

Aus dem Lehrstuhl für Anästhesiologie  
Prof. Dr. Bernhard M. Graf  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

**Präklinische kardiopulmonale Reanimation in  
Regensburg, Bayern  
Ergebnisse und Optimierungsansätze  
Eine Pilotstudie**

Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

Vorgelegt von  
Friederike Hedderich  
2018



Aus dem Lehrstuhl für Anästhesiologie  
Prof. Dr. Bernhard M. Graf  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

**Präklinische kardiopulmonale Reanimation in  
Regensburg, Bayern  
Ergebnisse und Optimierungsansätze  
Eine Pilotstudie**

Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

Vorgelegt von  
Friederike Hedderich  
2018

Dekan:

Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Christoph Wiese

2.: Berichterstatter

Prof. Dr. Peter Angele

Tag der mündlichen Prüfung:

Mo., 21. Januar 2019

*Meinen Eltern*

<b><u>1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG</u></b>	<b>9</b>
1.1 EPIDEMIOLOGIE DES PRÄKLINISCHEN HERZ-KREISLAUF VERSAGENS	9
1.2 URSACHEN DES HERZ-KREISLAUF-VERSAGENS	9
1.3 NOTFALLMEDIZINISCHE MAßNAHMEN BEI KREISLAUF-STILLSTAND	10
1.3.1 HISTORISCHER URSPRUNG DER GRUNDPFEILER	10
1.3.2 REANIMATION IN DER HEUTIGEN ZEIT	11
1.4 LEITLINIEN DER REANIMATION NACH DEM EUROPEAN RESUSCITATION COUNCIL	13
1.5 FRAGESTELLUNG	15
<b><u>2 MATERIAL UND METHODEN</u></b>	<b>16</b>
2.1 DAS STUDIENDESIGN	16
2.2 DAS STUDIENPROTOKOLL	16
2.3 DATENANALYSE	19
2.4 STATISTISCHE AUSWERTUNG	20
2.5 DATENSCHUTZ UND GENEHMIGUNG DURCH DIE ETHIK KOMMISSION	20
<b><u>3 ERGEBNISSE</u></b>	<b>21</b>
3.1 TEILNAHME	21
3.2 LEITLINIENTREUE INNERHALB DER PROTOKOLLE	21
3.3 OUTCOME IN BEZUG AUF EINZELPARAMETER	25
3.3.1. GESCHLECHT	25
3.3.2 BASIC LIFE SUPPORT	25
3.3.3 DEFIBRILLIERBARER RHYTHMUS	25
<b><u>4 DISKUSSION</u></b>	<b>26</b>
4.1 ALLGEMEINES	26
4.2 BASIC LIFE SUPPORT RATE	28
4.3 ÜBERLEBEN BIS ZUR ÜBERGABE IM INTERNATIONALEN VERGLEICH	33
4.4 ÜBERLEBEN IN BEZUG AUF LEITLINIENTREUE	34
4.5 TELEFONISCHE ANLEITUNG ZUR REANIMATION -TELEFONREANIMATION	38
4.6 DOKUMENTATION	42
4.7 ZUKÜNFTIGE STRATEGIEN IN DER BEHANDLUNG DES PRÄKLINISCHEN KREISLAUFVERSAGENS	43
4.8 AUSBLICK	46
4.9 LIMITIERUNGEN	47
<b><u>5 ZUSAMMENFASSUNG</u></b>	<b>48</b>
<b><u>6 ABSTRACT</u></b>	<b>50</b>
<b><u>7 LITERATURVERZEICHNIS</u></b>	<b>52</b>
<b><u>8 DARSTELLUNGSVERZEICHNIS</u></b>	<b>69</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

AED	Automated External Defibrillation
ALS	Advanced Life Support
BLS	Basic Life Support
CCCPR	Chest-compression-only CPR
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation
DIVI	Deutsche Interdisziplinäre Vereinigung für Intensivmedizin
ECC	Emergency Cardiovascular Care
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
ECPR	Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation
EMS	Emergency Medical Service
ERC	European Resuscitation Council
GCS	Glasgow Coma Scale
JAMA	Journal of the American Medicine Association
n	Fallzahl
OHCA	Out-of-hospital cardiac arrest
PEA	Pulslose elektrische Aktivität
ROSC	Return Of Spontaneous Circulation
VF	Ventricular Fibrillation
WHO	World Health Organisation

*Anyone, anywhere, can now initiate cardiac resuscitative procedures.*

*All that is needed are two hands.*

-William B. Kouwenhoven<sup>1</sup>

## 1 Einleitung und Fragestellung

### 1.1 Epidemiologie des präklinischen Herz-Kreislauf Versagens

Mit einer Inzidenz von jährlich 275 000 Fällen in Europa und ca. 300.000 in den Vereinigten Staaten von Amerika handelt es sich beim präklinischen Herz-Kreislauf-Versagen um eines der häufigsten Krankheitsbilder, dessen Letalität in den letzten 30 Jahren trotz zahlreicher Studien, innovativer Verfahren sowie neuer Medikamente nicht zufriedenstellend gesenkt werden konnte.<sup>2-5</sup>

In Deutschland waren allein im Jahr 2015 38,5% aller Todesfälle auf Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems zurückzuführen, wodurch selbige die häufigste Todesursache vor malignen Tumoren (24,5%) und Erkrankungen der Atemwege (7,4%) darstellten.<sup>6</sup>

In absoluten Zahlen bedeutete dieses, dass 2015 76.013 Patienten in Deutschland einen nicht näher definierten Herz-Kreislauf-Stillstand hatten und an diesem verstarben. Hinzu kamen 49.210 Myokardinfarkt-Patienten, 47.414 Herzinsuffizienz-Patienten und 25.365 Patienten, die durch eine hypertensive Herzkrankheit einen definierten Kreislaufstillstand erlitten hatten. Hierdurch summierten sich Todesfälle durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen auf 198.002 Patienten.<sup>6</sup> Diese Zahlen gelten zwar nicht ausschließlich für prä-, sondern auch für innerklinische Herz-Kreislauf-Stillstände, zeigen aber eindrucksvoll die Bedeutung der Thematik. Beachtet man zum einen, dass diese Zahl allein die Todesopfer erfasst und Überlebende außen vorlässt und zum anderen, dass es noch eine Reihe weiterer Ursachen für Herz-Kreislauf-Versagen gibt, so wird deutlich, wieso das Thema einen hohen Stellenwert in Forschung und Berichterstattung einnimmt.

### 1.2 Ursachen des Herz-Kreislauf-Versagens

Ursächlich für Zustände der Reanimationspflichtigkeit sind zu 75% Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, die im Kapitel IX der ICD-10 als akutes rheumatisches Fieber (I00-I02), chronische rheumatische Herzkrankheiten (I05-I09), Hypertonie (I10-I15), ischämische Herzkrankheiten (I20-I25), pulmonale Herzkrankheit und Krankheiten des

Lungenkreislaufes (I26-I28), sonstige Formen der Herzkrankheit (I30-I52), zerebrovaskuläre Krankheiten (I60-I69), Krankheiten der Arterien, Arteriolen und Kapillaren (I70-I79), Krankheiten der Venen, der Lymphgefäße und der Lymphknoten, anderenorts nicht klassifiziert (I80-I89), sonstige und nicht näher bezeichnete Krankheiten des Kreislaufsystems (I95-I99) angegeben sind.<sup>7-10</sup>

Hinzu kommen eine Vielzahl an sekundären Ursachen respiratorischer Art wie Pneumo- oder Hämatothorax, Lungenembolien, Lungenödeme oder eine Fremdkörperaspiration, zerebrale Ursachen wie ein Insult, Schädel-Hirn-Traumata, Ertrinken, Ersticken, Selbsttötung oder auch Intoxikationen, Hypothermie oder Stoffwechsellentgleisungen.<sup>11</sup>

### **1.3 Notfallmedizinische Maßnahmen bei Kreislauf-Stillstand**

#### **1.3.1 Historischer Ursprung der Grundpfeiler**

Anders als oftmals angenommen, handelt es sich bei Maßnahmen zur Wiederbelebung bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand nicht um ein neuzeitliches Phänomen, das erst mit der epidemiologisch fundierten und Evidenzbasierten Medizin Einzug in das Bewusstsein der Gesellschaft erhielt. Tatsächlich finden sich bereits im Alten Testament der Bibel Verweise auf eine erste Mund-zu-Mund Beatmung durch die Geschichte des Propheten Elishas, der einen Jungen unter anderem dadurch ins Leben zurückholt, dass er seinen Mund über den des Kindes platziert.<sup>12</sup>

D.J. Larry, seines Zeichens oberster Stabsarzt unter Napoleon, beschrieb im 18. Jahrhundert eine frühe Form der Mund-zu-Mund Technik. Ebenso finden sich aus dieser Zeit Studien, die beweisen sollten, dass ausgeatmete Luft ungefährlich einzuatmen sei sowie die Beschreibung der Notfallsituation eines Minen-Arbeiters, der 1744 nach einer Rauchvergiftung durch Beatmung gerettet werden konnte.<sup>13,14</sup>

In den folgenden zwei Jahrhunderten wurden einige Beatmungsmethoden getestet, bei denen der Patient mitunter über Fässer gerollt und auf trotten- de Pferde gesetzt wurde oder bäuchlings rhythmische Drücke auf den Rücken bekam, während seine Arme zyklisch bewegt wurden; eine Methode, die damals auch vom Roten Kreuz und dem Militär unterrichtet wurde.<sup>15</sup>

Die Entdeckung moderner Anästhetika und der damit gegebenen Möglichkeit routinemäßig invasive medizinische Eingriffe vorzunehmen, führte zu den ersten offensichtlich iatrogen herbeigeführten Kreislaufstillständen, die die Suche nach Möglichkeiten der Wiederbelebung in Form von künstlicher Beatmung und Herzdruckmassage neu beleuchteten.<sup>16, 17</sup>

1874 gelang es dem Göttinger Arzt Moritz Schiff durch manuelle rhythmische Kompression des Herzens bei geöffnetem Thorax seine Versuchstiere selbst nach minutenlangem Kreislaufstillstand wiederzubeleben, wodurch auch der heutige Ausdruck der „Herzmassage“ geprägt wurde.<sup>17,18</sup>

Guy Knickerbocker entwickelte Anfang der 50er Jahre die ersten portablen Defibrillatoren und entdeckte zusammen mit Professor William B. Kouwenhoven und James Jude, dass Reanimation auch beim geschlossenen Brustkorb durch Druck auf das Sternum möglich ist; eine Erkenntnis, die sie in Form von 20 Fällen geglückter Wiederbelebung 1960 im Journal of the American Medical Association veröffentlichten. Im gleichen Jahr der Publikation ergänzten die drei Forscher ihre Ergebnisse mit den Forschungen der Anästhesisten Safar und James zur Beatmung bei Wiederbelebung und riefen so die moderne kardiopulmonale Reanimation ins Leben.<sup>1,19</sup>

Der Erfolg einer leicht zu erlernenden und in mehr und mehr Studien wissenschaftlich erfolgreichen CPR (kardiopulmonale Reanimation) durch die National American Heart Association, führte Mitte der 60er Jahre zur Bildung eines Komitees zum Thema Wiederbelebung, um national geltende Leitlinien und Materialien zu etablieren, eine Institution, die bis zum heutigen Tage als American Heart Association (AHA) existiert.<sup>17</sup>

### **1.3.2 Reanimation in der heutigen Zeit**

Die klassische Herzdruckmassage ist seit ihrer Entdeckung ein unverändertes Grundkonzept geblieben, das lediglich in seinen näheren Eckpunkten, wie Verhältnis von Anzahl der Kompressionen zu Ventilation und Rate an Kompressionen moduliert wurde. Ergänzend wurden in der Notfallmedizin

Schemata für die Laienreanimation und für die Reanimation durch professionelles medizinisches Personal entwickelt, der Basic- und der Advanced Life Support (BLS & ALS):

### **1.3.2.1 Maßnahmen des Basic Life Support**

Der Algorithmus der heutigen Laienreanimation sieht, bei bereits trainierten Laien, vor, sich selbst und den Patienten, sofern nötig, in eine sichere Umgebung zu bringen. Als nächstes muss überprüft werden, ob der Patient ansprechbar ist. Wenn dies nicht der Fall ist, müssen die Atemwege durch Überstrecken des Kopfes geöffnet werden, um anschließend in einem Zeitrahmen von maximal 10 Sekunden zu überprüfen, ob der Patient atmet. Sofern dies nicht der Fall ist, muss schnellstmöglich der Notruf abgesetzt und der Handylautsprecher für Anweisungen seitens der in Deutschland vorhandenen, integrierten Leitstellen aktiviert werden. Sofern vorhanden, muss ein automatischer externer Defibrillator (AED) genutzt werden und der Patient, sofern schockbar, defibriert werden. Sollte kein Defibrillator verfügbar oder der Rhythmus nicht schockbar sein, muss sofort eine Herzdruckmassage mit intermittierender Ventilation im Verhältnis 30:2 erfolgen. Die Hände müssen hierfür auf der unteren Hälfte des Sternums aufgelegt und die Arme durchgestreckt werden, der Kompressionsrhythmus sollte 100 – 120bpm, die Kompressionstiefe 5cm betragen und der Brustkorb zwischen den einzelnen Drücken vollkommen entlastet werden. Die Ventilation selbst sollte über ein Zuhalten der Nase und Mund-zu-Mund Beatmung erfolgen und für beide Atemzüge nicht länger als 10 Sekunden dauern. Anschließend muss wieder mit 30 Kompressionen fortgefahren werden.

Nicht trainierten Laien werden über die Leitstelle zu einer reinen Herzdruckmassage ohne Ventilation angeleitet (sog. Telefonreanimation).

Die Herzdruckmassage muss, egal ob mit oder ohne Ventilation, bei Bedarf fortgeführt werden, bis das professionelle Notfallteam vor Ort eintrifft.

### **1.3.2.2 Maßnahmen des Advanced Life Support**

Die von professionellen Helfern geleistete Hilfe basiert ebenfalls auf der zügigen Initiation von CPR im 30:2 Verhältnis sowie der Anlage eines Defibrillators zur Rhythmusanalyse. Ergibt sich hier ein schockbarer Rhythmus, wird unter kürzest möglicher Unterbrechung der CPR einmal defibrilliert und anschließend, sollte es nicht zur Wiederkehr der physiologischen Herzaktivität kommen, sofort die Herzdruckmassage für zwei Minuten bis zur nächsten Rhythmusanalyse fortgeführt.

Sollte sich bei der Anlage der Defibrillator-Patches kein schockbarer Rhythmus präsentieren, kann direkt 1mg Adrenalin appliziert werden; in jedem Fall muss jedoch unverzüglich wieder die kardiopulmonale Reanimation fortgeführt werden.

Während der CPR sollte, unabhängig davon, ob es sich um einen schockbaren Rhythmus handelt oder nicht, ein Gefäßzugang gelegt werden. Nach Atemwegssicherung und Beatmung über Tubus oder supraglottisches Atemwegshilfsmittel (z.B. Larynxmaske) sollte eine kontinuierliche Kompression ohne Unterbrechung durch Mund-zu-Mund Beatmung erfolgen. Alle 3-5 Minuten sollte die Gabe von 1mg Adrenalin erfolgen, nach drei Defibrillationsschocks sollten zudem 300mg Amiodaron verabreicht werden.

Im Falle einer Wiederkehr der spontanen Herzaktivität sollte der Patient gemäß ABCDE Schema behandelt werden; es sollte ein 12-Kanal EKG angelegt werden, ein normaler CO<sub>2</sub> Partialdruck um 40mmHg und eine Sauerstoffsättigung von 94-98% angestrebt werden.

Als weitere oder zusätzliche Maßnahmen sollten zudem eine Bildgebung via Ultraschall, die Anlage eines elektrischen Thoraxkompressionssystems und die Anlage einer ECPR („extracorporal cardiopulmonary resuscitation“) in Betracht gezogen werden.

## **1.4 Leitlinien der Reanimation nach dem European Resuscitation Council**

Inspiziert von den Beiträgen der CPR und ECC Konferenz in Dallas kehrten 1985 zahlreiche europäische Forscher in ihre jeweiligen Heimatländer zurück und begannen zunehmend auch über die eigenen

Landesgrenzen hinaus zu forschen und einen Diskurs mit anderen europäischen Forschern zu starten. 1986 gründete der Stockholmer Kardiologe Lars Mogensen schließlich die European Society of Cardiology, die wenig später unter Zusammenschluss mehrerer ärztlicher Kollegen in den European Resuscitation Council überging, der 1988 das erste Mal zur Tagung zusammenfand.

Seit 1992 werden, unter Auswertung aktueller wissenschaftlicher Veröffentlichungen, seitens des ERC alle 5 Jahre Leitlinien publiziert, die in den meisten Europäischen Ländern als Standard für die Versorgung in der Notfallmedizin gelten.

Sie umfassen Empfehlungen zum Basic Life Support und der Anlage von Automatischen Externen Defibrillationen, Advanced Life Support, dem Herzversagen unter besonderen Umständen, Leitlinien für die Patientenbehandlung nach Akutversorgung, Akutversorgung von Kindern, Reanimation und Behandlung von Kleinkindern unter der Geburt, Initialmanagement des akuten Koronarsyndroms, zu Erster Hilfe, zur Lehre und Umsetzung der Leitlinien und zu ethischen Fragen und der Entscheidung, wann man ein Leben enden lassen sollte.

Die hier vorliegende Untersuchung bezieht sich auf die ERC Leitlinien von 2010. Da es in den Leitlinien von 2015 jedoch keinerlei Änderungen gegeben hat, die die von uns untersuchten Parameter zur Leitlinientreue betreffen, haben die erhobenen Daten auch Gültigkeit bezüglich der derzeit geltenden Version der ERC Leitlinien aus dem Jahr 2015.

## 1.5 Fragestellung

Angesichts der hohen Inzidenz des präklinischen Kreislaufversagens und den unverändert nicht befriedigenden Überlebenszahlen, samt oftmals unbefriedigendem neurologischen Outcome, drängt sich, bei den zahlreichen wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu eben diesem Thema, unweigerlich die Frage auf, wie es um die lokale Versorgung eigener OHCA (out-of-hospital cardiac arrest) Patienten bestellt ist. In diesem Zusammenhang haben sich folgende Fragen ergeben, die durch die vorliegende Arbeit untersucht worden sind:

- (1) Erfolgt die Behandlung insgesamt leitliniengerecht?
- (2) Wie oft wird defibrilliert?
- (3) Was für Medikamente werden verabreicht?
- (4) Wie oft wird durch Laien oder Helfer vor Ort erste Hilfe, vor allem CPR geleistet?
- (5) Wie oft erfolgt eine entsprechende Anleitung zur Reanimation seitens der Rettungsleitstelle?
- (6) Wer sind die Opfer des präklinischen Kreislaufversagens?
- (7) Wie alt sind sie und wo ereilt sie das Kreislaufversagen?

Die wichtigste Frage war, inwieweit sich das Handeln bezüglich der untersuchten Notfalleinsätze auf das neurologische Outcome der Patienten ausgewirkt hat.

Der Grundgedanke und somit auch das Ziel dieser Arbeit war es, anhand der von uns erhobenen Daten eine Bestandsaufnahme der aktuellen lokalen und realen Noteinsatz-Situation wissenschaftlich zu erheben und durch Auswertung hinsichtlich der Leitlinien-treue und des Patienten-outcomes nach eventuellen lokalen Optimierungsmöglichkeiten zu suchen.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Das Studiendesign**

Die Studie erfolgte zwischen August 2013 und April 2014 (10 Monate Einschlussdauer). Sie umfasste Patienten älter als 18 Jahre mit Herzversagen außerhalb eines Krankenhauses (out-of-hospital cardiac arrest) unabhängig der möglichen Ursachen.

Für diese Studie wurden Notärzte gebeten, bei jedem Fall von stattgefundenem Herzversagen außerhalb des Krankenhauses ein, für die Untersuchung erstelltes, Reanimationsprotokoll auszufüllen und selbiges zusammen mit dem regulären Einsatzprotokoll an die Studienleiter zu senden. Die Patientenkohorte umfasste hierbei die Region Oberpfalz/Regensburg.

Alle Mitarbeiter des in die Untersuchung eingeschlossenen Rettungsdienstes gaben mündlich ihr Einverständnis zur Teilnahme an der Datenerhebung.

Mittelpunkt der Studie war das reguläre Notarzt-Protokoll sowie das zusätzlich entwickelte Protokoll, welche retrospektiv von den Notärzten ausgefüllt und anschließend gemäß der ERC Leitlinien von 2010 & 2015 analysiert wurden.

### **2.2 Das Studienprotokoll**

Die Protokolle, die in dieser Studie verwendet wurden, waren das standardmäßig benutzte Protokoll der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensivmedizin (DIVI) und ein Reanimations- und AED-Protokoll, welches speziell für diese Studie entworfen wurde. Dieses neu erstellte Protokoll fokussierte Informationen, die im standardmäßigen DIVI Protokoll nicht dokumentiert werden, aber für eine Beurteilung, ob die European Resuscitation Council Leitlinien eingehalten wurden oder nicht, benötigt wurden.

In das für die Untersuchung erstellte Protokoll wurden folgende Punkte integriert:

### **A) Das Notfallteam**

Übernahme des Notfalleinsatzes: Rettungswagen oder/und  
Notarzteeinsatzfahrzeug

Fahrzeugstandorte

Einsatzleitung und beteiligtes Notfallteam

### **B) Einsatzdaten**

Datum

Uhrzeit des Notrufes

Ankunftszeit des ersten Rettungsmittels

Einsatzort (z.B. Wohnung des Patienten, öffentliches Gebäude und  
Sonstiges)

Notrufnummer (z.B. 110, 112 oder Privatnummer des Rettungsdienstes)

Anrufverzögerungen (Dokumentation der Dauer der Verzögerung)

### **C) Patientendaten**

Geschlecht

Geburtsjahr - Alter

### **D) Informationen zum Notfallhintergrund**

Beobachtetes Notfallgeschehen (wer und wo)

Anwesende bei Notfallsituation

Ursache des Notfallgeschehens (z.B. kardiale Ursache, traumatische  
Ursache)

Laienreanimation ja/nein,

wenn ja, konventionelle CPR oder CCO-CPR

Anleitungen zur Telefonreanimation durch die Rettungsleitstelle

### **E) Erstbestandsaufnahme**

Bewusstlosigkeit des Patienten

Beurteilung des Bewusstseinszustandes des Patienten

Beurteilung der Atmung des Patienten

Beurteilung der Kreislauffunktion des Patienten

Zeitpunkt des Kreislaufstillstandes

Beurteilung der Gesamtsituation des Patienten (kritisch/nicht kritisch)

#### **F) Maßnahmen**

Herzdruckmassage

Wenn eine Herzdruckmassage erfolgte, wer führte diese durch, zu welchem Zeitpunkt wurde sie durchgeführt und war ein Notarzt anwesend

Defibrillation

Wenn defibrilliert wurde, wer führte die Defibrillation durch, zu welchem Zeitpunkt wurde defibrilliert, wie viele Schocks wurden abgegeben und um welchen Gerätetyp handelte es sich

Atemwegssicherung

Wenn die Atemwege gesichert wurden, durch wen erfolgte diese Maßnahme?

Erfolgte ein ROSC (return of spontaneous circulation)

Falls ROSC erfolgte, wann trat er ein

Beschreibung allgemeiner und spezieller Komplikationen des Einsatzes durch das Notfallteam

#### **G) Übergabe**

Zeitpunkt der Übergabe

Zustand des Patienten (z.B. besser/schlechter/unverändert als bei Eintreffen des Notfallteams)

Ankunftszeit des Notarztes

### **2.3 Datenanalyse**

Um die Therapie gemäß der Leitlinien des European Resuscitation Councils zum ALS zu eruieren, wurden die Protokolle hinsichtlich der folgenden Aspekte retrospektiv ausgewertet:

- Anweisung zu Telefon-assistierter Herzdruckmassage durch die Leitstelle (sog. Telefonreanimation)
- Durchführung der primären Herzdruckmassage (Laien oder medizinisch geschultes Personal)
- Qualität der Thoraxkompression (kontinuierliches Fortführen der Herzdruckmassage ohne relevante Unterbrechungen)
- Behandlung des defibrillationswürdigen Rhythmus
- Medikamentengabe
- Therapieentscheidung.

## **2.4 Statistische Auswertung**

Die erhobenen Daten wurden in einer Tabelle mit MS Excel (Microsoft Excel, Microsoft Corporation, USA, Version 2016 16.0.6741.2048) elektronisch codiert und analysiert.

Die statistischen Berechnungen erfolgten mit SPSS (SPSS, SPSS Inc., Chicago, USA, Version 24). Als statistische Verfahren wurden der Chi-Square-Test und die binäre logistische Regression für binominale Variablen benutzt. Das Outcome wurde hierbei an der Kohärenz des Rettungsdienstes mit den ERC Leitlinien gemessen.

## **2.5 Datenschutz und Genehmigung durch die Ethik Kommission**

Alle erhobenen und ausgewerteten Daten wurden vor der Vervielfältigung und Weiterverarbeitung anonymisiert, sodass lediglich Geschlecht und das Geburtsjahr des Patienten kenntlich blieben. Die vorliegende Studie wurde von der regionalen Ethik Kommission Regensburg, Deutschland, befürwortet und in der vorliegenden Form genehmigt (14/101/0278). Versuche an Menschen und Tieren haben nicht stattgefunden.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Teilnahme

In unsere Untersuchung wurden 44 Patienten, die zwischen 9. August 2013 und 24. April 2014 einen Herzstillstand erlitten, eingeschlossen. Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 64,3 Jahren. Männlichen Geschlechts waren 27 Patienten (61%), weiblichen Geschlechts 17 (39%).  
20

Von den 27 männlichen Patienten überlebten 4 (14%), 9 starben (33%) und bei 14 Patienten wurde das primäre Outcome nicht dokumentiert (51%).

Von den 17 weiblichen Patienten überlebten 2 (11%); 8 Patientinnen verstarben (47%) und der Verlauf von 7 Patientinnen verblieb mangels Dokumentation unklar (41%).

Bei 26 (59%) aller Patienten erfolgte eine primäre Laienreanimation. Von dieser Gruppe überlebten 5 (19%) Patienten, 7 (27%) verstarben und zu 14 (54%) gab es diesbezüglich in den Protokollen keine Angaben. Von den Patienten, die keinen Basic Life Support erhielten (17(39%)) überlebte einer (6%), 10 (59%) verstarben, bei 6 (35%) Patienten war aufgrund nicht vorhandener Dokumentation keine Aussage möglich. Ein Protokoll enthielt keine Angabe dazu, ob Basic Life Support vorgenommen wurde oder nicht (2%). Die Verbindung zwischen Basic Life Support und Return Of Spontaneous Circulation (ROSC) zeigte keine direkte Signifikanz ( $p = 0,067$ ), unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht der Patienten konnte ebenfalls keine Signifikanz in Bezug auf das Überleben dokumentiert werden ( $p = 0,078$ ).

### 3.2 Leitlinientreue innerhalb der Protokolle

Bezüglich der Leitlinientreue entsprachen die dokumentierten Maßnahmen eines Protokolls (2%) den Leitlinien, während die übrigen 43 (98%) selbigen nicht in vollem Maße entsprachen.

Der Patient, dessen Behandlung gänzlich den Empfehlungen des ERC entsprach, verstarb, während bei den Patienten, deren Behandlung nicht in voller Übereinstimmung mit den Leitlinien des ERC erfolgte, 6 (14%)

überlebten, 16 (37%) verstarben und es zu 21 (49%) Patienten keine Angabe zum Outcome gab.

Wird die Leitlinienempfehlung, die besagt, dass die Rettungsleitstelle den Anrufer zur Herzdruckmassage anleiten soll, ausgenommen, ergeben sich folgende Daten:

Ohne diese Empfehlung waren 18 (41%) der Reanimationen gemäß der untersuchten Protokolle leitlinienkonform, von deren Patienten niemand überlebte (0%), 13 (72%) verstarben und 5 (28%) enthielten erneut keine Angabe zum Verlauf.

Von den 26 (59%) Reanimationen, die gemäß den Protokollen, nicht den Empfehlungen des ERC entsprachen, überlebten 6 (23%) Patienten, 4 (15%) verstarben und 16 (62%) Protokolle verblieben ohne Angabe zum Outcome.

Vergleicht man diese zwei Gruppen miteinander, so lag das Durchschnittsalter in der ersten Gruppe, die bis auf die Anweisungen zur Herzdruckmassage leitlinientreu war, bei 72 Jahren, 8 (44%) Patienten waren weiblich, 10 (56%) waren männlich, 8 (44%) Patienten erhielten Basic Life Support.

Das Durchschnittsalter in der Gruppe, die nicht gänzlich nach Leitlinie behandelt wurde, lag bei 58 Jahren, 9 (35%) Patienten waren weiblich, 17 (65%) waren männlich, 19 (72%) Patienten erhielten Basic Life Support.

Bezüglich des Alters waren die WHO-Alterskategorien folgendermaßen vertreten:

Ein Patient (2%) war 18 Jahre, 11 (25%) waren zwischen 18 und 60 Jahre alt, 8 (18%) waren zwischen 60 und 65 Jahre alt, 5 (11%) lagen zwischen 65 und 70 Jahren, 6 (14%) waren zwischen 70 und 80 Jahre alt und 11 (25%) waren 80 Jahre alt oder älter. Zwei der Protokolle enthielten keine Angabe zum Alter der Patienten.<sup>21</sup>

Teilt man diese Altersgruppen nach Geschlecht auf, war auf männlicher Seite ein Patient 18 Jahre (4%), 6 (37%) waren zwischen 18 und 60 Jahren alt, 6 (22%) waren zwischen 60 und 65 Jahren, 3 (11%) waren im Alter von 65-70 Jahren, 3 (11%) waren 70-80 Jahre alt, 3 (11%) waren 80 Jahre oder älter und bei einem männlichen Patienten fehlte die Altersangabe (4%).

Unter den weiblichen Patientinnen war niemand 18 Jahre, eine Patientin

war zwischen 18 und 60 Jahren alt (6%), 2 (12%) waren 60 – 65 Jahre alt, 1 (6%) war zwischen 65 und 70 Jahren, 2 (12%) waren zwischen 70 und 80 Jahren, 10 (59%) waren 80 Jahre oder älter und bei dem Protokoll einer weiblichen Patientin fehlte deren Alter.

Tabelle 1: prozentuale Aufteilung der einzelnen Merkmale

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
Männlicher Patient	27 (62%)	4 (15%)	9 (33%)	14 (52%)
Weiblicher Patient	17 (38%)	2 (12%)	8 (47%)	7 (41%)

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
BLS erfolgt	26 (59%)	5 (19%)	7 (27%)	14 (54%)
Keine BLS erfolgt	17 (39%)	1 (6%)	10(59%)	6 (35%)

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
Leitlinienkonform	1 (2%)	0 (0%)	1(100%)	0 (0%)
Nicht Leitlinienkonform	43 (98%)	6 (14%)	16 (37%)	21 (49%)
Leitlinienkonform – Tel. Anweisung zur CPR ausgenommen	18 (41%)	0 (0%)	13 (72%)	5 (28%)
Nicht leitlinienkonform – Tel. Anweisung zur CPR ausgenommen	26 (59%)	6 (23%)	4 (15%)	16 (62%)

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
Schockbarer Rhythmus	16 (36%)	1 (6%)	4 (25%)	11 (69%)
Nicht schockbarer Rhythmus	28 (64%)	5 (18%)	13(46%)	10 (36%)

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
Alter <18	1 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (100%)
Alter 18-60	11 (25%)	2 (18%)	0 (0%)	9 (82%)
Alter 60-65	8 (18%)	1 (13%)	5 (63%)	2 (25%)
Alter 65-70	5 (11%)	0 (0%)	2 (40%)	3 (60%)
Alter 70-80	6 (14%)	1 (17%)	2 (33%)	3 (50%)
Alter >80	11 (25%)	2 (18%)	7 (64%)	2 (18%)

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
Alter männlich <18	1 (4%)	0	0	1 (100%)
Alter männlich 18-60	10 (37%)	2 (20%)	0	8 (80%)
Alter männlich 60-65	6 (22%)	1 (17%)	4(66%)	1 (17%)
Alter männlich 65-70	3 (11%)	0	1(33%)	2 (66%)
Alter männlich 70-80	3 (11%)	0	2(66%)	1 (33%)
Alter männlich >80	3 (11%)	1 (33%)	1(33%)	1 (33%)

	Gesamtzahl	Patient überlebte	Patient verstarb	Unbekannt
Alter weiblich <18	0 (0%)	0	0	0
Alter weiblich 18-60	1 (6%)	0	0	1 (100%)
Alter weiblich 60-65	2 (12%)	0	1 (50%)	1 (50%)
Alter weiblich 65-70	1 (6%)	0	1 (100%)	0
Alter weiblich 70-80	2 (12%)	0	0	2 (100%)
Alter weiblich >80	10 (59%)	2 (20%)	6 (60%)	2 (20%)

### **3.3 Outcome in Bezug auf Einzelparameter**

#### **3.3.1. Geschlecht**

Bezüglich des Geschlechtes waren 27 (61%) der OHCA Patienten männlich, 17 (39%) waren weiblich.

Von den Männern überlebten 4 (15%), 9 (33%) verstarben und zu 15 (51%) Patienten fehlte die entsprechende Angabe.

Auf weiblicher Seite überlebten 2 (12%) Patientinnen, 8 (47%) verstarben. Das Outcome von 7 (41%) Patientinnen blieb unklar.

#### **3.3.2 Basic Life Support**

In 26 (59%) der Fälle wurde den Herz-Kreislauf-Stillstand Opfern Erste Hilfe in Form von kardiopulmonaler Reanimation geleistet, in 17 (39%) anderen Fällen wurde kein Basic-Life-Support geleistet.

Von denen, die eine Herzdruckmassage von Laien erhielten, überlebten 5 (19%), während 7 verstarben (27%). Das Outcome von 14 (54%) Patienten wurde nicht dokumentiert.

Von jenen, die keinerlei Hilfe erhielten, überlebte ein Patient (6%), 10 (59%) verstarben und das Schicksal von 6 (35%) Patienten blieb unklar.

#### **3.3.3 Defibrillierbarer Rhythmus**

In Bezug auf die Frage der Möglichkeit der Defibrillation waren 16 Herzrhythmen der Patienten defibrillierbar (36%), 28 (64%) waren nicht defibrillierbar.

Von den Patienten, die defibrilliert wurden, überlebte einer (6%), 4 (25%) verstarben und 11 (69%) blieben unklar.

Auf Seiten der Patienten ohne defibrillierbaren Rhythmus überlebten 5 (18%), 13 (46%) verstarben und bei 10 (36%) Patienten wurde das Outcome nicht dokumentiert.

## 4 Diskussion

### 4.1 Allgemeines

Der präklinische und auch innerklinische Herzstillstand ist ein medizinisches Phänomen, das seit mehreren Jahrzehnten intensiv erforscht wird und für das zahlreiche Empfehlungen, Leitlinien, Kurssysteme und Vorgehensweisen mit Schulungsverpflichtungen bestehen. Trotzdem konnte bisher kein signifikanter Durchbruch mit zufriedenstellenden Ergebnissen in der Therapie des OHCA erreicht werden, sodass das neurologische Outcome der Patienten weiterhin unbefriedigend ist und die Rate an Überlebenden gering bleibt.<sup>3,22–26</sup>

Faktoren die diese Umstände zusätzlich negativ beeinflussen sind das zunehmende Altern der Gesellschaft, längere Eintreffzeiten des Notfallteams vor Ort durch Urbanisierung und Bevölkerungswachstums, Fehlansprachnahmen des Rettungsdienstes durch die Bevölkerung sowie eine abnehmende Anzahl an VF und VT Initialrhythmen, die mit einem positiven Outcome bei OHCA assoziiert sind.<sup>4</sup>

Demgegenüber stehen die Hauptfaktoren für ein Überleben des prähospitalen Kreislaufversagens, ihres Zeichens früher Zugang zu medizinischer Notfallversorgung und resp. Notfallhandlung, somit frühe kardiopulmonale Reanimation mit qualitativ hochwertiger Thoraxkompression und, bei gegebenem Rhythmus, eine frühe Defibrillation.<sup>27,28</sup>

Weitere Aspekte, die das Überleben des Patienten begünstigen, sind die Beobachtung des Kollapses durch Laien oder medizinisches Personal mit resultierender sofortig begonnener und qualitativ hochwertiger Thoraxkompression, Kammerflimmern oder ventrikuläre Tachykardie als Initialrhythmus und ein ROSC noch am Einsatzort.<sup>4</sup>

Der zügige Zugang zu notfallmedizinischer Hilfe ist eine Herausforderung in der Versorgung von Patienten, die mit Zuzug von Bürgern in urbane Gegenden und Erweiterung der Einzugsgebiete der Leitstellen zunehmend an Bedeutung gewinnt. In Nordamerika beträgt die Zeit bis zum Eintreffen des Rettungsteams im Schnitt 7 Minuten, eine Zeitspanne, in der ein Pati-

ent ohne erste Hilfe von Laien in der Regel bereits erhebliche neurologische Schäden davonträgt. In Deutschland werden die meisten Patienten innerhalb von 8 Minuten erreicht, wobei deutlich auffällt, dass in Notfallteams, die im Schnitt weniger Zeit bis zum Eintreffen vor Ort benötigen, die Rate an Patienten, die CPR erhalten und lebend das Krankenhaus erreichen, höher ist als bei jenen, die tendenziell später eintreffen.<sup>29</sup>

Die zügige Defibrillation bei Kammerflimmern oder pulsloser ventrikulärer Tachykardie als weiterer Hauptfaktor für das Outcome bei OHCA ist die wichtigste Intervention beim prähospitalen Kreislaufversagen: In 41 – 70% der Fälle liegen beim OHCA VF oder PEA als Initialrhythmen vor.<sup>30–32,33</sup> Der häufigste Initialrhythmus, das Kammerflimmern selbst, wird in anderen Quellen mit einer Häufigkeit von 65–85% der Kreislaufstillstände angegeben.<sup>34,35</sup> Die Überlebenschance sinkt bei schockbarem Rhythmus in jeder Minute, in der (noch) nicht defibrilliert wurde um 5–10%.<sup>36,37</sup> Auf diese Weise überlebt einer von 5–7 Patienten, die mit VF/pVT aufgefunden werden, im Kontrast hierzu dagegen nur einer von 21–500 Patienten, bei denen eine Asystolie als Initialrhythmus diagnostiziert wurde.<sup>4</sup> In den letzten Jahren war die Anzahl an Patienten, die mit einem VF Initialrhythmus aufgefunden wurden, in Europa und den USA stetig rückläufig.<sup>30,31,35,38</sup> Grund hierfür könnte neben der oben genannten Verlängerung der Zeit bis zum Eintreffen des Rettungsteams ein proportionaler Rückgang der Zahlen an Patienten, die wegen Herzproblemen einen OHCA erleiden, sein. Zudem könnte durch den demographischen Wandel die Altersabhängigkeit der Organe mit verantwortlich sein.

Fünf Minuten nach Kreislaufstillstand beginnt neuronales Gewebe unwiederbringlich abzusterben.<sup>39</sup> Der Rettungsdienst ist in den seltensten Fällen so schnell vor Ort, und auch ein defibrillierbarer Rhythmus nützt nichts, wenn niemand in der Nähe ist, um eine lebensrettende Frühdefibrillation durchzuführen. Frühe CPR vermag das Überleben nach OHCA um den Faktor 2–3 zu steigern, sie ist der Kernpunkt der Ersten Hilfe bei Kreislaufversagen, ohne sie sinkt die Überlebenschance bei OHCA um 7–10% pro Minute. Würde jeder Zeuge eines OHCA sofort mit der kardiopulmonalen Reanimation beginnen, so könnten in Deutschland jährlich 10.000 und in

Europa 100.000 Menschen zusätzlich gerettet werden.<sup>40-43</sup> Grund für die Bedeutung der CPR ist, abgesehen davon, dass hierdurch die Perfusion der Organe aufrecht erhalten wird, dass durch die CPR der Übergang von defibrillierbarem Rhythmus zu einer Asystolie verzögert werden kann und somit der Zustand verlängert wird, in dem der Patient durch das Notfallteam defibrilliert werden kann; eine Erkenntnis, die schon James Jude während seiner Forschungen machte: "Compressing, what we believed was a dog's heart, from side to side, or on a flatter Boxer's chest, directly from front to back, the sternum against the heart and vertebral column, we were able to extend the time to successful defibrillation and neurologic survival of the animal to 3, 5, 10, and 60 minutes".<sup>17</sup>

Angesichts der Tatsache, dass 60% der präklinischen Kreislaufstillstände in privaten Räumlichkeiten auftreten und in einem Großteil der Fälle auch ein Zeuge anwesend ist, eröffnet sich hier die wohl vielversprechendste Chance, auf die unbefriedigenden Statistiken und Verläufe des out-of-hospital cardiac arrest Einfluss zu nehmen.<sup>44-48</sup>

## 4.2 Basic Life Support Rate

*„Aware of the 4-minute limit of Cardiac Arrest tolerance with conscious survival, we already in the 1950s recognized that the weakest link would be rapid initiation of resuscitation by bystanders.“ – P.Safar<sup>16</sup>*

Einmal mehr scheint diese Studie die Bedeutung des Basic Life Support in der Kette des Überlebens hervorzuheben. Auch wenn die Studienpopulation mit 44 Probanden eher klein war, so wurde das Outcome des Patienten hauptsächlich davon beeinflusst, ob Erste Hilfe Maßnahmen geleistet wurden oder nicht.

Wir kamen bei der Analyse der Daten zu keinem signifikanten Ergebnis, dass Basic Life Support zur Rückkehr eines Spontanrhythmus führt, was aber eher der kleinen Gruppe an Probanden geschuldet zu sein scheint, in der ein Standardfehler die Gesamtzahlen deutlich stärker beeinflusst, als einem tatsächlichen Mangel an Signifikanz, da unser P-Wert mit 0,0067

eine klare Tendenz aufweist. Dass die Signifikanz gemindert wird, wenn das Geschlecht und das Alter des Patienten hinzugezogen werden ( $P=0,078$ ), wirkt einmal mehr wie eine Konsequenz fehlender Daten. Nichtsdestotrotz weist dieser Wert auf einen Zusammenhang zwischen Basic Life Support und der Rückkehr zu einem Spontanrhythmus hin, auch wenn die mathematische Signifikanz nicht gegeben ist. In der Gruppe der Patienten, die BLS erhielten (26) überlebten 5 (19%), während lediglich 1 (6%) Patient in der Gruppe überlebte, die keine Herzdruckmassage von Ersthelfern erhielt (17).<sup>41,49-52</sup> Gerade der Basic Life Support ist in seiner Funktion als Brücke zwischen Kreislaufstillstand und Eintreffen des Rettungsteams ein unverzichtbares Element und entscheidender Faktor in der Rettungskette.

Pro 30 Patienten, die kardiopulmonale Reanimation von Laien erhalten, wird ein zusätzliches Leben gerettet, und in der Versorgung von Patienten mit prähospitalem Kreislaufversagen gilt die CPR durch Laien als effizienteste Möglichkeit, das Überleben und Outcome der Patienten zu verbessern.<sup>4,41,51,53,54</sup>

Stiell et al stellten in ihrer klinischen Studie in 17 kanadischen Städten fest, dass erweiterte Advanced Life Support Maßnahmen samt EMS Early Defibrillation Programm das Überleben von OHCA Patienten nicht erhöhen konnten und plädierten deshalb dafür, sich verstärkt auf die Erste Hilfe durch Laien und deren Ausbildung zu den Themen kardiopulmonale Reanimation und Umgang mit öffentlichen Defibrillatoren zu konzentrieren, da hier die Chancen auf eine Steigerung des Überlebens erfolgsversprechend seien.<sup>27</sup> Hierbei muss betont werden, dass das Outcome des Patienten nicht allein durch kardiopulmonale Reanimation (ja oder nein) beeinflusst wird, sondern dass deren Qualität ein weiterer entscheidender Faktor ist.<sup>42,51,52,55</sup>

Dies führt unweigerlich zu der Frage, was gute kardiopulmonale Reanimation ausmacht und wodurch sie beeinflusst wird. Als wichtige Eckpunkte einer qualitativ hochwertigen CPR gelten die korrekte Position der Hände auf der unteren Hälfte des Patientensternums, eine ausreichende Kompressionstiefe von ca. 5-6cm, eine Kompressionsrate von 100 – 120 Drücken pro Minute und eine vollständige Entlastung der Patientenbrust zwischen

den einzelnen Kompressionen. Auf alle 30 Kompressionen müssen 2 Beatmungen mit einem Tidalvolumen um 400-500ml folgen, die einen zeitlichen Rahmen von 10 Sekunden nicht überschreiten.

Hinzu kommen Faktoren, die von den Beteiligten nicht oder nur bedingt beeinflussbar sind, die aber dennoch mit qualitativ hochwertiger CPR und gutem neurologischen Outcome assoziiert sind. Hierzu zählen ein urbaner bzw. zentraler Schauplatz und mehrere Zeugen, die bestenfalls jünger als 65 Jahre sind<sup>56,57</sup>. Außerdem von Bedeutung ist der sozioökonomische Status der Gegend, in der das Opfer einen Kreislaufstillstand erleidet. So erhalten Patienten in ärmeren Nachbarschaften signifikant seltener CPR und haben eine geringere Überlebenschance.<sup>58</sup> In nordamerikanischen Städten lässt sich zudem ein Gefälle zwischen den Ethnien der Opfer feststellen: Demnach zählt hier neben niedrigerem Einkommen und geringem Bildungsstatus auch ein höherer Prozentsatz an schwarzen Anwohnern als Prädiktor nicht nur dafür, dass in einer Nachbarschaft seltener Erste Hilfe geleistet wird, sondern auch für eine höhere Inzidenz des OHCA selbst.<sup>59–63</sup>

Gründe für die unterlassene Hilfeleistung im Falle eines Kreislaufstillstands sind vorrangig die Angst, sich über die Mund-zu-Mund Beatmung mit einer Krankheit des Opfers zu infizieren, Sorge davor, keine adäquate CPR durchführen zu können oder dem Opfer sogar zu schaden, Mangel an Wissen oder Selbstbewusstsein, die Furcht davor, verklagt zu werden, Annahme, dass das Opfer bereits tot sei und Angst in der Situation im Allgemeinen.<sup>47,64–71</sup>

Die Anzahl der Patienten, die von Laien primär reanimiert wurden, war in unserer Studie mit 59% (26) höher als in den meisten vergleichbaren Veröffentlichungen, in denen die BLS Raten von 19,6% (Taipei, Taiwan), 28% (USA, LA), 40% (USA, Arizona), 44% (Schweden) und 44,9% (Dänemark) zu 55,2% (England) eruiert wurden.<sup>38,49,58,72–76</sup> Das deutsche Reanimationsregister gibt als deutschlandweiten Wert an, dass im Jahr 2015 in 34% der OHCA Laien den Patienten reanimierten, ein Wert, der 2010 noch bei 14% lag und seitdem fortwährend ansteigt, aber dennoch deutlich unter dem von uns ermittelten Wert liegt. Eine Erklärung hierfür könnte das bayerische Ersthelfer System sein, eine Kollaboration aus ausgebilde-

ten Mitgliedern lokaler Hilfsorganisationen und der Feuerwehr, die im Vorfeld zum Rettungsteam organisierte Erste Hilfe leisten, um die Zeit bis zum Eintreffen der professionellen Helfer zu überbrücken.<sup>77</sup> Ein weiterer Grund könnte, bezieht man die oben genannten Bedingungen, die qualitativ hochwertige CPR begünstigen, mit ein, die Tatsache sein, dass es sich bei Regensburg um eine Stadt mit vergleichsweise hohem Wohlstand handelt, in der es verhältnismäßig wenig ärmere Viertel gibt und dementsprechend tendenziell eine eher höhere Bereitschaft zur kardiopulmonalen Reanimation vorliegt.

Es bleibt die Frage, was man tun kann, um die Basic Life Support Bereitschaft weiter zu steigern und die kardiopulmonale Reanimation vom „heroischen Akt“ zu etwas Selbstverständlichem zu machen, um die Überlebenschancen der Opfer von Herz- und Kreislaufstillstand weiter zu verbessern.

Betrachtet man Länder wie Dänemark oder Schweden, die es geschafft haben, die Basic-Life-Support Rate ihrer Ersthelfer innerhalb von 10 Jahren fast zu verdoppeln, so fällt der hier gelegte Schwerpunkt zur Verbesserung dieser Zahlen schnell auf: Beide Länder haben in den vergangenen Jahren massiv in die Ausbildung ihrer Bürger und ihres medizinischen Personals investiert. Zusätzlich zu den verpflichtenden Erste Hilfe Kursen zum Erlangen des Führerscheins wurden in Dänemark Kurse in Grundschulen gegeben, 150 000 Kits zur Autoinstruktion von CPR wurden verteilt, die Anleitung zur CPR seitens der Notrufzentrale wurde verbessert, als Leitstellendisponenten arbeitet seit 2009 vermehrt medizinisches Personal, und es wurden zahlreiche neue externe Defibrillatoren an öffentlichen Orten installiert. Während Letztere nach wie vor sehr selten zum Einsatz kommen, konnte mit den übrigen Maßnahmen die BLS-Rate und damit auch das Ein-Jahres-Überleben der Patienten signifikant gesteigert werden.<sup>74</sup>

In Schweden führte eine Lehr-Kaskade, in der Ausbilder-Trainer eine Gruppe Ausbilder unterweisen, die wiederum Laien in CPR trainieren, zu einer Anzahl von über 2 Millionen BLS-kompetenten Schweden, einem Bevölkerungsanteil von 25%, was zusammen mit weiteren Maßnahmen

wie einer intensivierten Dispatcher Unterweisung ebenfalls zu einer annähernden Verdoppelung der CPR-Rate führte.<sup>78</sup>

Dass Aus- und Weiterbildung somit der Schlüssel zu vermehrter Erster Hilfe sind und dass das Verständnis hierfür wächst, spiegelt sich in der Tatsache wider, dass heutzutage in vielen Ländern ein entsprechender Kurs obligat für den Erwerb der Fahrerlaubnis ist. Jedoch gilt es, sich bewusst zu machen, dass ein einziger Erste Hilfe Kurs noch lange keinen guten Ersthelfer auf Lebenszeit hervorbringt. Tatsächlich ist für qualitativ guten Basic Life Support mehr als ein einmaliger Tageskurs nötig, da man gerade von den erlernten praktischen Fähigkeiten innerhalb eines Jahres nach Training einen Großteil vergisst oder verlernt: 6 Monate nach BLS-Training konnten in Chamberlains et alii Studie nur noch 7% der Probanden eine sichere und effektive CPR leisten, während 39% sowohl ineffektiv als auch potentiell gefährdend reanimierten<sup>79,80</sup>. Andresen et al konnten ihrerseits aufzeigen, dass die Dauer des initialen Erste Hilfe Kurses, ob nun 2, 4, oder 7 Stunden lang, eher sekundär ist, entscheidend sei eine Wiederholung des Gelernten 6 Monate nach dem ersten Kurs, denn nur so blieben die Fähigkeiten 12 Monate nach dem ersten Kurs, verglichen mit der Kontrollgruppe, qualitativ auf dem gleichen Stand.<sup>81</sup> Tatsächlich scheint eine wesentliche Komponente der guten Laienreanimation eine stetige Wiederholung der erlernten Fähigkeiten und Kenntnisse zu sein. Dies kann auch durch Audio- und Videomaterial oder über Animationen auf dem Handy erfolgen. Hauptsache bleibt, dass die Abläufe und Maßnahmen stetig in das Gedächtnis zurückgerufen werden.<sup>82,83</sup>

Auch sollte uns bewusst sein, dass wir, indem wir es auf einem einmaligen Erste Hilfe Kurs beim Erlangen des Führerscheins beruhen lassen, zwei wichtige Gruppen an Ersthelfern ausschließen: Zum einen wären das Kinder, die, entgegen den Erwartungen, durchaus in der Lage sind, bereits ab einem Alter von 9 Jahren effektive Erste Hilfe, inklusive CPR, AED Anlage und Absetzen eines Notrufes zu leisten.<sup>84</sup> Zum anderen ließen wir Senioren außen vor, bei denen der Erste Hilfe Kurs oftmals noch nicht zum Erlangen der Fahrerlaubnis benötigt wurde oder entsprechend schon so lang zurückliegt, dass es fragwürdig ist, ob die damaligen Empfehlungen

den heutigen Anforderungen an eine hochwertige kardiopulmonale Reanimation noch gerecht werden. Da auch Menschen zwischen 50 und 75 Jahren zu adäquat ausgeführter Reanimation in der Lage sind, wäre konsequentes Basic Life Support Training in dieser Zielgruppe besonders wichtig, nicht nur, da die über 16,5 Millionen Menschen in Deutschland über 65 eine beachtliche Gruppe an potentiellen Ersthelfern sind, sondern vor allem, weil es in den meisten Fällen Senioren sind, die einen Herz-Kreislauf-Stillstand bezeugen und gerade das Outcome von Patienten, die in den eigenen Wänden ein Kreislaufversagen erleiden, besonders schlecht ist.<sup>46,85-87</sup>

Zuletzt ist es vielleicht auch nötig die Qualität unserer „Erste Hilfe Kurse“ selbst kritisch zu hinterfragen und zu eruieren, ob es hierbei tatsächlich um die Vermittlung lebensrettender Maßnahmen oder in erster Linie um das Abhaken einer lästigen Pflicht geht. Parnell und Larsen untersuchten in ihrer Veröffentlichung die Qualität von CPR-Kursen in Neuseeland und kamen zu dem Ergebnis, dass im Schnitt pro Kurs insgesamt nur 26 Minuten lang CPR geübt wurde, nur in 57% der Kurse wurde über die Relevanz früher Defibrillation gesprochen und in 71% wurden Zertifikate ausgestellt, auch wenn die Teilnehmer keine adäquate kardiopulmonale Reanimation durchgeführt hatten<sup>88</sup>. Ob es sich hierbei um ein Phänomen handelt, das auch in Deutschland vorkommt, bleibt zu untersuchen. Tatsache ist jedoch, dass man sich, wenn man nach Fehler- und Optimierungsquellen für eine optimale Versorgung durch Ersthelfer sucht, bewusst sein muss, dass eine adäquate Laienreanimation nur so gut sein kann, wie die Kurse, in denen sie gelehrt wird.

### **4.3 Überleben bis zur Übergabe im internationalen Vergleich**

Vergleicht man unsere Daten mit anderen internationalen Studien, so ist das Überleben bis zur Krankenhausübergabe von 6 (14%) Patienten niedriger, als in vielen anderen Studien, in welchen die Zahlen für die Entlassung aus dem Krankenhaus ähnlich sind (Österreich-Wien 19,5%, Deutschland-Bonn 16%, Kroatien 14,3%, Deutschland-Heidelberg 14%, Finnland-Tampere 13%, Neuseeland-Auckland 13%, England 7,9%,

europäischer Schnitt 10,3%), die Zahlen für die Krankenhaus-Übergabe dagegen deutlich besser ausfallen (Kroatien 29%, England 25,8%, europäischer Schnitt 25,2%).<sup>44,75,76,89-93</sup>

Die Gründe für diese unterhalb des Durchschnittes liegenden Zahlen sollten unter der Fragestellung untersucht werden, ob es sich hierbei tatsächlich um eine Repräsentation dauerhafter Zustände handelt oder ob sie nur ein weiterer Nachteil einer kleinen Studienpopulation und ihrer mangelnden Signifikanz sind.

Ein Grund für die verschiedenen Ergebnisse könnte unsere direkte Übertragung der Daten vom Protokoll zur Evaluation sein, die den Zwischenschritt einer zentralen Sammlung der Daten, die eine Umänderung oder Anpassung der Daten erlauben würde, überspringt und somit keine Möglichkeit der „Schönung“ lässt.

#### **4.4 Überleben in Bezug auf Leitlinientreue**

Bildet man zwei Gruppen gemäß der Frage, ob das Rettungsteam leitlinientreu agierte oder nicht und lässt hierbei die Frage, ob eine telefonische Anleitung zur Reanimation stattgefunden hat, außen vor, so kommt man zu dem Ergebnis, dass die Patienten, die leitlinientreu behandelt wurden eine deutlich höhere Mortalitätsrate hatten, als jene, die nicht komplett nach den aktuellen Leitlinien versorgt wurden (72% (13) vs. 15% (4)).

Der Unterschied hinsichtlich des mittleren Alters (72 vs. 58 Jahre) ist ein Aspekt, der dieses ernüchternde Outcome plausibel erscheinen lassen mag, aber einmal mehr fällt auf, dass die Basic Life Support Rate in der leitlinientreuen Gruppe mit einer Mortalität von 72% mit ihren 44% (8) deutlich geringer ist, als die Basic Life Support Rate in der nicht-leitlinientreuen Gruppe (72% (18)), die eine Mortalität von 18% aufweist.

Dies führt zu der Überlegung, dass Basic Life Support nicht nur einen entscheidenden Einfluss auf das Outcome des Patienten hat, sondern vielmehr der Schlüsselfaktor in der Behandlung des prähospitalen Herzversagens zu sein scheint, mit der eingehaltenen Leitlinientreue nur an zweiter Stelle. Auch wenn Forscher aus Kroatien keinen Zusammenhang zwischen der

Erfahrung des Notarztes und dem Outcome des Patienten finden konnten, sollten zukünftige Forschungen sich mit der Frage beschäftigen, ob eine gründlichere Einhaltung der Leitlinien mit einem weniger erfahrenen Notfallteam in Zusammenhang steht, das sich strikter auf die Empfehlungen des European Resuscitation Councils zur Therapie des Patienten verlässt, aber im Ausführen von Maßnahmen wie der Intubation oder dem Legen von Zugängen mangels Routine und Erfahrung zeitliche Verzögerungen verursacht, die somit zu einer verzögerten Krankenhausübergabe und einer höheren Mortalität führen könnten.<sup>93</sup>

Ohnehin gilt es zu hinterfragen, ob man Leitlinien-treue mit einem wünschenswerten Outcome gleichsetzen kann.

Reynolds et al konnten in einer Analyse von 119 Untersuchungen zeigen, dass die in Tierversuchen eruierten Vorteile von Leitlinien-empfohlenen Medikamenten kaum auf den Menschen übertragen werden können, da die Zeit bis zur Verabreichung in besagten Studien nur die Hälfte von der Zeitspanne ausmacht, die in einer tatsächlichen präklinischen Reanimationssituation bis zur Verabreichung von Pharmazeutika verstreicht.<sup>94</sup>

Olasveengen et al zeigten ihrerseits 2009 in einer Studie, die den Nutzen von in den Leitlinien empfohlenen Medikamenten hinterfragte, auf, dass die Verabreichung von Pharmazeutika im Zuge des Advanced Life Support bei OHCA keinen signifikanten Vorteil im Überleben bis zur Krankenhaus-Entlassung, der Qualität der CPR oder dem Langzeitüberleben bietet.<sup>95</sup>

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Kudenchuk et al., die in einer randomisierten Doppelblindstudie in verschiedenen Standorten Nordamerikas keinen signifikanten Überlebens- oder Outcome-Vorteil von Amiodaron und Lidocain gegenüber der Gabe eines Placebos bei OHCA feststellen konnten<sup>96</sup>. Und der European Resuscitation Council selbst schreibt in seinen Guidelines von 2015, dass sich die Empfehlungen für Medikamente in der Wiederbelebungssituation im Vergleich zum Bericht von 2010 nicht geändert hätten, aber dass die generellen Zweifel am Einfluss von Medikamenten auf das Outcome bei OHCA zugenommen hätten.<sup>37</sup>

Auch die Bedeutung der Ventilation und somit die Einheit der klassischen

Herzdruckmassage aus 30 Kompressionen auf das Sternum, gefolgt von 2 Beatmungshüben, ist schon so lang umstritten, wie es die Herzdruckmassage gibt. In ihrer 1960 erschienenen Veröffentlichung im JAMA stellten bereits die „Urväter“ der modernen Rettungsmedizin, Kouwenhoven, Jude und Knickerbocker, fest: ‘Closed-chest cardiac massage provides some ventilation of the lungs, and if there is only 1 person present in a case of arrest, attention should be concentrated on the massage.’<sup>97</sup> Nun mag diese Prioritätensetzung dem Umstand geschuldet gewesen sein, dass die Forschungen zur Ventilation bei Wiederbelebung von den Kollegen aus der Anästhesie, Peter Safar und James Elam, stammte, während die als wichtiger erachtete Herzdruckmassage von Kouwenhoven, Jude und Knickerbocker selbst publiziert wurde. Aktuell geben zahlreiche Paper dem Forscherteam um Kouwenhoven jedoch Recht und stellen den Wert der Ventilation in Frage, da in zahlreichen Studien die chest-compression-only CPR äquivalente und oftmals sogar bessere Ergebnisse hinsichtlich des Überlebens und des neurologischen Outcomes liefern konnte.<sup>49,98–107</sup>

Als Vorteile werden hierbei vor allem hervorgehoben, dass die CCCPR einfacher zu erlernen sei und sich durch den fehlenden Wechsel von Druckmassage zu Beatmung nicht nur die Hands-off-time verkürze, sondern auch der Beginn der Wiederbelebung deutlich eher gestartet werden könnte, da vor allem das Öffnen der Atemwege für Laien eine große Herausforderung darstellt, die nicht selten große Verzögerungen verursacht.<sup>108–111</sup> Zudem fielen Bedenken hinsichtlich eventueller Infektionen am Patienten weg, die als einer der Hauptgründe gelten, weshalb Laien keine kardiopulmonale Reanimation vornehmen.<sup>64,112–114</sup>

Peter Safar, der selbst maßgeblich an der Entwicklung der kardiopulmonalen Reanimation, wie wir sie heute kennen, mitgewirkt hat, sieht in der strikten Behandlung gemäß Leitlinien ebenfalls ein Problem: In seiner Rede anlässlich des 50-jährigen Jubiläums der modernen CPR bemängelt er, dass man sich in der Notfallmedizin zu sehr auf eine Leitlinientreue und darauf, dass die CPR zu viele Mängel aufweist, fokussiere. Im Vordergrund stehe, dass man zu langsam und zu wenig auf die Brust drücke, es zu oft Unterbrechungen gäbe und man sich falsch über

den Patienten beuge, was alles den Behandlungserfolg mindere. Stattdessen solle man doch hinterfragen, ob es bei den gegebenen individuellen Unterschieden in Größe, Steife des Brustkorbes, Grund des Herzstillstandes und dessen Pathologie, Länge des Herzstillstandes und physischer sowie physiologischer Parameter, die sich fortlaufend während der CPR änderten, überhaupt einen „eine-Methode-für-alles“ Ansatz geben könne. Vielmehr schiene es, dass die Uneinigkeiten darüber, ob Ventilation während der Herzdruckmassage nötig sei oder nicht, oder ob man Pharmazeutika verabreichen sollte, oder nicht, darin läge, dass nicht eine einzige Strategie alle Bedürfnisse erfüllen könne. Safar wirft ferner die Überlegung auf, dass die optimale Versorgung bei Herzstillstand vermutlich nicht durch eine komprimierte Sicht des Herzversagens als ein lineares Zusammenspiel verschiedener Faktoren erreicht werden könne, sondern indem man das Ganze als Problem eines komplexen Systems miteinander verbundener Elemente betrachtet, in dem die Veränderung eines Parameters auch die anderen Variablen beeinflusst. Safars Schlussfolgerung sieht vor, zukünftig die bisher verfügbare Feedback-Technologie um raffiniertere, aber dennoch für den Noteinsatz realisierbare Monitoring-Maßnahmen zu erweitern, um ein besseres Verständnis unseres Handelns und der Patientenreaktion darauf zu erlangen.<sup>1</sup>

#### 4.5 Telefonische Anleitung zur Reanimation -Telefonreanimation

Was in den Ergebnissen unserer Untersuchung auffiel, war die mangelhafte Anweisung hinsichtlich BLS Instruktionen seitens der Rettungsleitstelle, die die Notfalleinrufe entgegennahm. Im europäischen Mittel wird in 30% der Notrufe von der Zentrale zur Ersten Hilfe und Herzdruckmassage angeleitet.<sup>76</sup> In unserer Studie leitete die Zentrale in 41 (93%) der Fälle den Anrufer nicht zum Basic Life Support an, ein Versäumnis, dessen Gründe unbedingt evaluiert werden sollten, da die Instruktionen der Zentrale ein weiterer Faktor sein könnten, der das Outcome und Überleben der Patienten verbessert.<sup>115-117</sup>

Eingeführt wurde die telefonische Anleitung der Reanimation erstmals in den 70er Jahren in Nordamerika von Dres Cobb, Kopass und Eisenberg, die in Seattle ein großangelegtes Rettungsprojekt bei Herz-Kreislaufversagen starteten, in dessen Rahmen Laien in CPR trainiert, Rettungshelfer geschult und die 911 Notrufzentralen zur besagten Reanimationsanleitung ausgebildet wurden.<sup>118</sup>

Seitdem wurde die Maßnahme zur telefonischen CPR Anweisung weitreichend erforscht, auch wenn die Studien bezüglich ihrer Effizienz und ihres Einflusses auf das Outcome des Patienten zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen.

Grund hierfür scheint vor allem die Tatsache zu sein, dass die telefonische Anweisung zur CPR zwar nachweislich die Inzidenz der kardiopulmonalen Reanimation steigert, die Qualität der CPR selbst aber oftmals schlecht ist.<sup>110,119-121</sup> Somit sollte die Überlegung weniger in Frage stellen, ob Reanimationsanweisungen via Telefon sinnvoll sind, sondern vielmehr wie man diese gestalten sollte, um das Outcome des Patienten positiv zu beeinflussen.

Ein sehr häufig genanntes Problem der Leitstellen assistierten Telefon-CPR ist das Unvermögen vieler Ersthelfer, Auskunft darüber zu geben, ob der Patient atmet oder nicht, gepaart mit dem Unvermögen der Zentrale, die richtigen Fragen zu stellen, um eben diese Information zu erhalten. Gerade Schnappatmung, die einen sofortigen Beginn von CPR nötig macht, wird von Ersthelfern oft als reguläre Atmung interpretiert, was dazu führt, dass

die Ergebnisse, wann die Zentrale einen OHCA über das Telefon als solchen zu erkennen vermag in verschiedenen Studien zwischen 38 und 97% variieren.<sup>122–125</sup>

Eine bloße Beschreibung der Atmung durch den Ersthelfer scheint nicht zielführend: In der Studie von Fukushima et al, in der eben dies von den Probanden erfragt wurde, leiteten die Dispatcher nach Beschreibung des Atemmusters nur in 28% der OHCA Fälle zur CPR an, da aus der Beschreibung der Helfer die Schnappatmung nicht als solche hervorging<sup>126</sup>. Travers et al kamen zu dem Schluss, dass die Dispatcher in ihrer Studie jeden OHCA als solchen identifizieren konnten, wenn sie den Ersthelfer aufforderten die Hand auf das Abdomen des Opfers zu legen und die Atemfrequenz über den Hörer durchzugeben.<sup>109</sup> Ob dies eine Maßnahme ist, die auch in anderen Studien zu einem entsprechenden Erfolg führt, sollte eruiert werden. Im Zweifel, ob der Patient tatsächlich atmet oder dies durch Schnappatmung nur so scheint, sollte die Zentrale in jedem Fall zur Reanimation anleiten, da die Risiken für den Patienten im Zuge einer fälschlich begonnenen CPR, beispielsweise Rippenbrüche, Lungenkontusionen und Leber- oder Magenverletzungen, als geringer einzuschätzen sind, als die Folgen unterlassener CPR bei präklinischem Herzversagen.<sup>127, 128, 129</sup> Eine weitere Hürde, an der viele Ersthelfer scheitern, ist das Öffnen der Atemwege auf Anweisung der Dispatcher. Bis zum Beginn von Ventilation und Herzdruckmassage geht oftmals wertvolle Zeit verloren, was von einigen Seiten, so auch von offizieller Seite durch den ERC, zu der Empfehlung führte, untrainierte Laien über das Telefon eher zur chest-compression-only CPR anzuleiten, um keine Zeit zu verlieren, was das Outcome nicht negativ zu beeinflussen scheint.<sup>37, 110, 130, 131</sup>

Was die Qualität der Reanimation durch den Ersthelfer in einigen Studien positiv beeinflussen konnte, ist ein kontinuierliches Feedback seitens des Dispatchers. Statt einer einmaligen Anweisung zur CPR wiesen Birkenes et al anhand von vorherigen Studien und deren Fehlerquellen die Dispatcher in ihrer Studie dazu an, kontinuierlich Anweisungen, Rhythmusvorgaben und Ermutigungen durch das Telefon durchzugeben und regelmäßige Aufforderungen, die Kompressionen laut mitzuzählen, was in der

Versuchsgruppe mit modifizierten Anweisungen zu einer höheren Anzahl an chest compressions, einer häufigeren Druckrate zwischen 90 und 120/min und einer geringeren hands-off Zeit führte. Durch die in dieser Gruppe gegebenen Anweisungen kam es zwar auch zu einer längeren Zeitspanne bis zum ersten Druck auf das Sternum des Patienten (144 vs. 84sek.), dies scheint jedoch dadurch gerechtfertigt, dass eine leicht verzögerte CPR von hoher Qualität einer sofort beginnenden CPR schlechter Qualität weit überlegen ist. Interessanterweise gab es hierbei bezüglich der Qualität der CPR in den Testgruppen keine signifikanten Unterschiede bezüglich Bildung, Demographie oder vorherigen BLS Trainings.<sup>132</sup>

Generell scheint es längst überfällig, dass in westlichen Ländern Standards für die telefonische Anleitung zur Reanimation entwickelt werden, um deren Qualität beurteilen zu können sowie die Etablierung eines einheitlichen Bewertungssystems, um eine Reflexion der Dispatcher assistierten Wiederbelebung zu ermöglichen.<sup>133</sup>

Ein Vorbild hierfür könnte das japanische continuous quality improvement project for telephone assisted cardiopulmonary resuscitation (CQI) Programm sein, seit dessen Einführung 2007 die Inzidenz von durch das Telefon angeleiteter Reanimation und CPR selbst signifikant angestiegen ist und das in der Studie von Tanaka et al als eigenständiger Faktor mit einem Ein-Jahres-Überleben mit gutem neurologischem Outcome assoziiert wurde. Besagtes Programm besteht aus verschiedenen Punkten, die auf eine optimale Vorbereitung der Dispatcher abzielen: So enthält es ein standardisiertes Protokoll, das den Ersthelfer zur chest-compression-only CPR anleitet und bildet Dispatcher gezielt dahingehend aus, OHCA Opfer mit Schnappatmung, Erbrechen oder Krämpfen über das Telefon sowie einen bevorstehenden Herzstillstand erkennen zu können. Es weist zur Absprache der Dispatcher mit dem Rettungsdienst an, um etwaige Diskrepanzen bezüglich der gegebenen Informationen zu erkennen, und es weist den Dispatcher an, den Ersthelfer regelmäßig zurück zu rufen oder ihm die Nummer der Zentrale zum erneuten Anruf zu geben, sollte sich an der vorgefundenen Situation etwas ändern. Ein weiterer Aspekt, in dem Japan dem Westen ein Stück voraus scheint ist, dass seit 2004 die

Feuerwehr-Zentrale, die mit der Aufgabe der Telefon-assistierten CPR vertraut ist, bei jedem Patienten, bei dem keine Anleitung zur CPR stattgefunden hat, die Gründe hierfür notieren muss.<sup>115</sup>

Gründe, wieso keine CPR durch den Ersthelfer trotz Anweisungen stattfindet, sind neben einem Unvermögen aus emotionalen oder physischen Gründen das Eintreffen des Rettungsteams vor Ort bei zu langem Zeitverlust durch Schilderung von Lokalisation und Art des Problems, eine Verweigerung zur Reanimation, ineffiziente und damit mehrfach benötigte Wiederholungen von Atemwegsöffnung und Ventilation, ein bereits verstorbener Patient oder auch eine vorliegende Patientenverfügung.<sup>134,135</sup>

Ein Hilfsmittel für die zukünftige Form der Dispatcher assistierten Telefon-Reanimation könnten Smartphones und Videotelefonie werden. Johnsen und Bolle erhielten in ihrer Studie mit gespielten Szenarien von Dispatchern, die entweder mit Video- oder herkömmlicher Telefonie zur Reanimation anleiten sollten das Feedback, dass durch die visuellen Zusatzinformationen nicht nur eine Einweisung zur kardiopulmonalen Reanimation leichter fiel und auch die Bewertung der CPR selbst einfacher sei, was entsprechendes Feedback und somit eine insgesamt qualitativ höherwertige Reanimation begünstige.

Yang et al fanden ihrerseits, dass die Probanden ihrer Studie in der Videotelefon-assistierten Gruppe häufiger die Atemwege korrekt öffneten, den Kopf öfter korrekt überstreckten und größere Atemzugvolumina gaben, was ebenfalls der Qualität der bisherigen Dispatcher-assistierten CPR zu Gute käme.<sup>111</sup>

Inwieweit sich die Qualität der Telefon-assistierten CPR durch entsprechende Maßnahmen steigern und verbessern lässt und ob dies das Outcome der OHCA Patienten auch bei uns dauerhaft zu verbessern vermag, müssen zukünftige Studien zeigen. Fakt ist auf jeden Fall, dass die Anleitung zur CPR seitens der Zentrale eine sinnvolle Maßnahme ist und dass dringend eruiert werden sollte, wieso eben dies in unserer Studie in 93% der Fälle nicht geschah.

## 4.6 Dokumentation

Ein eindrücklicher Aspekt bei der Auswertung war die mangelhafte Dokumentation, die sich als roter Faden durch nahezu alle Protokolle zog: In 13 (30%) der Fälle lag lediglich das neu entworfene Reanimationsprotokoll vor, nicht jedoch das Standard DIVI Protokoll. Da alle unsere Daten anonymisiert wurden, war eine nachträgliche Zuordnung dementsprechend nicht mehr möglich. Dies und eine generelle Unvollständigkeit des standardmäßigen DIVI Protokolls selbst führten zu einem Verlust folgender Daten:

11 (27%) der Protokolle enthielten keine Angaben zur Atemwegssicherung des Patienten, 15 (34%) ließen die Glasgow Coma Scale außen vor, in 17 (39%) Protokollen fand sich keine Information zum Pupillenstatus, in 21 (48%) der Fälle blieb der Verlauf unklar, das neurologische Outcome fehlte in 34 (77%) der Protokolle und der Blutdruck wurde bei 36 (82%) Patienten nicht notiert.

Dieser Mangel an Dokumentation sollte dringend verbessert werden, nicht nur für zukünftige Studien und das Qualitätsmanagement, sondern auch, weil jede fehlende Information das Rettungsteam von juristischer Seite angreifbar macht, ganz gleich ob tatsächlich Fehler gemacht wurden oder der Einsatz nicht zu beanstanden war. Nichtsdestotrotz war es unser Anliegen, Regensburgs Rettungseinsatz-Management so zu zeigen wie es ist und nicht wie es gerne wahrgenommen wird, da selbst fehlende Daten einen Wert an Information bieten und für unsere Untersuchung geboten haben.

Dies ist auch der Grund, warum wir unsere Studie auf einen lokalen Bereich beschränkt haben: Auch wenn durch die kleine Gruppe an Patienten sowie die fehlenden Daten einige statistische Schlüsse nicht gezogen werden können, die man mit mehr Informationen und einer größeren Stichprobe hätte generieren können, schien es uns wichtig, den Status quo der Rettungsteams in unserer Region zu erheben, um unsere Fehler zu analysieren und Verbesserungsvorschläge zu erarbeiten, bevor wir einen Schritt weitergehen, da jede Optimierung das Wissen über die Strukturen, die man verbessern möchte, voraussetzt.

#### 4.7 Zukünftige Strategien in der Behandlung des präklinischen Kreislaufversagens

Bereits wenige Jahre nach der Veröffentlichung von Kouwenhovens et al Ergebnissen im JAMA Anfang der 1960er Jahre gab es erste Anregungen dazu, den Kreislauf von Patienten mit prolongiertem Stillstand über extrakorporale Membran-Oxygenierung (ECMO) aufrecht zu erhalten und das Leben der Patienten auf diese Weise zu retten.<sup>136</sup> Was damals mangels Technik und Umsetzbarkeit zunächst eine Überlegung blieb, ist Jahrzehnte später zwar noch lang keine Routine, jedoch in jedem Fall ein stark beforschtes Gebiet, in das angesichts der konstant ernüchternden Ergebnisse des Outcomes von OHCA einige Mediziner ihre Hoffnung legen. Als großer Nachteil der konventionellen Herzdruckmassage gilt vor allem, dass selbst bei optimal durchgeführter CPR lediglich 25-30% des sonst üblichen Blutvolumens durch den Körper gepumpt werden.<sup>137</sup> Die extrakorporale kardiopulmonale Wiederbelebung (ECPR) mit ECMO bietet im Gegensatz hierzu vom ersten Moment der Anlage eine suffiziente Perfusion und Oxygenierung des Gewebes, was in zahlreichen Studien nicht nur zu einem besseren Überleben, sondern vor allem zu einem deutlich besseren neurologischen Outcome führte<sup>138-144</sup>. Dadurch, dass die ECMO auch das Herzgewebe suffizienter vor irreversiblen Ischämien schützen kann, könnte bei kardiologischer Genese des Kreislaufstillstandes zudem eine zeitliche Brücke bis zur Herzkatheterbehandlung geschlagen werden, was die Wahrscheinlichkeit der Rückkehr der spontanen Herzaktion deutlich zu erhöhen vermag.

Zudem lässt sich die Technik der ECMO über einen Temperatur-Regler mit therapeutischer Hypothermie kombinieren, einem Behandlungsansatz, bei dem durch Herabkühlen der Körperkerntemperatur der Stoffwechsel der Zellen verlangsamt und somit die Ischämierate des Gewebes herabgesenkt wird; ein Procedere, das ebenfalls eine Verbesserung des neurologischen Outcomes aufzeigen konnte<sup>145</sup>.

Ein weiterer Aspekt, der für die extrakorporale Wiederbelebung spricht ist, dass auf diese Weise Reperfusionverletzungen, wie sie oftmals nach herkömmlicher kardiopulmonaler Wiederbelebung auftreten, vermieden werden können.<sup>146</sup>

Hierbei kommt es durch den Sauerstoffmangel im nicht ischämischen Gewebe zur Bildung von freien Sauerstoffradikalen, die die Zellmembran schädigen und die Kumulation von neutrophilen Granulozyten im Gewebe anregen, die ihrerseits wieder Sauerstoffradikale freisetzen. Mit dem Wiederherstellen des Blutkreislaufs wird neuer Sauerstoff zur Bildung von weiteren Sauerstoffradikalen bereitgestellt, was zu Gewebsazidose, Ödemen, Hyperkaliämie, Gerinnungsstörungen und Organversagen führen kann.

Da die Reperfusion bei Therapie mit extrakorporaler Kreislaufpumpe kontrolliert erfolgt, kann diese Behandlungsmethode bei hypothermischem Herzversagen selbst nach Zeitspannen von 90-120min noch eine Wiederbelebung ohne neurologischen Schaden ermöglichen.<sup>147,148</sup> Dass sich bei besagter kontrollierter Reperfusion das zeitliche Intervall, in der das Gewebe vorher ischämisch gewesen sein kann, verlängert, nutzten Trummer et al und entwickelten auf dieser Basis CARL (Controlled automated reperfusion of the whole body), ein extrakorporales Verfahren, das darauf beruht, die gewöhnlichen Reperusionsbedingungen wie beispielsweise hohen arteriellen Druck, einen pulsatilen Blutfluss oder eine sofortige Hypothermie zu modifizieren und durch eine gleichzeitige Optimierung von pH-Wert, Osmolarität, Calciumgehalt etc. optimal organschonend anzupassen<sup>147</sup>. Dieser Ansatz unterstreicht einmal mehr die oben angeführte Überlegung, dass die individuelle Therapie des Einzelnen (statt einem bestimmten Schema für alle) ein entscheidender Faktor in der Behandlung des präklinischen Herzversagens sein kann.

Als möglichen Prädiktor dafür, ob ein extrakorporales Wiederbelebungsverfahren für einen Patienten sinnvoll ist oder nicht, könnte laut Kunihiko et al. die Pupillenweite des Patienten sein: In ihrer 2013 veröffentlichten Studie fand das Forscherteam einen Zusammenhang zwischen dem Pupillendiameter des Patienten und dessen neurologischem

Outcome. Entsprechend schien in dieser Studie bei einem Pupillendurchmesser  $>6\text{mm}$  bei Ankunft im Krankenhaus die ECPR kontraindiziert.<sup>142</sup> Su Jin et al befanden vor allem junge Patienten, Patienten deren Herzversagen beobachtet wurde und generell Patienten, die eine kardiopulmonale Wiederbelebung über eine Zeitspanne von 21 Minuten hinaus benötigen, als geeignet für die Anlage der ECPR.<sup>149</sup>

Trotz aller erfolgversprechenden Studien auf dem Gebiet der extrakorporalen Wiederbelebung sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass diese Behandlungsmethode und die damit generierten Studienergebnisse einige Limitierungen mit sich bringen. Zunächst sei angemerkt, dass es sich hierbei um Maßnahmen handelt, die in ausgewählten Zentren von besonders geschultem Personal durchgeführt werden. Eine standardisierte Behandlung des OHCA durch ECPR wirkt, angesichts des damit verbundenen Aufwands seitens Personal, Kosten und Management von Risiken und Nebenwirkungen, kaum realisierbar. Allein die Anlage eines extrakorporalen Kreislaufsystems ist ein aufwändiges Unterfangen, für das es bis zum jetzigen Zeitpunkt keine standardisierte Anlagemethode gibt, das außerdem die Unterbrechung einer begonnen CPR nötig macht und somit unweigerlich zu einer Steigerung der hands-off time führt. Zudem besteht immer das Risiko einer Blutung, sei es an der punktierten Stelle oder in den Retroperitonealraum und die Gefahr der Thrombenbildung. Als Folge der manipulierten Strömungsverhältnisse bei Anlage einer ECMO in die Femoralgefäße droht zudem die Ischämie des betroffenen Beines. Um Embolien und Thromben zu vermeiden ist ferner die Antikoagulation des Patientenblutes unerlässlich, welche das Risiko für Blutungen weiter erhöht und deren Management zusätzlich erschwert. Auch Nierenversagen, Hämolyse und die disseminierte intravasale Gerinnung zählen zu den möglichen Komplikationen der ECMO Therapie.

Weitere Punkte, die zur Vorsicht vor zu viel Euphorie angesichts der oftmals sehr guten Ergebnisse vieler Studien zum Thema ECPR mahnen ist zum einen die Tatsache, dass Behandlungskonzepte wie beispielsweise das oben erwähnte CARL sich derzeit nur auf einen Erfahrungsschatz bestehend aus Tierversuchen und wenigen Fallbeispielen stützen können

und zum anderen, dass, wie von Su Jin et al empfohlen, vor allem junge Patienten für die extrakorporale Behandlung ausgewählt werden, was angesichts der deutlich besseren Genesungschancen dieser Klientel eine schlüssige Behandlungsprämisse ist, jedoch die Erwartungen an das gängige OHCA Management verfälscht, da vom präklinischen Herzstillstand in erster Linie Patienten über 60 Jahre betroffen sind, deren Outcome-Ergebnisse unter Umständen ganz anders ausfallen, als die ihrer jüngeren Leidensgenossen.

In den Leitlinien des ERC wird empfohlen, die ECPR bei Patienten in Erwägung zu ziehen, bei denen initial durchgeführte ALS Maßnahmen nicht von Erfolg sind und/oder um bestimmte Interventionen, wie beispielsweise eine Koronarangiographie, eine pulmonale Thrombektomie oder eine PCI durchzuführen. Gleichzeitig betont der European Resuscitation Council dass weitere randomisierte Studien, sowie ein Register für ECPR Patienten notwendig sind, um Vorteile, Kosten und Risiken dieser Maßnahme besser bewerten und Leitlinien hierfür erstellen zu können.

#### **4.8 Ausblick**

Basierend auf Literatur und Ergebnissen unserer Studie ist der Bedarf an weiterer Forschung gegeben, deren Fokus sich auf verschiedene Aspekte des Rettungsdienstes konzentrieren sollte.

Zunächst gilt es zu eruieren, ob die von uns erhobenen Parameter vier Jahre später zu gleichen Ergebnissen führen würden oder ob der zeitliche Progress zu anderen Outcomes führt, sei es durch Wechsel im Personal, neue Vorgehensweisen im Management von OHCA oder Änderungen in der Bereitschaft zur CPR seitens der Ersthelfer. Änderungen der Ergebnisse seit dem Inkrafttreten der ERC Leitlinien von 2015 sollten ebenfalls eruiert werden, auch wenn dies überraschend käme, da seit den Leitlinien von 2010 keine Änderungen vorgenommen wurden, die die Analyse unserer Daten betreffen bzw. verändern würden.

Auch auf eventuelle Änderungen in der Dokumentation hinsichtlich Vollständigkeit der Angaben sollte Augenmerk gelegt werden, da dies einer der auffälligsten Mängel unserer Studienergebnisse war.

Des Weiteren gilt es die Gründe zu eruieren, warum die Notfallzentrale die Anrufer nicht zur Reanimation anleitete, um die Rate an Laien, die CPR an OHCA Opfern vornehmen, weiter zu steigern.

Für die Evaluation der Effizienz von Regensburgs Pilotprojekt, dem ECMO-Mobil, einem seit 2014 bestehenden Projekt, bei dem ein mit den für eine ECPR benötigten Utensilien ausgestattetes Rettungsteam direkt zum OHCA-Patienten fährt und vor Ort eine ECMO legt, könnten sich unsere Daten ebenfalls als nützlich im Zuge des Vergleiches der Outcomes vor- beziehungsweise nach Start des Projekts erweisen.

Zuletzt scheint es sinnvoll, ähnliche Studien wie die unsere auch in anderen deutschen Städten mit ähnlichen Rahmenbedingungen durchzuführen, um regionale Unterschiede zu erkennen und die Gründe hierfür darzulegen.

#### **4.9 Limitierungen**

Die größte Limitierung unserer Studie lag im Mangel an Daten durch lückenhafte Angaben seitens der Notärzte nicht nur in Bezug auf das neu hinzugefügte Protokoll, sondern auch bezüglich des standardmäßig verwendeten DIVI Formulars.

Zudem erklärte sich lediglich eines der Notfallteams Regensburgs zur Teilnahme an der Studie bereit. Nichtsdestotrotz ist die Anzahl an OHCA Patienten repräsentativ in Bezug auf das Gebiet Regensburgs und seine Umgebung.

Eine weitere Limitierung der Arbeit liegt in der Tatsache, dass über die Qualität der kardiopulmonalen Reanimationen durch Laien keinerlei Aussage getroffen werden konnte, da im präklinischen Setting ein etwaiges Monitoring natürlich nicht realisierbar ist.

## 5 Zusammenfassung

In dem Bestreben ein realistisches Bild der notfallmedizinischen Versorgung Regensburgs zu zeichnen, sammelten wir über einen Zeitraum von 9 Monaten (August 2013 – April 2014) standardmäßige DIVI-Notarztprotokolle, sowie ein von uns neu entworfenes Protokoll zur Beurteilung von Notfalleinsätzen bei präklinischem Herz-Kreislauf-Versagen und werteten diese hinsichtlich Leitlinienkonformität gemäß des European Resuscitation Councils aus.

Ziel der Untersuchung war die Bestandsaufnahme der notfallmedizinischen Qualität in Form von real-life Daten, sowie die Eruiierung, inwiefern Leitlinienkonformität das Outcome des Patienten zu beeinflussen vermag.

Von den insgesamt 44 in die Studie eingefassten Patienten, deren Durchschnittsalter bei 64 Jahren lag, erfüllte nur ein Protokoll die vorgegebenen Leitlinien gemäß ERC 2010 und 2015; der zugehörige Patient verstarb.

Unter Exklusion der Leitlinie, die eine Anleitung anwesender Laien zur CPR seitens der Zentrale fordert, entsprachen 18 Protokolle den Leitlinien, von denen 13 Patienten verstarben und 5 Protokolle ohne Angaben zum Outcome des Patienten eingereicht wurden.

Von den weiterhin nicht-leitlinien konformen Protokollen überlebten 6 Patienten, 4 verstarben und 16 Protokolle enthielten keine Angabe zum Outcome.

25 Patienten erhielten BLS, 5 Patienten aus dieser Gruppe überlebten, 4 verstarben und 14 Protokolle beinhalteten kein Outcome des Patienten. Von den 17 Patienten, die keinen BLS erhielten überlebte einer, 10 verstarben und das Outcome von 6 Patienten fehlte innerhalb der zugehörigen Protokolle.

In einem Protokoll fehlte die Angabe, ob BLS vorgenommen wurde oder nicht.

Hinsichtlich der Unterschiede bezüglich Geschlecht, Alter oder schockbarem Rhythmus (ja/nein) konnten keine Signifikanzen gefunden

werden. Zwischen der Verbindung von BLS und ROSC konnte ebenfalls keine Signifikanz, sondern lediglich eine Tendenz des Zusammenhanges aufgezeigt werden ( $p = 0,067$ ).

In unserer Studie konnten wir keinen direkten Zusammenhang zwischen Leitlinienkonformität und Überleben des Patienten finden, vielmehr weisen unsere Daten, in Einklang mit aktueller Fachliteratur, darauf hin, dass der schnellstmögliche Beginn einer Herzdruckmassage als wichtigster Faktor das Outcome des Patienten positiv beeinflusst.

Optimierung bedarf es laut unserer Studie vor allem hinsichtlich der Anleitung der Rettungsleitstelle zur Reanimation, welche als Chance auf ein höheres Gesamtüberleben zu sehen ist, sowie an der Dokumentation durch das Notfallteam, durch deren Mangelhaftigkeit viele Daten in unserer Erhebung fehlten.

## 6 Abstract

**Hintergrund:** Die Versorgung von Patienten mit präklinischem Kreislaufversagen bleibt trotz aller Bemühungen ein Feld der Notfallmedizin mit unbefriedigenden Ergebnissen. Ziel unserer Studie war die Evaluation der diesbezüglichen rettungsmedizinischen Verhältnisse in Regensburg und hieraus abgeleitete Möglichkeiten zur Optimierung der Patientenversorgung.

**Methoden:** Wir analysierten die Rettungseinsätze mit präklinischem Kreislaufversagen von August 2013 bis April 2014 anhand des standardmäßigen DIVI-, sowie eines neu generierten Reanimationsprotokolls hinsichtlich deren Leitlinien-treue gemäß der ERC Leitlinien von 2010 und 2015 und setzten deren Konformität in Bezug zum Outcome des jeweiligen Patienten.

**Ergebnisse:** Die Studie umfasste 44 Patienten mit OHCA, das Durchschnittsalter lag bei 64 Jahren.

25 Patienten erhielten Basic Life Support von Laien, wovon 5 Patienten überlebten, 4 verstarben; 14 Protokolle beinhalten keine entsprechende Angabe. Von den 17 Patienten, die keinen Basic Life Support erhielten überlebte einer, 10 verstarben und 6 Outcomes blieben unklar. In einem Protokoll fehlte die Angabe, ob BLS stattgefunden hat oder nicht. Leitlinien-treu gemäß ERC 2010 und 2015 war lediglich eines der Protokolle, der entsprechende Patient verstarb. Von den nicht-leitlinien-treuen Protokollen überlebten 6 Patienten, 16 verstarben und zu 16 Patienten fehlten die entsprechenden Angaben.

Lässt man die Anweisung zur Telefon-CPR seitens der Zentrale außer Acht, entsprachen 18 Protokolle den Leitlinien, von denen kein Patient überlebte, 13 verstarben und 5 Protokolle enthielten keine Aussage über das Outcome. Von den weiterhin nicht-leitlinien-treuen Protokollen überlebten 6 Patienten, 4 verstarben und 16 enthielten keine entsprechenden Angaben. Hinsichtlich der Unterschiede bezüglich Geschlecht, Alter, oder schockbarem Rhythmus (ja/nein) konnten keine Signifikanzen gefunden werden. Zwischen der Verbindung von BLS und ROSC konnte ebenfalls

keine Signifikanz, sondern lediglich eine Tendenz des Zusammenhanges aufgezeigt werden ( $P = 0,067$ ).

**Fazit:** Unsere Ergebnisse legen trotz niedriger Fallzahl nahe, dass Basic Life Support das Schlüsselement in der Versorgung des präklinischen Kreislaufstillstandes ist. Die strikte Leitlinientreue brachte in unserer Studie keinen Überlebensvorteil. Was dringend verbessert werden muss ist die Anweisung der Notfallzentrale zur Reanimation durch den Anrufer sowie die Dokumentation seitens des Rettungsdienstes, da durch das Fehlen letzterer nicht nur wertvolle Daten für die Analyse der eigenen Effizienz verloren gehen, sondern die Notfallteams zugleich in juristischer Hinsicht angreifbar werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Boller M. Celebrating the 50th anniversary of cardiopulmonary resuscitation: From animals to humans... and back? *J Vet Emerg Crit Care*. 2010;20(6):553-557. doi:10.1111/j.1476-4431.2010.00593.x.
2. Atwood C, Eisenberg MS, Herlitz J, Rea TD. Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in Europe. *Resuscitation*. 2005;67(1):75-80.
3. Rea TD, Eisenberg MS, Sinibaldi G, White RD. Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in the United States. *Resuscitation*. 2004;63(1):17-24.
4. Sasson C, Rogers MAM, Dahl J, Kellermann AL. Predictors of Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2010;3(1):63-81. doi:10.1161/CIRCOUTCOMES.109.889576.
5. Lloyd-Jones D, Adams R, Carnethon M, et al. Heart Disease and Stroke Statistics--2009 Update: A Report From the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. *Circulation*. 2009;119(3):e21-e181. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.191261.
6. Statistisches Bundesamt. Todesursachen in Deutschland - Fachserie 12 Reihe 4. 2015.  
[https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen2120400157004.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Gesundheit/Todesursachen/Todesursachen2120400157004.pdf?__blob=publicationFile).
7. Juchems R, Frese W. Cardiopulmonary resuscitation by lay persons. *Internist (Berl)*. 1992;33(5):326-331.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1612863>.
8. Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA), Maarweg 149-161 50825 Köln. *Informationen Zur Laienreanimation in Deutschland.*; 2016.  
[https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/4\\_](https://www.bundesgesundheitsministerium.de/fileadmin/Dateien/4_)

- Pressemitteilungen/2016/2016\_3/160919\_PM\_\_NAWIB\_Info-Blatt\_Reanimation\_Presse.pdf. Accessed December 1, 2017.
9. ICD-10 Version: 2016.  
<http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2016/en>.
  10. Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J, Gårdelöv B. Survival after cardiac arrest outside hospital in Sweden. Swedish Cardiac Arrest Registry. *Resuscitation*. 1998;36(1):29-36.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9547841>.
  11. Johan Herlitz MD, PhD, Leif Svensson MD, PhD, Johan Engdahl MD, PhD Jan Gelberg MD, Johan Silfverstolpe MD, Aase Wisten MD, Karl-Axel Ängquist MD, PhD Stig Holmberg MD P. Characteristics of cardiac arrest and resuscitation by age group: an analysis from the Swedish Cardiac Arrest Registry. *Am J Emerg Med*. 2007;25(9):1025-1031.
  12. Scherman N. *2 Kings 4:32-35*. Brooklyn, NY; 2001.
  13. Hermreck AS. The history of cardiopulmonary resuscitation. *Am J Surg*. 1988;156(6):430-436.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3059832>. Accessed December 9, 2017.
  14. DeBard ML. The history of cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med*. 1980;9(5):273-275.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6989296>.
  15. Feneley MP, Maier GW, Kern KB, et al. Influence of compression rate on initial success of resuscitation and 24 hour survival after prolonged manual cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation*. 1988;77(1):240-250. doi:10.1161/01.cir.77.1.240.
  16. Safar P. On the future of reanimatology. *Acad Emerg Med*. 2000;7(1):75-89. doi:10.1111/j.1553-2712.2000.tb01898.x.
  17. Jude JR. Personal reminiscences of the origin and history of cardiopulmonary resuscitation (CPR). *Am J Cardiol*. 2003;92(8):956-963. doi:10.1016/S0002-9149(03)00977-9.
  18. Cooper JA, Cooper JD, Cooper JM. Cardiopulmonary resuscitation: History, current practice, and future direction. *Circulation*. 2006;114(25):2839-2849.

doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.610907.

19. Safar P, Escarraga LA, Elam JO. A Comparison of the Mouth-to-Mouth and Mouth-to-Airway Methods of Artificial Respiration with the Chest-Pressure Arm-Lift Methods. *N Engl J Med*. 1958;258(14):671-677. doi:10.1056/NEJM195804032581401.
20. Johnson MA, Grahan BJH, Haukoos JS, et al. Demographics, bystander CPR, and AED use in out-of-hospital pediatric arrests. *Resuscitation*. 2014;85(7):920-926. doi:10.1016/j.resuscitation.2014.03.044.
21. Wiese CH, Wilke H, Bahr J, Graf BM. Practical examination of bystanders performing Basic Life Support in Germany: a prospective manikin study. *BMC Emerg Med*. 2008;8:14. doi:10.1186/1471-227X-8-14.
22. Ehlenbach WJ, Barnato AE, Curtis JR, et al. Epidemiologic Study of In-Hospital Cardiopulmonary Resuscitation in the Elderly. *N Engl J Med*. 2009;361(1):22-31. doi:10.1056/NEJMoa0810245.
23. Nolan JP, Soar J, Smith GB, et al. Incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest in the United Kingdom National Cardiac Arrest Audit. *Resuscitation*. 2014;85(8):987-992. doi:10.1016/j.resuscitation.2014.04.002.
24. Chen LM, Nallamothu BK, Spertus JA, Li Y, Chan PS, American Heart Association's Get With the Guidelines-Resuscitation (formerly the National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation) Investigators. Association Between a Hospital's Rate of Cardiac Arrest Incidence and Cardiac Arrest Survival. *JAMA Intern Med*. 2013;173(13):1186. doi:10.1001/jamainternmed.2013.1026.
25. Nichol G, Thomas E, Callaway CW, et al. Regional Variation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest Incidence and Outcome. *JAMA*. 2008;300(12):1423. doi:10.1001/jama.300.12.1423.
26. Bunch TJ, Hammill SC, White RD. Outcomes After Ventricular Fibrillation Out-of-Hospital Cardiac Arrest: Expanding the Chain of Survival. *Mayo Clin Proc*. 2005;80(6):774-782. doi:10.1016/S0025-6196(11)61532-2.
27. Stiell IG, Wells GA, Field B, et al. Advanced Cardiac Life Support

- in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2004;351(7):647-656. doi:10.1056/NEJMoa040325.
28. Stiell IG, Wells GA, DeMaio VJ, et al. Modifiable factors associated with improved cardiac arrest survival in a multicenter basic life support/defibrillation system: OPALS study phase I results. *Ann Emerg Med*. 1999;33(1):44-50. doi:10.1016/S0196-0644(99)70415-4.
  29. Neukamm J, Gräsner J-T, Schewe J-C, et al. The impact of response time reliability on CPR incidence and resuscitation success: a benchmark study from the German Resuscitation Registry. *Crit Care*. 2011;15(6):R282. doi:10.1186/cc10566.
  30. Cobb LA, Fahrenbruch CE, Olsufka M, Copass MK. Changing incidence of out-of-hospital ventricular fibrillation, 1980-2000. *JAMA*. 2002;288(23):3008-3013.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12479765>.
  31. Kuisma M, Repo J, Alaspää A. The incidence of out-of-hospital ventricular fibrillation in Helsinki, Finland, from 1994 to 1999. *Lancet (London, England)*. 2001;358(9280):473-474.  
doi:10.1016/S0140-6736(01)05634-3.
  32. Martin DR, Brown CG, Dzwonczyk R. Frequency analysis of the human and swine electrocardiogram during ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 1991;22(1):85-91.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1658897>.
  33. Wang HE, Min A, Hostler D, Chang C-CH, Callaway CW. Differential effects of out-of-hospital interventions on short- and long-term survival after cardiopulmonary arrest. *Resuscitation*. 2005;67(1):69-74. doi:10.1016/j.resuscitation.2005.05.008.
  34. Rea TD, Eisenberg MS, Becker LJ, Murray JA, Hearne T. Temporal Trends in Sudden Cardiac Arrest: A 25-Year Emergency Medical Services Perspective. *Circulation*. 2003;107(22):2780-2785.  
doi:10.1161/01.CIR.0000070950.17208.2A.
  35. Kette F. Increased survival despite a reduction in out-of-hospital ventricular fibrillation in north-east Italy. *Resuscitation*. 2007;72(1):52-58. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.05.022.

36. Cummins R, Ornato JP, Thies WH, et al. Improving Survival From Sudden Cardiac Arrest : The “ Chain of Survival ” Concept. *Circulation*. 1991;Vol 83, No:1832-1847.  
doi:10.1161/01.CIR.83.5.1832.
37. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 1. Executive summary. *Resuscitation*. 2015;95:1-80.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2015.07.038.
38. Nordberg P, Hollenberg J, Herlitz J, Rosenqvist M, Svensson L. Aspects on the increase in bystander CPR in Sweden and its association with outcome. *Resuscitation*. 2009;80(3):329-333.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2008.11.013.
39. Madl C, Holzer M. Brain function after resuscitation from cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care*. 10:213-217.  
[http://www.wakeems.com/ICE/Hypothermia/hypothrm for tb/Brain function after resuscitation from cardiac arrest.pdf](http://www.wakeems.com/ICE/Hypothermia/hypothrm%20for%20tb/Brain%20function%20after%20resuscitation%20from%20cardiac%20arrest.pdf).
40. Ichol GRN, Tiell IANGS, Ebert PAULH, Ells GEAW, Andemheen KA V, Bs CN. What Is the Quality of Life for Survivors of Cardiac. *Acad Emerg Med*. 1999;6(2):95-102.
41. Herlitz J, Svensson L, Holmberg S, Ängquist KA, Young M. Efficacy of bystander CPR: Intervention by lay people and by health care professionals. *Resuscitation*. 2005;66(3):291-295.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2005.04.003.
42. Wik L, Steen PA, Bircher NG. Quality of bystander cardiopulmonary resuscitation influences outcome after prehospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 1994;28(3):195-203.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7740189>.
43. Böttiger BW. “A Time to Act” – Anaesthesiologists in resuscitation help save 200,000 lives per year worldwide. *Eur J Anaesthesiol*. 2015;32(12):825-827. doi:10.1097/EJA.0000000000000374.
44. Böttiger BW, Grabner C, Bauer H, et al. Long term outcome after out-of-hospital cardiac arrest with physician staffed emergency medical services: the Utstein style applied to a midsized urban/suburban area. *Heart*. 1999;82(6):674-679.

doi:10.1136/hrt.82.6.674.

45. Weisfeldt ML, Everson-Stewart S, Sitlani C, et al. Ventricular tachyarrhythmias after cardiac arrest in public versus at home. *N Engl J Med*. 2011;364(4):313-321. doi:10.1056/NEJMoa1010663.
46. Swor RA, Jackson RE, Compton S, et al. Cardiac arrest in private locations: different strategies are needed to improve outcome. *Resuscitation*. 2003;58(2):171-176.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12909379>.
47. Swor R, Khan I, Domeier R, Honeycutt L, Chu K, Compton S. CPR Training and CPR Performance: Do CPR-trained Bystanders Perform CPR? *Acad Emerg Med*. 2006;13(6):596-601.  
doi:10.1197/j.aem.2005.12.021.
48. Becker L, Eisenberg M, Fahrenbruch C, Cobb L. Public locations of cardiac arrest. Implications for public access defibrillation. *Circulation*. 1998;97(21):2106-2109.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9626169>.
49. Bobrow BJ, Spaite DW, Berg RA, et al. Chest Compression–Only CPR by Lay Rescuers and Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Jama*. 2010;304(13):1447. doi:10.1001/jama.2010.1392.
50. Spaite DW, Hanlon T, Criss EA, et al. Prehospital cardiac arrest: The impact of witnessed collapse and bystander CPR in a metropolitan EMS system with short response times. *Ann Emerg Med*. 1990;19(11):1264-1269. doi:10.1016/S0196-0644(05)82285-1.
51. Gallagher EJ, Lombardi G, Gennis P. Effectiveness of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation and Survival Following Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA J Am Med Assoc*. 1995;274(24):1922. doi:10.1001/jama.1995.03530240032036.
52. Van Hoeyweghen RJ, Bossaert LL, Mullie A, et al. Quality and efficiency of bystander CPR. Belgian Cerebral Resuscitation Study Group. *Resuscitation*. 1993;26(1):47-52.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8210731>.
53. Sasson C, Hendrika Meischke, Abella BS, et al. Increasing cardiopulmonary resuscitation provision in communities with low bystander cardiopulmonary resuscitation rates: A science advisory

- from the american heart association for healthcare providers, policymakers, public health departments, and communi. *Circulation*. 2013;127(12):1342-1350. doi:10.1161/CIR.0b013e318288b4dd.
54. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. 2005;293(3):299-304.
  55. Iwami T, Kawamura T, Hiraide A, et al. Effectiveness of Bystander-Initiated Cardiac-Only Resuscitation for Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation*. 2007;116(25):2900-2907. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.723411.
  56. Takei Y, Nishi T, Matsubara H, Hashimoto M, Inaba H. Factors associated with quality of bystander CPR: The presence of multiple rescuers and bystander-initiated CPR without instruction. *Resuscitation*. 2014;85(4):492-498. doi:10.1016/j.resuscitation.2013.12.019.
  57. Dorph E, Wik L, Steen PA. Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation. An evaluation of efficacy amongst elderly. *Resuscitation*. 2003;56(3):265-273. doi:10.1016/S0300-9572(02)00374-X.
  58. Chiang WC, Ko PCI, Chang AM, et al. Bystander-initiated CPR in an Asian metropolitan: Does the socioeconomic status matter? *Resuscitation*. 2014;85(1):53-58. doi:10.1016/j.resuscitation.2013.07.033.
  59. Sasson C, Magid DJ, Chan P, et al. Association of neighborhood characteristics with bystander-initiated CPR. *N Engl J Med*. 2012;367(17):1607-1615. doi:10.1056/NEJMoa1110700.
  60. Becker LB, Han BH, Meyer PM, et al. Racial Differences in the Incidence of Cardiac Arrest and Subsequent Survival. *N Engl J Med*. 1993;329(9):600-606. doi:10.1056/NEJM199308263290902.
  61. Galea S, Blaney S, Nandi A, et al. Explaining Racial Disparities in Incidence of and Survival from Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Am J Epidemiol*. 2007;166(5):534-543. doi:10.1093/aje/kwm102.
  62. Sasson C, Keirns CC, Smith D, et al. Small area variations in out-of-hospital cardiac arrest: Does the neighborhood matter? *Ann Intern*

- Med.* 2010;153(1):19-22. doi:10.7326/0003-4819-153-1-201007060-00255.
63. Mitchell MJ, Stubbs BA, Eisenberg MS. Socioeconomic status is associated with provision of bystander cardiopulmonary resuscitation. *Prehosp Emerg Care.* 2009;13(4):478-486. doi:10.1080/10903120903144833.
  64. Savastano S, Vanni V. Cardiopulmonary resuscitation in real life: The most frequent fears of lay rescuers. *Resuscitation.* 2011;82(5):568-571. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.12.010.
  65. Locke CJ, Berg RA, Sanders AB, et al. Bystander cardiopulmonary resuscitation. Concerns about mouth-to-mouth contact. *Arch Intern Med.* 1995;155(9):938-943. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7726702>.
  66. Shibata K, Taniguchi T, Yoshida M, Yamamoto K. Obstacles to bystander cardiopulmonary resuscitation in Japan. *Resuscitation.* 2000;44(3):187-193. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10825619>.
  67. Johnston TC, Clark MJ, Dingle GA, FitzGerald G. Factors influencing Queenslanders' willingness to perform bystander cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2003;56(1):67-75. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12505741>.
  68. Coons SJ, Guy MC. Performing bystander CPR for sudden cardiac arrest: Behavioral intentions among the general adult population in Arizona. *Resuscitation.* 2009;80(3):334-340. doi:10.1016/j.resuscitation.2008.11.024.
  69. Brenner BE, Van DC, Cheng D, Lazar EJ. Determinants of reluctance to perform CPR among residents and applicants: the impact of experience on helping behavior. *Resuscitation.* 1997;35(3):203-211. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10203397>.
  70. Donohoe RT, Haefeli K, Moore F. Public perceptions and experiences of myocardial infarction, cardiac arrest and CPR in London. *Resuscitation.* 2006;71(1):70-79. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.03.003.

71. Ong MEH, Quah JLJ, Ho AFW, et al. National population based survey on the prevalence of first aid, cardiopulmonary resuscitation and automated external defibrillator skills in Singapore. *Resuscitation*. 2013;84(11):1633-1636. doi:10.1016/j.resuscitation.2013.05.008.
72. Eckstein M, Stratton SJ, Chan LS. Cardiac arrest resuscitation evaluation in Los Angeles: CARE-LA. *Ann Emerg Med*. 2005;45(5):504-509. doi:10.1016/j.annemergmed.2004.11.024.
73. Vadeboncoeur T, Bobrow BJ, Clark L, et al. The Save Hearts in Arizona Registry and Education (SHARE) program: Who is performing CPR and where are they doing it? *Resuscitation*. 2007;75(1):68-75. doi:10.1016/j.resuscitation.2007.02.015.
74. Wissenberg M, Lippert FK, Folke F, et al. Association of National Initiatives to Improve Cardiac Arrest Management With Rates of Bystander Intervention and Patient Survival After Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Jama*. 2013;310(13):1377. doi:10.1001/jama.2013.278483.
75. Hawkes C, Booth S, Ji C, et al. Epidemiology and outcomes from out-of-hospital cardiac arrests in England. *Resuscitation*. 2017;110:133-140. doi:10.1016/j.resuscitation.2016.10.030.
76. Gräsner J-T, Lefering R, Koster RW, et al. EuReCa ONE<sup>27</sup> Nations, ONE Europe, ONE Registry. *Resuscitation*. 2016;105:188-195. doi:10.1016/j.resuscitation.2016.06.004.
77. Leitfaden für die Tätigkeit örtlicher Einrichtungen organisierter Erster Hilfe (Ersthelfergruppen) in Bayern. [https://www.stmi.bayern.de/assets/stmi/sus/rettungswesen/id3\\_26b\\_fachthema\\_ersthelfergruppen\\_leitfaden\\_20130222.pdf](https://www.stmi.bayern.de/assets/stmi/sus/rettungswesen/id3_26b_fachthema_ersthelfergruppen_leitfaden_20130222.pdf).
78. Strömsöe A, Andersson B, Ekström L, et al. Education in cardiopulmonary resuscitation in Sweden and its clinical consequences. *Resuscitation*. 2010;81(2):211-216. doi:10.1016/j.resuscitation.2009.10.014.
79. Chamberlain D, Smith A, Colquhoun M, Handley AJ, Kern KB, Woollard M. Randomised controlled trials of staged teaching for basic life support: 2. Comparison of CPR performance and skill

- retention using either staged instruction or conventional training. *Resuscitation*. 2001;50(1):27-37.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11719126>.
80. Chamberlain D, Smith A, Woollard M, et al. Trials of teaching methods in basic life support (3): comparison of simulated CPR performance after first training and at 6 months, with a note on the value of re-training. *Resuscitation*. 2002;53(2):179-187.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12009222>. Accessed December 16, 2017.
  81. Andresen D, Arntz HR, Gräfling W, et al. Public access resuscitation program including defibrillator training for laypersons: A randomized trial to evaluate the impact of training course duration. *Resuscitation*. 2008;76(3):419-424.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2007.08.019.
  82. Eisenburger P, Safar P. Life supporting first aid training of the public-review and recommendations. *Resuscitation*. 1999;41(1):3-18. doi:10.1016/S0300-9572(99)00034-9.
  83. Ahn JY, Cho GC, Shon YD, Park SM, Kang KH. Effect of a reminder video using a mobile phone on the retention of CPR and AED skills in lay responders. *Resuscitation*. 2011;82(12):1543-1547. doi:10.1016/j.resuscitation.2011.08.029.
  84. Fleischhackl R, Nuernberger A, Sterz F, et al. School children sufficiently apply life supporting first aid: a prospective investigation. *Crit Care*. 2009;13(4):R127. doi:10.1186/cc7984.
  85. Neset A, Birkenes TS, Myklebust H, Mykletun RJ, Odegaard S, Kramer-Johansen J. A randomized trial of the capability of elderly lay persons to perform chest compression only CPR versus standard 30:2 CPR. *Resuscitation*. 2010;81(7):887-892.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2010.03.028.
  86. Jackson RE, Swor RA. Who Gets Bystander Cardiopulmonary Resuscitation in a Witnessed Arrest? I Many investigators report improved outcome from car. *Acad Emerg Med JUN Acad Emerg Med*. 1997;4:4540-4544.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1111/j.1553->

- 2712.1997.tb03574.x/asset/j.1553-2712.1997.tb03574.x.pdf;jsessionid=AD1AA23E21BDBFC4595BF69686BA7456.f02t01?v=1&t=jb8mg8mp&s=c0427c943332f3d75c0a6552296a2c1b002e2ada. Accessed December 16, 2017.
87. Statistisches Bundesamt. Seniorinnen und Senioren in Deutschland. <http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/Senioren.pdf>.
  88. Parnell MM, Larsen PD. Poor quality teaching in lay person CPR courses. *Resuscitation*. 2007;73(2):271-278. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.09.008.
  89. Gruska M, Gaul GB, Winkler M, et al. Increased occurrence of out-of-hospital cardiac arrest on Mondays in a community-based study. *Chronobiol Int*. 2005;22(1):107-120. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15865325>.
  90. Kämäräinen A, Virkkunen I, Yli-Hankala A, Silfvast T. Presumed futility in paramedic-treated out-of-hospital cardiac arrest: An Utstein style analysis in Tampere, Finland. *Resuscitation*. 2007;75(2):235-243. doi:10.1016/j.resuscitation.2007.04.011.
  91. Fischer M, Fischer NJ, Schüttler J. One-year survival after out-of-hospital cardiac arrest in Bonn city: outcome report according to the “Utstein style”. *Resuscitation*. 1997;33(3):233-243. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9044496>.
  92. Crone PD. Auckland Ambulance Service cardiac arrest data 1991-3. *N Z Med J*. 1995;108(1004):297-299. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7637940>.
  93. Lukić A, Lulić I, Lulić D, et al. Analysis of out-of-hospital cardiac arrest in Croatia – survival, bystander cardiopulmonary resuscitation, and impact of physician’s experience on cardiac arrest management: a single center observational study. *Croat Med J*. 2016;57(6):591-600. doi:10.3325/cmj.2016.57.591.
  94. Reynolds JC, Rittenberger JC, Menegazzi JJ. Drug administration in animal studies of cardiac arrest does not reflect human clinical experience. *Resuscitation*. 2007;74(1):13-26. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.10.032.
  95. Olasveengen TM, Sunde K, Brunborg C, Thowsen J, Steen PA, Wik

- L. Intravenous Drug Administration During Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA*. 2009;302(20):2222. doi:10.1001/jama.2009.1729.
96. Kudenchuk PJ, Brown SP, Daya M, et al. Amiodarone, Lidocaine, or Placebo in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2016;374(18):1711-1722. doi:10.1056/NEJMoa1514204.
  97. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest cardiac massage. *JAMA*. 1960;173(10):1064. doi:10.1001/jama.1960.03020280004002.
  98. Iwami T, Kitamura T, Kawamura T, et al. Chest compression-only cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest with public-access defibrillation: A nationwide cohort study. *Circulation*. 2012;126(24):2844-2851. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.109504.
  99. Rea TD, Fahrenbruch C, Culley L, et al. CPR with Chest Compression Alone or with Rescue Breathing. *N Engl J Med*. 2010;363(5):423-433. doi:10.1056/NEJMoa0908993.
  100. Svensson L, Bohm K, Castrèn M, et al. Compression-Only CPR or Standard CPR in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 2010;363(5):434-442. doi:10.1056/NEJMoa0908991.
  101. SOS-KANTO study group. Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO): an observational study. *Lancet*. 2007;369(9565):920-926. doi:10.1016/S0140-6736(07)60451-6.
  102. Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, Copass M. Cardiopulmonary Resuscitation by Chest Compression Alone or with Mouth-to-Mouth Ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342(21):1546-1553. doi:10.1056/NEJM200005253422101.
  103. Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy GA. Bystander cardiopulmonary resuscitation. Is ventilation necessary? *Circulation*. 1993;88(4 Pt 1):1907-1915. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8403336>.
  104. Cho GC, Sohn YD, Kang KH, et al. The effect of basic life support education on laypersons' willingness in performing bystander hands only cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2010;81(6):691-

694. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.02.021.
105. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, et al. Importance of Continuous Chest Compressions During Cardiopulmonary Resuscitation: Improved Outcome During a Simulated Single Lay-Rescuer Scenario. *Circulation*. 2002;105(5):645-649. doi:10.1161/hc0502.102963.
  106. Steen PA, Berg RA, Cave DM, Page RL, Potts J, White RD. Does Active Rescuer Ventilation Have a Place During Basic Cardiopulmonary Resuscitation? *Circulation*. 2007;116(22):2514-2516. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.739086.
  107. Ramaraj R, Ewy GA. Rationale for continuous chest compression cardiopulmonary resuscitation. *Heart*. 2009;95(24):1978-1982. doi:10.1136/hrt.2009.174268.
  108. Dawkins S, Deakin CD, Baker K, Cheung S, Petley GW, Clewlow F. A prospective infant manikin-based observational study of telephone-cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2008;76(1):63-68. doi:10.1016/j.resuscitation.2007.06.012.
  109. Travers S, Jost D, Gillard Y, et al. Out-of-hospital cardiac arrest phone detection: Those who most need chest compressions are the most difficult to recognize. *Resuscitation*. 2014;85(12):1720-1725. doi:10.1016/j.resuscitation.2014.09.020.
  110. O'Neill JF, Deakin CD. Evaluation of telephone CPR advice for adult cardiac arrest patients. *Resuscitation*. 2007;74(1):63-67. doi:10.1016/j.resuscitation.2006.11.007.
  111. Yang CW, Wang HC, Chiang WC, et al. Impact of adding video communication to dispatch instructions on the quality of rescue breathing in simulated cardiac arrests-A randomized controlled study. *Resuscitation*. 2008;78(3):327-332. doi:10.1016/j.resuscitation.2008.03.232.
  112. Vaillancourt C, Stiell IG, Wells GA. Understanding and improving low bystander CPR rates: a systematic review of the literature. *CJEM*. 2008;10(1):51-65. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18226319>.
  113. Coons SJ, Guy MC. Performing bystander CPR for sudden cardiac

- arrest: Behavioral intentions among the general adult population in Arizona. *Resuscitation*. 2009;80(3):334-340.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2008.11.024.
114. Källestedt M-L, Berglund A, Herlitz J, Leppert J, Enlund M. The impact of CPR and AED training on healthcare professionals' self-perceived attitudes to performing resuscitation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012;20(1):26. doi:10.1186/1757-7241-20-26.
115. Tanaka Y, Taniguchi J, Wato Y, Yoshida Y, Inaba H. The continuous quality improvement project for telephone-assisted instruction of cardiopulmonary resuscitation increased the incidence of bystander CPR and improved the outcomes of out-of-hospital cardiac arrests. *Resuscitation*. 2012;83(10):1235-1241.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2012.02.013.
116. Kuisma M, Boyd J, Väyrynen T, Repo J, Nousila-Wiik M, Holmström P. Emergency call processing and survival from out-of-hospital ventricular fibrillation. *Resuscitation*. 2005;67(1):89-93.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2005.04.008.
117. Dami F, Carron PN, Praz L, Fuchs V, Yersin B. Why bystanders decline telephone cardiac resuscitation advice. *Acad Emerg Med*. 2010;17(9):1012-1015. doi:10.1111/j.1553-2712.2010.00851.x.
118. Cobb LA, Alvarez H, Kopass MK. A rapid response system for out-of-hospital cardiac emergencies. *Med Clin North Am*. 1976;60(2):283-293.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1256113>.
119. Fujie K, Nakata Y, Yasuda S, Mizutani T, Hashimoto K. Do dispatcher instructions facilitate bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation and improve outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest? A comparison of family and non-family bystanders. *Resuscitation*. 2014;85(3):315-319.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2013.11.013.
120. Culley LL, Clark JJ, Eisenberg MS, Larsen MP. Dispatcher-assisted telephone CPR: common delays and time standards for delivery. *Ann Emerg Med*. 1991;20(4):362-366.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2003662>.

121. Eisenberg MS, Hallstrom AP, Carter WB, Cummins RO, Bergner L, Pierce J. Emergency CPR instruction via telephone. *Am J Public Health*. 1985;75(1):47-50.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3966598>.
122. Flynn J, Archer F, Morgans A. Sensitivity and Specificity of the Medical Priority Dispatch System in Detecting Cardiac Arrest Emergency Calls in Melbourne. *Prehosp Disaster Med*. 2006;21(2):72-76. doi:10.1017/S1049023X00003381.
123. Ma MH-M, Lu T-C, Ng JC-S, et al. Evaluation of emergency medical dispatch in out-of-hospital cardiac arrest in Taipei. *Resuscitation*. 2007;73(2):236-245.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2006.09.005.
124. Bohm K, Vaillancourt C, Charette ML, Dunford J, Castron M. In patients with out-of-hospital cardiac arrest, does the provision of dispatch cardiopulmonary resuscitation instructions as opposed to no instructions improve outcome: A systematic review of the literature. *Resuscitation*. 2011;82(12):1490-1495.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2011.09.004.
125. Berdowski J, Beekhuis F, Zwinderman AH, Tijssen JGP, Koster RW. Importance of the first link: Description and recognition of an out-of-hospital cardiac arrest in an emergency call. *Circulation*. 2009;119(15):2096-2102.  
doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.768325.
126. Fukushima H, Imanishi M, Iwami T, et al. Abnormal breathing of sudden cardiac arrest victims described by laypersons and its association with emergency medical service dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation instruction. *Emerg Med J*. 2014;1:314-317. doi:10.1136/emered-2013-203112.
127. Moriwaki Y, Sugiyama M, Tahara Y, et al. Complications of bystander cardiopulmonary resuscitation for unconscious patients without cardiopulmonary arrest. *J Emerg Trauma Shock*. 2012;5(1):3-6. doi:10.4103/0974-2700.93094.
128. White L, Rogers J, Bloomingdale M, et al. Dispatcher-Assisted Cardiopulmonary Resuscitation: Risks for Patients Not in Cardiac

- Arrest. *Circulation*. 2010;121(1):91-97.  
doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.872366.
129. Haley KB, Lerner EB, Pirralo RG, Croft H, Johnson A, Uihlein M. The Frequency and Consequences of Cardiopulmonary Resuscitation Performed by Bystanders on Patients Who Are Not in Cardiac Arrest. *Prehospital Emerg Care*. 2011;15(2):282-287.  
doi:10.3109/10903127.2010.541981.
130. Waalewijn RA, Tijssen JG, Koster RW. Bystander initiated actions in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: results from the Amsterdam Resuscitation Study (ARRESUST). *Resuscitation*. 2001;50(3):273-279.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11719156>.
131. Hallstrom AP. Dispatcher-assisted "phone" cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *Crit Care Med*. 2000;28(11 Suppl):N190-2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11098943>.
132. Birkenes TS, Myklebust H, Neset A, Kramer-Johansen J. Quality of CPR performed by trained bystanders with optimized pre-arrival instructions. *Resuscitation*. 2014;85(1):124-130.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2013.09.015.
133. Dameff C, Vadeboncoeur T, Tully J, et al. A standardized template for measuring and reporting telephone pre-arrival cardiopulmonary resuscitation instructions. *Resuscitation*. 2014;85(7):869-873.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2014.02.023.
134. Coons SJ, Guy MC. Performing bystander CPR for sudden cardiac arrest: Behavioral intentions among the general adult population in Arizona. *Resuscitation*. 2009;80(3):334-340.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2008.11.024.
135. Lerner EB, Sayre MR, Brice JH, et al. Cardiac arrest patients rarely receive chest compressions before ambulance arrival despite the availability of pre-arrival CPR instructions. *Resuscitation*. 2008;77(1):51-56. doi:10.1016/j.resuscitation.2007.10.020.
136. Kennedy JH. The Role of Assisted Circulation in Cardiac Resuscitation. *JAMA J Am Med Assoc*. 1966;197(8):615.

doi:10.1001/jama.1966.03110080055017.

137. Barsan WG, Levy RC. Experimental design for study of cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Ann Emerg Med*. 1981;10(3):135-137.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7469152>.
138. Chen Y-S, Chao A, Yu H-Y, et al. Analysis and results of prolonged resuscitation in cardiac arrest patients rescued by extracorporeal membrane oxygenation. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(2):197-203.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12535808>.
139. Massetti M, Tasle M, Le Page O, et al. Back from Irreversibility: Extracorporeal Life Support for Prolonged Cardiac Arrest. *Ann Thorac Surg*. 2005;79(1):178-183.  
doi:10.1016/j.athoracsur.2004.06.095.
140. Chen YS, Lin JW, Yu HY, et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet*. 2008;372(9638):554-561. doi:10.1016/S0140-6736(08)60958-7.
141. Mégarbane B, Leprince P, Deye N, et al. Emergency feasibility in medical intensive care unit of extracorporeal life support for refractory cardiac arrest. *Intensive Care Med*. 2007;33(5):758-764.  
doi:10.1007/s00134-007-0568-4.
142. Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y. Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation for Patients With Out-of-Hospital Cardiac Arrest of Cardiac Origin. *Crit Care Med*. 2013;41(5):1186-1196. doi:10.1097/CCM.0b013e31827ca4c8.
143. Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: A prospective observational study. *Resuscitation*. 2014;85(6):762-768.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2014.01.031.
144. Wang CH, Chou NK, Becker LB, et al. Improved outcome of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest - A comparison with that for extracorporeal rescue for

- in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2014;85(9):1219-1224.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2014.06.022.
145. Nagao K, Kikushima K, Watanabe K, et al. Early induction of hypothermia during cardiac arrest improves neurological outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest who undergo emergency cardiopulmonary bypass and percutaneous coronary intervention. *Circ J*. 2010;74(1):77-85.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19942784>.
146. Madl C, Holzer M. Brain function after resuscitation from cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care*. 2004;10(3):213-217.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15166839>.
147. Trummer G, Supady A, Beyersdorf F, et al. Controlled automated reperfusion of the whole body after 120 minutes of Cardiopulmonary resuscitation: first clinical report. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2017;25(1):66. doi:10.1186/s13049-017-0412-y.
148. Trummer G, Foerster K, Buckberg GD, et al. Successful resuscitation after prolonged periods of cardiac arrest: A new field in cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139(5):1325-1332.e2. doi:10.1016/j.jtcvs.2009.08.046.
149. Jin Kim S, Seung Jung J, Hyoung Park J, Su Park J, Sik Hong Y, Woo Lee S. An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. 2014:1-15. doi:10.1186/s13054-014-0535-8.

## 8 Darstellungsverzeichnis

Tabelle 1: prozentuale Aufteilung der einzelnen Merkmale .....	23
--	----

## Danksagung

Mein Dank gilt folgenden Personen, die mich während der Bearbeitung meiner Dissertation unterstützt haben:

Zunächst sei hier mein Doktorvater Prof. Dr. med. Christoph Wiese genannt, der mir das Thema übermittelte, mir während der Erstellung der Dissertation stets zur Seite stand und mich auch über jedweden Ortswechsel hinaus bei der Erstellung meiner Doktorarbeit begleitete.

Danken möchte ich zudem Frau Valerie Hase für ihren Rat und ihre Expertise hinsichtlich der statistischen Auswertung der verarbeiteten Daten, die für die Anfertigung dieser Dissertation von großer Hilfe waren.

Meiner Schwester, Dr. med. Marianne Zabel, möchte ich für ihr allzeit offenes Ohr bezüglich aller grundsätzlichen Fragen zum Thema Promotion und deren Ausarbeitung danken, da beides ein guter Leitfaden in einem mir völlig unbekanntem Gebiet war.

Meinem Bruder, Dr. med. dent. Ekkehart Hedderich, sei für seine Unterstützung bei allen technischen Fragen gedankt, insbesondere dem Hinweis, dass ein intelligentes Inhaltsverzeichnis dem Word-Nutzer viel Arbeit zu ersparen vermag.

Meinen lieben Eltern, Dr. med. Dorothea Hedderich und Dr. med. dent. Karsten Hedderich, möchte ich für ihre uneingeschränkte Unterstützung während meines gesamten Werdeganges danken, ohne die ich nicht an dem Punkt wäre, an dem ich heute bin.

## Lebenslauf

<b>Name</b>	Friederike Hedderich
<b>Alter</b>	26
<b>Mail</b>	friederike.hedderich@gmail.com
<b>2017</b>	Staatsexamen Medizin an der Universität Regensburg
<b>2013</b>	Beginn der Promotion unter der Leitung von Prof. Dr. Christoph Wiese, Klinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Regensburg. Titel: Präklinische kardiopulmonale Reanimation in Regensburg, Ergebnisse und Optimierungsansätze
<b>2012</b>	Physikum
<b>2010</b>	Beginn des Medizinstudiums
<b>2010</b>	Abitur am Landschulheim am Solling, Holzminden

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt