbenen Vater

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
1. Einleitung	7
1.1 Kardiopulmonale Reanimation.....	7
1.1.1 Mechanische Reanimationshilfen.....	8
1.1.2 Schockraummanagement.....	9
2. Zielsetzung.....	11
3. Material und Methoden	13
3.1 Datenerfassung	13
3.1.1 Zentren und Erfassungszeitraum	13
3.1.2 Datenquellen.....	13
3.1.3 Erfasste Daten.....	13
3.2 Material.....	15
3.2.1 Patientenkollektiv	15
3.2.2 Einschlusskriterien	15
3.2.3 Ausschlusskriterien.....	15
3.3 Statistische Analyse.....	16
3.3.1 Methode.....	16
3.3.2 Auswertung.....	16
3.3.3 Problemstellung.....	17
4. Ergebnisse	18
4.1 Deskriptive Datenanalyse.....	18
4.1.1 Patientenkollektiv	18
4.1.2 Charakteristika des Patientenkollektivs.....	19
4.1.3 Zustand des Patientenkollektivs im Schockraum.....	21
4.1.4 Kohorte mit erfolgter CT-Bildgebung im Rahmen der Schockraumdiagnostik	23

4.2	Ergebnisanalyse	26
4.2.1	Überleben in Bezug auf die Patientenpopulation	26
4.2.2	Überleben gesamt	26
4.2.3	Darstellung der Überlebensrate in Bezug auf Zustand bei Einlieferung im Schockraum und Verlauf.....	28
4.2.4	Überleben im Vergleich der einzelnen Gruppen	29
4.2.5	Überleben unter ROSC Vergleich der Gruppe mit CT-Diagnostik und Gruppe ohne CT-Diagnostik	29
4.2.6	Überleben unter Reanimation Vergleich der Gruppe mit CT-Diagnostik und der Gruppe ohne CT-Diagnostik	30
4.2.7	Diagnosestellung im Rahmen einer erfolgten CT-Bildgebung	31
5.	Diskussion.....	40
5.1	Vergleich eigener Ergebnisse mit vorhandener Literatur.....	40
5.1.1	Überleben im Rahmen des Herz-Kreislauf-Stillstandes.....	40
5.1.2	Ursachen in Bezug auf erfolgten Herz-Kreislauf-Stillstand.....	43
5.1.3	Bildgebung mittels Computertomographie unter Herz-Kreislauf-Stillstand	47
5.1.4	Ausblick in Bezug auf Verfahren und Diagnostik im Rahmen des Herz-Kreislauf-Stillstandes	53
5.2	Limitationen	56
5.2.1	Studiendesign	56
5.2.2	Datenerhebung im Schockraum	56
5.2.3	Verlauf und Überlebensdaten	56
5.2.4	Datenauswertung Computertomographie	57
5.2.5	Einschränkung in Bezug auf das Bundesland	57
	Zusammenfassung:	58
	Literaturverzeichnis	60
	Abbildungsverzeichnis.....	71
	Tabellenverzeichnis	72

Abkürzungsverzeichnis	73
Danksagung	74
Genderhinweis.....	75
Affidavit	76

1. Einleitung

1.1 Kardiopulmonale Reanimation

Als eine der häufigsten Todesursachen in Europa gilt der plötzlich einsetzende Herz-Kreislauf-Stillstand. [1-3] Im Jahr 2022 lag die Inzidenz der kardiopulmonalen Reanimationen bei ca. 60.000 in Deutschland lebenden Personen. [4]

Der Herz-Kreislauf-Stillstand wird definiert als plötzlich einsetzender Stillstand der Herzfunktion mit konsekutiver Minderperfusion bis hin zur irreversiblen Schädigung des Herzens. Diese lebensbedrohliche Einschränkung des Herz-Kreislauf-Systems kann innerhalb weniger Minuten letale Folgen nach sich ziehen und erfordert das unverzügliche Einleiten von Reanimationsmaßnahmen. [5] Bedingt durch einen Sudden Cardiac Arrest (SCA, plötzlicher Herzstillstand) ist die Hypoxietoleranz, insbesondere in Bezug auf die zerebrale Versorgung, deutlich minimiert. Somit kann diese bereits ab ca. drei Minuten irreversible und zerebrale Schäden hervorrufen. [6]

Um bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand schnelle und suffiziente Reanimationsmaßnahmen zu ergreifen, werden aktuelle Empfehlungen in einheitlichen Richtlinien zusammengefasst und in regelmäßigen Abständen aktualisiert und publiziert. In den USA erfolgt dies unter der Dachgesellschaft der American Heart Association (AHA), in Europa unter der Gesellschaft des European Resuscitation Council (ERC). [7, 8] Man unterscheidet Basismaßnahmen (Basic Life Support, BLS) von erweiterten Reanimationsmaßnahmen. Je nach Dachverband wird dies unter dem Begriff ALS (ERC; Advanced Life Support) oder ACLS (AHA; Advanced Cardiac Life Support) definiert.

Die zeitnahe Anwendung eines Defibrillators ist bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand mit defibrillierbarem Rhythmus von besonderer Bedeutung und wird mit einem guten neurologischen Outcome assoziiert. [9] Neben der Nutzung eines Defibrillators gilt insbesondere eine früh einsetzende und korrekt durchgeführte Thoraxkompression als weitere wichtige Maßnahme während einer kardiopulmonalen Reanimation, idealerweise ohne Verzögerung oder Unterbrechungen. [10] Eine suffiziente Herzdruckmassage soll die Blutversorgung der lebenswichtigen Organe erhalten. Jede Unterbrechung aggraviert die bereits bestehende Minderperfusion der Organe und sollte deswegen minimiert werden. Dabei ist die korrekte Ausführung der Thoraxkompression von besonderer Bedeu-

tung. Die richtige Ausführung bezüglich der Platzierung des Druckpunktes, der Drucktiefe sowie der Frequenz spielen neben weiteren Faktoren eine übergeordnete Rolle.

[10]

Neben der optimal durchgeführten kardiopulmonalen Reanimation ist auch eine zeitnahe Ursachenabklärung und Diagnosestellung wegweisend, um das Überleben der Patienten zu verbessern und eine nahtlose und rasche Behandlung der zugrundeliegenden Ursachen zu gewährleisten. Da bei einigen Herz-Kreislauf-Stillständen ein Wiedereinsetzen des Kreislaufs nicht unmittelbar erfolgt, jedoch eine Fortführung der Reanimationsmaßnahmen bis zum Eintreffen in das nächstgelegene Krankenhaus mit ausreichender Qualität und ohne relevante Unterbrechungen sichergestellt werden sollte, können zur Unterstützung der lückenlosen Reanimationsabläufe mechanische Reanimationshilfen (mCPR) eingesetzt werden. [11]

1.1.1 Mechanische Reanimationshilfen

Die grundsätzliche Nutzung einer mechanischen Reanimationshilfe (mCPR) wird aktuell nicht empfohlen. [9] In Fällen, in denen eine ausreichend suffiziente Durchführung der Herzdruckmassage nicht gewährleistet werden kann, kann die Nutzung einer mCPR jedoch von Vorteil sein. [11] Dies betrifft Reanimationen unter besonderen Umständen, wie während des Transports des Patienten unter Reanimation in die Zielklinik oder bei prolongierter Reanimationsmaßnahmen zur Überbrückung bis zur Anwendung einer notwendigen Intervention. Dies kann beispielsweise bis zur Implementierung einer extrakorporalen Reanimation (eCPR) oder der Zuführung einer weiteren Versorgung mittels Herzkatheter genutzt werden. [12, 13]

Zur Unterstützung der Durchführung einer manuellen Thoraxkompression existieren derzeit verschiedene maschinelle Reanimationshilfen. Diese können in rein mechanische sowie halb-automatische Geräte differenziert werden. [14] Die unter anderen am häufigsten genutzten Reanimationshilfen stellen derzeit die der Firma Zoll Medical Deutschland GmbH (AutoPulse®) sowie das Lund University Cardiac Assist System® der Firma Physio-Control Inc. (LUCAS®) dar. [15] Es handelt sich dabei um mechanische Reanimationshilfen. Aufgrund eines Beschlusses des bayerischen Staatsministeriums des Inneren, für Sport und Integration aus dem Jahr 2017 werden alle Notarzteinsetzungsfahrzeuge in Bayern mit mechanischen Reanimationsgeräten ausgestattet (LUCAS 3® Fa. Physio-Control Inc.). [16]

1.1.2 Schockraummanagement

Die Versorgung schwer verletzter Patienten wird in einer speziell ausgestatteten Räumlichkeit, dem Schockraum, vorgenommen. [17] Die Ausstattung und Bereitstellung eines Schockraums sowie die personellen und strukturellen Vorhaltungen werden in der „S3 Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenbehandlung“ und durch die Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU) unter der Empfehlung „Weißbuch Schwerverletztenversorgung“ definiert. [18, 19]

Ein Schockraum soll die nahtlose Verbindung der initial präklinischen Akutversorgung mit der innerklinischen und interdisziplinären Weiterbehandlung der Patienten darstellen. Sowohl technische als personelle Voraussetzungen sind vordefiniert. Dies umfasst in Bezug auf die personelle Vorhaltung die Anwesenheit der Fachrichtungen Unfallchirurgie, Allgemein Chirurgie, Anästhesie, Radiologie sowie der jeweiligen Fachpflege. [17] Während für die Versorgung von schwerverletzten Patienten definierte Vorgehensweisen und Abläufe vorliegen, fehlen jedoch bisher einheitliche Leitlinien in der klinischen Akutversorgung von vital erkrankten Patienten ohne Trauma. In der klinischen Weiterbehandlung bestehen dahingehend Unterschiede, dass in manchen Krankenhäusern die Versorgung initial direkt in der Notaufnahme erfolgt, in anderen diese jedoch direkt auf die Intensivstation verlegt werden. [20] Dies bindet in hohem Maße häufig knapp bemessene Intensivkapazitäten. [21]

Im Hinblick auf die Diagnosestellung zeigt sich in aktuellen Daten von kritisch erkrankten Patienten ohne Trauma, dass zum Zeitpunkt der Einlieferung in ca. 50% der Fälle die Kausalität der lebensbedrohlichen Ursache nicht bekannt war. [22]

Seit den Änderungen des Gemeinsamen Bundesausschusses im Jahr 2018 und den damit verbundenen Erneuerungen und Anforderungen in der klinischen Akutversorgung sowie Notfallmedizin bestehen Bestrebungen, das System der interdisziplinären Zusammenarbeit von verschiedenen Fachrichtungen zur schnellen und effizienten Versorgung von vital bedrohten Patienten weiter durchzusetzen. [23] Angelehnt an die standardisierte Versorgung von polytraumatisierten Patienten etabliert sich zunehmend ein System der einheitlichen Versorgung kritisch Erkrankter ohne Trauma in einem Schockraum deutschlandweit immer weiter. [18, 24] Jedoch fehlen weiterhin aktuelle Studien sowie verlässliche Daten. [20]

Patienten mit stattgehabter oder noch anhaltender kardiopulmonalen Reanimation werden in den Münchner Universitätskliniken der LMU und der TUM nach klinikinternem Konzept in den jeweiligen Schockräumen direkt versorgt.

Eine weiterführende Therapie oder Verlegung auf die Intensivstation kann somit interprofessionell abgesprochen und durchgeführt werden. Dadurch ist die Vermeidung von unnötigen Therapieschritten möglich und knappe Intensivkapazitäten können geschont werden.

2. Zielsetzung

In Europa sowie weltweit ist der außer- und innerklinische plötzlich eintretende Herz-Kreislauf-Stillstand (SCA= Sudden cardiac arrest; OHCA= Out-of-hospital cardiac arrest; IHCA= In-hospital cardiac arrest) eine der häufigsten Todesursachen. [1]

Die Diagnosestellung und weiterführende Therapie im Rahmen einer kardiopulmonalen Reanimationssituation ist für das Outcome des Patienten entscheidend. Nur etwa 10% der Patienten überlebt den stattgehabten Herz-Kreislauf-Stillstand (SCD= Sudden cardiac death). [1] Je nach Quelle wird in 6,8–15,0% nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand von einem adäquat guten neurologischen Outcome ausgegangen. [25]

In den meisten Fällen wird eine kardiale Pathologie als Ursache des SCA vermutet. [26] Patienten mit ROSC (Return of spontaneous circulation) und ST-Hebung im EKG oder klinischem Verdacht auf eine zugrundeliegende kardiale Diagnose sollen laut aktuellen Leitlinien zeitnah einer Koronarangiographie und PCI (perkutanen Koronarintervention) zugeführt werden. Somit stützen sich die aktuell vorliegenden Leitlinien primär auf Patienten mit Zustand nach Herz-Kreislauf-Stillstand und kardialer Ursache. [27]

Obwohl häufig von einer kardialen Genese ausgegangen wird, konnten beispielsweise Viniol et al. in ihrer Studie zeigen, dass ausgehend von einer Fallzahl von 100 Patienten bei insgesamt 44,0% im Rahmen der genannten Studie eine nicht-kardiale Ursache Auslöser des SCA gewesen war. [28] Diese verteilten sich auf einen zugrundeliegenden hypovolämischen Schock (1,0%), einer Sepsis (2,0%) sowie durch Intoxikationen (2,0%). In 12,0% der Patientenfälle konnte initial keine ursächliche Diagnose gestellt werden. In 24,0% zeigte sich eine zugrundeliegende pulmonale Pathologie.

In der durchgeführten Studie wurden Patienten mit stattgehabtem Herzstillstand unter Reanimation und wiedereingetretenem Spontankreislauf (ROSC) untersucht, die innerhalb von sechs Stunden nach Einlieferung im Krankenhaus eine CT-Bildgebung als diagnostisches Mittel erhielten. Anhand der durchgeführten CT-Diagnostik konnte gezeigt werden, dass nicht-kardiale Ursachen somit neben kardialen Ursachen ein häufiger Grund eines SCA sein können und diese zeitnah diagnostiziert und therapiert werden sollten. [28]

Für Patienten ohne ROSC und unter erforderlichlich anhaltenden Reanimationsmaßnahmen existieren derzeit jedoch aktuell keine Empfehlungen für ein einheitliches Vorgehen. Ebenfalls fehlen standardisierte Leitlinien bezüglich eines Prozederes zur weiteren Diagnostik, insbesondere der Durchführung einer zeitnahen Computertomographie und Behandlung von Patienten unter Reanimation und ohne initialer ST-Hebung im EKG.

Anhand der Auswertung von retrospektiv erhobenen Daten von Patienten mit stattgehabtem plötzlichen Herz-Kreislauf-Stillstand, die mit ROSC oder noch unter anhaltender Reanimation in einem der Schockräume der Münchner Universitätskliniken LMU (Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Innenstadt) sowie der TUM (Technische Universität München, Klinikum rechts der Isar) versorgt wurden, soll in der vorliegenden empirischen Studie die Fragestellung erörtert werden, ob anhand der Ergebnisse Aussagen bezüglich der Häufigkeiten unterschiedlicher Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstandes getroffen werden können. Ebenso soll analysiert werden, ob eine zeitnahe Diagnostik mittels CT-Bildgebung zu einer Verbesserung der Diagnosestellung und der Behandlung der Patienten führen könnte, insbesondere bei Patienten unter anhaltendem Herz-Kreislauf-Stillstand.

3. Material und Methoden

Für diese retrospektive bizenrische Studie liegt für beide Universitätskliniken ein positives Votum der zuständigen Ethikkommission vor (2023-186-S-SR; 23-0605).

3.1 Datenerfassung

3.1.1 Zentren und Erfassungszeitraum

Im Rahmen einer retrospektiv bizenrischen Kohortenstudie der beiden Universitätskliniken, der Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Innenstadt und der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar, wurden die Daten von 5.245 Patienten sowie weiterführende Parameter, welche im Erfassungszeitraum vom 01.01.2014 bis einschließlich 31.12.2018 im Schockraum des jeweiligen Klinikums behandelt wurden, erhoben, zusammengeführt und analysiert.

3.1.2 Datenquellen

Als Datenquellen zur Erstellung einer gemeinsamen pseudonymisierten Datenbank der beiden Kliniken wurden die präklinischen Dokumentationen anhand der Notarztprotokolle sowie der Protokolle der Rettungswagenbesatzung ausgewertet. Ebenso wurden die jeweiligen klinikinternen Schockraumprotokolle und weitere klinisch erhobene Befunde der Bildgebung mittels Computertomografie zur Auswertung herangezogen.

Die verschiedenen Parameter konnten neben der jeweiligen schriftlichen Schockraumdokumentation anhand der klinikinternen Systeme weiter eruiert werden. An der Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Innenstadt wurde das klinische Picture Archiving and Communication System (PACS) genutzt; an der Technischen Universität München, Klinikum rechts der Isar das klinikinterne System SAP sowie zur Auswertung der Bildgebung PACS Viewer.

Die erhobenen Daten wurden anschließend in einer verschlüsselten und pseudonymisierten Datenbank mittels MS Excel (Microsoft Corporation. Microsoft Excel 2018) zusammengeführt.

3.1.3 Erfasste Daten

Die erfassten Daten beinhalteten Datum und Uhrzeit der Einlieferung in den Schockraum, Ort der Einlieferung (LMU/TUM), Alter und Geschlecht, initiales Meldebild, das Outcome der aufgenommenen Patienten (stabil/Exitus letalis), bei Exitus letalis weitere

Differenzierung bezüglich Überleben (im Schockraum eingetreten oder zu einem späteren Zeitpunkt während der Versorgung in der jeweiligen Klinik), Anwendung eines mechanischen Reanimationsgerätes (Reanimation manuell oder mechanisch), radiologische Befunde und im Speziellen eine erfolgte CT-Bildgebung im Schockraum, bestätigte Krankheitsursache führend für das initiale Meldebild sowie die Fragestellung einer Diagnosestellung anhand einer durchgeführten CT-Bildgebung.

3.2 Material

3.2.1 Patientenkollektiv

Die Gesamtpopulation aller im Schockraum versorgten Patienten der eingebundenen Universitätskliniken betrug im Studienzeitraum $n=5.245$. Anhand der Einschlusskriterien konnte eine Studienpopulation von $n=361$ Patienten zur weiteren Auswertung definiert werden. Aufgeschlüsselt nach dem jeweiligen Studienzentrum konnten von der Universitätsklinik Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Innenstadt $n=16$ Patienten eingeschlossen werden; von der Universitätsklinik Technische Universität München, Klinikum rechts der Isar betrug das eingeschlossene Patientenkollektiv $n=345$ Patienten.

3.2.2 Einschlusskriterien

Die Einschlusskriterien umfassten alle im Schockraum eingelieferten Patienten mit durchgeführter kardiopulmonaler Reanimation und ROSC oder unter anhaltender Reanimation (manuell oder mechanisch durchgeführt) und betrug gesamt $n=361$ Patienten. Als Endpunkte für das Überleben wurde die Verlegung der kreislaufstabilisierten Patienten aus dem Schockraum sowie das Überleben/Versterben in der Klinik definiert.

3.2.3 Ausschlusskriterien

Das Ausschlusskriterium wurde für die Patientengruppe definiert, die ohne erfolgte Reanimation im Schockraum eingeliefert und behandelt wurde ($n=4.633$ Patienten). Ebenso wurden die Patienten mit in Gänze fehlenden Datensätzen über Diagnose sowie Verlauf der Behandlung innerklinisch aus der Patientenpopulation ausgeschlossen ($n=251$ Patienten).

3.3 Statistische Analyse

3.3.1 Methode

Die statistische Auswertung und Berechnung der Datenanalyse erfolgte mittels SPSS Version 29, IBM, Deutschland.

3.3.2 Auswertung

Für die erhobenen Daten erfolgte primär die Analyse der Häufigkeiten der kategorialen Variablen in Bezug auf demographische Merkmale (Geschlechterverteilung; Altersverteilung).

Anschließend wurde die weitere Differenzierung anhand der definierten Endpunkte durchgeführt:

- Zustand und Überlebensrate der Patienten bei Einlieferung im Schockraum der jeweiligen Klinik,
- Überlebensrate bei Entlassung aus dem Krankenhaus,
- Verteilung der Häufigkeiten bei Diagnosestellung,
- erfolgte manuelle Reanimation oder Nutzung einer mechanischen Reanimationshilfe und
- erfolgte Bildgebung mittels Computertomographie.

Die Auswertung der Bildgebung anhand einer Computertomographie erfolgte zur Identifikation der ursächlichen Diagnosen für den stattgehabten Herz-Kreislauf-Stillstand. Die Diagnosestellung mittels CT-Bildgebung wurde verifiziert durch die jeweiligen Abteilungen für Radiologie der Ludwig-Maximilians-Universität sowie der Technischen Universität München. Dies umfasste die Auswertung durch klinikinterne Assistenz- und Fachärzte.

Es erfolgte die deskriptive Datenanalyse mit Ermittlung der jeweiligen Mittelwerte, die Erhebung des Minimums, des Maximums, die prozentualen Anteile (%) und die jeweiligen Standardabweichungen (SD).

Die weitere statistische Auswertung erfolgte unter Berechnung des Konfidenzintervalls [KI 95%] für die prozentualen Ergebnisse. Zur Berechnung der Signifikanzen wurde bei einer erwarteten Häufigkeit von mehr als 5 der Chi-Quadrat-Test nach Pearson und bei Häufigkeiten kleiner 5 der Exakt Test nach Fisher angewendet. Die statistische Signifikanz wurde definiert mit $p \leq 0,05$.

3.3.3 Problemstellung

Bei n=251 Patienten war eine Auswertung bei unvollständig erfassten Daten nicht möglich. Ebenso konnte bei fehlendem einheitlichen Vorgehen und unterschiedlicher Dokumentation einzelne Parameter wie Dauer der Reanimationsmaßnahmen, das neurologische Outcome und die Mortalität nach 30 Tagen nicht erfasst werden. Auch war die Berechnung von Signifikanzen nicht in allen Fällen möglich.

4. Ergebnisse

4.1 Deskriptive Datenanalyse

4.1.1 Patientenkollektiv

Von der Gesamtzahl der im Erfassungszeitraum eingelieferten Patienten in den jeweiligen Schockräumen der LMU und TUM ($n=5.245$) konnte aufgrund der aufgeführten Ein- und Ausschlusskriterien ein Patientenkollektiv mit der Fallzahl $n=361$ als Studienpopulation mit erfolgter Reanimation definiert werden.

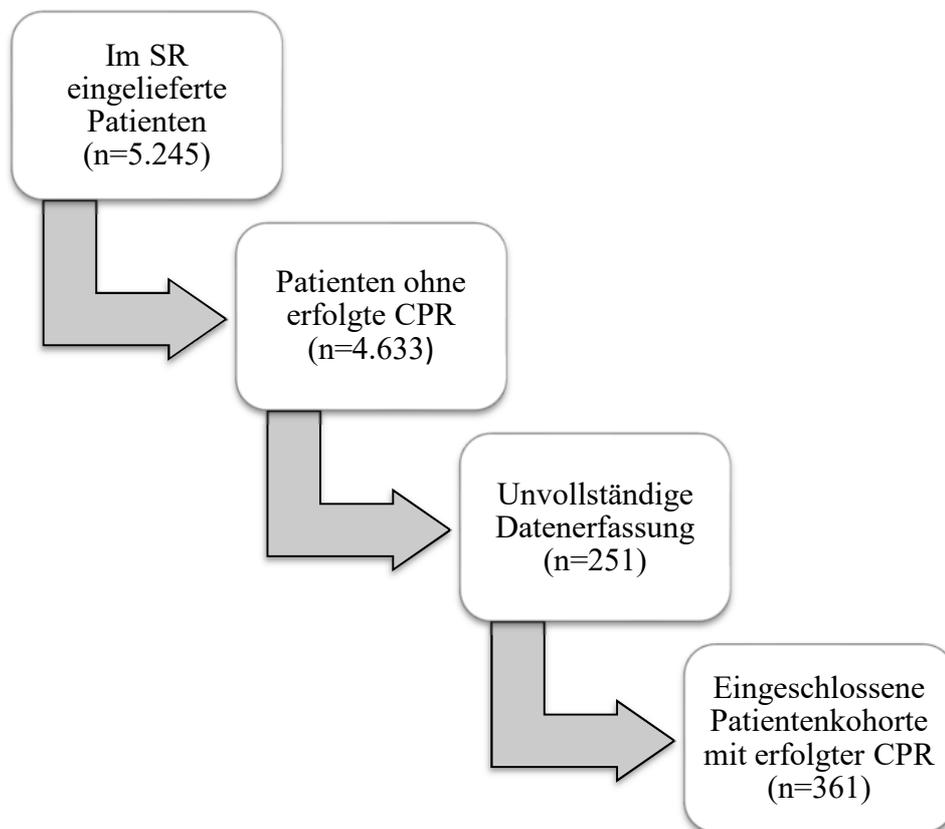


Abbildung 1: Patientenpopulation; Selektion und Auswahlkriterien

4.1.2 Charakteristika des Patientenkollektivs

4.1.2.1 Demographische Merkmale

Die in der Studie eingeschlossenen Patienten umfassten 255 männliche (70,6%; KI 95% [66,2-75,3]) und 106 weibliche Patienten (29,4%; KI 95% [24,7-33,8]).

Die Altersverteilung stellte sich im Mittel bei 64,2 +/- 17,4 Jahren und einer Spanne von Minimum 16 Jahren bis Maximum 99 Jahren dar. Es zeigten sich geringe Abweichungen innerhalb der jeweiligen Kohorte: Bei den männlichen Probanden betrug das durchschnittliche Alter im Mittel 62,7 +/- 16,6 Jahre (Minimum: 17 Jahre; Maximum: 95 Jahre), das Durchschnittsalter der weiblichen Patientinnen lag mit einem Mittelwert von 67,8 Jahre +/- 18,8 Jahre (Minimum: 16 Jahre; Maximum: 99 Jahre) über dem der männlichen Patienten sowie über dem Gesamtdurchschnittsalter.

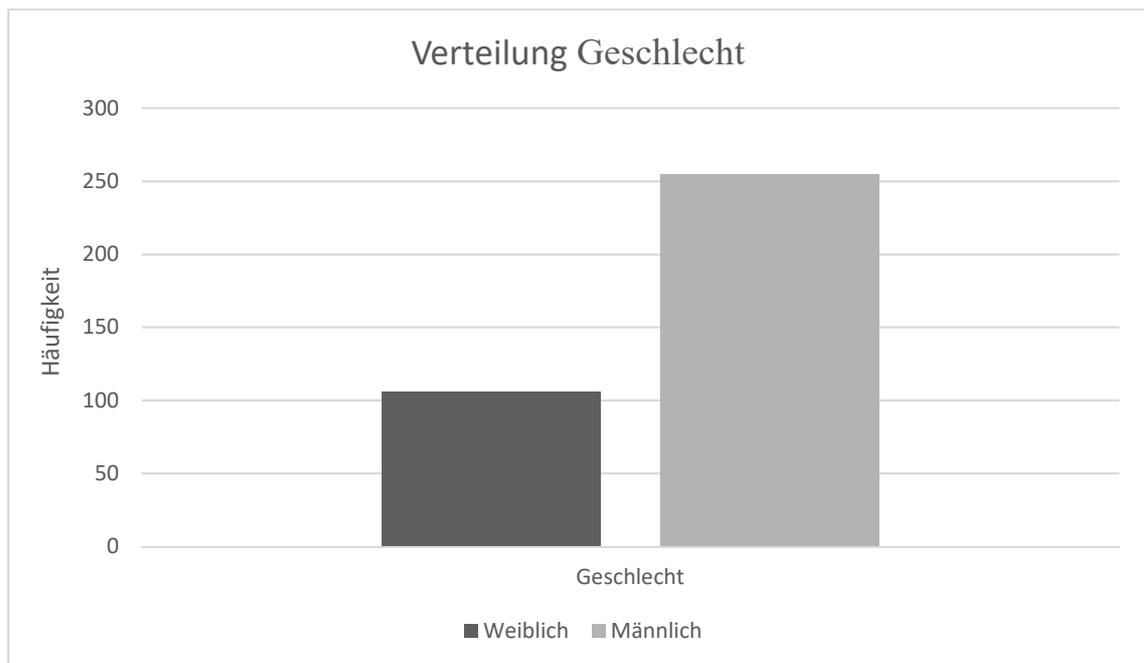


Abbildung 2: Verteilung in Bezug auf das Geschlecht der Studienpopulation; [n]

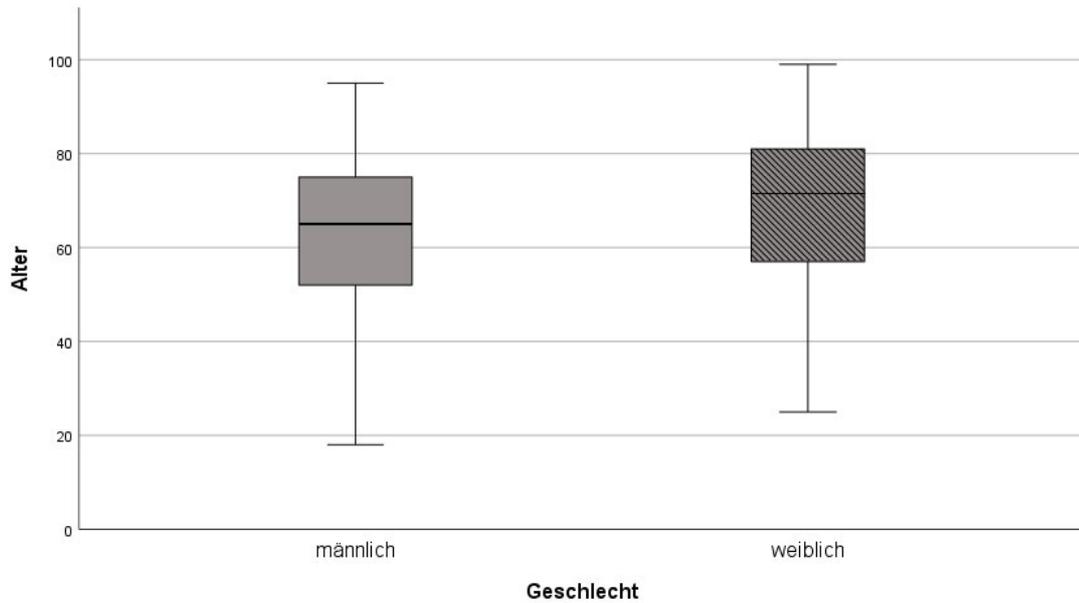


Abbildung 3: Alter und Geschlecht; Mittelwerte im Vergleich

Im Vergleich der Verteilung der Häufigkeit im Bezug des Geschlechts auf die Altersverteilung zeigte sich, dass Frauen im Durchschnitt 5,1 Jahre älter als Männer bei der Versorgung im Rahmen einer kardiopulmonalen Reanimationssituation waren.

Männliche Kohorte: Mittelwert 62,7 +/- 16,6 Jahre; Minimum: 17 Jahre;
Maximum: 95 Jahre.

Weibliche Kohorte: Mittelwert 67,8 Jahre +/- 18,8 Jahre; Minimum: 16 Jahre;
Maximum: 99 Jahre.

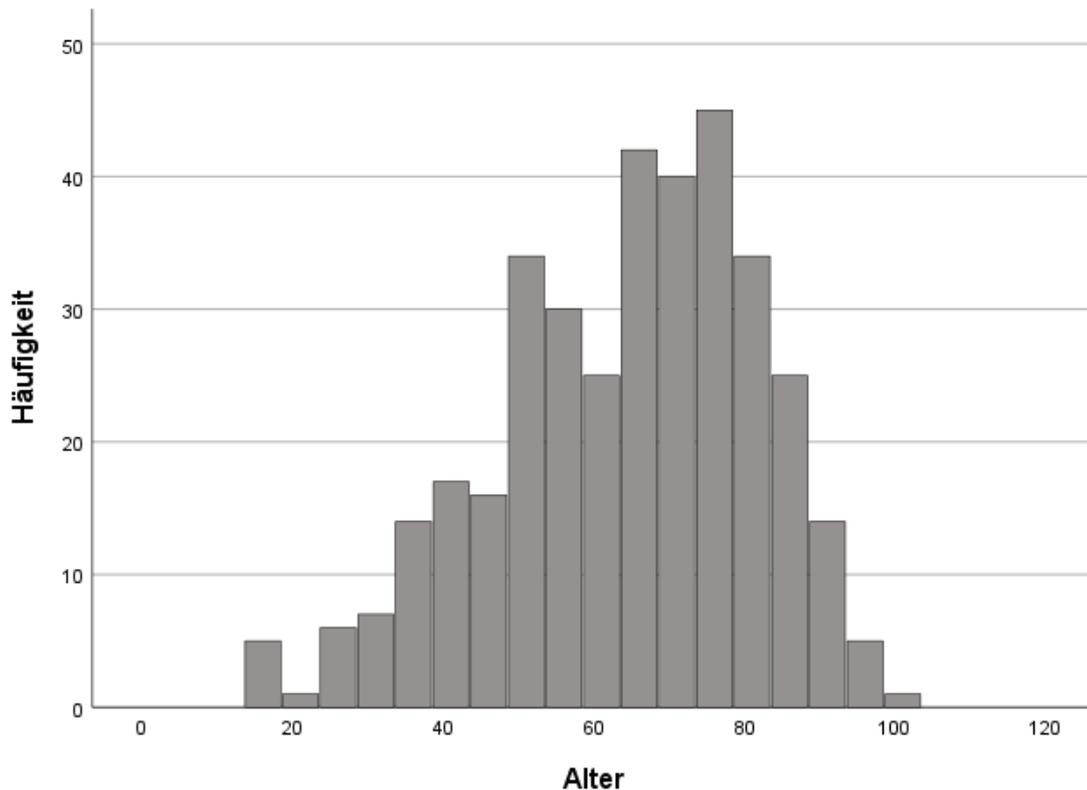


Abbildung 4: Verteilung der jeweiligen Altersklassen der Gesamtpatientenanzahl; [n]

In Abbildung 4 ist die Altersverteilung der Studienpopulation in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung dargestellt. Die Spannweite der Studiengesamtpopulation umfasste das Alter von 16-99 Jahre; eine erhöhte Häufigkeit mit plötzlich einsetzendem Herz-Kreislauf-Stillstand (SCA= Sudden Cardiac Arrest) zeigte sich in Bereichen von 48-89 Jahren.

4.1.3 Zustand des Patientenkollektivs im Schockraum

Bei Einlieferung der Patienten, nach initial präklinischer Versorgung, konnten zwei Zustände der Patienten differenziert werden: Patienten mit wieder hergestelltem Spontankreislauf (ROSC) und Patienten, die weiterhin unter kardiopulmonaler Reanimation in die Klinik transportiert wurden (unter kardiopulmonaler Reanimation/CPR; CPR= cardiopulmonary resuscitation). Aus diesem Grund wurde der Zustand bei Einlieferung im Schockraum als primärer Punkt zur weiteren Auswertung herangezogen.

4.1.3.1 Zustand bei Einlieferung im Schockraum

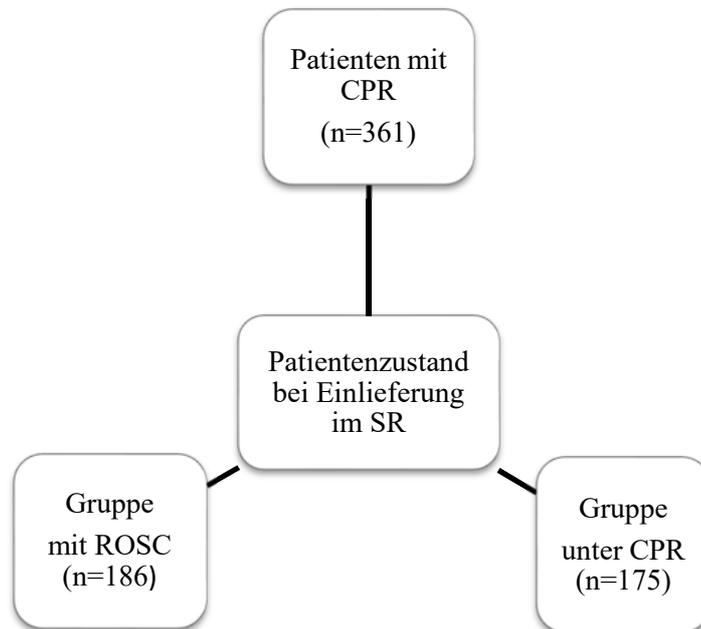


Abbildung 5: Verteilung der Patienten bei Einlieferung im Schockraum der Kliniken LMU/TUM; Zustand der Gruppe mit stabilisiertem Herzkreislauf (ROSC) und Patienten unter Reanimation (unter CPR)

Die Abbildung 5 zeigt ausgehend von der Gesamtpopulation $n=361$ Patienten die definierten Gruppen ROSC und unter CPR: Insgesamt wurden 186 Patienten im Studienzeitraum mit ROSC in den jeweiligen Schockräumen eingeliefert (51,5%).

Unter anhaltenden Reanimationsmaßnahmen wurden insgesamt 175 Patienten (48,5%) in den Schockräumen versorgt. In der Gruppe unter CPR wurde die größere Gruppe mit 139 Patienten (79,5%) unter Nutzung eines maschinellen Reanimationsgeräts (mCPR) eingeliefert; bei 36 Patienten erfolgte die Reanimation manuell (20,6%).

4.1.4 Kohorte mit erfolgter CT-Bildgebung im Rahmen der Schockraumdiagnostik

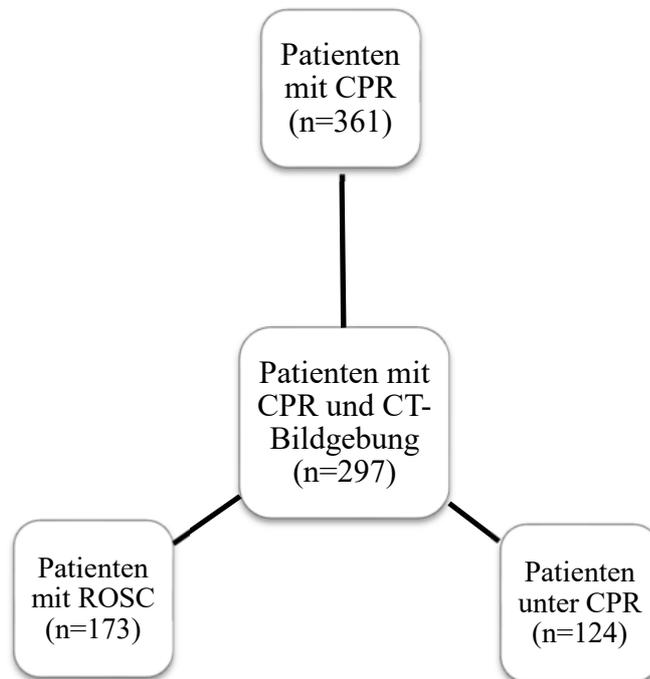


Abbildung 6: Diagnostik im Schockraum (CT-Bildgebung) und Zustand bei Einlieferung im Schockraum

Ein Teil der Patienten mit stattgehabter oder noch anhaltender kardiopulmonaler Reanimation erhielt im Rahmen der Schockraumdiagnostik eine Bildgebung mittels Computertomographie, um die Ursache sowie Verletzungen im Rahmen des SCA zu detektieren. Dabei erfolgte nach klinikinternem Protokoll die intravenöse Applikation eines patientendefinierten Kontrastmittel-Bolus mit konsekutiver Durchführung einer Ganzkörper-Computertomographie. Durch eine nur kurzzeitige Unterbrechung der Reanimationsmaßnahmen, gefolgt von einer sofortigen Wiederaufnahme der mCPR, konnte die No-Flow-Zeit minimal gestaltet werden.

Abbildung 6 zeigt die Verteilung der Patienten, die eine CT-Bildgebung erhalten haben. Von insgesamt 361 Patienten, die im Rahmen der Studienkohorte eingeschlossen wurden, erhielten 82,3% (n=297) im Rahmen der klinischen Versorgung eine CT-Bildgebung; davon 58,2% (n=173) mit einem stabilisierten Kreislaufzustand und 41,8% (n=124) Patienten unter Reanimation.

	GESAMT	KI 95%	GRUPPE MIT CT- DIAGNOSTIK	KI 95%	GRUPPE OHNE CT- DIAGNOSTIK	KI 95%
Anzahl (n;%)	361		297 (82,3)	[78,4-85,9]	64 (17,7)	[14,1-21,6]
Alter Mittelwert (n; SD)	64,2 +/-17,4	[62,5-66,0]	63,3 +/- 17,9	[61,2-65,3]	68,4 +/- 14,1	[64,8-71,8]
Spannweite Alter (Jahre)	16-99		16-99		30-92	
Weiblich (n; %)	106 (29,4)	[24,7-34,1]	90 (30,3)	[25,3-35,7]	16 (25,0)	[14,1-35,9]
Männlich (n;%)	255 (70,6)	[65,9-75,3]	207 (69,7)	[64,3-74,7]	48 (75,0)	[64,1-85,9]

Tabelle 1: Patientenkollektiv Gruppe mit erfolgter CT-Diagnostik und Gruppe ohne durchgeführte CT-Diagnostik

Somit konnte die Gesamtpatientenkohorte in eine Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung sowie eine Gruppe ohne erfolgte Diagnostik mittels Computertomographie aufgeteilt werden.

Im Mittelwert zeigte sich der Altersdurchschnitt in der Gruppe mit CT-Diagnostik mit 63,3 Jahren mit einer Differenz von 5,1 Jahren unter dem Durchschnitt der Gruppe ohne CT-Diagnostik.

Bei beiden Gruppen zeigte sich die männliche Kohorte sowohl in der Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung (69,7%) als auch in der Gruppe ohne erfolgte CT-Diagnostik (75%) als die größere Patientengruppe.

	GESAMT GRUPPE MIT CT-DIAGNOSTIK	KI 95%	GRUPPE ROSC	KI 95%	GRUPPE UNTER CPR	KI 95%
Anzahl (n;%)	297 (82,3)	[78,4-85,9]	173 (58,2)	[52,5-63,6]	124 (41,8)	[36,4-47,5]
Alter Mittelwert (n; SD)	63,3 +/- 17,9	[61,2-65,3]	65,3 +/- 16,9	[62,6-67,8]	60,4 +/- 18,9	[57,2-63,9]
Spannweite Alter (Jahre)	16-99		22-99		16-94	
Weiblich (n; %)	90 (30,3)	[25,3-35,7]	53 (30,6)	[24,3-38,2]	37 (29,8)	[21,8-37,9]
Männlich (n;%)	207 (69,7)	[64,3-74,7]	120 (69,4)	[61,8-75,7]	87 (70,2)	[62,1-78,2]

Tabelle 2: Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung; Unterteilung in Gruppe mit ROSC und Gruppe unter CPR; Zustand im Schockraum

In Tabelle 2 ist die weitere Differenzierung der Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung in eine Gruppe mit ROSC und eine Gruppe unter CPR dargestellt. In der Gruppe unter CPR erfolgte die Reanimation bei 104 Patienten mittels maschineller Reanimation (83,9%), bei 20 Patienten unter prolongiert manueller Reanimation (16,1%).

Auch hier stellte sich die männliche Patientengruppe mit annähernd gleichem prozentualen Anteil als die größere Populationsgruppe dar.

Die Gruppe unter CPR lag mit 60,4 Jahren unter dem Altersdurchschnitt der Patienten mit ROSC (65,3 Jahren) bei Einlieferung im Schockraum.

4.2 Ergebnisanalyse

4.2.1 Überleben in Bezug auf die Patientenpopulation

4.2.2 Überleben gesamt

	GESAMT	KI 95%	GRUPPE MIT CT- DIAGNOSTIK	KI 95%	GRUPPE OHNE CT- DIAGNOSTIK	KI 95%	P-WERT
SR Verstorben (n;%)	123 (34,1)	[29,4-39,6]	76 (25,6)	[20,5-30,3]	47 (73,4)	[62,5-84,4]	<i>P</i> <0,001
SR Verlegt (n;%)	238 (65,9)	[60,4-70,6]	221 (74,4)	[69,7-79,5]	18 (26,6)	[15,6-37,5]	<i>P</i> <0,001
Klinik Verstorben (n;%)	251 (69,5)	[64,8-74,2]	193 (65,0)	[59,6-70,7]	58 (90,6)	[82,8-96,9]	<i>P</i> <0,001
Klinik Überlebt (n;%)	110 (30,5)	[25,8-35,2]	104 (35,0)	[29,3-40,4]	6 (9,4)	[3,1-17,2]	<i>P</i> <0,001

Tabelle 3: Überleben der Patientenpopulation im Vergleich Gruppe mit CT-Bildgebung und Gruppe ohne CT-Bildgebung

Bezüglich des Überlebens konnten die Endpunkte „Schockraum (SR) verstorben/verlegt“ und „Klinik verstorben/überlebt“ definiert werden. Als erster Endpunkt wurde der Zustand der Patienten im Schockraum betrachtet: Entweder konnten die Patienten in stabilisiertem Zustand klinikintern weiterverlegt werden oder verstarben während der Schockraumphase. Der zweite Endpunkt bezog sich auf das Outcome der Patienten im weiteren Verlauf während des Klinikaufenthalts: Eine Gruppe der Patienten konnte erfolgreich aus der Klinik entlassen werden, die andere Gruppe verstarb während des Aufenthaltes. In Tabelle 3 sind die jeweiligen Ergebnisse der definierten Endpunkte aufgeführt.

Von insgesamt 361 Patienten konnten 238 Patienten (65,9%) in stabilisiertem Zustand aus dem Schockraum verlegt werden. In der Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung

konnte ebenfalls die Mehrheit der Patienten (74,4%) aus dem Schockraum erfolgreich verlegt werden. In der Gruppe ohne erfolgte CT-Diagnostik zeigte sich dagegen eine höhere Letalität der Patienten mit 73,4% im Rahmen der Schockraumversorgung. Zum definierten Endpunkt „Outcome Klinik“ überlebten insgesamt 30,5% der Patienten. In der Gruppe mit CT-Diagnostik konnten 35,0% der Patienten in stabilem Zustand entlassen werden.

Insgesamt 71 Patientinnen (67,0%; KI 95% [58,5-76,4]) und 167 Patienten (65,5%; KI 95% [59,6-71,4]) konnten erfolgreich aus dem Schockraum in stabilisiertem Zustand verlegt werden. In Bezug auf den Endpunkt „Klinik verstorben/überlebt“ konnten 26,4% (n=28; KI 95% [18,9-34,9]) der weiblichen Kohorte und 32,2% (n= 82; KI 95% [26,3-37,6]) der männlichen Kohorte in stabilem Zustand aus der Klinik entlassen werden.

Im Vergleich der Endpunkte „Schockraum verstorben/verlegt“ und „Klinik verstorben/überlebt“ bei Entlassung aus der Klinik zeigte sich in Bezug auf das Geschlecht kein signifikanter Unterschied (Outcome SR, $p= 0,785$; Outcome Klinik: $p= 0,280$).

4.2.3 Darstellung der Überlebensrate in Bezug auf Zustand bei Einlieferung im Schockraum und Verlauf

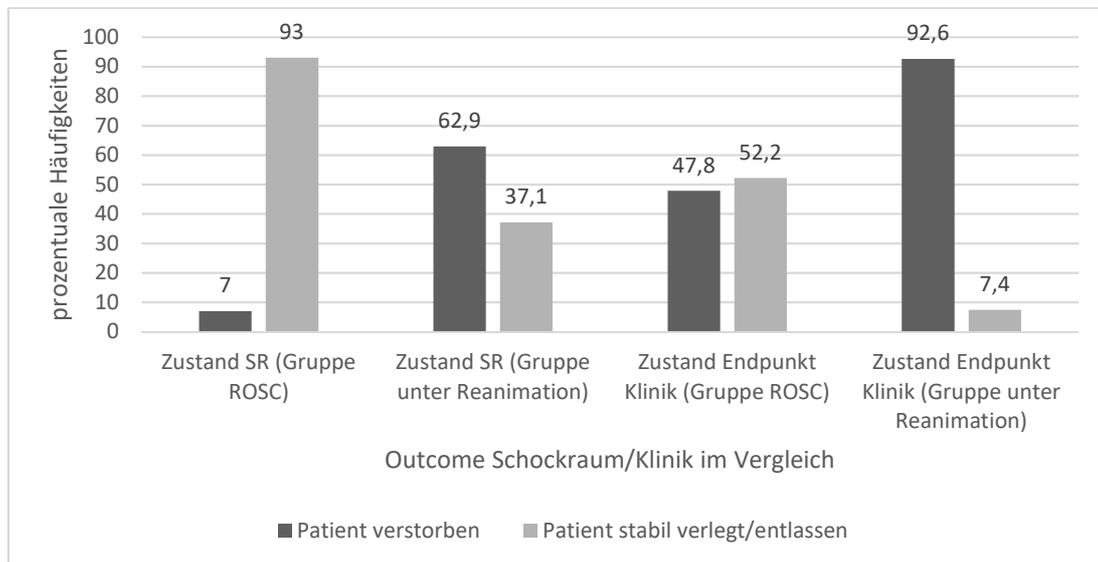


Abbildung 7: Outcome Schockraum und Outcome Klinik im Vergleich der Gruppe mit ROSC und der Gruppe unter Reanimation; SR = Schockraum; [%]

In Bezug auf den initialen Zustand bei Einlieferung im Schockraum wurde die Patientenpopulation in eine Gruppe mit ROSC und eine Gruppe unter anhaltender Reanimation (unter CPR) aufgeteilt.

Die Patienten der Gruppe mit ROSC konnten in 93% der Fälle zur weiteren Versorgung aus dem Schockraum verlegt werden (n=173; KI 95% [89,2-96,2]). In der Gruppe der Patienten unter CPR erfolgte in 37,1% eine Verlegung aus dem Schockraum (n=65; KI 95% [29,7-44,6]; p<0,001).

Zum Endpunkt „Klinik Überleben gesamt“ konnten 7,4 % der Patienten mit initial bestehender kardiopulmonaler Reanimationssituation in stabilem Zustand aus der Klinik entlassen werden (n=13; KI 95% [3,4-11,4]), in der Gruppe mit ROSC überlebten insgesamt 97 Patienten (52,2%; KI 95% [45,2-59,7]; p<0,001).

4.2.4 Überleben im Vergleich der einzelnen Gruppen

4.2.5 Überleben unter ROSC Vergleich der Gruppe mit CT-Diagnostik und Gruppe ohne CT-Diagnostik

	GRUPPE MIT CT-DIAGNOSTIK ROSC	KI 95%	GRUPPE OHNE CT-DIAGNOSTIK ROSC	KI 95%	P-WERT
im SR Verstorben (n;%)	8 (4,6)	[1,7-8,1]	5 (38,5)	[15,4-69,2]	p<0,001
aus SR Verlegt (n;%)	165 (95,4)	[91,9-98,3]	8 (61,5)	[30,-84,6]	p<0,001
Klinik Verstorben (n;%)	80 (46,2)	[38,7-53,7]	9 (69,2)	46,2-92,3	p=0,110
Klinik Überlebt (n;%)	93 (53,8)	[46,3-61,3]	4 (30,8)	7,7-53,98	p=0,110

Tabelle 4: Outcome Vergleich ROSC Gruppe mit CT-Diagnostik und Gruppe ohne CT-Diagnostik

In der Tabelle 4 sind die Ergebnisse „Überleben“ der Patienten mit ROSC zu den Endpunkten Schockraum und Klinik im Vergleich der Gruppe mit und der Gruppe ohne CT-Bildgebung dargestellt.

Auffällig zeigt sich der signifikante Unterschied zum Zeitpunkt einer Verlegung aus dem Schockraum, bei dem 95,4% der Patienten aus Gruppe ROSC mit CT-Diagnostik im Vergleich zu Gruppe ROSC ohne CT-Diagnostik mit 61,5% erfolgreich und in stabilisiertem Zustand verlegt werden konnten.

4.2.6 Überleben unter Reanimation Vergleich der Gruppe mit CT-Diagnostik und der Gruppe ohne CT-Diagnostik

	GRUPPE MIT CT-DIAGNOSTIK UNTER CPR	KI 95%	GRUPPE OHNE CT-DIAGNOSTIK UNTER CPR	KI 95%	P-WERT
im SR Verstorben (n;%)	68 (54,8)	[46,8-54,5]	42 (82,4)	[70,6-92,2]	p<0,001
aus SR Verlegt (n;%)	56 (45,2)	[35,5-53,2]	9 (17,6)	[7,8-29,4]	p<0,001
Klinik Verstorben (n;%)	113 (91,1)	[86,3-96,0]	49 (96,1)	[90,2-100]	p=0,351
Klinik Überlebt (n;%)	11 (8,9)	[4,0-13,7]	2 (3,9)	[0,0-9,8]	p=0,351

Tabelle 5: Vergleich Outcome unter Reanimation (unter CPR) Gruppe mit CT-Diagnostik und Gruppe ohne CT-Diagnostik

Des Weiteren wurde das Outcome der Gruppe mit CT-Diagnostik unter CPR und der Gruppe ohne CT-Diagnostik unter CPR in Tabelle 5 verglichen.

Hierbei zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied zum Endpunkt der Verlegung aus dem Schockraum: In der Gruppe mit CT-Diagnostik unter Reanimation konnten 45,2% der Patienten und in der Gruppe ohne CT-Diagnostik unter Reanimation 17,6% der Patienten in stabilisiertem Zustand verlegt werden.

Insgesamt überlebten 8,9% der Patienten aus der Gruppe mit CT-Diagnostik unter Reanimation zum Endpunkt „Klinik“, während die Überlebensrate in der Gruppe ohne CT-Diagnostik unter Reanimation 3,9% der Patienten betrug.

4.2.7 Diagnosestellung im Rahmen einer erfolgten CT-Bildgebung

4.2.7.1 Diagnosen im Schockraum

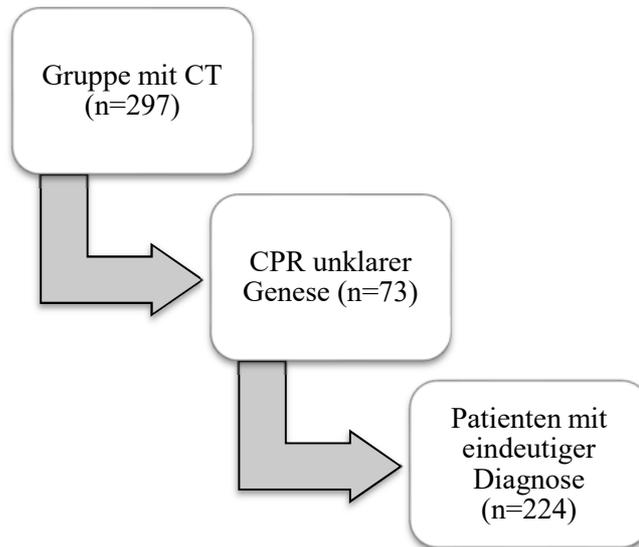


Abbildung 8: Einschluss Diagnosestellung im Schockraum

Im Rahmen der Auswertung der Ursache für einen stattgehabten SCA sowie der Patienten mit prolongierter Reanimation bei Eintreffen im Schockraum konnte bei 224 Patienten eine eindeutige Diagnose gestellt werden.

4.2.7.2 Hauptdiagnosegruppen

Die ursächlichen Diagnosen für den stattgehabten Herzstillstand der gesamten Studienpopulation konnten in verschiedene Hauptkategorien zusammengefasst werden: Als Hauptgruppen konnten zuordbare Ursachen aus den Bereichen zerebral, kardial, pulmonal, thorakal, abdominal sowie traumatisch bedingte Diagnosen für einen Herz-Kreislauf-Stillstand definiert werden. Des Weiteren wurden einzelne Diagnosen unter der Bezeichnung „andere Genese“ zusammengeführt. Diese umfasste Fälle von Intoxikationen, Dekompensation bei onkologischer Grunderkrankung, Herz-Kreislauf-Stillstand bedingt durch einen Stromunfall, hämorrhagischen Schock sowie aufgrund einer zugrunde liegenden Sepsis. Im Falle eines Abbruchs der Reanimationsmaßnahmen und bei nicht eindeutig zu stellender Diagnose wurden diese unter „CPR unklarer Genese“ zusammengefasst.

4.2.7.3 Weitere Differenzierung der ursächlichen Diagnosen

Die einzelnen Hauptdiagnosegruppen wurden weiter anhand der einzelnen Diagnosen aufgeschlüsselt:

Zerebral (n=19):

Die häufigste zerebrale Ursache stellte die Subarachnoidalblutung mit n=9 Patienten (47,4%) dar, gefolgt von der intrakraniellen Blutung mit n=5 (26,3%). Die Diagnosen SDH sowie Krampfanfall zeigten sich mit jeweils 10,5% (je Diagnose n=2), der Apoplex mit 5,3% (n=1).

Kardial (n=103):

Im Bereich der kardialen Ursachen konnte in 56,3% ein Myokardinfarkt (n= 58) festgestellt werden, eine kardiale Dekompensation bei 37 Patienten (35,9%) sowie eine dekompensierte Herzinsuffizienz in sechs Fällen (5,8%). Bei zwei Patienten (1,9%) zeigte sich eine Perikardtamponade als Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstandes.

Pulmonal (n=37):

Im Rahmen der pulmonalen Diagnosen stellte sich eine Lungenarterienembolie in 28 Fällen (75,7%) dar. Des Weiteren konnte bei drei Patienten (8,1%) ein Spannungspneumothorax sowie bei einem Patienten (2,7%) ein Pneumothorax diagnostiziert und behoben werden. Ein Bolusgeschehen zeigte sich bei drei Patienten (8,1%) als Reanimationsgrund. In je einem Fall (2,7%) war eine vorangegangene Aspiration sowie ein toxisches Lungenödem die Ursache für den Herz-Kreislauf-Stillstand.

Thorakal (n=10):

Bei zehn Patienten wurde eine Aortendissektion (n= 10) als Grund für den Herzstillstand diagnostiziert.

Abdominal (n=15):

In n=8 Fällen (53,3%) konnte eine abdominal lokalisierte Aortendissektion detektiert werden; eine gastrointestinale Blutung trat bei n=6 Patienten (40%) auf.

Der Mesenterialinfarkt war in einem Fall die Ursache (n=1; 6,7%).

Trauma (n=11):

Während des Studienzeitraums wurden zehn Patienten (90,9%) mit Polytrauma und Herz-Kreislauf-Stillstand in den Schockraum eingeliefert. Ein isoliertes Thoraxtrauma (9,1%) konnte in einem Fall festgestellt werden.

Andere Genese (n=25):

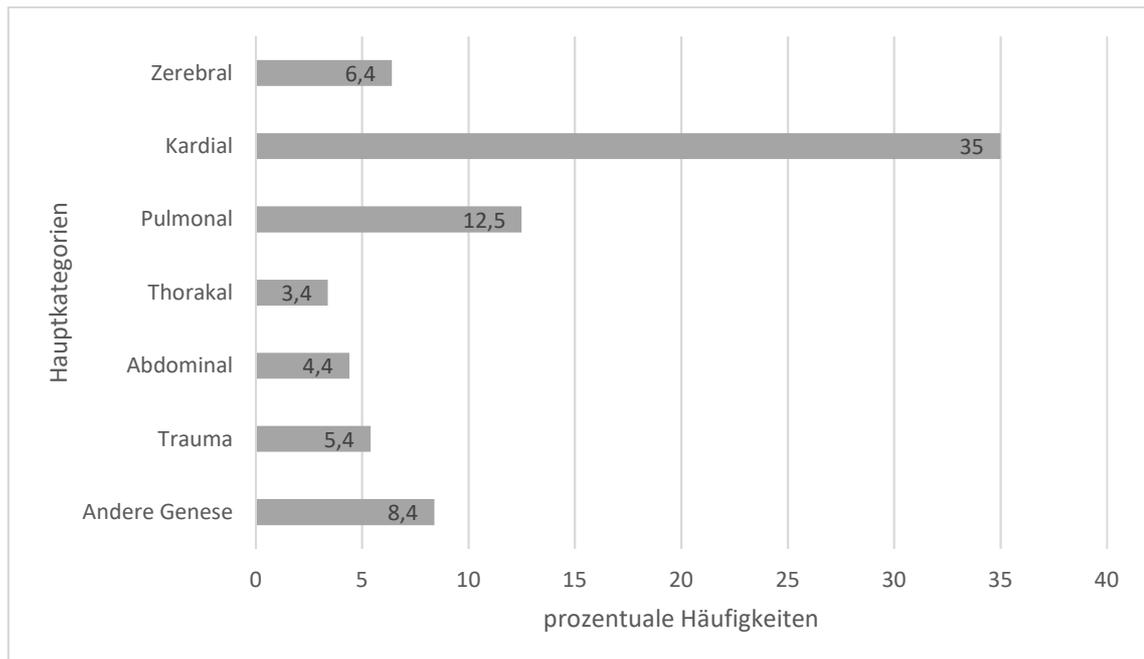
Die Hauptdiagnosegruppe „Andere Genese“ umfasste in n=12 Fällen (48,0%) eine Intoxikation verschiedener Genese als Ursache. Ein hämorrhagischer Schock zeigte sich bei vier Patienten (16,0%) als zugrundeliegender Pathomechanismus. Eine fulminante Ausprägung einer stattgehabten Sepsis konnte in n=6 Fällen (24,0%) eruiert werden. Bei zwei Patienten (8,0%) zeigte sich eine Dekompensation bei onkologischer Genese ursächlich und in einem Fall war ein Stromunfall der Grund für den Herz-Kreislauf-Stillstand (n=1; 4,0%).

CPR unklarer Genese (n=73):

Patienten mit erfolgter oder noch anhaltender Reanimation, bei denen keine eindeutige Diagnosestellung möglich war, sowie bei Einstellung der Reanimationsmaßnahmen während der Schockraumphase konnten nicht weiter differenziert werden. Diese wurden in der Kategorie „CPR unklarer Genese“ zusammengefasst (n= 73; 24,5%; KI 95% [19,9-29,6]).

4.2.7.4 Verteilung der Hauptdiagnosen nach erfolgter CT-Bildgebung

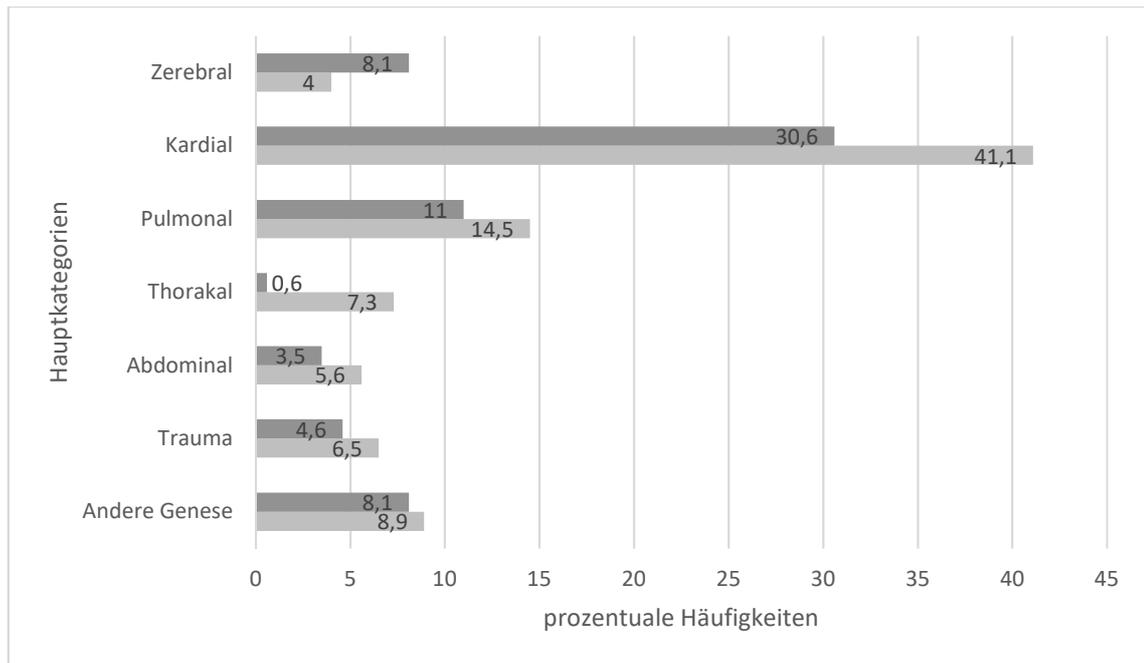
Die Ergebnisse der Verteilung in die einzelnen Hauptdiagnosegruppen der Studienpopulation bei erfolgter CT-Diagnostik und eindeutig zuordenbarer Ursache sind in Abbildung 9 aufgeführt. Die Ergebnisse der weiteren Aufschlüsselung in die Gruppe mit CT-Diagnostik und ROSC und die Gruppe mit CT-Diagnostik und unter CPR sind in Abbildung 10 dargestellt.



	ZEREBRAL	KARDIAL	PULMONAL	THORAKAL	ABDOMINAL	TRAUMA	ANDERE GENESE
GRUPPE MIT CT-DIAGNOSTIK	19 (6,4)	104 (35,0)	37 (12,5)	10 (3,4)	13 (4,4)	16 (5,4)	25 (8,4)
	[3,7-9,1]	[29,6-40,7]	[9,1-16,2]	[1,3-5,7]	[2,4-6,7]	[3,0-8,1]	[5,7-11,8]

Abbildung 9: Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung (n=224) und die Verteilung der Hauptdiagnosegruppen: zerebral, kardial, pulmonal, thorakal, abdominal, traumatisch bedingt, andere Genese; [n;%; KI95%)

Wie in Abbildung 9 aufgeführt, zeigte sich die Verteilung der Hauptgruppen der gesamten Studienpopulation bei erfolgter CT-Diagnostik bei zerebraler Ursache mit 6,4% (n=19), kardial 35,0% (n=104), pulmonal 12,5% (n=37), thorakal 3,4% (n=10), abdominal mit 4,4% (n=13), sowie 5,4% (n=16) bei traumatischer Diagnose. Die Gruppe „Andere Genese“ stellte 8,4% (n=25) dar.



	ZEREBRAL	KARDIAL	PULMONAL	THORAKAL	ABDOMINAL	TRAUMA	ANDERE GENESE
GRUPPE MIT CT-DIAGNOSTIK ROSC	14 (8,1) [4-12,01]	53 (30,6) [23,7-37,6]	19 (11,0) [6,4-15,6]	1 (0,6) [0-1,7]	6 (3,5) [1,2-6,4]	8 (4,6) [1,7-8,1]	14 (8,1) [4,0-12,1]
GRUPPE MIT CT-DIAGNOSTIK UNTER CPR	5 (4,0) [0,8-8,1]	51 (41,1) [33,1-50]	18 (14,5) [8,1-21,0]	9 (7,3) [3,2-12,1]	7 (5,6) [1,6-9,7]	8 (6,5) [2,4-10,5]	11 (8,9) [4,0-14,5]

Abbildung 10: Differenzierung der Hauptdiagnosegruppen in die Gruppe mit CT-Diagnostik und ROSC und in die Gruppe mit CT-Diagnostik unter CPR; [n;%; KI95%]

Bei der Patientengruppe mit wiederhergestelltem Kreislauf (ROSC) bei Einlieferung im Schockraum konnte in 14 Fällen (8,1%) eine zerebrale Ursache festgestellt werden, kardial in 30,6% (n=53), pulmonal bei 19 Patienten (11,0%), thorakal in einem Fall (0,6%), abdominal mit n=6 (3,5%) sowie mit n=8 (4,6%) bei traumatischer Diagnose. Die Gruppe „Andere Genese“ umfasste 14 Patientenfälle (8,1%).

Bei den Patienten, die unter laufender Reanimation in den jeweiligen Kliniken eingeliefert wurden, zeigte sich folgende Verteilung der Diagnosegruppen: zerebral mit n=5 (4,0%), kardial in 51 Fällen (41,1%), pulmonal mit n=18 (14,5%), thorakal mit n=9 (7,3%), abdominal mit n=7 (5,6%), im Rahmen eines Traumas mit n=8 (6,5%), Andere Genese mit n=11 (8,9%).

	GESAMT (N= 224)	WEIBLICH (N=68)	MÄNNLICH (N=156)	P-WERT
ZEREBRAL	19 (6,4) [3,7-9,1]	3 (15,8) [0-36,8]	16 (84,2) [63,2-100]	p= 0,155
KARDIAL	104 (35,0) [29,6-40,7]	25 (24,0) [15,4-32,7]	79 (76,0) [67,3-84,6]	p= 0,085
PULMONAL	37 (12,5) [9,1-16,2]	21 (56,8) [40,5-73,0]	16 (43,2) [27,0-59,5]	p < 0,001
THORAKAL	10 (3,4) [1,3-5,7]	4 (40,0) [10,0-70,0]	6 (60,0) [30,0-90,0]	p= 0,497
ABDOMINAL	13 (4,4) [2,4-6,7]	2 (15,4) [0-38,5]	11 (84,6) [61,5-100]	p= 0,357
TRAUMA	16 (5,4) [3,0-8,1]	5 (31,3) [12,5-56,3]	11 (68,8) [43,8-87,5]	p = 1,0
ANDERE GENESE	25 (8,4) [5,7-11,8]	8 (32,0) [16,0-52,0]	17 (68,0) [48,0-84,0]	p= 0,847

Tabelle 6: Verteilungen der Hauptdiagnosen in Bezug auf das Geschlecht der Patienten; [n; %; KI 95%]

In Tabelle 6 wird die Differenzierung der jeweiligen Hauptdiagnosegruppen unter Berücksichtigung des jeweiligen Geschlechts aufgezeigt.

Im Bereich der traumatologischen Ursachen für einen Herz-Kreislauf-Stillstand zeigten sich keine signifikanten Unterschiede, dies traf ebenso auf die weiteren Hauptkategorien zu. Jedoch konnte in der Diagnosegruppe der pulmonalen Ereignisse ein signifikanter Unterschied in Bezug auf das jeweilige Geschlecht der Patienten verzeichnet werden. Pulmonale Ursachen zeigten sich bei Frauen mit insgesamt 56,8% und somit häufiger als bei der männlichen Kohorte (43,2%).

4.2.7.5 Diagnosstellung durch CT-Bildgebung

Im Folgenden wird die Diagnosstellung mittels einer erfolgten CT-Bildgebung im Rahmen der Versorgung eines stattgehabten Herz-Kreislauf-Stillstandes sowie unter Reanimation dargestellt.

Es wurden 224 Patienten in die Hauptdiagnosegruppen eingeschlossen. Davon konnte in 56,7% der Fälle eine Diagnose durch eine erfolgte CT-Bildgebung gestellt werden (n=127).

	GESAMT (N; %)	DIAGNOSE DURCH CT (N;%; KI95%)	P-WERT
ZEREBRAL	19 (6,4)	16 (84,2) [86,4-100]	p<0,001
KARDIAL	104 (35,0)	38 (36,5) [26,9-45,2]	p=0,112
PULMONAL	37 (12,5)	33 (89,2) [78,4-97,3]	p<0,001
THORAKAL	10 (3,4)	9 (90) [70-100]	p=0,002
ABDOMINAL	13 (4,4)	12 (92,3) [76,9-100]	p<0,001
TRAUMA	16 (5,4)	15 (93,8) [81,3-100]	P<0,001
ANDERE GENESE	25 (8,4)	4 (16) [4,0-32,0]	P=0,005

Tabelle 7: Gruppe mit CT-Bildgebung und Diagnosstellung durch CT gesamt; [n; %]

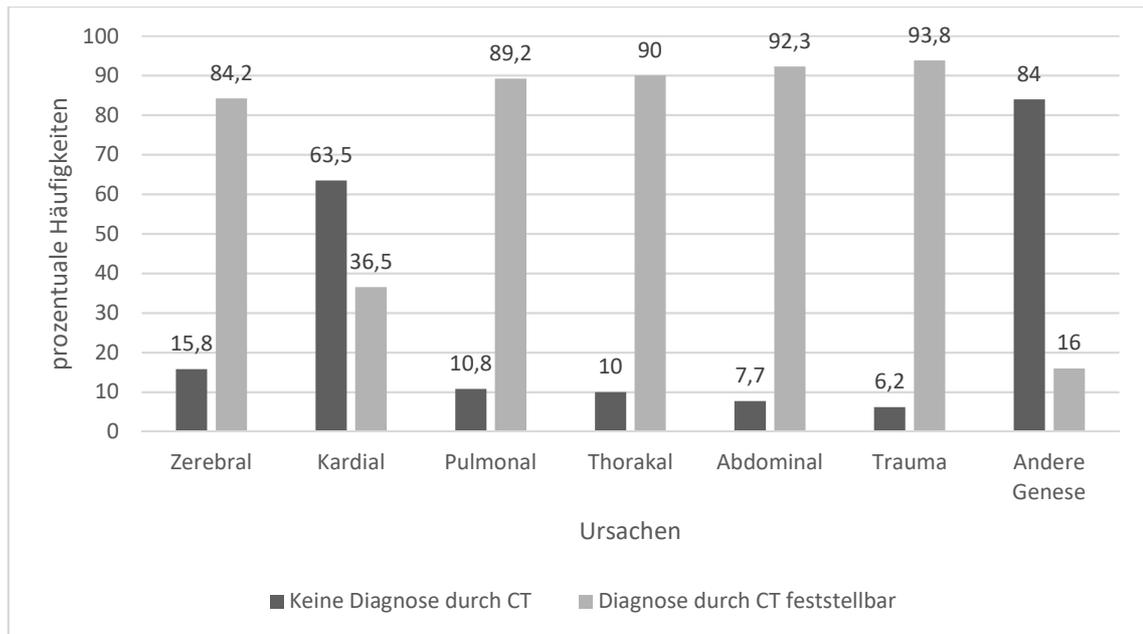


Abbildung 11: Aufschlüsselung Diagnosestellung durch erfolgte Computertomographie der Gruppe mit CT-Diagnostik [%]

Wie in Tabelle 7 sowie in Abbildung 11 dargestellt, konnte in den Diagnosegruppen zerebrale, pulmonale, thorakale, abdominale Genese sowie im Rahmen eines Traumas mit überwiegendem prozentualen Anteil eine Diagnose mittels CT-Bildgebung gestellt werden. Diese Ergebnisse zeigten sich signifikant. In der Diagnosegruppe „kardiale Ursache“ konnte in 36,5% eine Diagnose mittels CT gestellt werden, in der Gruppe „andere Genese“ konnte in 16% eine eindeutige Ursache diagnostiziert werden. Diese Ergebnisse zeigten sich nicht signifikant.

Auch unter Betrachtung des Zustandes zum Zeitpunkt der Einlieferung im Schockraum spiegeln sich die Ergebnisse wie oben aufgeführt wider. Sowohl bei Patienten mit ROSC und Patienten unter Reanimation konnte durch eine erfolgte CT-Bildgebung die Diagnose gestellt werden. In der Gruppe der Patienten unter CPR wurde bei 124 (70,9%) Patienten eine CT-Bildgebung durchgeführt. Bei den Patienten, die unter laufender Reanimation in den jeweiligen Kliniken eingeliefert wurden, zeigte sich, dass in 41,4% eine kardiale Ursache für den SCA ursächlich war, jedoch in 58,6% konnte eine nicht-kardiale Ursache eruiert werden. Dabei wurde festgestellt, dass in 66 (52,0%) Fällen die Diagnose durch die erfolgte Bildgebung gestellt werden konnte. Die einzelnen Ergebnisse der jeweiligen Diagnosegruppen werden in Tabelle Nr. 8 dargestellt.

	GESAMT DIAGNOSE DURCH CT (N;%; KI 95%)	ROSC DIAGNOSE DURCH CT (N;%; KI95%)	P-WERT	UNTER CPR DIAGNOSE DURCH CT (N;%; KI95%)	P-WERT
ZEREBRAL	16 (84,2) [86,4-100]	12 (85,7) [64,3-100]	p<0,001	4 (80) [40-100]	p=0,370
KARDIAL	38 (36,5) [26,9-45,2]	18 (34,0) [20,8-47,2]	p=0,812	20 (39,2) [25,5-54,9]	p=0,009
PULMONAL	33 (89,2) [78,4-97,3]	17 (89,5) [73,7-100]	p<0,001	16 (88,9) [72,2-100]	p<0,001
THORAKAL	9 (90) [70,0-100,0]	1 (100) [100,0-100,0]	p=0,353	8 (88,9) [66,7-100]	p=0,036
ABDOMINAL	12 (92,3) [76,9-100]	5 (83,3) [50,0-100,0]	p=0,021	7 (100) [100,0-100,0]	p=0,014
TRAUMA	15 (93,8) [81,3-100]	7 (87,5) [62,5-100]	p=0,003	8 (100) [100,0-100,0]	p=0,007
ANDERE GENESE	4 (16) [4,0-32,0]	1 (7,1) [0-21,4]	p=0,021	3 (27,3) [0-54,5]	p=0,071

Tabelle 8: Gruppe mit CT-Bildgebung und Diagnosestellung; Vergleich Gruppe mit ROSC und Gruppe unter CPR

5. Diskussion

5.1 Vergleich eigener Ergebnisse mit vorhandener Literatur

5.1.1 Überleben im Rahmen des Herz-Kreislauf-Stillstandes

5.1.1.1 Allgemein

Der Herz-Kreislauf-Stillstand ist unabhängig von der zugrundeliegenden Pathologie in Europa sowie weltweit mit einer hohen Mortalität verbunden und somit eine der häufigsten Todesursachen. [1] Nach aktueller Studienlage geht man von einem Gesamtüberleben nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand von circa 10,0% aus. [29]

In Bezug auf unsere Studie wurden die Endpunkte „Zustand und Überlebensrate im Schockraum“ und „Überlebensrate bei Entlassung aus dem Krankenhaus“ definiert. Insgesamt 65,9 % (n=238) der gesamten Studienpopulation konnten in hämodynamisch stabilisiertem Zustand aus dem Schockraum verlegt werden. Zum Zeitpunkt der Entlassung der Patienten aus der Klinik zeigte sich eine Überlebensrate von insgesamt 30,5%, somit überlebten knapp 50,0% der Patienten, die initial im Schockraum stabilisiert und anschließend verlegt werden konnten.

Grahl et al. beschrieben in ihrer Vergleichsarbeit der OBSERVE2 Studie ähnliche Überlebensraten nach Herz-Kreislauf-Stillstand während der Versorgung im Schockraum. [30] In ihrer Arbeit verglichen sie die Studienzeiträume 2014-2015 und 2017-2018. In diesen wurden Patienten, die im Rahmen eines nichttraumatischen Herz-Kreislauf-Stillstandes in ihrem Schockraum versorgt wurden, eingeschlossen und die Ergebnisse gegenübergestellt. Dabei wurde die 30-Tage-Überlebensrate ermittelt: Diese betrug 27,8% und 20,8% und wies somit vergleichbare Ergebnisse auf. [30] Ähnliche Ergebnisse zeigten sich auch in der Studie von Gräsner et al. Dabei betrug die 30-Tage-Überlebensrate 26,0%. [1]

Die Auswertung unserer Ergebnisse bezüglich des Überlebens nach Herz-Kreislauf-Stillstand weisen dahingehend Einschränkungen auf, da im Rahmen der retrospektiven Datenauswertung kein einheitliches Kriterium des Zeitpunktes der Entlassung aus der Klinik, wie eine 30-Tage-Überlebensrate, definiert werden konnte. Ebenso sollte in nachfolgenden Studien eine Anwendung von weiteren Kriterien, wie das neurologische Outcome der Patienten nach Herz-Kreislauf-Stillstand, definiert werden. Aktuell wird in

10-15% der Fälle von einem guten neurologischen Outcome ausgegangen, jedoch fehlen auch in diesen Fällen einheitlich definierte Kriterien. [25, 31-33]

5.1.1.2 Überleben in Bezug auf die Verteilung des Geschlechts

Im Rahmen der statistischen Auswertung zeigte sich die männliche Kohorte mit 70,6% insgesamt als die größere Kohorte. Männer waren bei Einlieferung in das Krankenhaus im Durchschnitt jünger als Frauen (62,7 +/- 16,6 Jahre versus 67,8 +/- 18,8 Jahre). In Bezug auf das Überleben zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied: Patienten der männlichen Kohorte überlebten zum Endpunkt „Klinik“ mit 32,2%, während Patientinnen der Studie zu 26,4% ($p=0,280$) überlebten. Ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Altersverteilung zeigten sich in einer Studie von Grahl et al.: In deren erster Studienperiode von 2014-2015 zeigte die Auswertung der Daten ein vergleichbares Durchschnittsalter in Bezug auf das Geschlecht der Patienten. (Männer 67 +/- 17 Jahre versus Frauen 70 +/- 17 Jahre). [30] Auch in der Studie von Viniol et al. zeigte sich eine ähnliche Altersverteilung (Männer 67, 6 +/- 12,6 Jahre versus Frauen 70,9 +/- 13, Jahre). [28]

5.1.1.3 Überleben im Vergleich einer erfolgten/nicht erfolgten Bildgebung

In Bezug auf eine durchgeführte Bildgebung wurde die Studienpopulation in eine Gruppe mit erfolgter Bildgebung mittels Computertomographie während der Schockraumdiagnostik und in eine Gruppe ohne CT-Bildgebung aufgeteilt. Dabei zeigte sich die Gruppe mit erfolgter CT-Diagnostik als die größere mit 82,2% ($n=297$; siehe Tabelle 3). Patienten aus der Gruppe mit CT-Diagnostik wurden in 74,4% ($n=221$) der Fälle in stabilisiertem Zustand aus dem Schockraum klinikintern verlegt. In der Gruppe ohne CT-Diagnostik konnten im Vergleich nur in 26,6% ($n=18$) der Fälle erfolgreich aus dem Schockraum verlegt werden ($p<0,001$). Bei grundsätzlich geringer Überlebensrate nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand, wie bereits von Grahl et al. beschrieben [30], zeigte sich eine signifikant höhere Überlebensrate in der Gruppe mit erfolgter CT-Diagnostik von 35% ($n=104$) im Vergleich zur Gruppe ohne CT-Bildgebung (Überleben in 9,4%; $n=6$; signifikant mit $p<0,001$). Eine schnellere und eindeutigere Diagnosefindung und damit zeitnahe Therapieeinleitung könnte ein Grund für ein besseres Überleben gewesen sein. Jedoch fehlen Angaben, aus welchen Gründen bei Patienten der Gruppe ohne CT-Diagnostik keine Bildgebung mittels Computertomographie durchgeführt wurde. Eine Überlegung könnte sein, dass in dieser Gruppe Patienten bereits mit infauster Prognose im Schockraum eingeliefert wurden und daraufhin auf eine weiterführende

Diagnostik verzichtet wurde. Des Weiteren könnten patienteneigene Limitationen, wie das Vorliegen einer Patientenverfügung, zum Abbruch der Maßnahmen innerhalb der Versorgung im Schockraum geführt haben.

5.1.1.4 Auswertung des Überlebens unter anhaltendem Herz-Kreislauf-Stillstand bei Einlieferung im Schockraum

Eine weitere Datenanalyse erfolgte in Bezug auf die Patientenpopulation, die unter anhaltendem Herz-Kreislauf-Stillstand in ein Krankenhaus eingeliefert wurde. In unserer Studienpopulation konnten insgesamt 175 Patienten (48,5%) mit dem Kriterium „unter Reanimation“ selektiert werden. Davon wurden 37,1% (n=65) der Patienten unter Reanimation klinikintern in stabilisiertem Zustand aus dem Schockraum verlegt. Unter weiterer Differenzierung in eine Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung (Gruppe mit CT-Diagnostik unter CPR) sowie in eine Gruppe ohne CT-Bildgebung (Gruppe ohne CT-Diagnostik unter CPR) zeigte sich, dass in der Gruppe mit CT-Diagnostik unter CPR 45,2% (n=56) der Patienten verlegt werden konnten, in der Gruppe ohne CT-Diagnostik unter CPR jedoch nur 17,6% (n=9). Diese Ergebnisse erwiesen sich mit $p < 0,001$ signifikant. Jedoch zeigte sich das Überleben der Patienten unter Reanimation weiterhin gering: In der Gruppe mit CT-Diagnostik überlebten 8,9% (n=11), in der Gruppe ohne CT-Diagnostik überlebten 3,9% (n=2) der Patienten.

Zusammengefasst ist die Überlebenschance von Patienten unter prolongierter Reanimation gering, verlässliche Zahlen in aktuell vorhandener Literatur fehlen jedoch. [34] Oben aufgeführte Ergebnisse der ausgewerteten Schockraumdaten könnten jedoch ein Hinweis dafür sein, dass eine zeitnahe Diagnostik im Schockraum zu einem verbesserten Überleben führt. Diese sollten in nachfolgenden, repräsentativen Studien weiter evaluiert werden.

5.1.2 Ursachen in Bezug auf erfolgten Herz-Kreislauf-Stillstand

5.1.2.1 Überblick der ursächlichen Diagnosegruppen

Im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes wird häufig von einer kardialen zugrundeliegenden Erkrankung als Ursache ausgegangen. [35, 36]

Anhand der retrospektiv ausgewerteten Daten der Patienten mit stattgehabtem Herz-Kreislauf-Stillstand konnte jedoch gezeigt werden, dass in 65% (n=120) eine nicht-kardiale Genese ursächlich für den SCA der Patienten war. Exklusiv der Patienten mit einem ursächlichen Trauma betrug der prozentuale Anteil 59,6% (n=104).

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Viniol et al.: In ihrer Arbeit wurden insgesamt 100 Patienten eingeschlossen, die ein SCA ohne Trauma erlitten hatten. In 44% der Fälle konnte eine nicht-kardiale Genese als zugrundeliegender Pathomechanismus eruiert werden. [28] In einer Studie von Dunham et al. zeigten sich mit 59% vergleichbare Ergebnisse in Bezug auf eine extra-kardiale zugrundeliegende Diagnose. [37]

Eine ähnliche Verteilung erwies sich auch bei Chen et al. [38] Anhand der retrospektiven Datenanalyse durch die Auswertung von Krankenakten von insgesamt 982 Patienten sollte eine genauere Charakterisierung der Ätiologie von stattgehabten Herz-Kreislauf-Stillständen dargestellt werden. Dabei erfolgte die Kategorisierung primär in „kardial“, „nicht-kardial“ und „unbekannt“. Hier konnte dargestellt werden, dass nur in 26% der gesamten Studienkohorte eine kardiale Genese ursächlich für den Herz-Kreislauf-Stillstand war. Abschließend kamen Chen et al. zu dem Ergebnis, dass eine kardiale Ursache weniger häufig zu sein schien. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen unserer Studie. [38]

Zur weiteren Beurteilung wurden die Diagnosen der gesamten Studienpopulation in acht Diagnosegruppen zusammengefasst. Neben der Einteilung der unterschiedlichen Ursachen konnte bei 73 Patienten (24,6%) keine eindeutige Diagnose gestellt werden. Sowohl aufgrund der bestehenden infausten Prognose bei Einlieferung der Patienten und der damit initiierten Einstellung der Maßnahmen als auch bei nicht eindeutig zuordnbarer Diagnose konnte keine eindeutige Ursache festgestellt werden.

Eine mögliche Begründung dafür könnte sein, dass unserer Studie eine bizenrische Studie darstellt und je nach klinikinternem Protokoll unterschiedliche Entscheidungen bezüglich der weiteren Diagnostik getroffen wurden.

Vergleiche mit vorhandener Literatur wie die Studie von Viniol et al. zeigte, dass in 12,0% der Fälle keine eindeutige Ursache festgestellt werden konnte. [28] Jedoch muss

dabei beachtet werden, dass in der genannten Studie ausschließlich Patienten mit ROSC betrachtet wurden. In der Analyse unserer Studienpopulation wurden dagegen sowohl Patienten mit ROSC als auch Patienten unter CPR eingeschlossen.

5.1.2.2 Diagnosestellungen in Bezug auf erfolgte Bildgebung mittels Computertomographie

5.1.2.2.1 Aufschlüsselungen der Diagnosegruppen

Um eine Aussage bezüglich der Diagnostik in Bezug auf eine erfolgte Bildgebung möglich zu machen, wurde die Studienpopulation mit erfolgter CT-Diagnostik weiter untersucht (n=224). Es sollte die Fragestellung nach einer möglichen Diagnosestellung durch eine erfolgte Bildgebung erörtert werden und ob damit eine verbesserte Diagnostik sowie Therapie angeregt werden könnte. Die weitere Differenzierung der zugrundeliegenden Ursachen zeigte, dass sich neben den kardialen Ursachen (35,0%, n=104) die weiteren Diagnosen vielschichtig darstellten: Wie in Abbildung 9 dargestellt, zeigte sich die Verteilung der Ursachen mit 12,5% (n=37) pulmonal, 6,4% (n=19) zerebral, 5,4% (n=16) traumatisch bedingt, 4,4% (n=13) abdominal, 3,4% (n=10) thorakal und unterschiedliche weitere Ursachen „Andere Genese“ 8,4% (n=25). Diese umfassten die Krankheitsbilder einer fulminanten Sepsis, Intoxikationen unterschiedlicher Genese, hämodynamische Insuffizienzen im Rahmen eines hämorrhagischen Schocks, Dekompensation bei onkologisch finaler Grunderkrankung sowie Zustand nach Stromunfall. Eine ähnliche Klassifizierung der Diagnosegruppen wurden in der Arbeit von Dunham et al. angewandt. [37] In dieser Studie wurden 39 Patienten untersucht, die mit ROSC nach Herz-Kreislauf-Stillstand in der Klinik weiterversorgt wurden. Mittels CT-Bildgebung sollten mögliche Verletzungen im Rahmen der kardiopulmonalen Reanimation detektiert werden. Die Auswertung der Patientenpopulation ergab, dass neben einer kardial zuordenbaren Ursache (54,0%) weitere Diagnosen feststellbar waren: Zerebrale Ursachen zeigten sich in 10,0% der Fälle. In weiteren 10,0% der Fälle wurden Patienten im Rahmen einer Sepsis reanimationspflichtig. Pulmonale sowie durch Intoxikation bedingte Ursachen zeigten sich je mit 18,0%; in 3,0% der Fälle konnte keine eindeutige Ursache festgestellt werden. Die Studie weist jedoch eine Limitation aufgrund der kleinen Fallzahl auf. [37]

5.1.2.2.2 Auswertung der Diagnosegruppen in Bezug auf das Geschlecht der Patientenpopulation

Des Weiteren erfolgte die Datenanalyse im Hinblick auf mögliche Unterschiede in Bezug auf das Geschlecht der Patienten und den ursächlichen Diagnosen des Herz-Kreislauf-Stillstandes. Auch sollte überprüft werden, ob eine Aussage bezüglich einer differenzierten Diagnostik und Verbesserung des Überlebens des jeweiligen Geschlechts getroffen werden könnte.

In den Hauptdiagnosegruppen konnten in den meisten Kategorien, wie in Tabelle 6 dargestellt, keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden. Eine Ausnahme stellte jedoch die Diagnosegruppe der pulmonalen Ursachen dar, bei denen sich ein signifikanter Unterschied in Bezug auf das jeweilige Geschlecht der Patienten auffällig zeigte. Pulmonale Ursachen als zugrundeliegende Ursache für einen Herz-Kreislauf-Stillstand zeigten sich signifikant häufiger bei Frauen im Vergleich zur männlichen Kohorte (weibliche Population 56,8% versus männliche Population 43,2%; $p < 0,001$). Bei den Frauen stellte sich eine Lungenarterienembolie in 17 Fällen dar, bei Männern in 11 Fällen. Diese Verteilung zeigte sich signifikant ($p < 0,001$). In Bezug auf die Signifikanz ist die kleine Fallzahl kritisch zu betrachten. Jedoch ist dies im Rahmen der „Small N“-Problematik im Hinblick auf das hochsignifikante Ergebnis in Relation zu setzen und erlaubt trotz der kleinen Fallzahl eine Annahme auf die Aussagekraft dieser Ergebnisse. Somit sollte die Frage gestellt werden, ob in der Diagnostik sowie der Therapie von einzelnen Pathomechanismen im Rahmen einer SCA Unterschiede zwischen dem weiblichen und männlichen Geschlecht gemacht werden und bei Frauen diesbezüglich häufiger eine Lungenarterienembolie als Ursache in Betracht gezogen werden sollte. Aktuelle Literatur existiert allerdings nur eingeschränkt. Aussagen, dass Frauen im Durchschnitt im höheren Alter einen Herz-Kreislauf-Stillstand als Männer erleiden, bestätigen mehrere Studien, jedoch fehlen weiterführende Studien bezüglich der Inzidenzen von nicht-kardialen Ursachen. [39, 40]

5.1.2.2.3 Diagnosestellung und Ergebnisse der einzelnen Diagnosegruppen

Die Auswertung der einzelnen Diagnosegruppen ergab, dass in 127 Fällen (56,7%) eine Diagnose durch eine CT gestellt werden konnte. In der Gruppe der kardialen Ursachen konnte in 36,5% ($n=38$) eine Diagnose im Rahmen des stattgehabtem SCA mittels CT gestellt werden. Dies erwies sich jedoch nicht signifikant ($p=0,112$). Wie in Tabelle 7

dargestellt, konnte in den anderen Diagnosegruppen der zerebralen (84,2%; n=16), pulmonalen (89,2%; n=33), thorakalen (90,0%; n=9) und abdominalen (92,3%; n=12) Genese sowie im Rahmen eines Traumas mit überwiegendem prozentualen Anteil eine Diagnose mittels einer CT-Bildgebung gestellt werden, diese Ergebnisse zeigten sich signifikant.

Ähnliche Studien, wie bereits 2009 von Huber-Wagner et al. publiziert, bestätigen, dass mittels CT-Diagnostik eine zeitnahe Diagnosestellung möglich ist. [41]

In der genannten multizentrischen Studie wurden anhand retrospektiver Daten Patientenfälle im Rahmen eines Traumas und einer stattgehabten traumatischen Reanimation ausgewertet. Dabei erhielten 32,0% der Patienten (n=1494) eine zeitnahe Diagnostik durch eine Ganzkörper-Computertomographie (GK-CT). Zusammenfassend konnte dabei festgestellt werden, dass Patienten mit erfolgter CT-Bildung eine verbesserte Überlebensrate gehabt hätten. Dies wird auch in aktuellen Leitlinien im Rahmen der traumatischen Schockraumversorgung weiterhin empfohlen. [18]

In einer neueren Studie von Branch et al. wurden Daten von Patienten mit ROSC ausgewertet, die entweder eine individuelle CT-Bildgebung oder eine GK-CT nach einem klinikinternen standardisierten Protokoll erhielten. Dabei konnte gezeigt werden, dass bei den Patienten, die eine GK-CT erhielten, innerhalb kürzerer Zeit eine Diagnose gestellt (3h anstatt 14h) werden konnte (Diagnosestellung in 92,0% der Fälle im Vergleich zu 75,0%, $p < 0,001$). [42]

Ähnliche Ergebnisse wurden ebenfalls von Tam et al. beschrieben. In dieser Studie wurden 597 Patienten mit ROSC nach Herz-Kreislauf-Stillstand eingeschlossen, bei 82,2% (n=491) erfolgte eine CT-Bildgebung. Anhand der Ergebnisse wurde festgestellt, dass eine CT-Bildgebung zur Identifikation klinisch relevanter Ursachen nach einem OHCA beitragen kann. [43]

Eine weitere Möglichkeit der Diagnostik von Patienten nach Reanimation zur Detektion möglicher reanimationsbedingten Verletzungen wurde in einer Studie von Karatasakis et al. betrachtet. Dabei wurden 104 Patienten mit ROSC innerhalb von sechs Stunden einem Kopf-Becken-CT zugeführt. In 80,0% konnte dabei eine Verletzung diagnostiziert werden, in 14,0% zeigten sich zeitkritische Befunde und konnten somit umgehend behandelt werden. Die Autoren stimmen darin überein, dass eine zeitnahe CT-Diagnostik bei SCA einen Vorteil in der Diagnosestellung sowie der weiteren Behandlung darstellen kann. [44]

Der Vergleich aktueller Studien in Bezug auf unsere Studienergebnisse zeigt somit einen möglichen Vorteil für Patienten im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes bezüglich einer schnelleren Diagnosestellung durch eine zeitnahe Durchführung einer Computertomographie. Somit könnten Überlegungen angestrebt werden, eine einheitliche Empfehlung in aktuell bestehende Leitlinien aufzunehmen, ähnlich der aktuellen Empfehlung im Rahmen der Versorgung von Polytraumata im Schockraum. [18] Nach aktueller Leitlinie zur Postreanimationsbehandlung besteht die Empfehlung bei Patienten mit ST-Hebungen im EKG oder hochgradigem klinischen Verdacht, nach der erfolglosen Untersuchung mittels Koronarangiographie, eine cCT oder eine CTPA durchzuführen. Bei Verdacht auf eine zugrundeliegende neurologisch oder pulmonal bezogene Ursache kann laut Leitlinie im Verlauf der Postreanimationsphase eine cCT oder CT Thorax durchgeführt werden. [27] Die weiterführende Bildgebung wird anhand der Ergebnisse der Studie unterstützt, jedoch zeigt die Auswertung der Studienpopulation, dass eine einheitliche initiale Bildgebung von Vorteil sein könnte. Des Weiteren bezogen sich die aufgeführten Studien auf eine Patientenpopulation mit bereits stattgehabtem ROSC. Aktuelle Studien zur Vergleichbarkeit von Patienten unter anhaltender Reanimation fehlen.

5.1.3 Bildgebung mittels Computertomographie unter Herz-Kreislauf-Stillstand

5.1.3.1 Durchführbarkeit im Rahmen der Schockraumversorgung

Im Rahmen dieser Studie sollte auch die Fragestellung der Durchführbarkeit einer CT-Bildgebung unter Reanimationsbedingungen und deren diagnostische Ergebnisse erörtert werden.

Die meisten Studien, wie beispielsweise Viniol et al., Dunham et al. und Tam et al., beziehen sich auf eine Studienpopulation, die mit ROSC nach Herz-Kreislauf-Stillstand in den jeweiligen Kliniken versorgt wurden. [28, 37, 43]

Aktuelle Studien, die sich mit der Thematik der erweiterten Diagnostiken von Ursachen unter prolongierter Reanimation befassen, fehlen jedoch bislang. Die vorliegende Studie konnte diesem Forschungsdesiderat begegnen, indem anhand der retrospektiven Datenauswertung Erkenntnisse über zugrundeliegende Ursachen gewonnen werden konnten.

5.1.3.2 Mechanische Reanimationshilfen

Eine Möglichkeit, eine prä-sowie innerklinische prolongierte Reanimation durchzuführen, besteht in der Nutzung eines mechanischen Reanimationsgerätes. Die suffiziente und korrekte Ausführung von Thoraxkompressionen ist, neben einer frühzeitigen Defibrillation, eine der wichtigsten Maßnahmen zur Wiederherstellung eines adäquaten Herz-Kreislaufes. [9] Der Einsatz eines mechanischen Reanimationsgerätes wird laut aktuellen Richtlinien nicht primär empfohlen. [9] Jedoch besteht die Empfehlung, bei nicht suffizient durchführbarer Thoraxkompression, längerem Transport, schwierigen Gegebenheiten oder Ermüdung des Personals auf mechanische Reanimationshilfen zurückzugreifen. [45, 46]

Im Falle der ausgewerteten Studienpopulation wurde in 83,9% ein mechanisches Reanimationsgerät genutzt, in 16,1% erfolgten die Reanimationsmaßnahmen manuell. Wie von Wirth et al. beschrieben, wurde die Durchführbarkeit mit verschiedenen Geräten in einer Studie unter Nutzung eines Phantoms erfolgreich getestet. [47]

Die Durchführbarkeit einer Computertomographie unter Reanimation konnten Wirth et al. bereits 2008 bestätigen, jedoch fehlen weiterhin einheitliche Richtlinien zum Vorgehen unter Reanimation. In der genannten Studie wurden die Durchführbarkeit und Bildqualität anhand von mechanischen Reanimationshilfen unter Anwendung an einem Phantom getestet und konnten erfolgreich durchgeführt werden. Auch wurden drei Patientenfälle beschrieben, bei denen das Prozedere einer CT-Bildgebung unter Reanimation angewandt werden konnte. Die zugrundeliegende Pathologie des Herz-Kreislauf-Stillstandes konnte in allen Fällen verifiziert werden. [47] Eine weitere Fallbeschreibung mit erfolgreicher Bildgebung unter anhaltender Reanimation wurde von Leidel et al. vorgenommen. [48]

Weiter existieren einzelne Fallreports wie von Kapust et al. Dabei wurde über eine erfolgreiche Durchführung einer CT-Bildgebung unter Nutzung eines mechanischen Reanimationsgeräts bei innerklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand berichtet. (LUCAS II, Jolife AB, Lund, Schweden) [49] In einer Studie von Graef et al. wird die Möglichkeit einer EKG-getriggerten mCPR beschrieben. [50] Unter dem Vergleich von zwei Protokollen für Patienten unter CPR zeigte sich, dass sich die Bildqualität der Computertomographie unter Anwendung des Protokolls mit EKG-Triggerung signifikant besser als ohne darstellte. Die zeitliche Verzögerung betrug laut Graef et al. 31 Sekunden und die Strahlenbelastung erhöhte sich um 5.09% bei Anwendung des Protokolls mit EKG-Trigger (15.51 mSv) gegenüber dem Protokoll ohne EKG Triggerung (14.76 mSv). [50]

Weiterführende Studien, Metaanalysen sowie einheitliche Empfehlungen und Leitlinien wie zum Beispiel den aktuellen ERC-Guidelines (ERC) für ein innerklinisches Vorgehen in Bezug auf eine Situation unter anhaltenden Reanimationsmaßnahmen fehlen jedoch derzeit noch.

Ein wichtiger Aspekt im Rahmen der Versorgung, sowohl bei Patienten mit ROSC als auch bei Patienten unter Reanimation, ist der zeitnahe Transport in eine geeignete Klinik. Aufgrund aktueller Empfehlungen sollte es sich dabei um ein Cardiac Arrest Center handeln. [51, 52] Unter anderem werden in der Empfehlung die Vorhaltung einer Notaufnahme mit einer Intensivstation sowie ein 24 Stunden verfügbares Herzkatheterlabor mit Interventionsmöglichkeit beschrieben, ebenso wie die Möglichkeit der Durchführung einer zeitnahen Bildgebung (Computertomographie, Magnetresonanztomographie). [27, 53][17] Der schnelle Transportentscheid bei Patienten mit potentiell reversiblen Ursachen könnte neben kardialen Ursachen auch bei anderen zugrundeliegenden Erkrankungen einen Überlebensvorteil darstellen, wie beispielsweise bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand pulmonaler Genese, wie einer stattgehabten Lungenarterienembolie. In unserer Studie konnten dabei in 88,9% der festgestellten pulmonalen Ergebnisse (n=16; 72,2-100; p<0,001) Patienten zeitnah einer Diagnose und damit einer schnelleren Therapie zugeführt werden. Somit könnten Patienten unter Reanimation von einer schnelleren Transportpriorität in ein geeignetes Krankenhaus profitieren.

In Hinblick auf eine erschwerte Diagnosestellung im präklinischen Setting wäre somit zu überlegen, eine notwendige prolongierte Reanimation zeitnah mittels mechanischem Reanimationsgerät durchzuführen und einen schnellen Transport in eine geeignete Klinik einzuleiten. [54] In Bayern befinden sich laut Beschluss des bayerischen Staatsministeriums des Inneren, für Sport und Integration von 2017 auf allen Notarzteinsatzfahrzeugen ein mechanisches Reanimationsgerät (LUCAS 3® Fa. Physio-Control Inc). [16, 55]

Aktuelle Empfehlungen diskutieren weiter über die prä- sowie innerklinische Nutzung einer extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) während einer prolongierten Reanimation (eCPR). [56] [57] Auf Grundlage der Analyse von retrospektiven Kohortenstudien beschreiben beispielsweise Yannopoulos et al. einen Vorteil im Überleben und neurologischem Outcome bei therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand. [58-61]

Dabei wurde im Rahmen der retrospektiven Datenanalyse von Yannopoulos et al. eine Fallzahl von 30 Patienten eingeschlossen und anhand der Anwendung einer eCPR oder mit erweiterten Reanimationsmaßnahmen ohne Nutzung einer ECMO ausgewertet. [58] Dem entgegen konnten Suverein et al. anhand einer multizentrischen, randomisierten Studie keinen Überlebensvorteil unter Anwendung einer eCPR bestätigen. Dabei wurden 160 Patienten als Studienpopulation definiert und in eine Gruppe mit erfolgter eCPR und einer Gruppe ohne eCPR aufgeteilt. [56]

Auch eine einheitliche Empfehlung in Bezug auf geeignete Einschlusskriterien für die Anwendung einer eCPR unterliegen noch der weiteren Definition. Je nach Literatur werden Parameter wie das Alter, das Vorliegen von relevanten, limitierenden Vorerkrankungen, therapierefraktäres Kammerflimmern oder intermittierend ROSC in die Entscheidung eingebunden. Ein wichtiger Punkt ist das Einhalten einer möglichst geringen No-Flow-Time. [62] [63] Es besteht darüber hinaus die Empfehlung, zeitnah nach der Implementierung einer eCPR eine CT zur Feststellung von möglichen, reanimationsbedingten Verletzungen durchzuführen. [61]

In Zusammenschau der aktuell bestehenden Studien fehlen jedoch aussagekräftige Daten in Bezug auf Überlebensvorteil und neurologischem Outcome unter Anwendung einer eCPR bei nicht kardialer Ursache. Dies sollte in weiteren Studien untersucht werden.

5.1.3.3 Diagnosestellung durch Computertomographie unter Reanimation

In Hinblick auf die Datenauswertung der Studienpopulation wurde bei 124 Patienten (70,9%) unter CPR eine CT-Bildgebung durchgeführt. Bei den Patienten, die unter laufender Reanimation in den jeweiligen Kliniken eingeliefert wurden, zeigte sich, dass in 58,6% eine nicht-kardiale Ursache für den SCA ursächlich war. Dabei konnte festgestellt werden, dass in 66 (52,0%) Fällen die Diagnose durch die erfolgte Bildgebung gestellt werden konnte. In Tabelle 8 ist die Aufteilung der jeweiligen Hauptdiagnosegruppen dargestellt. Unter Reanimation konnten pulmonal bedingte Ursachen in 88,9% mittels Computertomographie ermittelt werden ($p < 0,001$). In den weiteren Gruppen war die Detektion der zugrundeliegenden Ursache mit deutlicher Mehrheit ebenfalls möglich, jedoch zeigten sich die Ergebnisse nicht signifikant. In den Clustern „kardial“ sowie „andere Genese“ war in 39,2% sowie 27,3% der Fälle eine Diagnosestellung mittels CT möglich. Genannte Ergebnisse zeigten sich nicht signifikant.

Somit könnten Patienten, die unter therapierefraktärem Herz-Kreislauf-Stillstand in eine Klinik eingeliefert werden, von einer zeitnahen CT-Bildgebung profitieren. Eine mögliche Erklärung für das Fehlen der signifikanten Ergebnisse könnte eine zu geringe Fallzahl gewesen sein und sollte in weiteren Studien prospektiv reevaluiert werden.

5.1.3.4 Point-of-Care-Ultraschall

Kritisch muss diskutiert werden, ob eine weniger invasive Diagnostik unter Reanimation zu einer schnelleren Diagnosestellung führen könnte. Im Rahmen der Datenauswertung konnte dies bei fehlender Dokumentation in der Auswertung der Studienpopulation jedoch nicht eindeutig belegt werden. Neben der prä-sowie innerklinischen Diagnostik mittels systematischen Ausschlusses der reversiblen Ursachen kann eine zeitnahe Point-of-Care-Ultraschall (POCUS)- Untersuchung angeschlossen werden. [64] Allerdings wird in der aktuellen Literatur ebenfalls betont, dass zur Durchführung eine adäquate Erfahrung in Anwendung und Auswertung bestehen müsse. [65] In einer Übersichtsarbeit von Reynolds et al. wurden Einschränkungen in Bezug auf eine geringe Sensitivität und Spezifität der Diagnosestellung durch POCUS unter Reanimation festgestellt, was die Nutzung des Point-of-Care-Ultraschalls im Rahmen der Diagnostik unter einem Herz-Kreislauf-Stillstand kritisch hinterfragen sollte. [64] Auch dürfte die Anwendung eines transthorakalen Ultraschalls die Maßnahmen der Herzdruckmassage nicht verzögern. Eine Unterbrechung der Thoraxkompressionen müsste somit unbedingt so kurz wie möglich gehalten werden. [9]

5.1.3.5 Strahlenexposition

Ebenfalls müssen jedoch auch mögliche negative Auswirkungen der Strahlenexposition durch eine Bildgebung mittels CT diskutiert werden. Das Bundesamt für Strahlenschutz in Deutschland schätzt im Rahmen ihrer aktuellsten Datenveröffentlichungen von 2018 in Bezug auf erfolgte Bildgebungen die mittlere effektive Dosis pro Einwohner in Deutschland auf 1,6 mSv (Millisievert). Untersuchungen mittels einer Computertomographie seien dabei in den vergangenen Jahren deutlich häufiger angewandt worden. [66] Einige Studien berichten von einem erhöhten Risiko für die Entwicklung eines Malignoms durch die Exposition mittels CT-Bildgebung. [67, 68] Im Rahmen der Diagnostik bei Patienten mit Polytrauma und der Durchführung eines Ganzkörper-CTs wurde in einer Studie von Davies et al. von einer mittleren Dosis von 31mSv (Millisievert) bei Verwendung eines 16- sowie 128-Zeilers berichtet. Das Risiko einer malignen Erkrankung wurde mit einem Risiko von 1:683 angegeben. [69]

Jedoch ist das Risiko-Nutzen-Verhältnis im Rahmen eines kritischen Zustandes des Patienten ebenfalls zu betrachten. In einer Studie von Huber-Wagner et al. konnte gezeigt werden, dass Patienten im Rahmen der Polytrauma-Versorgung im Schockraum, die zur Diagnostik ein GK-CT erhielten, eine signifikante Verbesserung in Bezug auf das Überleben hatten. [41] Auch bei Patienten, die in einem kritisch hämodynamischen Zustand in einem Schockraum versorgt wurden und die eine Diagnostik durch eine CT-Bildgebung erhielten, konnte ein besseres Überleben detektiert werden. [70, 71] Somit ist das Risiko-Nutzen-Verhältnis bei Patienten in kritisch hämodynamisch instabilem Zustand, wie im Rahmen unserer Studie mit Herz-Kreislauf-Stillstand, sorgfältig abzuwägen. Insgesamt scheint jedoch der Vorteil für eine schnelle Diagnosestellung und damit der Möglichkeit einer Verbesserung des Überlebens im Vergleich zu der Strahlenbelastung zu überwiegen.

Die Weiterentwicklung und Verbesserung der technischen Gerätschaften könnten zusätzlich zu einer Reduktion der Strahlenbelastung in Zukunft beitragen. [72]

5.1.4 Ausblick in Bezug auf Verfahren und Diagnostik im Rahmen des Herz-Kreislauf-Stillstandes

In den aktuellen Richtlinien der ERC wird für die Postreanimationsphase empfohlen, Patienten, wenn nicht bereits erfolgt, bei Zustand eines nicht-traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstandes in ein Cardiac Arrest Center zu transportieren. [27] Anschließend soll die weitere symptomatische Therapie sowie die Ursachenfindung des zugrundeliegenden Herzstillstands weitergeführt werden. [73, 74] Bei Verdacht auf eine kardiale Genese mit ST-Hebung im EKG besteht weiterhin die Empfehlung, eine zeitnahe Koronarangiographie durchzuführen. [75] Jedoch gibt es unterschiedliche Empfehlungen in Bezug auf das Vorgehen bei Patienten ohne ST-Hebung und unklarer Genese des Herz-Kreislauf-Stillstandes, obwohl dies heutzutage neben den kardialen Ursachen einen großen Anteil darstellt. Wie in unserer Studienpopulation ausgewertet, konnte in 59,6% eine extra-kardiale Ursache festgestellt werden, exklusiv der traumatisch-bedingten Reanimationen. Moriwaki et al. konnten in ihrer retrospektiven Studie von insgesamt 1846 Patienten mit stattgehabter Reanimation zeigen, dass in 62,5% (n=1.153) der Fälle eine nicht kardiale Ursache für den Herz-Kreislauf-Stillstand ursächlich war. [76] Die ERC Leitlinie sieht dabei vor, dass bei fehlender ST-Hebung, aber klinisch hochgradigem Verdacht, eine Koronarangiographie durchgeführt werden soll oder alternativ bei Verdacht auf eine neurologische oder respiratorische Ursache eine cCT oder CT-Lungenangiographie. [27] Demgegenüber stehen aktuelle Diskussionen, ob eine primäre Untersuchung im Schockraum vor weiterer Diagnostik eine Verbesserung der Therapie und des Überlebens für den Patienten bedeuten könnte. [54] Kumle et al. berichten in ihrer Übersichtsarbeit, dass sich im zeitlichen Vergleich kardiale Ursachen aufgrund eines Myokardinfarkts im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes rückläufig zeigten. [54] Eine multizentrische Studie, die Patienten mit OHCA und ROSC ohne ST-Hebung von 2016-2019 einschloss, konnte zeigen, dass für die Patientenpopulation eine direkt durchgeführte Koronarangiographie keinen Überlebensvorteil nach einem Jahr erbrachte. [77] Somit sollte überlegt werden, ob eine einheitliche Anlaufstelle für Patienten mit ROSC ohne Hinweis auf eine zugrundeliegende kardiale Genese in einem Schockraum der jeweiligen Kliniken von Vorteil wäre. Des Weiteren sollte überprüft werden, ob eine zeitnahe Bildgebung mittels Computertomographie zu einer schnelleren Diagnosestellung und damit einer schneller einzuleitenden Therapie des jeweiligen Patienten führen könnte. Ebenfalls sollte dies auch für Patienten unter prolongierter Reanimation überlegt werden.

Eine Definition für ein einheitliches klinisches Vorgehen für Patienten unter CPR ist noch ausstehend. In Hinblick auf eine schnelle Diagnosestellung wird seit längerem im Rahmen der Traumaversorgung im Schockraum ein definiertes Protokoll für eine erfolgte Computertomographie angewandt. Die Durchführbarkeit unter Reanimation wurde, wie bereits oben erwähnt, von einzelnen Autoren beschrieben und deckt sich mit den Ergebnissen unserer Studie. [18]

Auch gibt es aktuelle Berichte, die Empfehlungen in Bezug auf einen einheitlichen Ablauf in der Versorgung von Patienten im Rahmen einer Reanimation aussprechen. Eine Implementierung eines Cardiac Arrest Receiving Team (CART), wie beispielsweise in Freiburg bereits in der Erprobung, könnte zu einer Verbesserung in der Diagnostik und weiteren Therapie führen. Dabei wird ein interdisziplinäres Team gestellt sowie ein vordefinierter Ablauf in der Versorgung von Patienten mit ROSC genutzt. [78] In Anlehnung an die Beschreibung des Freiburger Verfahrens könnte dies auch Patienten unter CPR das Überleben dieser Kohorte verbessern.

Wichtige weitere Aspekte sollten ebenfalls mit einbezogen werden: Die eindeutige und schnelle Diagnosestellung für Patienten im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes stellt auch einen psychologisch wichtigen Aspekt dar. Unter Anwendung einer Computertomographie konnte in unserer Studie in 56,7% der Fälle zeitnah eine eindeutige Diagnose gestellt werden. Sowohl Patienten als auch Angehörigen könnten somit eine schnellere Rückmeldung im Rahmen des Herz-Kreislauf-Stillstandes erhalten.

Gerade in der präklinischen Phase ist die Abwägung bezüglich des Beginns oder des Nichtdurchführens einer kardiopulmonalen Reanimation ethisch nicht leicht zu treffen. Kriterien, wie Empfehlungen zum Abbruch von Reanimationsmaßnahmen nach TOR (Termination of Resuscitation), können eine Hilfestellung geben. [79] Jedoch sollten diese eher als Entscheidungshilfen angesehen werden, da diese singular nicht alle Kasuistiken abdecken können. Beispielsweise existieren Fallberichte, bei denen prolongierte Reanimationsmaßnahmen über 60 Minuten durchgeführt wurden und die Patienten in einem guten neurologischen Zustand entlassen werden konnten. [80-82]

Somit könnte bei begonnenen Reanimationsmaßnahmen und klinischer Versorgung eine zeitnahe Einschätzung der Prognose anhand einer schnelleren Diagnosestellung eine

fundiertere Entscheidungsgrundlage darstellen. Dies kann gegebenenfalls auch eine Entscheidungshilfe beim Eruiieren des vermutlichen Patientenwillens sein und im Gespräch mit Angehörigen unterstützend hinzugezogen werden.

Die Möglichkeit einer Organspende bei infauster Prognose im Rahmen eines Herz-Kreislauf-Stillstands wird aktuell diskutiert. [83] Dabei ist zu beachten, dass die unkontrollierte Organspende bei erfolgloser Reanimation ein organisatorisch aufwändiger und ethisch kritischer Prozess ist. [84, 85] Die gesetzlichen Vorgaben der jeweiligen Länder sowie die ethischen Grundlagen sind dabei jedoch individuell zu betrachten. [9, 27] Die sogenannte „Non-Heart-Beating-Donor“ Organspende wird weltweit daher nur in einzelnen Ländern praktiziert und ist aktuell in Deutschland nicht zugelassen. [86] Eine Organspende darf laut deutscher Gesetzgebung erst nach eindeutig diagnostiziertem Hirntod erfolgen. [87, 88]

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist auch das Debriefing des behandelnden medizinischen Teams. [89] Neben der Auswertung von Maßnahmen, wie der Qualität der Thoraxkompressionen sowie der weiteren ergriffenen Maßnahmen, kann eine Nachbesprechung auch die Analyse der zugrundeliegenden Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstandes unter Nutzung der vorliegenden technischen Daten aufgreifen. Im Falle einer frustranen Reanimation kann die retrospektive Fragestellung nach der möglichen Genese des Herz-Kreislauf-Stillstandes und ob alle vorhandenen Maßnahmen richtig durchgeführt wurden, um dem Patienten zu helfen, zu psychischen Belastungen des Personals führen. Eine eindeutige Diagnose zur Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstandes kann dabei helfen, dem Team zu vergegenwärtigen, ob alle Maßnahmen richtig ergriffen wurden und gegebenenfalls Verbesserungen kritisch zu hinterfragen. Dahingehend könnte auch die Durchführung eines Post-mortem-CT dazu beitragen, diese Fragestellungen zu beantworten. Kanz et al. stellten in ihrer Studie fest, dass die Durchführung einer postmortalen Computertomographie eine schnelle Möglichkeit zur Überprüfung der gestellten Diagnose sowie durchgeführten Therapie sein könnte. [90] Auch bei bestehender Problematik, wie bei fehlender Einwilligung zur Durchführung einer Obduktion, kann ein PMCT einen wichtigen Beitrag im Rahmen der Qualitätssicherung darstellen. [91, 92] Durch ein PMCT können Pathologien langfristig dokumentiert und diese bei Bedarf erneut betrachtet oder diskutiert werden. [93]

5.2 Limitationen

5.2.1 Studiendesign

Die Datenerhebung des Patientenkollektiv erfolgte im Rahmen der bizen-trischen Studie retrospektiv. Erhobene Parameter, die aufgrund von fehlenden oder nicht einheitlich erhobenen Daten zu einer Datenverzerrungen geführt haben könnten, wurden im initialen Schritt der Datenauswertung ausgeschlossen. Dies bezog sich auf das primäre Merkmal „Reanimation“ in 251 Patientenfälle. Auch muss limitierend berücksichtigt werden, dass am Studienort der LMU, Klinikum Innenstadt als Traumazentrum primär Patienten mit CPR durch Trauma versorgt wurden.

Dahingehend wäre es für nachfolgende Studien empfehlenswert, ein möglichst multi-zentrisches und deskriptives Studiendesign zu nutzen, um eine bessere Aussagekraft für folgende Ergebnisse zu schaffen.

5.2.2 Datenerhebung im Schockraum

Die Datenerhebung gestaltet sich im Rahmen einer Reanimationssituation teilweise un-einheitlich. Auch eine detaillierte Dokumentation der Entscheidungsfindung während der Versorgung im Schockraum fehlte in einigen Fällen. Dahingehend wäre es für eine noch detailliertere Aussagekraft der Patientenfälle empfehlenswert, ein einheitliches Konzept für die Datenerhebung der präklinischen sowie innerklinischen Daten zu erstellen.

5.2.3 Verlauf und Überlebensdaten

Im Rahmen der Studie konnten die Endpunkte „Zustand und Überleben im Schock-raum“ und „Überleben zum Endpunkt Klinik“ ausgewertet werden. Jedoch fehlen An-gaben in Bezug auf einheitliche Merkmale wie das „30-Tage-Überleben“ sowie das neurologische Outcome der Patientenkohorte. Auch wäre es für eine weiterführende Da-tenauswertung interessant gewesen, wie lange Patienten auf einer Intensivstation ver-sorgt worden wären und ob es in Bezug darauf Unterschiede bei erfolgter Diagnosestel-lung und schnellerer Versorgung im Schockraum geben würde. Dieses sollte in nachfol-genden Studien beachtet werden.

5.2.4 Datenauswertung Computertomographie

Die Durchführung und Auswertung der Bildgebung mittels Computertomographie erfolgte standardisiert für die jeweilige Klinik. Unterschiede bestanden darin, dass die Kliniken der bizenrischen Studie unterschiedliche Gerätschaften zur Durchführung der Bildgebung nutzten. Für eine noch bessere Vergleichbarkeit sollte in zukünftigen Studien geprüft werden, ob ein einheitlicher Gerätetyp genutzt werden könnte.

5.2.5 Einschränkung in Bezug auf das Bundesland

Mechanische Reanimationsgeräte werden standardmäßig seit 2017 auf allen arztbesetzten Einsatzfahrzeugen (NEF, NAW) in Bayern eingesetzt. Jedoch besteht diese Vorhaltung mittels eines mechanischen Reanimationsgerätes nicht in allen Bundesländern in Deutschland. Somit ist eine flächendeckende Ausrüstung mit mCPR nicht automatisch auf andere Rettungsdienstgebiete anzuwenden und könnte deshalb zu anderen Ergebnissen führen.

Zusammenfassung:

Die zeitnahe Versorgung und Therapie von Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand stellt sowohl präklinisch als auch innerklinisch eine interdisziplinäre Herausforderung dar.

Neben den sofort eingeleiteten Maßnahmen der kardiopulmonalen Reanimation ist die zeitnahe Diagnosestellung für die weiterführende Therapie von großer Bedeutung.

Anhand der retrospektiven Erhebung und Auswertung von 5.245 Patientendaten, die im jeweiligen Schockraum der Universitätskliniken LMU und TUM im Zeitraum von 01.01.2014 bis einschließlich 31.12.2018 versorgt wurden, erfolgte die Erstellung einer pseudonymisierten Datenbank. Es wurden 361 Patienten in die Studie eingeschlossen, die mit stattgehabter oder noch anhaltender kardiopulmonaler Reanimation in den jeweiligen Schockraum eingeliefert wurden.

Anhand der Analyse der eingeschlossenen Patientenpopulation wurde ausgewertet, ob durch die Ergebnisse Erkenntnisse über die zugrundeliegenden Ursachen des jeweiligen Herz-Kreislauf-Stillstandes gewonnen werden konnten und ob diese zu einer Verbesserung der Behandlung und Therapie von Patienten beitragen könnten.

Insbesondere wurde analysiert, ob in der Gruppe der Patienten, die eine CT-gestützte Diagnostik erhielten (n=224), dies zu einer Verbesserung der Diagnosestellung und der Behandlung der Patienten führen könnte, sowohl bei Patienten mit wiederhergestelltem Spontankreislauf als auch bei Patienten unter anhaltender kardiopulmonaler Reanimation.

Häufig wird von einer kardialen Ursache des Herz-Kreislauf-Stillstandes ausgegangen. In der durchgeführten Studie konnte jedoch gezeigt werden, dass sich die Ursachen nicht nur auf kardiale Ereignisse zurückführen lassen. In 65% (n=120) der gesamten Fälle zeigte sich eine nicht-kardiale Genese ursächlich für den Herz-Kreislauf-Stillstand. Diese unterteilten sich bei eindeutiger Diagnosestellung in die Kategorien zerebrale, pulmonale, thorakale, abdominale sowie traumatisch bedingte Ursachen. Unter der Kategorie andere Genese wurden Einzeldiagnosen zusammengefasst. In 73 Patientenfällen konnte keine eindeutige Diagnose gestellt und somit nicht weiter differenziert werden.

Im geschlechterspezifischen Vergleich zeigte sich, dass bei Frauen mit insgesamt 56,8% (n=21) häufiger eine pulmonale Ursache (Männer 43,2%; n=16; p<0,001) detektiert werden konnte. In den weiteren Hauptdiagnosegruppen konnten keine signifikanten Unterschiede beobachtet werden.

In Bezug auf die Diagnosestellung mittels CT-Diagnostik im Schockraum war in 56,7% (n=127) der Fälle die Ursache durch die CT-gestützte Diagnostik detektierbar. Bei den Patienten, die unter anhaltender kardiopulmonaler Reanimation versorgt wurden, erhielten 124 Patienten eine CT-Diagnostik. Dabei konnte in 52,0% (n=66) die Diagnose gestellt werden.

Patienten, die mit anhaltender kardiopulmonaler Reanimation in einen Schockraum eingeliefert werden, haben bekannterweise eine schlechte Überlebenschance. Anhand der Datenanalyse zeigte sich jedoch, dass ein signifikanter Unterschied im Vergleich der Patientengruppe unter CPR mit erfolgter CT-Diagnostik zur Patientengruppe unter CPR ohne Bildgebung mittels CT feststellbar war. In der Gruppe mit CT konnten 45,2% (n=56) der Patienten in stabilisiertem Zustand aus dem Schockraum klinikintern verlegt werden (Gruppe ohne CT: 17,6%; n=9; $p < 0,001$).

Zusammenfassend kann in dieser Studie gezeigt werden, dass sich die Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstandes vielfältig darstellen.

Ebenso können die Ergebnisse einen Hinweis darauf geben, dass in Bezug auf das diagnostische Vorgehen die geschlechterspezifischen Unterschiede berücksichtigt werden sollten.

Zur zeitnahen Detektion der zugrundeliegenden Ursachen stellt die Computertomographie ein wichtiges diagnostisches Mittel dar. Der hohe Stellenwert der CT-gestützten Diagnostik im Schockraum zeigt sich insbesondere bei Patienten unter anhaltender kardiopulmonaler Reanimation.

In Anlehnung an die Empfehlungen der S3-Polytrauma-Leitlinie ist die Durchführung einer Computertomographie ein wichtiges Mittel in Hinblick auf die interdisziplinäre Entscheidungshilfe zur weiteren Patientenversorgung sowie zur Prognoseabschätzung. Mit den vorliegenden Ergebnissen ist die Bedeutung eines standardisierten Vorgehens im Rahmen der Schockraumversorgung von Patienten mit stattgehabter oder insbesondere noch unter kardiopulmonaler Reanimation hervorzuheben. Einheitliche Leitlinien für ein definiertes Prozedere bezüglich der Diagnostik bei Patienten unter Herz-Kreislauf-Stillstand im Rahmen der innerklinischen Versorgung fehlen jedoch deutschlandweit. Die Ergebnisse dieser Studie sollten in prospektiven Studien weiter evaluiert werden und könnten im Verlauf einen Beitrag für eine einheitliche Empfehlung darstellen.

Literaturverzeichnis

1. Gräsner J-T, Wnent J, Herlitz J, Perkins GD, Lefering R, Tjelmeland I, et al. Survival after out-of-hospital cardiac arrest in Europe-Results of the EuReCa TWO study. *Resuscitation*. 2020;148:218-26.
2. Andersen LW, Holmberg MJ, Berg KM, Donnino MW, Granfeldt A. In-hospital cardiac arrest: a review. *Jama*. 2019;321(12):1200-10.
3. Kiguchi T, Okubo M, Nishiyama C, Maconochie I, Ong MEH, Kern KB, et al. Out-of-hospital cardiac arrest across the World: First report from the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). *Resuscitation*. 2020;152:39-49.
4. Fischer M, Wnent J, Gräsner J, Seewald S, Brenner S, Bein B, et al. Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters Außerklinische Reanimation im Notarzt-und Rettungsdienst 2022. 2023.
5. Lenz K, Holzer M. Herz-Kreislauf-Stillstand. *Medizinische Therapie 2007* | 2008. 2007:1646-52.
6. Herold G, Mitarbeiter. *Innere Medizin*. 2021:294-5.
7. Perkins GD, Gräsner J-T, Semeraro F, Olasveengen T, Soar J, Lott C, et al. Kurzfassung. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2021;24(4):274-345.
8. Merchant RM, Topjian AA, Panchal AR, Cheng A, Aziz K, Berg KM, et al. Part 1: executive summary: 2020 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2020;142(16_Suppl_2):S337-S57.
9. Soar J, Böttiger BW, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djärv T, et al. European resuscitation council guidelines 2021: adult advanced life support. *Resuscitation*. 2021;161:115-51.
10. Olasveengen TM, Semeraro F, Ristagno G, Castren M, Handley A, Kuzovlev A, et al. Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (Basic Life Support): Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notfall & Rettungsmedizin*. 2021;24(4):386.

11. Poole K, Couper K, Smyth MA, Yeung J, Perkins GD. Mechanical CPR: who? when? how? *Critical Care*. 2018;22(1):1-9.
12. Jo CH, Cho GC, Ahn JH, Park YS, Lee CH. Rescuer-limited cardiopulmonary resuscitation as an alternative to 2-min switched CPR in the setting of in-hospital cardiac arrest: a randomised cross-over study. *Emergency Medicine Journal*. 2014.
13. Sugerman NT, Edelson DP, Leary M, Weidman EK, Herzberg DL, Hoek TLV, et al. Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. *Resuscitation*. 2009;80(9):981-4.
14. Bayern AMAdÄA, Bayern ABdDi. Mechanische Reanimationshilfen. Verfügbar unter: https://www.aelrd-bayern.de/images/stories/pdf/6.1._MechanischeReanimationshilfe.pdf. Datum des Abrufs: 17.03.2024.
15. Luxen J, Birkholz T, Hatz A, Kanz K-G, Königer J, Meier M, et al. Nutzen mechanischer Reanimationshilfen bei der kardiopulmonalen Reanimation. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2015;2(18):119-29.
16. Bayerisches Staatsministerium des Innern fSuI. Neue Ausrüstung für Rettungsdienste. Verfügbar unter: <https://www.stmi.bayern.de/med/pressemitteilungen/pressearchiv/2017/162/index.php>. Datum des Abrufs: 18.08.2024.
17. Spering C, Sehmisch S, Lehmann W. Schockraummanagement–von der Alarmierung bis zum interdisziplinären Weiterbehandlungskonzept. *OP-JOURNAL*. 2020;36(01):18-29.
18. e.V. DGfU. S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung. Verfügbar unter: https://register.awmf.org/assets/guidelines/187-0231_S3_Polytrauma-Schwerverletzten-Behandlung_2023-06.pdf. Datum des Abrufs: 15.12.2023.
19. (DGU) DGfUeV. Weißbuch Schwerverletztenversorgung. 2019.
20. Michael M, Kumle B, Pin M, Kümpers P, Gröning I, Bernhard M. Nichttraumatologisches Schockraummanagement. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin Und Notfallmedizin*. 2021;116(5):405.

21. Behringer W, Dodt C, Laggner A. Intensivtherapie in der Notaufnahme. Notfall+ Rettungsmedizin. 2012;5(15):392-7.
22. Gunnerson KJ, Bassin BS, Havey RA, Haas NL, Sozener CB, Medlin RP, et al. Association of an emergency department–based intensive care unit with survival and inpatient intensive care unit admissions. JAMA network open. 2019;2(7):e197584-e.
23. Bundesausschuss G. Regelungen des Gemeinsamen Bundesausschusses zu einem gestuften System von Notfallstrukturen in Krankenhäusern gemäß § 136c Absatz 4 des Fünften Buches Sozialgesetzbuch (SGB V). Zugriff am. 2021;13.
24. Bernhard M, Kumle B, Dodt C, Gräff I, Michael M, Michels G, et al. Versorgung kritisch kranker, nicht-traumatologischer Patienten im Schockraum. Notfall+ Rettungsmedizin. 2022;25(Suppl 1):1-14.
25. Böttiger BW, Bernhard M, Knapp J, Nagele P. Influence of EMS-physician presence on survival after out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: systematic review and meta-analysis. Critical care. 2015;20:1-8.
26. Riessen R, Busch H-J, Haap M. Invasive Koronardiagnostik im Rahmen einer Postreanimationsbehandlung nach außerklinischem Herzstillstand. Aktuelle Kardiologie. 2017;6(01):53-8.
27. Nolan DAJP, SandroniteilensichdieErstautorenschaft C. Leitlinien des European Resuscitation Council und der European Society of Intensive Care Medicine 2021. Notfall+ Rettungsmedizin. 2021;4:525.
28. Viniol S, Thomas R, König A, Betz S, Mahnken A. Early whole-body CT for treatment guidance in patients with return of spontaneous circulation after cardiac arrest. Emergency radiology. 2020;27(1):23-9.
29. Yan S, Gan Y, Jiang N, Wang R, Chen Y, Luo Z, et al. The global survival rate among adult out-of-hospital cardiac arrest patients who received cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis. Critical care. 2020;24:1-13.
30. Grahl C, Hartwig T, Weidhase L, Laudi S, Petros S, Gries A, et al. Early in-hospital course of critically ill nontrauma patients in a resuscitation room of a German emergency department (OBSERvE2 study). Die Anaesthesiologie. 2022;71(10):774-83.

-
31. Girotra S, Chan PS, Bradley SM. Post-resuscitation care following out-of-hospital and in-hospital cardiac arrest. *Heart*. 2015;101(24):1943-9.
32. Callaway CW, Schmicker RH, Brown SP, Albrich JM, Andrusiek DL, Aufderheide TP, et al. Early coronary angiography and induced hypothermia are associated with survival and functional recovery after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2014;85(5):657-63.
33. Gräsner J-T, Lefering R, Koster RW, Masterson S, Böttiger BW, Herlitz J, et al. EuReCa ONE 27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe. *Resuscitation*. 2016;105:188-95.
34. Debaty G, Babaz V, Durand M, Gaide-Chevronnay L, Fournel E, Blancher M, et al. Prognostic factors for extracorporeal cardiopulmonary resuscitation recipients following out-of-hospital refractory cardiac arrest. A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2017;112:1-10.
35. Katritsis DG, Gersh BJ, Camm AJ. A clinical perspective on sudden cardiac death. *Arrhythmia & electrophysiology review*. 2016;5(3):177.
36. Hawkes C, Booth S, Ji C, Brace-McDonnell SJ, Whittington A, Mapstone J, et al. Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrests in England. *Resuscitation*. 2017;110:133-40.
37. Dunham GM, Perez-Girbes A, Bolster F, Sheehan K, Linnau KF. Use of whole body CT to detect patterns of CPR-related injuries after sudden cardiac arrest. *European Radiology*. 2018;28:4122-7.
38. Chen N, Callaway CW, Guyette FX, Rittenberger JC, Doshi AA, Dezfulian C, et al. Arrest etiology among patients resuscitated from cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018;130:33-40.
39. Butters A, Arnott C, Sweeting J, Winkel BG, Semsarian C, Ingles J. Sex disparities in sudden cardiac death. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2021;14(8):e009834.

-
40. Wigginton JG, Pepe PE, Bedolla JP, DeTamble LA, Atkins JM. Sex-related differences in the presentation and outcome of out-of-hospital cardiopulmonary arrest: a multiyear, prospective, population-based study. *Critical care medicine*. 2002;30(4):S131-S6.
41. 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.
42. Branch KR, Gatewood MO, Kudenchuk PJ, Maynard C, Sayre MR, Carlbom DJ, et al. Diagnostic yield, safety, and outcomes of Head-to-pelvis sudden death CT imaging in post arrest care: The CT FIRST cohort study. *Resuscitation*. 2023:109785.
43. Tam J, Soufleris C, Ratay C, Frisch A, Elmer J, Case N, et al. Diagnostic yield of computed tomography after non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2023;189:109898.
44. Karatasakis A, Sarikaya B, Liu L, Gunn ML, Kudenchuk PJ, Gatewood MO, et al. Prevalence and Patterns of Resuscitation-Associated Injury Detected by Head-to-Pelvis Computed Tomography After Successful Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resuscitation. *Journal of the American Heart Association*. 2022;11(3):e023949.
45. Gässler H, Kurka L, Rauch S, Seewald S, Kulla M, Fischer M. Mechanical chest compression devices under special circumstances. *Resuscitation*. 2022;179:183-8.
46. Zhu N, Chen Q, Jiang Z, Liao F, Kou B, Tang H, et al. A meta-analysis of the resuscitative effects of mechanical and manual chest compression in out-of-hospital cardiac arrest patients. *Critical Care*. 2019;23(1):1-11.
47. Wirth S, Körner M, Treitl M, Linsenmaier U, Leidel BA, Jaschkowitz T, et al. Computed tomography during cardiopulmonary resuscitation using automated chest compression devices—an initial study. *European radiology*. 2009;19:1857-66.
48. Leidel BA, Kunzelmann M, Bitterling H, Reichle F, Wirth S, Kanz K-G. Computer tomography showing left coronary artery occlusion in a patient having manual chest compressions. *Resuscitation*. 2009;80(3):295-6.

49. Kapust J, Krämer R, Gmeinwieser J, Rupprecht H, Dormann H. How to?—Computed tomography during ongoing resuscitation with an external mechanical resuscitation device. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2019;22:51-5.
50. Graef J, Leidel BA, Bressemer KK, Vahldiek JL, Hamm B, Niehues SM. Computed Tomography Imaging in Simulated Ongoing Cardiopulmonary Resuscitation: No Need to Switch Off the Chest Compression Device during Image Acquisition. *Diagnostics*. 2021;11(6):1122.
51. Yeung J, Matsuyama T, Bray J, Reynolds J, Skrifvars M. Does care at a cardiac arrest centre improve outcome after out-of-hospital cardiac arrest?—A systematic review. *Resuscitation*. 2019;137:102-15.
52. Wnent J, Jakisch B, Geldner G, Koch T, Zwissler B, Müller M. 5. Bad Boller Reanimationsgespräche: Von 10 Thesen fuer 10.000 Leben zur Umsetzung. *Anasth Intensivmed*. 2018;59:277-80.
53. Sinning C, Ahrens I, Cariou A, Beygui F, Lamhaut L, Halvorsen S, et al. The cardiac arrest centre for the treatment of sudden cardiac arrest due to presumed cardiac cause—aims, function and structure: Position paper of the Association for Acute CardioVascular Care of the European Society of Cardiology (AVCV), European Association of Percutaneous Coronary Interventions (EAPCI), European Heart Rhythm Association (EHRA), European Resuscitation Council (ERC), European Society for Emergency Medicine (EUSEM) and European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *European Heart Journal: Acute Cardiovascular Care*. 2020;9(4_suppl):S193-S202.
54. Kumle B, Orban M. Vorgehen nach präklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand. Ist ein sofortiger Transfer ins Herzkatheterlabor dem Kurzcheck im Schockraum vorzuziehen? *Notfall & Rettungsmedizin*. 2019(8):696-703.
55. Rettungsdienst ÄB, Schwaben Rv. Mechanische Reanimationshilfen im Rettungsdienst Bayern. Verfügbar unter: https://www.aelrd-bayern.de/images/stories/pdf/rda/6.3_Empfehlung_mCPR_Flyer_normal.pdf. Datum des Abrufs: 17.03.2024.

-
56. Suverein MM, Delnoij TS, Lorusso R, Brandon Bravo Bruinsma GJ, Otterspoor L, Elzo Kraemer CV, et al. Early extracorporeal CPR for refractory out-of-hospital cardiac arrest. *New England Journal of Medicine*. 2023;388(4):299-309.
57. Gaisendrees C, Walter S, Sabashnikov A, Adler C, Wahlers T. Die extrakorporale kardio-pulmonale Reanimation für die Behandlung des außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstands, *Der Anaesthetist*, 2021, Journal-ID: 101, Article-ID: 1056.
58. Yannopoulos D, Bartos J, Raveendran G, Walser E, Connett J, Murray TA, et al. Advanced reperfusion strategies for patients with out-of-hospital cardiac arrest and refractory ventricular fibrillation (ARREST): a phase 2, single centre, open-label, randomised controlled trial. *The lancet*. 2020;396(10265):1807-16.
59. Lunz D, Calabrò L, Belliato M, Contri E, Broman LM, Scandroglio AM, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiac arrest: a retrospective multicenter study. *Intensive Care Medicine*. 2020;46:973-82.
60. Haas NL, Coute RA, Hsu CH, Cranford JA, Neumar RW. Descriptive analysis of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest— an ELSO registry study. *Resuscitation*. 2017;119:56-62.
61. Bartos JA, Grunau B, Carlson C, Duval S, Ripeckyj A, Kalra R, et al. Improved survival with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation despite progressive metabolic derangement associated with prolonged resuscitation. *Circulation*. 2020;141(11):877-86.
62. Richardson ASC, Tonna JE, Nanjaya V, Nixon P, Abrams DC, Raman L, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in adults. Interim guideline consensus statement from the extracorporeal life support organization. *Asaio Journal*. 2021;67(3):221-8.
63. Magnet I, Poppe M. Extrakorporale Reanimation–Kriterien, Bedingungen, Outcome. *Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2022;117(5):325-32.

-
64. Reynolds JC, Issa MS, Nicholson TC, Drennan IR, Berg KM, O'Neil BJ, et al. Prognostication with point-of-care echocardiography during cardiac arrest: a systematic review. *Resuscitation*. 2020;152:56-68.
65. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, et al. European resuscitation council guidelines for resuscitation 2015: section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2015;95:100-47.
66. (BfS) BfS. Röntgendiagnostik: Häufigkeit und Strahlenexposition für die deutsche Bevölkerung. Verfügbar unter: <https://www.bfs.de/DE/themen/ion/anwendung-medizin/diagnostik/roentgen/haeufigkeit-exposition.html>. Datum des Abrufs: 06.03.2024.
67. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography—an increasing source of radiation exposure. *New England journal of medicine*. 2007;357(22):2277-84.
68. Tien HC, Tremblay LN, Rizoli SB, Gelberg J, Spencer F, Caldwell C, et al. Radiation exposure from diagnostic imaging in severely injured trauma patients. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2007;62(1):151-6.
69. Davies RM, Scrimshire AB, Sweetman L, Anderton MJ, Holt EM. A decision tool for whole-body CT in major trauma that safely reduces unnecessary scanning and associated radiation risks: an initial exploratory analysis. *Injury*. 2016;47(1):43-9.
70. 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.
71. Kanz K-G, Paul AO, Lefering R, Kay MV, Kreimeier U, Linsenmaier U, et al. Trauma management incorporating focused assessment with computed tomography in trauma (FACTT)-potential effect on survival. *Journal of trauma management & outcomes*. 2010;4:1-10.
72. Ernstberger A, Schreyer A, Schleder S, Baumer S, Angerpointner K, Diepold E, et al. Computed tomography in multiple trauma: Is there a gold standard? *Trauma und Berufskrankheit*. 2017;19:57-63.

73. Chelly J, Mongardon N, Dumas F, Varenne O, Spaulding C, Vignaux O, et al. Benefit of an early and systematic imaging procedure after cardiac arrest: insights from the PROCAT (Parisian Region Out of Hospital Cardiac Arrest) registry. *Resuscitation*. 2012;83(12):1444-50.
74. Arnaout M, Mongardon N, Deye N, Legriel S, Dumas F, Sauneuf B, et al. Out-of-hospital cardiac arrest from brain cause: epidemiology, clinical features, and outcome in a multicenter cohort. *Critical care medicine*. 2015;43(2):453-60.
75. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Bucciarelli-Ducci C, Bueno H, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European heart journal*. 2018;39(2):119-77.
76. Moriwaki Y, Tahara Y, Kosuge T, Suzuki N. Etiology of out-of-hospital cardiac arrest diagnosed via detailed examinations including perimortem computed tomography. *Journal of emergencies, trauma, and shock*. 2013;6(2):87.
77. Desch S, Freund A, Akin I, Behnes M, Preusch MR, Zelniker TA, et al. Coronary angiography after out-of-hospital cardiac arrest without ST-segment elevation: one-year outcomes of a randomized clinical trial. *JAMA cardiology*. 2023;8(9):827-34.
78. Busch H-J, Schmid B, Kron J, Fink K, Busche C, Danner T, et al. Freiburg Cardiac Arrest Receiving Team (CART) Interdisciplinary solution for the acute management of non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Medizinische Klinik-Intensivmedizin und Notfallmedizin*. 2020;115:292-9.
79. Goto Y, Funada A, Maeda T, Okada H, Goto Y. Field termination-of-resuscitation rule for refractory out-of-hospital cardiac arrests in Japan. *Journal of Cardiology*. 2019;73(3):240-6.
80. Adler C, Voigt C, Hinkelbein J, Stangl R. Komplexe Rettung aus exponierter Lage bei prolongiertem Kreislaufstillstand. *Notfall Rettungsmed*. 2017;20(5):418-23.

-
81. Stangl R, Paul C, Söntgerath A, Adler C. Fulminante Lungenembolie mit erfolgreicher präklinischer Reanimation nach Lyse und vollständiger Restitutio ad integrum. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2019;22(1):45-50.
82. Schubert EC, Kanz K-G, Linsenmaier U, Bogner V, Wirth S, Angstwurm M. Use of computed tomography and mechanical CPR in cardiac arrest to confirm pulmonary embolism: a case study. *Canadian Journal of Emergency Medicine*. 2016;18(1):66-9.
83. Mentzelopoulos SD, Couper K, Van de Voorde P, Druwé P, Blom M, Perkins GD, et al. Ethik der Reanimation und Entscheidungen am Lebensende. *Notfall+ Rettungsmedizin*. 2021;24(4):720-49.
84. Dalle Ave AL, Bernat JL. Uncontrolled donation after circulatory determination of death: a systematic ethical analysis. *Journal of intensive care medicine*. 2018;33(11):624-34.
85. Molina M, Domínguez-Gil B, Pérez-Villares JM, Andrés A. Uncontrolled donation after circulatory death: ethics of implementation. *Current Opinion in Organ Transplantation*. 2019;24(3):358-63.
86. Siegmund-Schultze N, Zylka-Menhorn V. Non-Heart-Beating-Donors: „Herztote“ Organspender. *Deutsches Ärzteblatt*. 2008;105(16):A-832.
87. Heide W. Non-heart-beating donors are ineligible. *Der Nervenarzt*. 2016;87:161-8.
88. Bundesärztekammer. Richtlinie gemäß § 16 Abs. 1 S. 1 Nr. 3 TPG zur ärztlichen Beurteilung nach § 9a Abs. 2 Nr. 1 TPG (RL BÄK Spendererkennung). *Dtsch Arztebl*. 2020;117(35–36):A1-12.
89. Greif R, Bhanji F, Bigham BL, Bray J, Breckwoldt J, Cheng A, et al. Education, implementation, and teams: 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Circulation*. 2020;142(16_suppl_1):S222-S83.
90. Kanz K-G, Linsenmaier U, Pfeifer K-J, Mutschler W. Standardisierte Bewertung von Unfallverletzten: Anforderungen an die bildgebende Diagnostik. *Der Radiologe*. 2002;42:515-21.

91. Donchin Y, Rivkind AI, Bar-Ziv J, Hiss J, Almog J, Drescher M. Utility of postmortem computed tomography in trauma victims. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1994;37(4):552-6.
92. Farkash U, Scope A, Lynn M, Kugel C, Maor R, Abargel A, et al. Preliminary experience with postmortem computed tomography in military penetrating trauma. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2000;48(2):303-9.
93. Thali M. Virtual autopsy (virtopsy) in forensic science: from the scalpel to the scanner. *Der Pathologe*. 2011;32:292-5.

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Patientenpopulation; Selektion und Auswahlkriterien
- Abbildung 2: Verteilung in Bezug auf das Geschlecht der Studienpopulation; [n]
- Abbildung 3: Alter und Geschlecht; Mittelwerte im Vergleich
- Abbildung 4: Verteilung der jeweiligen Altersklassen der Gesamtpatientenanzahl; [n]
- Abbildung 5: Verteilung der Patienten bei Einlieferung im Schockraum der Kliniken LMU/TUM; Zustand der Gruppe mit stabilisiertem Herzkreislauf (ROSC) und Patienten unter Reanimation (unter CPR)
- Abbildung 6: Diagnostik im Schockraum (CT-Bildgebung) und Zustand bei Einlieferung im Schockraum
- Abbildung 7: Outcome Schockraum und Outcome Klinik im Vergleich der Gruppe mit ROSC und der Gruppe unter Reanimation; SR = Schockraum; [%]
- Abbildung 8: Einschluss Diagnosestellung im Schockraum
- Abbildung 9: Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung (n=224) und die Verteilung der Hauptdiagnosegruppen: zerebral, kardial, pulmonal, thorakal, abdominal, traumatisch bedingt, andere Genese; [n;%; KI95%]
- Abbildung 10: Differenzierung der Hauptdiagnosegruppen in die Gruppe mit CT-Diagnostik und ROSC und in die Gruppe mit CT-Diagnostik unter CPR; [n;%; KI95%]
- Abbildung 11: Aufschlüsselung Diagnosestellung durch erfolgte Computertomographie der Gruppe mit CT-Diagnostik [%]

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Patientenkollektiv Gruppe mit erfolgter CT-Diagnostik und Gruppe ohne durchgeführte CT-Diagnostik
- Tabelle 2: Gruppe mit erfolgter CT-Bildgebung; Unterteilung in Gruppe mit ROSC und Gruppe unter CPR; Zustand im Schockraum
- Tabelle 3: Überleben der Patientenpopulation im Vergleich Gruppe mit CT-Bildgebung und Gruppe ohne CT-Bildgebung
- Tabelle 4: Outcome Vergleich ROSC Gruppe mit CT-Diagnostik und Gruppe ohne CT-Diagnostik
- Tabelle 5: Vergleich Outcome unter Reanimation (unter CPR) Gruppe mit CT-Diagnostik und Gruppe ohne CT-Diagnostik
- Tabelle 6: Verteilungen der Hauptdiagnosen in Bezug auf das Geschlecht der Patienten; [n; %; KI 95%]
- Tabelle 7: Gruppe mit CT-Bildgebung und Diagnosestellung durch CT gesamt; [n; %]
- Tabelle 8: Gruppe mit CT-Bildgebung und Diagnosestellung; Vergleich Gruppe mit ROSC und Gruppe unter CPR

Abkürzungsverzeichnis

AED	Automatisierter externer Defibrillator
AHA	American Heart Association
CT	Computertomographie
cCT	Craniales CT
CPR	Cardiopulmonary resuscitation
CTPA	Computer tomography pulmonary angiogram
eCPR	Extrakorporale Reanimation
ERC	European Resuscitation Council
IHCA	In-hospital cardiac arrest
mCPR	Maschinelle Reanimationshilfe
NA	Notarzt
OHCA	Out-of-hospital cardiac arrest
ROSC	Return of spontaneous circulation
RTW	Rettungswagen
SR	Schockraum
SCA	Sudden cardiac arrest (plötzlicher Herzstillstand)
SCD	Sudden cardiac death (plötzlicher Herztod)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich während meiner Doktorarbeit unterstützt und begleitet haben.

Mein besonderer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. med. Karl-Georg Kanz für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas sowie für die ausgezeichnete Betreuung. Während der gesamten Zeit wurde ich mit vielen spannenden und lehrreichen Anregungen und Gedanken unterstützt, die diese Doktorarbeit erst möglich gemacht haben.

Auch möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. med. Viktoria Bogner-Flatz für die tatkräftige Unterstützung während der gesamten Zeit bedanken. Der regelmäßige fachliche und persönliche Austausch hat maßgeblich zum Erfolg dieser Dissertation beigetragen.

Ebenso danke ich Herrn Dr. med. Michael Dommasch herzlich für die wissenschaftliche und persönliche Zusammenarbeit.

Des Weiteren gebührt Herrn Maximilian Andreas Fichtl ein großes Dankeschön für die freundschaftliche und fachliche Zusammenarbeit, die im Rahmen der Datenerhebung und darüber hinaus eine große Unterstützung darstellte.

Bei meiner Mutter, meinem Ehemann als auch meiner Familie und Freunden möchte ich mich herzlich für die große Geduld, liebevolle Motivation und Ermutigungen bedanken. Dies war ein großer Rückhalt für mich, der als wichtiger Teil zur Erstellung meiner Dissertation beigetragen hat.

Genderhinweis

In der vorliegenden Arbeit wird das generische Maskulinum zur besseren Lesbarkeit in Stellvertretung aller Geschlechtsidentitäten verwendet, wenn nicht anders definiert.

Affidavit



Eidesstattliche Versicherung

Henne, Sophia-Anna

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Stellenwert der Diagnosestellung und Computertomographie-gestützten Diagnostik im Rahmen der Schockraumversorgung bei Herz-Kreislauf-Stillstand

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 06.01.2025

Sophia-Anna Henne

Ort, Datum

Unterschrift Sophia-Anna Henne