

Diplomarbeit

**Effekte simulationsbasierter Ausbildung auf die  
Qualität erweiterter lebensrettender  
Sofortmaßnahmen durch Medizinstudierende**

eingereicht von

**Lars Wilfried Wimmer**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Klinische  
Abteilung für Spezielle Anästhesiologie, Schmerz- und Intensivmedizin**

unter der Anleitung von

**Dr. med. univ. Thomas Wegscheider**

und

**Priv.-Doz. Dr. med. Albrecht Schmidt**

Graz, den 02.04.2017

## **Eidesstattliche Erklärung**

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 02.04.2017*

*Lars Wilfried Wimmer eh*

## **Danksagungen**

An dieser Stelle soll mein aufrichtiger Dank an alle jene Personen Platz finden, welche mir die Ausarbeitung dieser Arbeit ermöglicht haben.

Zu allererst möchte ich meiner Rettungswache in Waldkraiburg danken. Sie weckte nicht nur meine Leidenschaft für die Notfallmedizin, sondern ermöglichte mir unbewusst die Motivation für mein Medizinstudium aufzubringen. Zudem haben alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter stets Rücksicht auf meine Ausbildung genommen und sind mir in jedem Dienst mit Rat und Tat zur Seite gestanden.

Zudem gilt mein herzlicher Dank Dr. med. univ. Thomas Wegscheider. Nur durch seine Begeisterung und sein Engagement für die medizinische Lehre und Ausbildung der Medizinstudentinnen und Medizinstudenten wurde mir diese Arbeit ermöglicht. Stets war er für mich der erste Ansprechpartner für all meine Fragen und zeigte sich äußerst geduldig.

Mein besonderer Dank gilt auch Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Albrecht Schmidt, welcher sich als Zweitbetreuer dieser Arbeit annahm und die Grazer SIMLine als Lehrveranstaltung voll unterstützt.

Mein größter Dank gilt allerdings meinen Eltern, welche mir immer und überall zur Seite stehen und mir auf meinem bisherigen Lebensweg stets den nötigen Rückhalt gegeben haben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>REANIMATIONS- UND NOTFALLTEAMS</b>	<b>3</b>
1.1.1	RAPID-RESPONSE-SYSTEM	3
<b>1.2</b>	<b>PATHOPHYSIOLOGIE DES HERZ-KREISLAUF-STILLSTANDES</b>	<b>6</b>
1.2.1	ARTERIOSKLEROSE	6
1.2.2	KORONARE HERZKRANKHEIT	8
1.2.3	MYOKARDINFARKT	8
1.2.3.1	Ursachen	8
1.2.3.2	Diagnostik	9
1.2.3.3	Therapie	9
<b>1.3</b>	<b>MANAGEMENT DES HERZ-KREISLAUF-STILLSTANDES</b>	<b>10</b>
1.3.1	BASIC LIFE SUPPORT (BLS)	10
1.3.2	ADVANCED LIFE SUPPORT (ALS)	14
1.3.2.1	Schockbarer Herzrhythmus: VF/pVT	14
1.3.2.2	Nicht-schockbarer Herzrhythmus: PEA/Asystolie	15
1.3.2.3	Reversible Ursachen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes	17
1.3.2.4	Schlüsselaspekte der Versorgung eines HKS	20
1.3.3	REANIMATIONS-NACHBEHANDLUNG	20
1.3.4	LEITLINIEN-VERGLEICH	23
<b>2</b>	<b><u>MATERIAL UND METHODEN</u></b>	<b>25</b>
<b>2.1</b>	<b>DATENERHEBUNG</b>	<b>25</b>
2.1.1	AUSBILDUNGSKONZEPT „DIE GRAZER SIMLINE: ANAPHYLAXIE“	26
<b>2.2</b>	<b>STUDIENKOLLEKTIV</b>	<b>27</b>
2.2.1	EINSCHLUSSKRITERIEN	28
<b>2.3</b>	<b>ARBEITSUMGEBUNG</b>	<b>28</b>
<b>2.4</b>	<b>ANALYSIERTE PARAMETER</b>	<b>30</b>
<b>2.5</b>	<b>DATENAUSWERTUNG</b>	<b>30</b>
<b>3</b>	<b><u>ERGEBNISSE</u></b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>GESAMTAUSWERTUNG</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>INITIALE BEURTEILUNG UND BEHANDLUNGsalgorithmus</b>	<b>33</b>
3.2.1	LEBENSZEICHEN	33
3.2.2	AIRWAY // BREATHING	34
3.2.3	CIRCULATION	35

3.2.4	DETAILANALYSE SCHOCKBARER/NICHT SCHOCKBARER HERZRHYTHMUS	36
3.2.5	ADRENALIN-/AMIODARONGABE BEI DEFIBRILLIERBAREM HERZRHYTHMUS	36
<b>3.3</b>	<b>AUSGEWÄHLTE ZEIT-PARAMETER-STANDARD-TREATMENT-EVENTS</b>	<b>39</b>
3.3.1	SCHOCKABGABE BEI DEFIBRILLIERBAREM HERZRHYTHMUS	39
3.3.2	ADRENALINGABE BEI NICHT-DEFIBRILLIERBAREM HERZRHYTHMUS	41
3.3.3	WIEDERHOLTE ADRENALINGABE NACH 3 – 5 MIN	42
3.3.4	INTRAVENÖSER/INTRAOSÄRER GEFÄßZUGANG	44
3.3.5	DEFINITIVE ATEMWEGSSICHERUNG	47
<b>4</b>	<b><u>DISKUSSION</u></b>	<b>52</b>
4.1	INITIALE BEURTEILUNG UND BEHANDLUNGsalgorithmus	52
4.2	ZEIT-PARAMETER	54
<b>5</b>	<b><u>CONCLUSIO</u></b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b><u>ANHANG</u></b>	<b>63</b>

## Abkürzungsverzeichnis

AED	Automated External Defibrillator – automatischer externer Defibrillator
AHA	American Heart Association
ALS	Advanced Life Support – erweiterte lebensrettende Sofortmaßnahmen
BLS	Basic Life Support – Basismaßnahmen Reanimation
CCOT	Critical Care Outreach Team
CI	Confidence Intervall – Konfidenzintervall
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation – kardiopulmonale Reanimation
CSC	Clinical Skills Center
EKG	Elektrokardiogramm
ERC	European Resuscitation Council – Europäischer Rat für Wiederbelebung
ET	Endotrachealtubus
HDM	Herzdruckmassage
HKS	Herz-Kreislauf-Stillstand
HTCL	Head Tilt Chin Lift – Kopf überstrecken, Kinn anheben
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
KKT	Körperkerntemperatur
LDL	Low Density Lipoprotein – Lipoprotein niedriger Dichte
MET	Medical Emergency Team – medizinisches Notfallteam
mg	Milligramm
min	Minuten (Beispiel: 01:10 min = 1 Minute und 10 Sekunden)
NO	Stickstoffmonoxid
PaCO <sub>2</sub>	Arterieller Kohlenstoffdioxidpartialdruck
PEA	Pulseless Electrical Activity – pulslose elektrische Aktivität
pVT	Pulseless Ventricular Tachycardia – pulslose ventrikuläre Tachykardie
ROSC	Return Of Spontaneous Circulation – wiederkehrender Spontankreislauf
RR	Relative Risk – relatives Risiko
RRT	Rapid Response Team – schnelles Einsatzteam
SaO <sub>2</sub>	Sättigung des arteriellen Blutes mit Sauerstoff
VF	Ventricular Fibrillation – Kammerflimmern

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Todesursachen in Österreich (2014) geordnet nach Geschlecht in Prozent	1
Abbildung 2: Response-to-Injury-Hypothese	7
Abbildung 3: Algorithmus BLS	13
Abbildung 4: Algorithmus ALS	16
Abbildung 5: HITS	17
Abbildung 6: Gesamtauswertung – Teil 1	32
Abbildung 7: Gesamtauswertung – Teil 2	32
Abbildung 8: Überprüfung auf Lebenszeichen	33
Abbildung 9: Manuelle Atemwegsmanöver	34
Abbildung 10: Zeit bis Einleiten HDM nach erkannter Reanimationssituation	35
Abbildung 11: Aufschlüsselung schockbarer/nicht-schockbarer Herzrhythmus	36
Abbildung 12: korrekte Adrenalingabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus	37
Abbildung 13: korrekte Amiodarongabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus	38
Abbildung 14: Zeitspanne Schockabgabe in Minuten bei VF/pVT – Teil 1	40
Abbildung 15: zeitliche Schockabgabe in Minuten bei VF/pVT – Teil 2	40
Abbildung 16: Zeit bis Etablierung der Leitung und Gabe von Adrenalin in Minuten	42

Abbildung 17. zeitliche Adrenalingabe in Minuten nach erster Applikation – Teil 1	43
Abbildung 18: zeitliche Adrenalingabe in Minuten nach erster Applikation – Teil 2	43
Abbildung 19: Zeitspanne bis Gefäßzugang in Minuten	45
Abbildung 20: Vergleich Zeitspanne bis Gefäßzugang von PEA/Asystolie zu VF/pVT in Minuten	46
Abbildung 21: Atemwegssicherung im Vergleich initial zu Ende	48
Abbildung 22: Einsatz Goldstandard Kapnographie	48
Abbildung 23: Zeitspanne bis Etablierung der definitiven Atemwegssicherung in Minuten	49
Abbildung 24: Vergleich Mittelwert/Median der unterschiedlichen Methoden der Atemwegssicherung in Minuten	51

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug aus dem Equipment des Clinical Skills Center _____	29
Tabelle 2: Aufschlüsselung schockbarer/nicht-schockbarer Herzrhythmus ____	36
Tabelle 3: korrekte Adrenalingabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus mit Fehlerquelle _____	37
Tabelle 4: korrekte Amiodarongabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus mit Fehlerquelle _____	38
Tabelle 5: zeitliche Dauer für folgende Schockabgabe nach Szenario _____	41
Tabelle 6: Zeit bis erster i. v./i. o. - Zugang und sofortige Verabreichung von Adrenalin _____	42
Tabelle 7: zeitliche Adrenalingabe nach erster Applikation mit Besonderheiten/Fehlerquelle _____	44
Tabelle 8: Zeitspanne bis Gefäßzugang _____	46
Tabelle 9: Vergleich Zeitspanne bis Gefäßzugang von PEA/Asystolie zu VF / pVT _____	47
Tabelle 10: Zeitspanne bis Etablierung der definitiven Atemwegssicherung ____	50
Tabelle 11: Differenz der verschiedenen Methoden der Atemwegssicherung __	51

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** In Österreich stellen Erkrankungen des kardiovaskulären Systems mit einem Anteil von 42,3 % die führende Todesursache dar. Europaweit betrachtet weist der plötzliche Herztod die höchste Mortalitätsrate auf. Der Europäische Rat für Wiederbelebung veröffentlicht in einem Zyklus von 5 Jahren die aktuellen Behandlungsempfehlungen für den Herz-Kreislauf-Stillstand. In der neuesten Veröffentlichung dieser Leitlinien weisen die Fachgesellschaften auf die hohe Bedeutung der Prävention eines Herz-Kreislauf-Stillstandes hin. Im Falle einer Reanimationssituation finden entsprechende erweiterte lebensrettende Sofortmaßnahmen Anwendung (1-3).

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist zu evaluieren, ob Studierende der Medizinischen Universität Graz nach absolvieren der Lehrveranstaltung, „Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie“ in der Lage sind, Patientinnen und Patienten mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand entsprechend den aktuellen Empfehlungen der Fachgesellschaften mittels erweiterter lebensrettender Sofortmaßnahmen zu behandeln.

**Material und Methoden:** Es wurden audio-visuelle Aufzeichnungen von Simulationstrainings der Lehrveranstaltung die Grazer SIMLine: Anaphylaxie checklistenbasiert einer retrospektiven Analyse unterzogen. Entsprechend den aktuellen Empfehlungen des Europäischen Rates für Wiederbelebung wurden diese Checklisten für erweiterte lebensrettende Sofortmaßnahmen erstellt, welche die leitlinienkonforme Behandlung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes abbilden. Die erhobenen Parameter wurden in einer Microsoft® Excel® Datenbank zusammengefasst und einer deskriptiven statistischen Analyse unterzogen.

**Ergebnisse:** Insgesamt erfüllten 15 Szenarios und 58 Studentinnen und Studenten die Einschlusskriterien. Über alle Szenarien hinweg betrachtet, erreichten die Studentinnen und Studenten 82,40 % der Maximalpunkte.

Im Rahmen der initialen Beurteilung führten 88,88 % der Studierenden eine korrekte Überprüfung auf Lebenszeichen durch. Die Feststellung einer regelrechten Atemtätigkeit erfolgte in 69,23 % durch die Maßnahme „Kinn anheben und Kopf überstrecken“. Ein Herz-Kreislauf-Stillstand wurde in allen Szenarien korrekt erkannt und die Zeitspanne bis zum Beginn der Herzdruckmassage betrug im Median 6 Sekunden. Entsprechend den Leitlinien wurde zwischen einem

defibrillierbaren (80 %) und einem nicht defibrillierbaren Herzrhythmus (20 %) unterschieden. Bei schockbarem Herzrhythmus wurde Adrenalin nach dem 3. Schock in 50 % der Fälle korrekt verabreicht. Amiodaron wurde nur in 33 % zum richtigen Zeitpunkt intravenös injiziert.

Bei der zeitlichen Auswertung wurde der 1. Schock bei einem defibrillierbaren Herzrhythmus nach 39 Sekunden (Median) abgegeben. Der Median für den darauffolgenden 2. Schock betrug 02:18 min, für den 3. Schock 02:11 min, für den 4. Schock 02:12 min und für den 5. Schock 03:32 min. Die unverzügliche Adrenalingabe erfolgte im Median bei den nicht defibrillierbaren Herzrhythmen nach 03:53 min. Sofern Adrenalin injiziert wurde und erneut nach weiteren 3 – 5 min verabreicht werden musste, gelang dies den Studierenden nach 04:20 min (Median). Eine intravenöse Leitung für die Medikamentengabe wurde im Median nach 02:41 min etabliert. Die definitive Atemwegssicherung benötigte im Median für den Larynxtrachealtubus 00:52 min, für den endotracheal Tubus 02:40 min und für die Koniotomie 05:10 min.

**Schlussfolgerung:** Das an der Medizinischen Universität Graz etablierte Ausbildungsprogramm „Die Grazer: SIMLine Anaphylaxie“ zeigt einen positiven Einfluss auf die Ausbildung von Medizinstudierenden in erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen. Die analysierten Parameter unterstreichen die positiven Effekte einer simulationsunterstützten medizinischen Ausbildung. Entsprechende Ausbildungsschwerpunkte pro futuro zur weiteren Steigerung der Ausbildungsqualität konnten definiert werden.

**Schlüsselworte:** Herz-Kreislauf-Stillstand, Reanimation, Simulation, Ausbildung

## Abstract

**Background:** In Austria diseases of the cardiovascular system represent the leading cause of death with a share of 42.3%. Throughout Europe, sudden cardiac death has the highest mortality rate. Every five years, the European Council for Resuscitation publishes recommendations for the treatment of cardiac arrest. In the most recently published guidelines, the specialist societies stress the critical importance of preventing cardiac arrest. In a resuscitation situation, the appropriate extended life-saving measures are applied (1-3).

The aim of this diploma thesis is to assess whether students of the Medical University of Graz, after completing the course 'Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie' are able to treat patients suffering from cardiac arrest in accordance with the current recommendations of the specialized societies by means of extended life-saving measures.

**Materials and methods:** Audio-visual recordings of simulation training of the teaching event 'Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie' were subjected to retrospective checklist-based analysis. In accordance with the current recommendations of the European Council for Resuscitation, these checklists were drawn up for extended life-saving emergency measures, which reflect the guideline compliant treatment of cardiac arrest. The collated parameters were summarised in a Microsoft Excel database and subjected to descriptive statistical analysis.

**Results:** A total of 15 scenarios and 58 students met the inclusion criteria. Across all scenarios, the students attained 82.40% of the maximum points.

In the course of the initial assessment, 88.88% of the students performed a correct check on life signs. The determination of regular breathing activity took place in 69.23% of the cases by means of the 'head tilt - chin lift manoeuvre'. Cardiac arrest was correctly detected in all scenarios and the median time was six seconds. According to the guidelines, a distinction was made between a defibrillable (80%) and a non-defibrillatable cardiac rhythm (20%). For a shockable heart rhythm, adrenaline was correctly administered in 50% of the cases after the third shock. Amiodarone was only intravenously injected at the right time in 33% of the cases. In the temporal evaluation, the first shock was delivered for a defibrillable cardiac rhythm after 39 seconds (median). The median for the subsequent 2nd shock was

02:18 min, for the 3rd shock 02:11 min, for the 4th shock 02:12 min and for the 5th shock 03:32 min. For the non-defibrillating cardiac rhythms, immediate administration of adrenaline occurred after 03:53 min (median). If adrenaline was injected and had to be administered again after another 3 - 5 min, the students were able to do this after 04:20 min (median). An intravenous line for medication was established after 02:41 min (median). On average, definitive airway protection required 00:52 min for the larynx tube, 02:40 min for the endotracheal tube and 05:10 min for the cricothyrotomy.

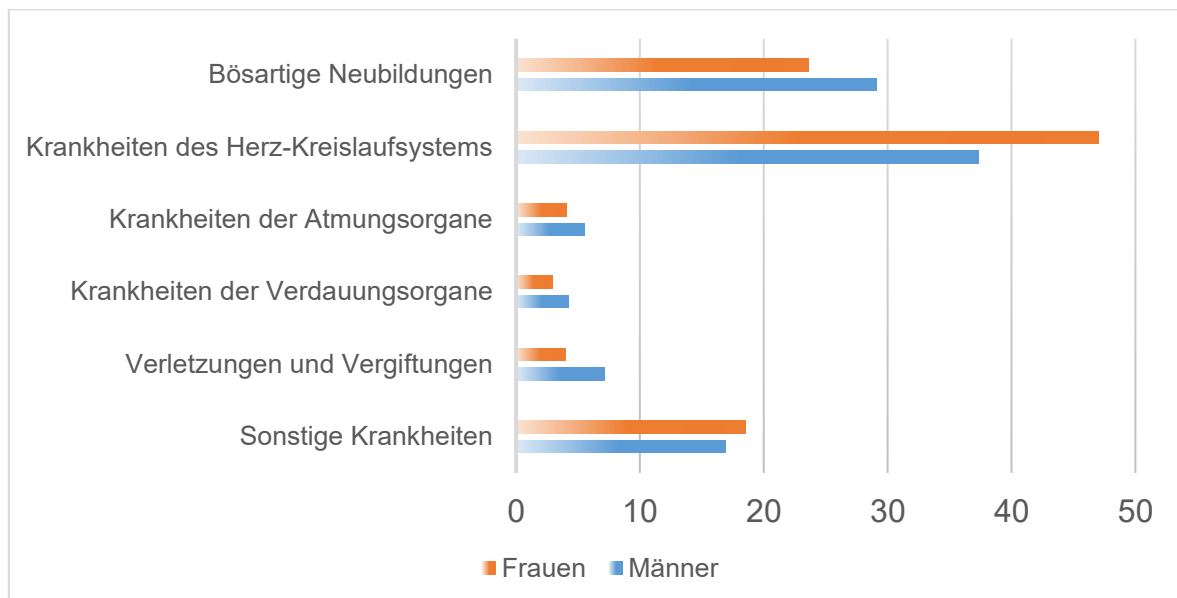
**Conclusion:** The training program 'Die Grazer: SIMLine Anaphylaxie' established at the Medical University of Graz shows a positive effect on the training of medical students in extended immediate life-saving measures. The analysed parameters underline the positive effects of simulation-assisted medical training. Corresponding future training emphases to further enhance the quality of the education could be defined.

**Keywords:** cardiac arrest, resuscitation, simulation, training

# 1 Einleitung

Die führende Todesursache in Österreich sind Herz-Kreislaufferkrankungen. Von 78.252 Sterbefällen im Jahr 2014 belaufen sich 33.137 Todesfälle auf Erkrankungen des kardiovaskulären Systems. Das entspricht einem Anteil von 42,3 %. In dieser Gruppe sind Männer mit 37,3 % gegenüber den Frauen mit 47 % seltener betroffen (Abbildung 1). In 13,7 % der Fälle führen diese Erkrankungen in Österreich zu einem Herz-Kreislauf-Stillstand (HKS) (1).

**Abbildung 1: Todesursachen in Österreich (2014) geordnet nach Geschlecht in Prozent modifiziert nach (1)**



Europaweit betrachtet ist der plötzliche Herztod die vorherrschende Todesursache. Jedes Jahr sind 55 – 113 / 100.000 Einwohnerinnen und Einwohner davon betroffen. Insgesamt erkranken innerhalb der Europäischen Union zwischen 350.000 – 700.000 Personen pro Jahr (4).

In Europa hat sich der Europäische Rat für Wiederbelebung (European Resuscitation Council; ERC) etabliert. Dieser erarbeitet für die Behandlung des HKS entsprechende Leitlinien. Als Auslöser des Herz-Kreislauf-Stillstandes ist nach aktuellen Erkenntnissen des ERC in 25 bis 50 % Kammerflimmern (ventricular fibrillation; VF) verantwortlich. Patientinnen und Patienten, welche zum Zeitpunkt des Herzstillstandes mittels Monitor elektrokardiographisch überwacht wurden,

zeigten nicht nur in bis zu 76 % Kammerflimmern, sondern auch eine signifikant höhere Überlebensrate (4).

In diesen Behandlungsempfehlungen wird neben der unmittelbar begonnenen Herzdruckmassage (HDM), die unverzügliche Defibrillation als einzig erfolgversprechende Therapie des VF definiert. Eine Defibrillation innerhalb von 3 bis 5 Minuten kann die Überlebensrate auf 50 bis 70 % steigern. Jede Verzögerung der Defibrillation lässt die Überlebenswahrscheinlichkeit mit HDM pro Minute um 3 bis 4 % sinken. Ohne Herzdruckmassage verringert sich die Chance den Herzstillstand zu überleben um 10 bis 12 % pro Minute (2, 4).

Folgerichtig spielt der Faktor Zeit in der Versorgung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes auf Grund von Kammerflimmern eine entscheidende Rolle. Nur die sofortige Identifizierung eines Herzstillstandes mit unverzüglich eingeleiteter kardiopulmonaler Reanimation (cardiopulmonary resuscitation; CPR) und frühzeitiger Schockabgabe kann eine solide Basis für eine erfolgreiche Reanimationsnachbehandlung liefern. Das ERC spricht hierbei von „chain of survival“ (3).

Außerklinisch versucht man neben einem gut ausgebauten präklinischen Rettungssystem diese Verzögerung zu minimieren, indem man unter anderem an öffentlichen Plätzen automatische externe Defibrillatoren (automated external defibrillator; AED) installiert, welche im Sinne einer Laienreanimation sicher angewendet werden können.

Moderne integrierte Leitstellen leiten mittlerweile telefonisch zur Reanimation an (sogenannte „Telefonreanimation“). Die diensthabende Disponentin oder der diensthabende Disponent nimmt einen Notruf entgegen. Wird während der Notrufannahme ein Herzstillstand telefonisch identifiziert, so kann direkt die Herzdruckmassage - noch vor Eintreffen des Rettungsdienstes - durch den Laien durchgeführt werden. Nur durch das rechtzeitige Erkennen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes und durch die Notrufabgabe in Kombination mit einer „Telefonreanimation“ können auch präklinisch hohe Überlebensraten von 50 bis 70 % erreicht werden.

## **1.1 Reanimations- und Notfallteams**

Innerklinisch haben sich in den letzten Jahren Reanimationsteams etabliert. Diese werden vom Personal im Falle eines Herz-Kreislauf-Stillstandes angefordert.

Aktuelle Studien zeigen, dass die Patientinnen und Patienten im Krankenhaus - zum Teil bedingt durch etwaige Vorerkrankungen - nicht nur anfälliger für einen HKS sind, sondern in bis zu 80 % in einem Zeitraum von weniger als 24 Stunden signifikante Veränderungen der Vitalparameter aufweisen. Problematisch ist, dass das Personal der Normalstation in bis zu 50 % diese kritisch kranken Patientinnen und Patienten nicht als solche erkennt, beziehungsweise oft nicht in der Lage ist diese ausreichend zu versorgen. Ein frühes Erkennen dieser Veränderungen hätte eine frühzeitige Therapie zur Folge und könnte somit den Verlauf maßgeblich positiv beeinflussen. So wären nach einer Untersuchung bis zu 40 % der Intensivaufnahmen durch Früherkennung einer bedrohlichen Störung des kardiovaskulären Systems vermeidbar gewesen. In diesem Zusammenhang wird mittlerweile der Begriff „failure to rescue“ verwendet, der diese Problematik nochmals unterstreichen soll (2, 5).

Der Europäische Rat für Wiederbelebung weist auch in den aktuellen Leitlinien aus dem Jahr 2015 verstärkt auf die hohe Bedeutung der Prävention eines HKS hin (3). Daher wird in Kliniken vermehrt das „Rapid-Response-System“ implementiert, welches im Sinne der Prävention von Herz-Kreislauf-Stillständen ein zusätzliches Notfallteam zur Verfügung stellt.

### **1.1.1 Rapid-Response-System**

Der Begriff „Rapid-Response-System“ beschreibt ein innerklinisches Notfallmanagement, welches in der Lage ist kritisch kranke Patientinnen und Patienten frühzeitig als solche zu erkennen und falls notwendig, intensivmedizinisch zu versorgen. Dieses Notfallteam ersetzt das klassische Reanimationsteam nicht, sondern kann vom Personal der Normalstation bei sich akut verschlechternden Patientinnen und Patienten angefordert werden. Folgerichtig ergibt sich für das Notfallteam im Vergleich zum Reanimationsteam eine wesentlich höhere Einsatzfrequenz (2).

Die Zusammensetzung eines Rapid-Response-Team (RRT) ist im internationalen Vergleich sehr unterschiedlich. In Großbritannien und Nordirland wird dieses

Notfallteam vom nichtärztlichen Personal, wie zum Beispiel einer speziell ausgebildeten Krankenschwester, gestellt. In Amerika gibt es sowohl nicht-ärztliche als auch ärztlich gestützte Notfallteams. Australien, Neuseeland und Skandinavien wiederum bevorzugen ein Rapid-Response-Team, welches von einer Ärztin oder einem Arzt geleitet wird. Für die optimale Zusammensetzung eines solchen Notfallteams kann bis dato von den Fachgesellschaften noch keine klare Empfehlung gegeben werden (5).

Die erfolgreiche Implementierung eines solchen Früherkennungssystems bedarf entsprechender Ausbildung sowie Training aller an der direkten Patientinnen- und Patientenversorgung beteiligten Personen einer Klinik. Jede Mitarbeiterin und jeder Mitarbeiter eines Krankenhauses sollte in der Lage sein, kritische Patientinnen und Patienten als solche zu erkennen und als Konsequenz daraus, das Notfallteam rechtzeitig zu verständigen. Störungen von Atmung und Kreislauf, sowie deren Therapie mittels einfacher Hilfsmittel, als auch die Durchführung von Basisreanimationsmaßnahmen bei eingetretenem Herz-Kreislauf-Stillstand müssen sicher beherrscht werden, bis erweiterte Hilfe durch ein Notfallteam zur Verfügung steht. Daher ist die Ausbildung eines Notfallteams mit den Kernelementen von Advanced Life Support Provider Kursen (ALS-Provider) vergleichbar. Ausbildungsschwerpunkte stellen in diesen Kursformaten die Prävention eines Herz-Kreislauf-Stillstandes, die hochwertige Qualität der Herzdruckmassage, die Defibrillation, der ALS-Algorithmus an sich und das Teamtraining dar (2).

Eine systematische Übersichtsarbeit konnte zeigen, dass durch diese Notfallteams im klinischen Umfeld nicht nur eine signifikante Reduktion der Mortalität (RR 0,87, 95 % CI = 0,81 – 0,95,  $p < 0,001$ ), sondern auch eine Verringerung des Auftretens eines Herz-Kreislauf-Stillstandes (RR 0,65, 95 % CI 0,61 – 0,70,  $p < 0,001$ ) erreicht wurde (5).

Eine weitere Analyse aus dem deutschsprachigem Raum schlussfolgert, dass 40 % der Aufnahmen auf eine Intensivstation durch den Einsatz eines Notfallteams potentiell vermeidbar gewesen wären. Die Patientinnen und Patienten zeigten mit Einführung eines Rapid-Response-Systems eine kürzere Verweildauer auf der Intensivstation und somit auch geringere Versorgungskosten (2).

Die Etablierung eines Rapid-Response-Systems hat demnach das Potential die Behandlungsqualität zu verbessern.

In dieser zu bearbeitenden Diplomarbeit soll nun untersucht werden, ob Medizinstudierende dazu befähigt sind, nach Absolvierung eines simulationsbasierten Ausbildungsprogrammes, wie es an der Medizinischen Universität Graz angeboten wird, sich akut verschlechternde Patientinnen und Patienten frühzeitig als solche zu erkennen und Patientinnen und Patienten mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand leitlinienkonform zu behandeln.

## **1.2 Pathophysiologie des Herz-Kreislauf-Stillstandes**

Wie bei allen Organen des menschlichen Körpers, ist speziell beim Herzen das richtige Verhältnis von Sauerstoffangebot zu Sauerstoffbedarf für eine ordnungsgemäße Funktion unverzichtbar. Ein Missverhältnis schädigt nicht nur das Herz, sondern zieht im schlimmsten Fall einen Herz-Kreislauf-Stillstand nach sich. Bedauerlicherweise setzt sich der Mensch durch seine oft ungesunde Lebensweise vielen Risikofaktoren aus und bringt dieses Verhältnis dadurch potentiell aus dem Gleichgewicht. Starke Raucherinnen und Raucher, sowie übergewichtige Personen mit Bewegungsmangel sind häufiger von Erkrankungen des kardiovaskulären Systems betroffen. Des Weiteren tragen auch Diabetes mellitus und Bluthochdruck entscheidend zur Schädigung des Gefäßsystems bei. Zusammengefasst fördern diese Risikofaktoren die Entstehung von Arteriosklerose, welche sich unter anderem auch in den Koronararterien manifestiert (6).

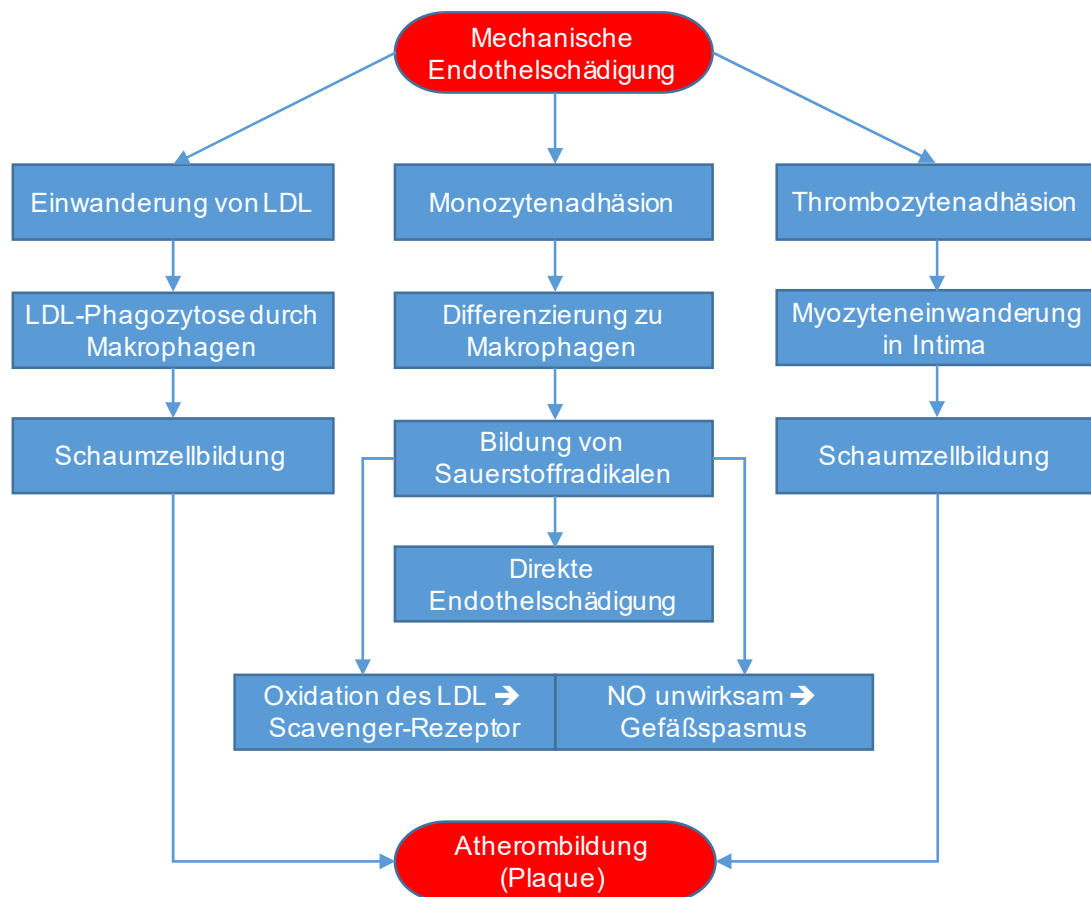
### **1.2.1 Arteriosklerose**

Insgesamt betrachtet stellen die Folgeerscheinungen von Arterio- und Atherosklerose mehr als die Hälfte der Todesursachen in den westlichen Industrienationen dar. Obwohl die Pathogenese bis heute noch nicht vollständig geklärt ist, wird die sogenannte „Response-to-injury“-Hypothese diskutiert (Abbildung 2). Diese versteht die Krankheitsentwicklung als Antwort auf eine mechanische Schädigung des Endothels als Ausgangspunkt. Besonders betroffen sind hierbei die Verzweigungsstellen des Gefäßsystems (6).

Die Folge dieser Schädigung des Endothels ist eine erhöhte Durchlässigkeit gegenüber Lipidmolekülen, als auch die Anlagerung von Mono- und Thrombozyten an die verletzte Gefäßwand. Die Monozyten durchwandern die Gefäßwand und differenzieren in der Intima zu Makrophagen, welche ihrerseits Sauerstoffradikale freisetzen und dadurch direkt das Endothel schädigen, beziehungsweise das Stickstoffmonoxid (NO) unwirksam machen. Letzteres hat nicht nur eine antiproliferative und vasodilatierende Wirkung am Gefäßendothel, sondern hemmt bei normaler Funktion auch die Adhäsion der Mono- und Thrombozyten. Vor allem der Wegfall der gefäßerweiternden Komponente begünstigt die Entstehung eines Gefäßspasmus. Des Weiteren führen diese Sauerstoffradikale zur Oxidation der bereits eingewanderten Lipidmoleküle. Diese nun oxidierten Low-Density-

Lipoproteine (LDL) haben erneut eine endothelschädigende als auch proliferative Wirkung an der Gefäßmuskulatur. Ein weiterer Schlüsselpunkt in der Entstehung der Arteriosklerose ist das geänderte Rezeptorverhalten der oxidierten LDL. Anstelle einer Bindung an den ApoB100-Rezeptor, folgt nun eine primäre Bindung an den Scavenger-Rezeptor, einem Rezeptor, der vornehmlich in Makrophagen zu finden ist. Diese Makrophagen phagozytieren in großen Mengen LDL und werden so zu Schaumzellen umgewandelt. Zudem kommt es durch ausgeschüttete Wachstumsfaktoren der Thrombozyten zur Migration von glatten Muskelzellen aus der Media in die Intima, wo diese letztendlich durch die Aufnahme von oxidierten LDL auch zu Schaumzellen werden (6).

**Abbildung 2: Response-to-Injury-Hypothese**  
modifiziert nach (6)



Die Atherombildung in Kombination mit einem Gefäßspasmus führt zur Lumeneinengung. Bezogen auf das kardiovaskuläre System resultiert dieser Pathomechanismus in der Ausbildung einer koronaren Herzkrankheit.

## **1.2.2 Koronare Herzkrankheit**

Unter normalen Umständen wird ein gesteigerter Sauerstoffbedarf der Herzmuskulatur durch eine Widerstandsverminderung in den Koronargefäßen ausgeglichen. Hierzu kann der Widerstand bis auf maximal 20 % gegenüber dem Ausgangswert abgesenkt werden. Dieser Vorgang wird als „Koronarreserve“ bezeichnet. Deutlich geringer wird diese Anpassungsmöglichkeit, wenn sich arteriosklerotische Veränderungen in den großen proximalen Koronargefäßen finden. Dementsprechend kann es vorkommen, dass bereits in Ruhe die typischen Schmerzen einer Myokardischämie auftreten. Zu diesen zählen linksseitiger Brustschmerz mit Ausstrahlung in den linken Arm, Oberbauch oder Rücken. Im Allgemeinen tritt dieser Ruheschmerz erst ab einem verminderten Durchmesser der Koronargefäße von 60 bis 70 % auf. Wird nun zusätzlich das Sauerstoffangebot verringert, sind die Grenzen der kompensatorischen Anpassungsmöglichkeiten erreicht (6).

Bei plötzlichem Auftreten der oben beschriebenen Symptomatik spricht man bis zur genauen Abklärung vom „akuten Koronarsyndrom“. Dieser Begriff fasst die instabile Angina pectoris, den ST-Strecken-Hebungsinfarkt (STEMI) und den nicht ST-Strecken-Hebungsinfarkt (NSTEMI) zusammen.

## **1.2.3 Myokardinfarkt**

### **1.2.3.1 Ursachen**

Ein häufiger Auslöser des akuten Myokardinfarktes ist die Ruptur eines durch Arteriosklerose bedingten Plaques. Die folgende Einblutung eines rupturierten Plaque verkleinert das Lumen der Koronararterie zusätzlich. Durch die Einblutung entsteht mit der Zeit ein Thrombus und die Arterienwand zieht sich reflektorisch zusammen. Diese drei Mechanismen verringern den Blutstrom zu den Herzmuskelzellen und führen dadurch zu einer Sauerstoffunterversorgung. Ein Untergang der Herzmuskelzellen kann laborchemisch durch einen Anstieg des kardialen Troponin erfasst werden. Dieses Enzym im Blutplasma dient als spezifischer diagnostischer Nachweis für eine Herzmuskelschädigung (6, 7).

Seltenere Ursachen für einen Myokardinfarkt sind entzündliche Gefäßerkrankungen, Embolien, erhöhte Blutviskosität oder ein stark gesteigener Ruhe-Sauerstoff-Bedarf, wie beispielsweise bei Patientinnen und Patienten mit

einer Aortenstenose. Darüber hinaus kann die Einnahme von Kokain schwerste Koronarspasmen verursachen und sollte daher ebenfalls differentialdiagnostisch berücksichtigt werden (6).

### **1.2.3.2 Diagnostik**

Im unverzüglich abgeleiteten 12-Kanal-EKG ist die ST-Strecken-Hebung ein deutliches Warnsignal für eine Sauerstoffunterversorgung des Myokards.

Bei einem NSTEMI kann diese Hebung im EKG allerdings fehlen: Hier wird als spezifischer Parameter das kardiale Troponin herangezogen. Dieses Enzym im Blutplasma steigt nach etwa 3 Stunden und erreicht sein Maximum nach circa 20 Stunden (6).

### **1.2.3.3 Therapie**

Folgende Medikamente sollen bei jedem akuten Koronarsyndrom verabreicht werden:

- **Morphium**
- **O<sub>2</sub>**: Sauerstoff
- **Nitroglycerin**
- **Acetylsalicylsäure**
- **Heparin**
- (Clopidogrel oder Prasugrel)

In der Notfallmedizin hat sich als Merkhilfe das „M – O – N – A – H“ – Schema etabliert (7).

Ziel dieser therapeutischen Intervention ist, die auftretenden Symptome zu lindern und ein Fortschreiten der Myokardschädigung zu reduzieren. Die gefürchtetste Komplikation des Myokardinfarktes, das Auftreten eines Herz-Kreislauf-Stillstandes, soll verhindert werden.

## **1.3 Management des Herz-Kreislauf-Stillstandes**

### **1.3.1 Basic Life Support (BLS)**

Ereignet sich ein innerklinisch beobachteter Herz-Kreislauf-Stillstand, so zeigt sich im Vergleich zur Präklinik eine etwas bessere, aber immer noch sehr niedrige Überlebenschance von lediglich 20 %. Daher sollte als erster Schritt, ein bedeutender Teil der Aufmerksamkeit auf die frühzeitige Erkennung eines drohenden Herz-Kreislauf-Stillstandes gelegt werden. Im Rahmen der Erläuterung des Rapid-Response-Team wurde bereits auf die Notwendigkeit dieser Maßnahme hingewiesen. Der Europäische Rat für Wiederbelebung hat zu dieser Problematik entsprechende Leitlinien veröffentlicht, welche durch deren Kenntnis und Anwendung das Potential besitzen einen möglichen Herz-Kreislauf-Stillstand abzuwenden (8).

Zu den Basismaßnahmen dieser Leitlinien zählt, dass kritisch kranke Patientinnen und Patienten auf einer Krankenhausstation versorgt werden, welche die notwendige Überwachung gewährleisten kann. Diese Station sollte die Rahmenbedingungen für eine standardisierte Dokumentation der Vitalparameter in festen vorgegebenen Zeitabständen beinhalten, sowie das Personal im frühzeitigen Erkennen und leitlinienkonformen Management eines Herz-Kreislauf-Stillstandes fortgebildet haben. Zudem werden vom jeweiligen Krankenhaus entsprechende Vitalparameter definiert, welche die Identifizierung kritisch kranker Patientinnen und Patienten erleichtern und die Alarmierung des Notfallteams triggern. Das Notfallteam wiederum ist ähnlich einem Reanimationsteam rund um die Uhr über eine einheitliche Notfallnummer zu erreichen und verfügt über die entsprechende Ausbildung um kritisch Erkrankte noch vor Eintreten eines HKS zu behandeln. Die Übergabe der Patientin/des Patienten sollte ebenso einem entsprechenden vorgegebenen Protokoll folgen (8).

Mit Hilfe der weiter oben beschriebenen Maßnahmen kann eine akute Verschlechterung einer Patientin/eines Patienten frühzeitig bemerkt werden. Auf eine derartige Verschlechterung des Gesundheitszustandes, folgt zu allererst eine Beurteilung hinsichtlich der Reaktion der Patientin/des Patienten. Hierzu wird das Bewusstsein mittels Ansprechen und vorsichtigem Rütteln an den Schultern überprüft.

Eine ansprechbare Person wird unverzüglich nach dem ABCDE-Schema behandelt und ein entsprechendes Notfallteam angefordert, falls dieses vom jeweiligen Krankenhaus vorgehalten wird. Auf jeden Fall sollte Sauerstoff verabreicht werden, ein Monitoring angelegt und eine intravenöse Leitung etabliert werden.

Nicht ansprechbare Personen sollen schnellstmöglich auf das Vorliegen von Lebenszeichen hin überprüft werden. An dieser Stelle der Versorgung sollte der Hilferuf bereits stattgefunden haben. Dieser kann in Form der Verständigung eines Notfall- oder Reanimationsteams erfolgt sein. Um die Patientin/den Patienten auf Lebenszeichen hin zu untersuchen wird diese/dieser auf den Rücken gedreht und die Atemwege werden geöffnet. Hierfür wird entweder der Kopf überstreckt und das Kinn angehoben (head tilt chin lift; HTCL-Manöver) oder zur Schonung der Halswirbelsäule der Esmarch-Handgriff angewendet. Das Feststellen einer regelrechten Atemtätigkeit erfolgt für maximal 10 Sekunden mittels Hören, Sehen und Fühlen. Die Maßnahme der Kreislaufüberprüfung in Form des Ertastens eines Pulses wird vom ERC nur mehr für erfahrene Helferinnen und Helfer empfohlen. Liegt nach Öffnung der Atemwege keine regelrechte Atemtätigkeit vor beziehungsweise kann kein Puls ertastet werden, so startet die Wiederbelebung der Patientin/des Patienten (8).

Ein Fehlen von Lebenszeichen, bedingt zusätzlich zum Notfallteam die Verständigung des Reanimationsteams. Hierbei können regionale Unterschiede entsprechend des Krankenhausstandards auftreten. Zwingend jedoch ist die unverzügliche Anforderung eines AED oder Defibrillators, sowie der Beginn der Herzdruckmassage. Die HDM wird im Wechsel von 30 Kompressionen zu 2 Beatmungen durchgeführt. Als Frequenz ergibt sich eine Geschwindigkeit von 100 bis 120 Kompressionen pro Minute, da hier das richtige Verhältnis von Austreibungs- und Füllungsphase der Herzkammern gegeben ist. Die Drucktiefe wird vom ERC mit 4,5 bis 5,5 cm angegeben und als Druckpunkt wird die Mitte des Brustkorbes als ideal definiert. Besonders wichtig sind bei der Durchführung einer qualitativ hochwertigen Herzdruckmassage die vollständige Entlastung des Brustkorbes nach jeder einzelnen Kompression, sowie die Sicherstellung möglichst kurzer Unterbrechungen der HDM. Nach jeweils 2 Minuten sollte zudem die Helferin/der Helfer gewechselt werden um einer Übermüdung vorzubeugen (8). Simultan zur Durchführung der Herzdruckmassage kann die Atemwegssicherung

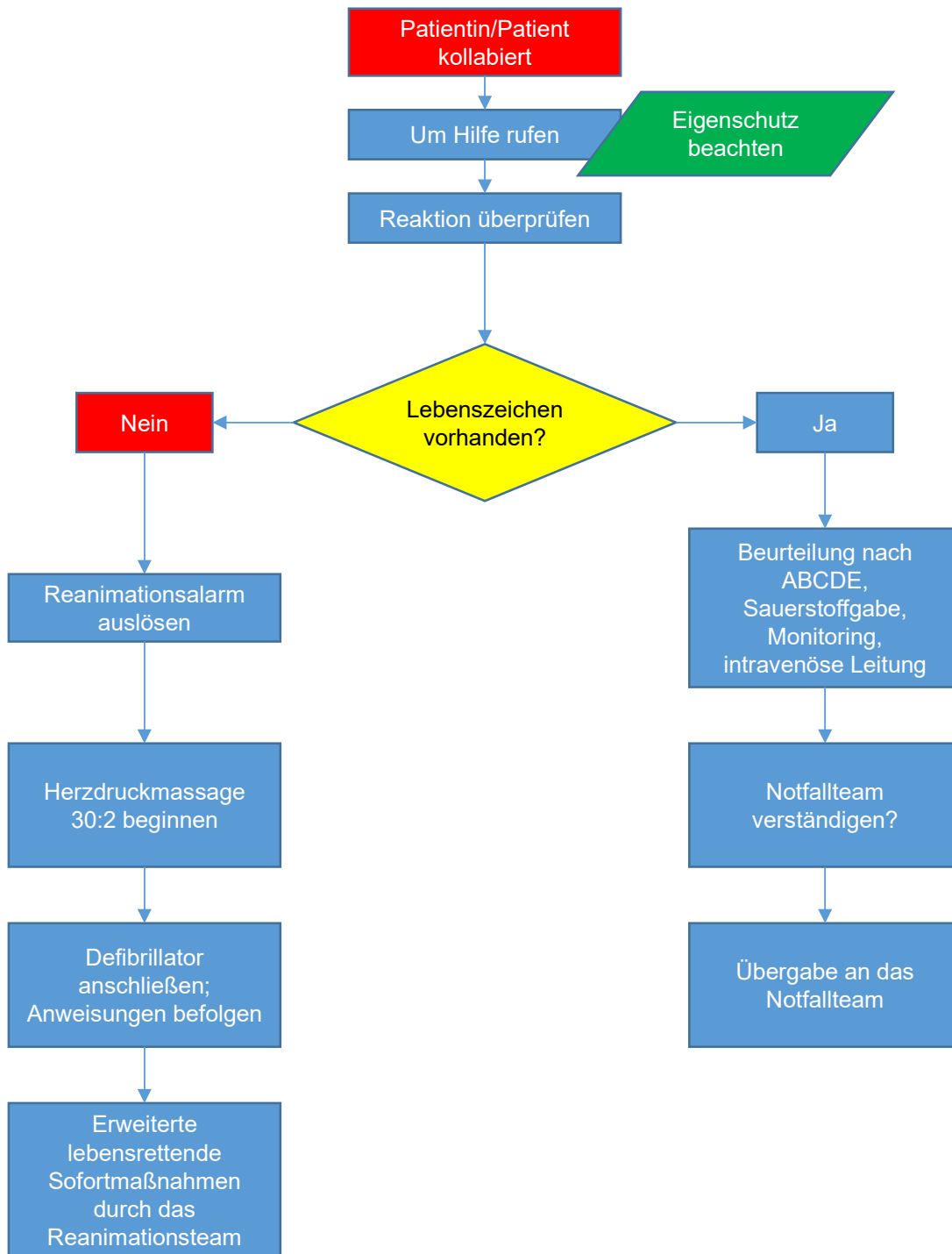
erfolgen. Als Verfahren hat sich der supraglottische Atemweg gegenüber dem Endotrachealtubus durchgesetzt, da Letzterer eines intensiveren Trainings bedarf, um diesen sicher anzuwenden. Mit einer Atemwegssicherung einher geht als Goldstandard die Anlage und Interpretation der Kapnographie, um die korrekte Platzierung der Atemwegshilfe zu gewährleisten. Im Rahmen einer manuellen Beatmung wird die Inspirationszeit mit 1 Sekunde und einem sichtbaren Heben des Thorax festgelegt. Eine Frequenz von 10 Beatmungshüben pro Minute wird vom ERC empfohlen. Des Weiteren erfolgt in einer Reanimationssituation grundsätzlich eine hochdosierte Sauerstoffgabe (8).

Sobald ein Defibrillator verfügbar ist, werden die Defibrillationselektroden aufgeklebt und anschließend der Herzrhythmus ausgewertet. Je nach vorhandenem Gerät und Ausgangsrhythmus muss der Schock selbstständig abgegeben oder die entsprechenden Anweisungen des Gerätes befolgt werden. Dieser Algorithmus wird solange beibehalten, bis die Patientin/der Patient Lebenszeichen zeigt, oder höher qualifiziertes Personal eintrifft und entsprechend die erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen einleitet.

Nicht ansprechbare Personen mit vorhandenen Lebenszeichen und erhaltener Spontanatmung werden in die stabile Seitenlage gebracht und stets auf etwaige Zustandsänderungen hin überwacht bis das Notfallteam eintrifft und die Versorgung der Patientin/des Patienten übernimmt (3).

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Maßnahmen des Basic Life Support.

**Abbildung 3: Algorithmus BLS**  
modifiziert nach (8)



### **1.3.2 Advanced Life Support (ALS)**

Während der AED den Helferinnen und Helfern die notwendigen Handlungsschritte vorgibt, entscheidet das Personal, welches in erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen ausgebildet ist, selbst über die erforderlichen Maßnahmen.

Wie in Abbildung 4 dargestellt, erfolgt zu allererst eine Unterscheidung zwischen einem schockbaren oder einem nicht-schockbaren Herzrhythmus. Ein automatischer Defibrillator, wie er häufig in der Laien-Reanimation eingesetzt wird, analysiert zu einem festgelegten Zeitpunkt den Herzrhythmus selbstständig und leitet daraufhin die Helferinnen und Helfer an.

#### **1.3.2.1 Schockbarer Herzrhythmus: VF/pVT**

Wurde vom ALS-Anwender ein Kammerflimmern oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie (pulseless ventricular tachykardia; pVT) festgestellt, so wird sich dieser unverzüglich zur sicheren Defibrillation entschließen. Um eine hochwertige CPR zu gewährleisten, erfolgt das Laden des Defibrillators unter ständiger Fortführung der Herzdruckmassage. Ist der Defibrillator geladen, so wird unter Sicherstellung der Eigensicherheit die HDM kurzzeitig für die 1. Defibrillation unterbrochen und es werden nach abgegebenem Schock die Thorax-Kompressionen unmittelbar wiederaufgenommen. Es sollte von den Helferinnen und Helfern keine Pulskontrolle nach einer Schockabgabe durchgeführt werden, da einerseits der Puls nicht umgehend getastet werden kann, und andererseits in den seltensten Fällen unmittelbar nach einer Defibrillation ein Herzschlag zu tasten ist.

Die Höhe der Energie für jeden Schock ist durch die Hinweise der Gerätehersteller vorgegeben. Bei Unwissenheit wird die maximal mögliche Energie für alle Schocks verwendet. Empfohlen wird vom Europäischen Rat für Wiederbelebung jedoch, sofern dies im Rahmen der Herstellerrichtlinien erlaubt ist, mit einer Energie von 150 Joule biphasisch zu beginnen und diese nach jedem weiteren Schock kontinuierlich auf bis zu 360 Joule zu steigern (8).

Nach einem weiteren zweiminütigen Zyklus der Reanimation wird erneut der Herzrhythmus beurteilt. Bei refraktärem VF/pVT wird ein 2. Schock abgegeben und die Herzdruckmassage im Anschluss unverzüglich und ohne Pulskontrolle wiederaufgenommen.

Dieser standardisierte Zyklus wird bis nach dem 3. Schock beibehalten. Nach dreimaliger erfolgloser Schockabgabe erfolgt die Gabe von 1 Milligramm (mg) Adrenalin und 300 mg Amiodaron. Die Adrenalingabe erfolgt repetitiv nach weiteren 3 bis 5 Minuten. Eine weitere Gabe von 150 mg Amiodaron ist nach dem 5. Schock möglich. Es ist zu beachten, dass die CPR für die Medikamentengabe keinesfalls unterbrochen wird. Diese Reanimationsbemühungen werden solange durchgeführt bis ein Wiedereinsetzen des Spontankreislaufes erfolgt oder die CPR erfolglos abgebrochen wird.

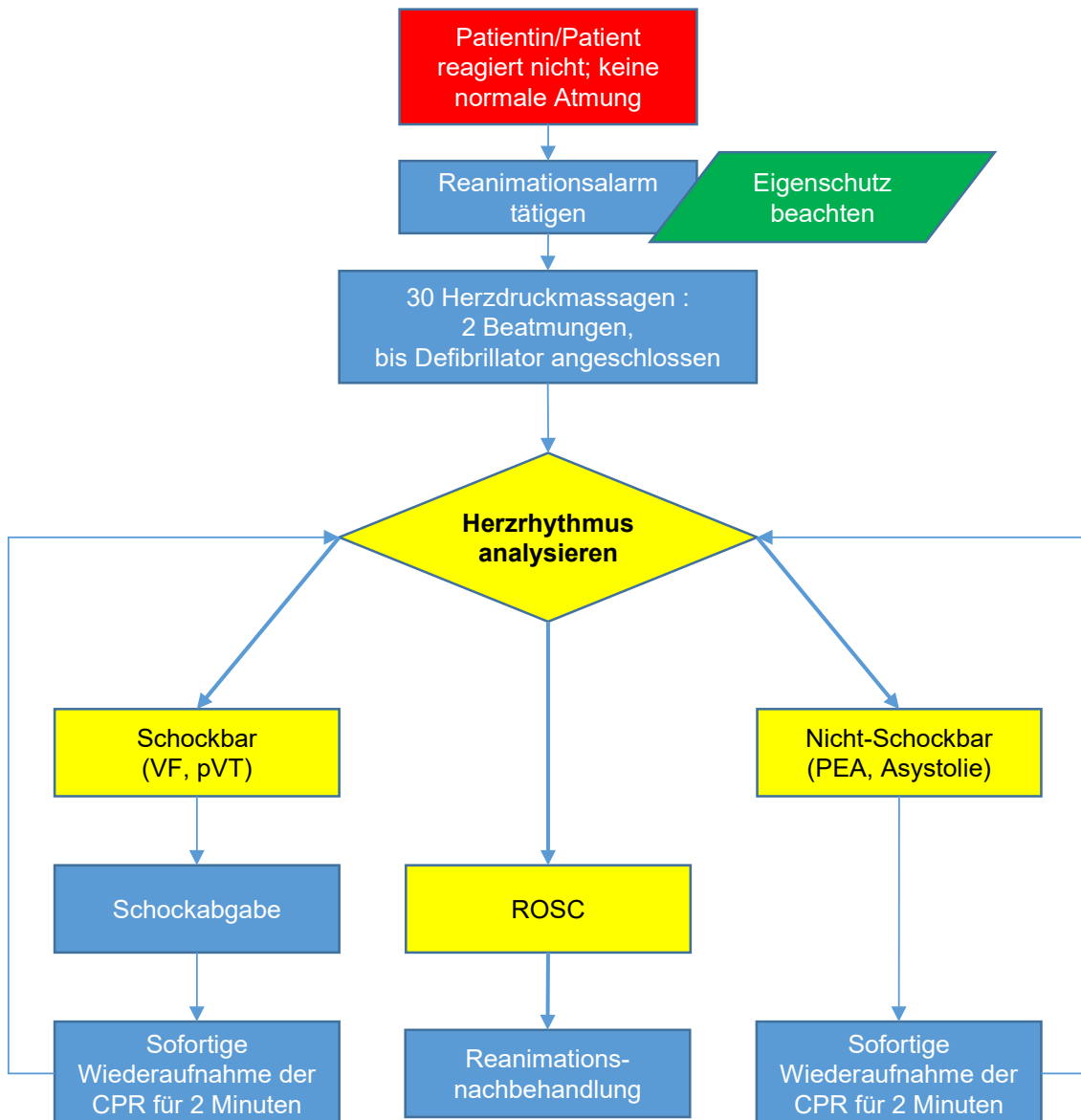
Eine Besonderheit ergibt sich für den beobachteten Herz-Kreislauf-Stillstand. Patientinnen und Patienten, welche bereits mittels Elektrokardiogramm überwacht werden und einen HKS mit einem zugrundeliegenden schockbaren Herzrhythmus erleiden, werden unverzüglich bis zu dreimal in Folge defibrilliert. Nach jedem Schock erfolgt eine kurze Erfolgskontrolle. Ein Beginn der CPR wird vom ERC erst nach dem 3. erfolglosen Schock empfohlen. Untersuchungen zu Folge ist zu diesem Zeitpunkt der Reanimation nicht anzunehmen, dass die Herzdruckmassage die sehr hohe Chance auf ein Wiedereinsetzen des Spontankreislaufes durch eine Defibrillation noch steigern kann (3).

### **1.3.2.2 Nicht-schockbarer Herzrhythmus: PEA/Asystolie**

Sollte die initiale Rhythmuskontrolle eine pulslose elektrische Aktivität (PEA) oder Asystolie (Null-Linie im EKG) zeigen, so hat die schnellstmögliche Adrenalingabe neben der durchgeführten CPR oberste Priorität. Unter fortlaufender Reanimation wird ein intravenöser Zugang oder alternativ eine intraossäre Leitung etabliert und ohne nennenswerte Verzögerung 1 mg Adrenalin verabreicht. Ab der ersten Gabe von Adrenalin wird dieses repetitiv nach weiteren 3 bis 5 Minuten bis zum Eintreten eines Spontankreislaufes oder bis zum Abbruch der Reanimation verabreicht. Simultan zu den schockbaren Herzrhythmen erfolgt die CPR bis ein „return of spontaneous circulation“ (ROSC) eintritt, oder bis die Wiederbelebungsmaßnahmen erfolglos abgebrochen werden. Ein Wechsel in den schockbaren ALS-Algorithmus ist grundsätzlich jederzeit möglich und sollte sowohl die Defibrillation als auch die zusätzliche Gabe von 300 mg Amiodaron nach dem 3. Schock zur Folge haben (8).

Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Maßnahmen des Advanced Life Support.

**Abbildung 4: Algorithmus ALS**  
 modifiziert nach (8)



Während Algorithmus durchzuführen:

- Atemwegssicherung: hoch dosierte Sauerstoffgabe, Kapnographie verwenden, kontinuierliche HDM
- Sicherstellung hoher CPR-Qualität
- Minimale Unterbrechungen
- Gefäßzugang etablieren (peripher/zentral)
- Einspülen nach Medikamentengabe (peripher: mindestens 20 Milliliter Flüssigkeitsbolus; Extremität anheben für 10 – 20 Sekunden)
- Adrenalin-Gabe alle 3 – 5 Minuten nach erster Applikation
- Amiodaron-Gabe nach 3. Schock; repetitiv nach 5. Schock möglich
- Reversible Ursachen für Kreislaufstillstand („HITS“)





### 1.3.2.3 Reversible Ursachen eines Herz-Kreislauf-Stillstandes

Ein HKS kann grundsätzlich durch einige Ursachen ausgelöst werden, welche reversibel sind und damit während einer Reanimation beseitigt werden können. Damit sich die Helferinnen und Helfer diese reversiblen Ursachen leichter merken können, wurden diese zu einem einfach zu merkenden Akronym zusammengefasst: 4-H und 4-T (8).

Im deutschsprachigem Raum ist auch die Abkürzung „HITS“ gebräuchlich.

Abbildung 5 gibt einen Überblick über die reversiblen Ursachen des Herz-Kreislauf-Stillstandes.

**Abbildung 5: HITS**  
modifiziert nach (8)

	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hypoxie</li><li>• Hypovolämie</li><li>• Hypo- und Hyperthermie</li><li>• Metabolische Entgleisung (Hypoglykämie, Hypo-/Hyperkaliämie)</li><li>• Herzbeuteltamponade</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Intoxikation</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Thromboembolie (koronar/pulmonal)</li></ul>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Spannungspneumothorax</li></ul>

### **Hypoxie**

Eine bestehende Hypoxie (Sauerstoffmangel) wird im Rahmen der Atemwegssicherung behoben. Unter idealen Bedingungen erfolgt eine Intubation unter Sicht. Die Stimmritze kann mit Hilfe des Laryngoskopes als Ganzes eingesehen werden und die Spitze des Endotrachealtubus durchläuft beobachtet diese Ebene. Auskultatorisch beidseits beatmete Lungen, sowie die Anwendung und Auswertung der Kapnographie machen eine Tubusfehlage unwahrscheinlich (3).

### **Hypovolämie**

Eine Hypovolämie (Volumenmangel) sollte in Betracht gezogen werden, wenn die Patientin/der Patient vor dem Herz-Kreislauf-Stillstand ein Trauma erlitten hat, eine gastrointestinale Blutung oder die Ruptur eines Aortenaneurysma vermutet werden. In diesem Fall benötigt die Patientin/der Patient eine chirurgische Versorgung ihrer/seiner Verletzung oder Erkrankung. Durch die rasche Verabreichung kristalloider Infusionslösungen oder Blutkonserven kann Zeit bis hin zur definitiven Versorgung im Operationssaal überbrückt werden. Zu einem relativen Volumenmangel kommt es ebenfalls bei einer schweren allergischen Reaktion oder Sepsis. In diesem Falle ist eine rasche Volumentherapie angezeigt, um das normale intravaskuläre Volumen schnellstmöglich wiederherzustellen. Als wirkungsvollste Therapie der Anaphylaxie gilt die rasche intramuskuläre Gabe von Adrenalin (3, 8).

### **Hypo- und Hyperthermie**

Eine Hypothermie (Unterkühlung) wird definiert als eine Körperkerntemperatur unter 35 °C. Patientinnen und Patienten mit einer stark erniedrigten Körpertemperatur von beispielsweise 18 °C haben eine 10-fach höhere Hypoxie-Toleranz als bei Normaltemperatur. Diese Patientinnen und Patienten profitieren, sofern nicht der Atemstillstand ursächlich für den Herzstillstand war, von einer verlängerten Dauer der Reanimation (8, 9).

Die Hyperthermie (Überhitzung) entsteht durch eine Fehlfunktion der körpereigenen Thermoregulation. Eine ansteigende Körperkerntemperatur kann durch die physiologische Gegenregulation nicht mehr ausgeglichen werden. Als schwerste Ausprägung sei hier der Hitzschlag erwähnt. Dieser Bedarf neben einer sofortigen Kühlung des Körpers mit einer initialen Ziel-Temperatur von 39 °C, vor allem auch einer Stabilisierung des Kreislaufes um ein Multiorganversagen oder schlimmstenfalls einen HKS zu verhindern (3).

### **Metabolische Entgleisung**

Metabolische Entgleisungen werden in der Regel innerklinisch durch eine Blutgasanalyse festgestellt und bedürfen, je nach vorliegendem Problem einer ganz spezifischen Therapie. Der Europäische Rat für Wiederbelebung hat dieser Problematik ein eigenes Kapitel (Sektion 4 der Leitlinien: Herz-Kreislauf-Stillstand unter besonderen Umständen) gewidmet. Einfach festzustellen und zu beheben bleibt die Hypoglykämie. Einmal diagnostiziert, kann durch die Gabe von Glukose eine weitere reversible Ursache für den HKS effektiv behandelt werden. Sollten dem Herz-Kreislauf-Stillstand Herzrhythmusstörungen vorausgegangen sein, so liegt der Verdacht eine Hyperkaliämie nahe (9).

### **Herzbeutelamponade**

Eine bestehende Herzbeutelamponade bleibt vor allem präklinisch schwierig festzustellen. Eine einfache Methode ist beispielsweise die Ultraschallkardiographie des Herzens, sofern für diese Untersuchung die notwendige Ausrüstung und Ausbildung vorhanden sind. Liegt vom Unfallmechanismus her betrachtet der dringende Verdacht auf eine Herzbeutelamponade mit nachfolgendem Herz-Kreislauf-Stillstand vor, soll eine sofortige Notfall-Thorakotomie erfolgen (8).

### **Intoxikationen**

Ebenso sind Intoxikationen ohne begründeten Verdacht schwer zu eruieren. Sollte der HKS innerklinisch stattfinden, besteht die Möglichkeit mittels Laboruntersuchungen Vergiftungen als Verdachtsdiagnose zu bestätigen oder auszuschließen. In einem solchen Fall kann ein entsprechendes Antidot verabreicht werden. Andernfalls wird das routinemäßige Vorgehen nach dem ALS-Algorithmus vom ERC offiziell empfohlen (9).

### **Thromboembolie (koronal/pulmonal)**

Die Thromboembolie, im Besonderen der arterielle Verschluss der Koronararterien, stellt die häufigste Ursache für einen HKS dar. Wird ein Herzinfarkt als Auslöser des Herz-Kreislauf-Stillstandes vermutet, so wird dieses in der Regel erst nach Wiedereinsetzen des Spontankreislaufes diagnostiziert und therapiert. Die Möglichkeit einer perkutanen Koronarangiographie beziehungsweise Koronarintervention steht aber grundsätzlich innerklinisch auch während einer Reanimationssituation zur Verfügung. Bei einer Pulmonalarterienembolie entsteht der Thrombus meist in den tiefen Bein- und Beckenvenen. Dieser löst sich und verlegt eine oder mehrere Pulmonalarterien. Werden weitreichende

Versorgungsabschnitte dieser Lungenarterie verlegt, so kann ein Herz-Kreislauf-Stillstand auftreten. In diesem Fall kann der Embolus entweder medikamentös aufgelöst werden oder intraoperativ entfernt werden (8).

### **Spannungspneumothorax**

Bei bestehendem Spannungspneumothorax soll unverzüglich eine Entlastungspunktion durchgeführt werden um den Rückstrom von Blut aus der Körperperipherie zu gewährleisten. Eine mögliche Ursache der pulslosen elektrischen Aktivität kann durch eine Entlastungspunktion beseitigt werden (8).

### **1.3.2.4 Schlüsselaspekte der Versorgung eines HKS**

Die Bedeutung gewisser Maßnahmen zur Behandlung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes sollen an dieser Stelle noch einmal zusammengefasst werden:

- Überlebenskette: Frühzeitiges Erkennen, frühe CPR, frühe Defibrillation, Reanimationsnachbehandlung
- Im Zweifel: Reanimation starten!
- Outcome zweifelslos abhängig von
  - o Früher Beginn der CPR
  - o Unterbrechungsfreie, qualitativ hochwertige HDM
  - o Frühzeitige Defibrillation bei VF/pVT

### **1.3.3 Reanimations-Nachbehandlung**

Als erster Schritt der Erholung nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand steht die Wiederkehr des Spontankreislaufes. Um neurologische Defizite nach diesem Ereignis zu minimieren, ist eine sofortige und korrekte Nachbehandlung notwendig. Auch für diese Situation hat der Europäische Rat für Wiederbelebung Leitlinien veröffentlicht.

Die initiale Versorgung nach einer erfolgreichen Wiederbelebung erfolgt nach dem international akzeptierten ABCDE-Schema:

## **Airway**

Ein freier Atemweg stellt die Voraussetzung für jede weitere Maßnahme bei der Versorgung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes dar. Im Wesentlichen können die manuellen Manöver ohne Hilfsmittel von Maßnahmen der erweiterten Atemwegssicherung unterschieden werden.

Zu möglichen manuellen Manövern zählen das HTCL-Manöver, sowie der Esmarch-Handgriff. Beide Manöver ermöglichen es, ohne besondere Hilfsmittel bei bewusstlosen Patientinnen und Patienten ein Freimachen und Offenhalten der Atemwege zu gewährleisten.

Im Rahmen der Reanimationsnachbehandlung wurde aber in den meisten Fällen durch die Helferinnen und Helfer bereits ein erweiterter Atemweg etabliert. Dieser sieht eine Sicherung mittels supraglottischer Atemwegshilfe, endotrachealer Intubation oder Krikothyreotomie vor.

## **Breathing**

Direkt nach Wiederlangen des Spontankreislaufes sollte ein großes Augenmerk auf die korrekte Sättigung des arteriellen Blutes mit Sauerstoff gelegt werden ( $\text{SaO}_2$ ). Diese sollte auf jeden Fall über 94 % gehalten werden, aber auch einen Wert von 98 % nicht überschreiten, da auch eine zu hohe Sauerstoffsättigung dem Organismus oxidativem Stress aussetzt und dadurch schädigt. Ob diese Sättigung nun mittels einer Atemwegssicherung oder lediglich durch Aufsetzen einer Sauerstoffmaske erreicht wird, spielt eher eine untergeordnete Rolle. Wird frühzeitig im Rahmen der Reanimation ein Spontankreislauf wiedererlangt, so kann es durchaus vorkommen, dass diese Patientinnen und Patienten innerhalb kürzester Zeit erwachen. Eine endotracheale Intubation wäre in diesem Fall kontraproduktiv, sofern eine Sauerstoffsättigung zwischen 94 – 98 % mit einer nicht invasiven Maßnahme erreicht werden kann. Wurde bereits während der CPR ein erweiterter Atemweg geschaffen, so muss eine Beatmung angestrebt werden, welche einen arteriellen Kohlenstoffdioxidpartialdruck von 35 – 45 mmHg ( $\text{PaCO}_2$ ) erreichen lässt. Eine Hypokapnie würde zu einer Vasokonstriktion der Gehirngefäße führen und damit einem verminderten intracraniellen Blutfluss zur Folge haben. In der Regel wird eine Normokapnie bei einem Ventilationsvolumen von 6 – 8 ml pro Kilogramm Körpergewicht und einem positiven endexpiratorischen Druck von 4 – 8 mmHg erreicht. Der Einsatz einer Kapnographie ist obligat, um die korrekte Beatmung der Patientin/des Patienten sicherzustellen (10).

### **Circulation**

Unmittelbar nach ROSC soll ein 12-Kanal-EKG abgeleitet werden, um Hinweise auf ein bestehendes akutes Koronarsyndrom zu finden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, eine Echokardiographie durchzuführen. Da nach stattgefundenem Herz-Kreislauf-Stillstand mit Wiederherstellung des Spontankreislaufes häufig eine myokardiale Dysfunktion beobachtet wird, kann mittels Echokardiographie der Grad der Einschränkung bestimmt beziehungsweise die Indikation für eine perkutane Koronarintervention gestellt werden. Der Einsatz inotroper Substanzen, zusätzlich zur Gabe kristalloider Lösungen, wird häufig notwendig um einen systolischen Blutdruck von über 100 mmHg sowie eine Normovolämie (Normalwert der sich im Blutkreislauf befindlichen und zirkulierenden Menge Blut) zu erreichen. Die stetige Kontrolle des systolischen Blutdrucks ist auf der Intensivstation durch eine invasive arterielle Messung gegeben und wird bei jeder Patientin und jedem Patienten kontinuierlich durchgeführt (10).

### **Disability**

Um die bestmögliche neurologische Erholung zu gewährleisten, müssen einige Aspekte berücksichtigt werden.

In Tierversuchen konnte gezeigt werden, dass kurz nach Wiederherstellung des Spontankreislaufes für einen Zeitraum von 15 bis 30 Minuten eine Phase der zerebralen Hyperämie stattfindet, gefolgt von einer Mangeldurchblutung für bis zu 24 Stunden. Obwohl die Autoregulation des Gehirns gestört ist, wird aktuell von Seiten des ERC empfohlen den mittleren arteriellen Blutdruck auf Normalniveau zu halten (3).

Etwa ein Drittel aller Patientinnen und Patienten bleiben nach Wiedererlangen des Kreislaufes komatös. Bei dieser Gruppe ist es wichtig Krampfanfälle frühzeitig zu identifizieren um eine mögliche Zunahme des Hirnschadens durch die erhöhte Stoffwechselrate zu verhindern. Die Grundlage hierfür liefert das Elektroenzephalogramm, welches vor allem bei Patientinnen und Patienten kontinuierlich eingesetzt werden sollte, bei denen eine Erkrankung aus dem epileptischen Formenkreis bekannt ist. Diese neigen, bedingt durch ihre Vorerkrankung, nach einer Wiederbelebung zum häufigeren Auftreten von Krampfanfällen (3, 10).

Des Weiteren konnte in Untersuchungen ein starker Zusammenhang zwischen dem neurologischen Outcome und dem Blutglukosewert nachgewiesen werden.

Unabdingbar ist es den Blutglukosewert unter 180 mg/dl zu halten und strikt eine Hypoglykämie zu vermeiden. Hohe Glukosewerte im Blut führen nachweisbar zu einer verschlechterten neurologischen Erholung (3).

Im Abschnitt „HITS“ wurde bereits erwähnt, dass eine erniedrigte Körperkerntemperatur (KKT) neuroprotektiv wirkt. Eine KKT von 18 °C ermöglicht den Gehirnzellen eine 10-fach höhere Hypoxie-Toleranz gegenüber Normaltemperatur. Der Europäische Rat für Wiederbelebung empfiehlt daher für alle erwachsenen Patientinnen und Patienten, die Temperatur sowohl bei initial schockbarem als auch nicht-schockbarem Herzrhythmus auf einen Bereich von 32 – 36 °C für 24 Stunden zu fixieren. Diese Maßnahme kann bereits bei einem in der Präklinik erlittenen Herz-Kreislauf-Stillstand begonnen werden (3, 10).

#### 1.3.4 Leitlinien-Vergleich

Die hier beschriebenen Leitlinien für die Versorgung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes entstammen den Empfehlungen des ERC. Dieser ist Mitglied im Konsensus des „International Liaison Committee on Resuscitation“ (ILCOR). Neben dem Europäischen Rat für Wiederbelebung ist auch die „American Heart Association“ (AHA) Mitglied in diesem Gremium. Sowohl ERC als auch AHA orientieren sich stark an den Leitlinien des ILCOR. Dennoch haben beide Fachgesellschaften neben vielen Gemeinsamkeiten auch einige Unterschiede in ihren Empfehlungen.

Ein sehr bedeutender Unterschied findet sich bereits in den Leitlinien, welche 2010 veröffentlicht wurden. Während der ERC als Standardreihenfolge der Reanimationsmaßnahmen die A-B-C-Herangehensweise („Airway-Breathing-Circulation/Compression“) empfiehlt, so weist die AHA verstärkt auf einen sofortigen Beginn der Herzdruckmassage hin. Das klassische A-B-C wurde vor fünf Jahren zu einem **C-A-B** umgewandelt. Auch in der neuesten Version empfiehlt die AHA die sofortige Aufnahme der CPR, weist aber in der aktuellen Fassung verstärkt auf eine qualitativ hochwertige HDM hin, womit wiederum eine Gemeinsamkeit beider Fachgesellschaften besteht. Die „American Heart Association“ hebt hier im Speziellen die richtige Geschwindigkeit als auch die korrekte Drucktiefe der Herz-Druck-Massage hervor. Eine weitere Übereinstimmung liegt in der empfohlenen Reduktion der Zeitspanne ohne Durchführung der Herzdruckmassage. Diese sollte

durch eine sorgfältige Vorrausplanung aller durchzuführenden Maßnahmen minimiert werden. Bei der Atemwegssicherung empfiehlt der ERC die Intubation mittels Endotrachealtubus (ET) lediglich geübten Anwenderinnen/Anwendern. Die AHA hingegen gibt zu diesem Thema keine generelle Empfehlung ab und nennt den ET neben einer supraglottischen Atemwegshilfe zur Sicherung der Atemwege ohne klare Aussage darüber, welche Methode zu bevorzugen ist. Einig sind sich beide Fachgesellschaften wiederum bei der Anwendung der Kapnographie, welche zur Lagesicherung der Atemwegshilfe, zur Qualitätssicherung der Reanimationsbemühungen und zum frühzeitigen Erkennen eines wiederkehrenden Kreislaufes verwendet werden soll. Bezüglich der Sauerstoffapplikation wird von beiden Fachgesellschaften die maximal mögliche Konzentration für die Reanimation selbst empfohlen. Nach Wiedererlangen des Kreislaufes sollte dieser allerdings dem ERC zu Folge auf 94 – 98 % titriert werden, während die AHA Werte über 94 % als ausreichende Einschränkung betrachtet. Die Hyperoxämie bewirkt ein schlechteres Outcome und ist durch diese einfache Maßnahme vermeidbar. Eine letzte sehr wichtige Gemeinsamkeit ist die zunehmende Bedeutung, welche Notfallteams beigemessen wird. Diese können bei Patientinnen und Patienten bereits vor Eintreten eines Herz-Kreislauf-Stillstandes angefordert werden und vermögen dadurch eine Reanimation zu verhindern. Diese Frühwarnsysteme sollten in der Zukunft weiter ausgebaut werden (3, 11, 12).

## **2 Material und Methoden**

Die Medizinische Universität Graz bietet im Rahmen der Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie“ ein besonderes Ausbildungsprogramm für interessierte Medizinstudierende an. Kernelement ist die leitliniengerechte Notfallversorgung von Patientinnen und Patienten mit akuten allergischen Reaktionen. Einige dieser Notfallszenarien waren als Endzustand dieses komplexen Krankheitsbildes mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand vergesellschaftet. Daher wurden die Studentinnen und Studenten im Rahmen dieser Lehrveranstaltung neben der Versorgung von akuten allergischen Reaktionen auch in erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen ausgebildet.

Der Fokus dieser retrospektiven Analyse lag auf der leitliniengerechten Versorgung eines im Zuge dieses Simulationstrainings auftretenden Herz-Kreislauf-Stillstandes. Es gilt die Studienfrage zu klären, ob die Studierenden nach Abschluss der Lehrveranstaltung in der Lage sind, einen Herz-Kreislauf-Stillstand adäquat zu behandeln. Als Referenz für eine qualitativ hochwertige Versorgung von reanimationspflichtigen Patientinnen und Patienten werden die aktuellen Leitlinien des Europäischen Rates für Wiederbelebung herangezogen.

### **2.1 Datenerhebung**

„Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie“ als erstes Wahlfach der Lehrveranstaltungsreihe, startete im Sommersemester 2013.

Im Rahmen von kurzen einleitenden Seminaren werden gewisse theoretische und therapeutische Grundkenntnisse des Erkrankungsbildes der Anaphylaxie vermittelt und diskutiert. Des Weiteren wurden im virtuellen medizinischen Campus der Medizinischen Universität Graz Lernunterlagen wie das SIMLine-Handbuch für die Studierenden zur eigenständigen Vertiefung außerhalb der Seminare zur Verfügung gestellt. Die notwendigen praktischen Fertigkeiten konnten anschließend von den Kolleginnen und Kollegen in auf den Seminaren aufbauenden Workshops am Simulator trainiert werden. An Schwierigkeit zunehmende Trainingseinheiten bilden den Abschluss zwischen theoretischer und praktischer Ausbildung und ermöglichen eine gleichzeitige Anwendung der erlernten theoretischen, praktischen und kommunikativen Fertigkeiten.

Im Zuge dieser Übungssituationen wurden die entsprechenden Trainingseinheiten aufgezeichnet und auf Datenträger abgespeichert. Die Daten für die retrospektive Analyse stammen aus dem Zeitraum vom Sommersemester 2013 bis zum Sommersemester 2015.

### **2.1.1 Ausbildungskonzept „Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie“**

Bei der „Grazer SIMLine: Anaphylaxie“ handelt es sich um eine freie Lehrveranstaltung mit immanenten Prüfungscharakter. Diese vermittelt den Studierenden im Umfang von insgesamt 30 Unterrichtseinheiten die Notfallversorgung von akuten allergischen Reaktionen. Dies entspricht 2 Semesterstunden sowie 1 ECTS im European Credit Transfer System. Voraussetzung für die Teilnahme an diesem Wahlfach ist der positive Abschluss der Lehrveranstaltung „Famulaturallizenz“. Für den positiven Abschluss dieser Lehrveranstaltung ist die aktive Mitarbeit und eine Mindestanwesenheit von 85 % erforderlich.

Mit Hilfe dieses Ausbildungsprogramms soll die Lücke zwischen erlernter Theorie und Realität im Klinikalltag geschlossen werden.

Folgende Inhalte werden in den einleitenden videounterstützten Seminaren den Studierenden vermittelt:

- Grundkonzepte des leitlinienkonformen Managements schwerer allergischer Reaktionen
- Theoretische Vermittlung aktueller Leitlinien der Anaphylaxie sowie erweiterter lebensrettender Sofortmaßnahmen (Advanced Life Support)
- Strukturiertes Assessment und Management von Notfallpatientinnen und Notfallpatienten
- Spezielle Pharmakologie
- Verfahren und Techniken zur Atemwegssicherung und Kreislaufstabilisierung
- Verfahren und Techniken zu Sedierung und Anästhesie
- Management des schwierigen Atemwegs
- Post-Intubationsversorgung

- Alternativer Gefäßzugang
- Ärztliche Dokumentation
- Grundkonzepte effektiver Kommunikation und Teamzusammenarbeit

Im Rahmen der darauffolgenden fertigkeitenorientierenden Part-Task-Trainings üben die Studierenden an High-Fidelity-Patientinnen- und Patientensimulatoren die strukturierte Durchführung von:

- Basic und Advanced Life Support nach dem Rapid Sequence Simulation-Approach (13)
- Manuelle und semiautomatische Defibrillation
- Ableitung und Interpretation eines 12-Kanal-EKGs
- Korrekte Vorbereitung und Verabreichung von Arzneimitteln
- Anlage von intravenösen und intraossären Gefäßzugängen
- Durchführung von Analgosedierung, sowie Allgemeinanästhesie inklusive Rapid Sequence Induction
- Maschinelle Beatmungsverfahren
- Vorbereitung und Durchführung des chirurgischen und nicht-chirurgischen Atemwegsmanagement (endotracheale Intubation, supraglottische Atemwegshilfen und Krikothyreotomie)

Den Abschluss der Lehrveranstaltung bildet ein Full-Scale-Simulation-Training, welches den Arbeitsalltag einer interdisziplinären Notaufnahme realitätsnah nachstellt. Die Studierenden haben in dieser Übungssituation die Möglichkeit am Patientinnen- und Patientensimulator ihr erlerntes Wissen und ihre trainierten technischen Fertigkeiten in speziellen Notfallszenarien summativ unter Beweis zu stellen.

## **2.2 Studienkollektiv**

Die Lehrveranstaltung „Die Grazer SIMLine: Anaphylaxie“ kann von allen Studierenden des Diplomstudiums Humanmedizin der Medizinischen Universität Graz besucht werden. Einzige Voraussetzung zur Teilnahme ist die positive Absolvierung der im ersten Ausbildungsjahr abgehaltenen Pflichtlehrveranstaltung

„Famulaturalizenz“. Dies wird gefordert, um nicht zuletzt bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern eine Basis an theoretischer und praktischer Ausbildung voraussetzen zu können (14). Zur Gewährleistung einer effektiven und praxisorientierenden Ausbildung ist die Maximalzahl aller Studierenden auf 32 Personen beschränkt. Damit kann ein Trainer-Trainee-Verhältnis von 1:6 sichergestellt werden.

### **2.2.1 Einschlusskriterien**

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Lehrveranstaltung sind ordentliche Studierende des Diplomstudiums Humanmedizin, welche sich erfolgreich für einen Fixplatz der Lehrveranstaltung über MEDonline angemeldet haben. Zudem haben die Studentinnen und Studenten einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Testergebnisse schriftlich zugestimmt (Informed Consent).

### **2.3 Arbeitsumgebung**

Für die theoretische und praktische Ausbildung wurden die Räumlichkeiten des Clinical Skills Center (CSC) genutzt. Speziell für die Lehrveranstaltung adaptierte Seminar- und Übungsräumen der Medizinischen Universität Graz konnten ebenso für die Ausbildung der Studierenden verwendet werden.

Die eingesetzte Ausrüstung des CSC wird in Tabelle 1 aufgelistet.

### Auszug aus den Lehrmaterialien des CSC

<i>Simulatoren</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laerdal® ALS-Simulator</li> <li>- Laerdal® MegaCode Kelly™</li> <li>- Laerdal® MegaCode Kid Advanced</li> <li>- Laerdal® Resusci Anne® Advanced Simulator</li> <li>- Laerdal® Resusci Anne® Simulator</li> </ul>
<i>Part-Task-Trainer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Laerdal® Airway Management Trainer</li> <li>- I. V. – Trainingsarm</li> <li>- EZIO® Intraossärbohrer samt Übungsknochen / - Extremitäten</li> <li>- Harvey® The Cardiopulmonary Patient Simulator</li> </ul>
<i>Medizintechnik</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Draeger Oxylog® 2000 Transportbeatmungsgerät</li> <li>- Draeger Julian® Anästhesiearbeitsplatz</li> <li>- Physio Control Lifepack® 12</li> <li>- Laerdal® AED Trainer</li> <li>- Braun Perfusor®</li> </ul>
<i>Virtuelles Monitoring</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apple iPad® mit SimMon Patientenmonitor-Applikation</li> <li>- Laerdal® MicroSim Inhospital™ Software</li> <li>- Laerdal® Patient Monitor Software</li> </ul>
<i>Grundausrüstung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standardisierter Notfallwagen</li> <li>- Simulationsampullen</li> <li>- Reanimationsbrett</li> </ul>

**Tabelle 1: Auszug aus dem Equipment des Clinical Skills Center modifiziert nach (15)**

## **2.4 Analyisierte Parameter**

Die archivierten audio-visuellen Aufzeichnungen wurden anhand der im Anhang beigefügten Checklisten analysiert.

Zur Erleichterung der Auswertung wurden die Videos nummeriert, da die Originalnamen auf Grund ihrer Länge für eine tabellarische oder graphische Auswertung nicht geeignet waren.

Die Checklisten, sowohl für den defibrillierbaren Herzrhythmus wie auch für den nicht defibrillierbaren Herzrhythmus, wurden nach dem Binärprinzip gestaltet. Die einzelnen Parameter konnten demnach mit „erfüllt“ oder „nicht erfüllt“ bewertet werden.

### **Maßnahmenkatalog bei Kammerflimmern/pulsloser ventrikulärer Tachykardie („VF/pVT“) im Rahmen der erweiterten kardiopulmonalen Reanimation**

Diese Checkliste überprüft, ob die Studierenden in der Lage waren, nach einer strukturierten Ersteinschätzung, die Schritte für eine qualitativ hochwertige Wiederbelebung durchzuführen.

Der Fokus dieser Kontrollliste lag auf der leitliniengerechten Durchführung der notwendigen Handlungsschritte zur Versorgung von Kammerflimmern/pulsloser ventrikulärer Tachykardie. Die aktuellen Empfehlungen des ERC wurden in dieser Checkliste zusammengefasst und strukturiert geordnet.

Neben der Auswertung von „erfüllt/nicht erfüllt“ wurde zu jedem Parameter ein entsprechender Zeitstempel zur Durchführung notiert.

### **Maßnahmenkatalog bei pulsloser elektrischer Aktivität/Asystolie („PEA/Asystolie“) im Rahmen der erweiterten kardiopulmonalen Reanimation**

Der Fokus dieser Kontrollliste lag auf der korrekten Versorgung von pulsloser elektrischer Aktivität/Asystolie. Diese Liste wurde ebenfalls entsprechend den Empfehlungen des Rates für Wiederbelebung zusammengestellt.

## **2.5 Datenauswertung**

Die durch die Auswertung der audio-visuellen Aufzeichnungen mit Hilfe der Checklisten erfassten Datensätze wurden mittels Microsoft® Excel® einer statistischen Analyse unterzogen.

### **3 Ergebnisse**

Insgesamt erfüllten 15 Videos die Einschlusskriterien. Aus technischen Gründen konnten vereinzelt nicht alle Punkte der Checkliste analysiert werden. In den entsprechenden Fällen wurde separat darauf hingewiesen.

Im Mittel bestand ein Behandlungsteam aus 4 Studierenden (3,87). Insgesamt wurden 6 Notfallszenarien mit 3, 7 mit 4 Teammitgliedern und 2 mit der maximalen Gruppengröße von 6 Teilnehmerinnen/Teilnehmern absolviert.

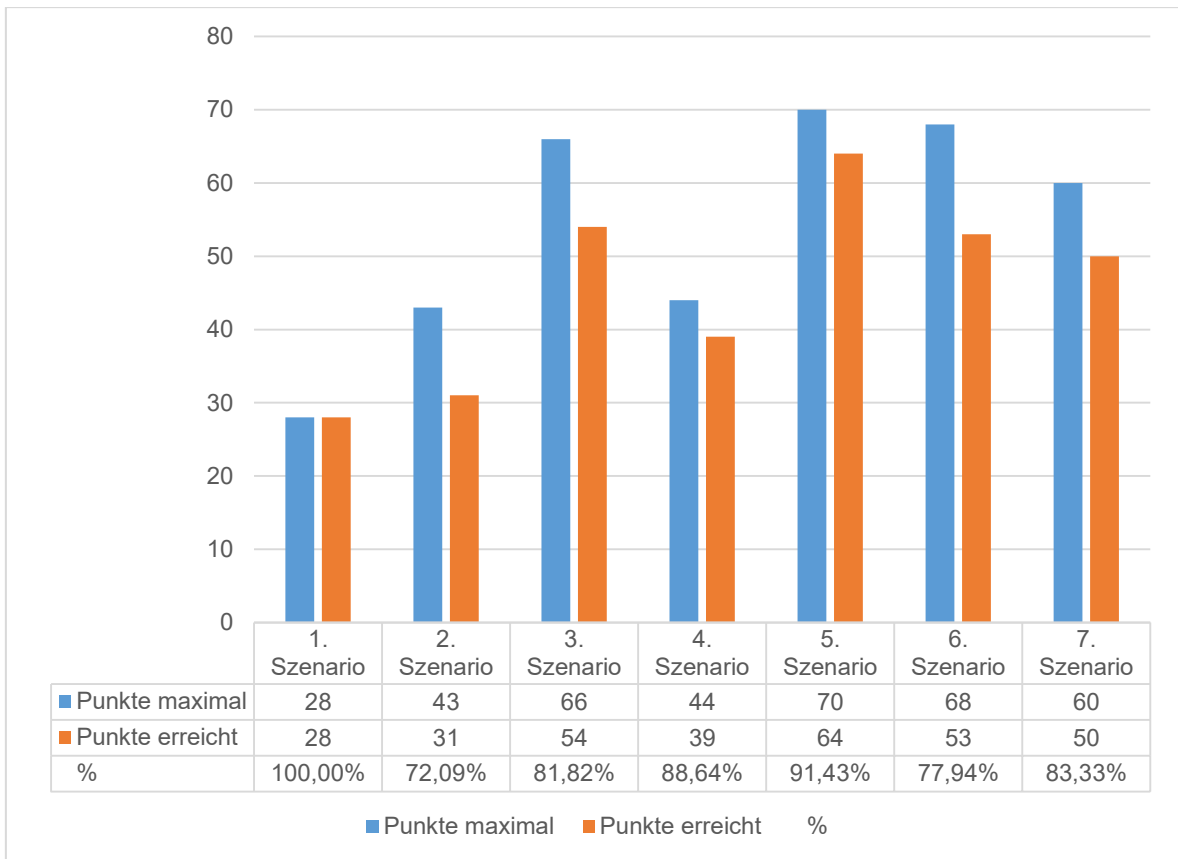
#### **3.1 Gesamtauswertung**

Von allen ausgewerteten Szenarien (n = 15) erreichten die Studierenden gute 82,40 % der geforderten Punkte der beiden Checklisten. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass in jedem Szenario eine etwas andere Maximalpunktzahl erreicht werden konnte. Dies liegt einerseits an den verschiedenen Checklisten, als auch andererseits an der unterschiedlichen Zyklusanzahl im Rahmen der Reanimation. Das Fallbeispiel Nummer 1 erreichte als einziges 100 %. Zu betrachten ist aber, dass die bestmögliche Punktzahl bei niedrigen 28 liegt. In diesem Notfallbeispiel war die Patientin/der Patient bereits intubiert/beatmet als auch voll monitorisiert. Daher sind einige Punkte der Checkliste nicht anwendbar.

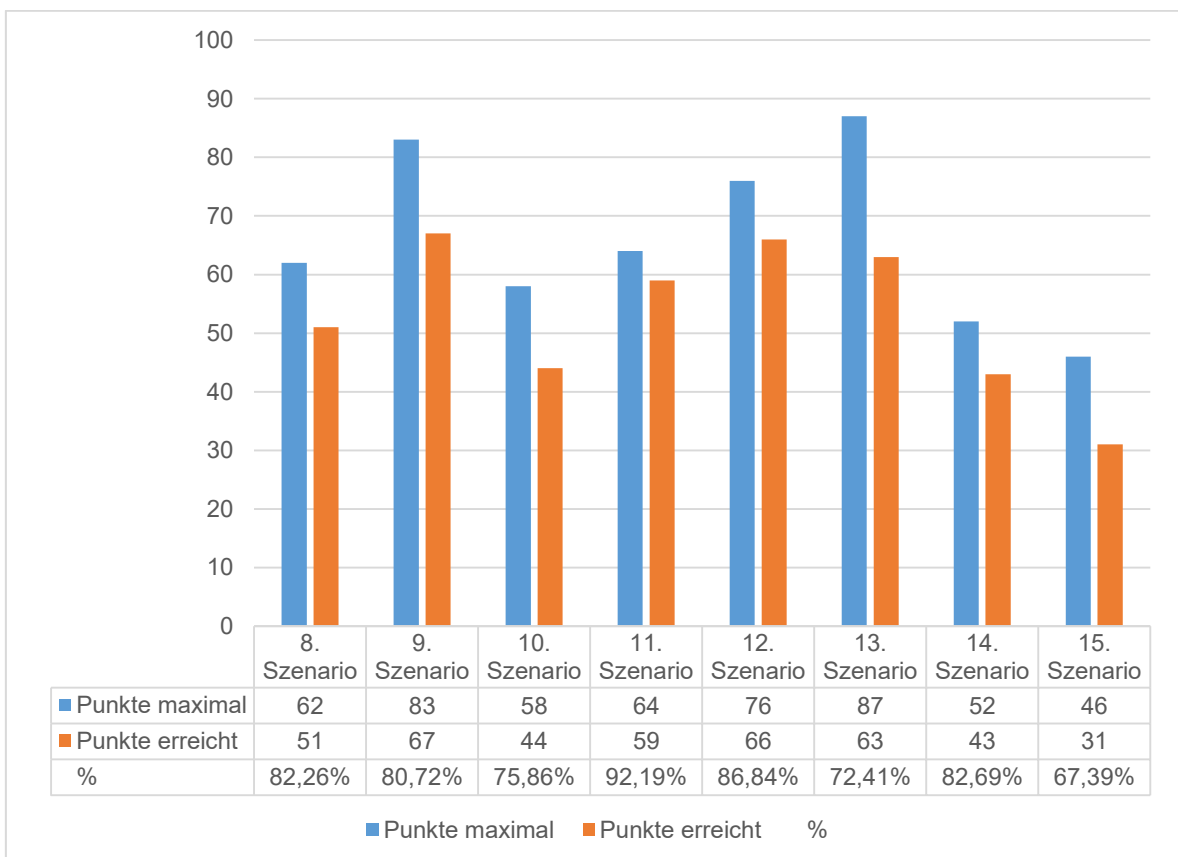
Für den nicht-schockbaren Herzrhythmus ergibt sich ein Mittelwert von 79,05 % und im Vergleich zum schockbaren Herzrhythmus ein Mittelwert von 83,21 %.

Abbildung 6 und Abbildung 7 liefern einen Überblick der genannten Ergebnisse.

**Abbildung 6: Gesamtauswertung – Teil 1**



**Abbildung 7: Gesamtauswertung – Teil 2**



## 3.2 Initiale Beurteilung und Behandlungsalgorithmus

### 3.2.1 Lebenszeichen

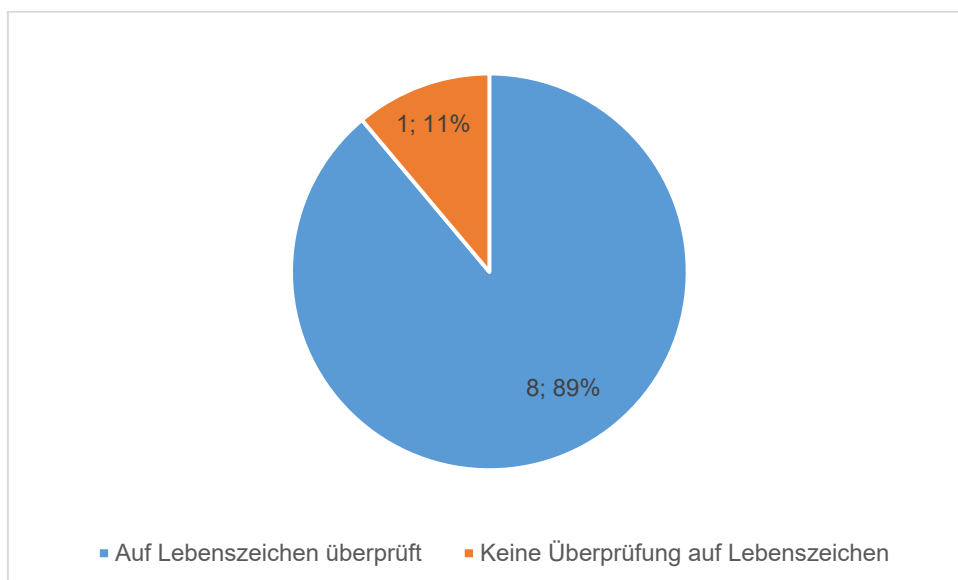
Der erste wichtige Schritt in der Versorgung des Herz-Kreislauf-Stillstandes stellt die Überprüfung auf Lebenszeichen mittels direktem Ansprechen und vorsichtigem Rütteln an den Schultern dar.

Ausgeschlossen werden mussten Video-Nummer 1, 2, 6, 10, 12 und 14. In Video 1 und 2 wurde die Patientin/der Patient bereits intubiert/beatmet ans Notfallteam übergeben. Ein Feststellen von Lebenszeichen war somit nicht möglich. Die Szenarios 6, 12 und 14 starteten mit einer Reanimation und Nummer 10 mit dem manuellen Freimachen der Atemwege. Diese Notfallszenarios konnten bezüglich der ordnungsgemäßen Durchführung dieser Maßnahme nicht beurteilt werden.

Die verbleibenden zur Auswertung heranziehbaren Szenarios (n = 9) zeigten in 8 von 9 Fällen mit einem Prozentsatz von 88,88 % die korrekte Durchführung zur Überprüfung auf Lebenszeichen.

Abbildung 8 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse.

**Abbildung 8: Überprüfung auf Lebenszeichen**



### 3.2.2 Airway // Breathing

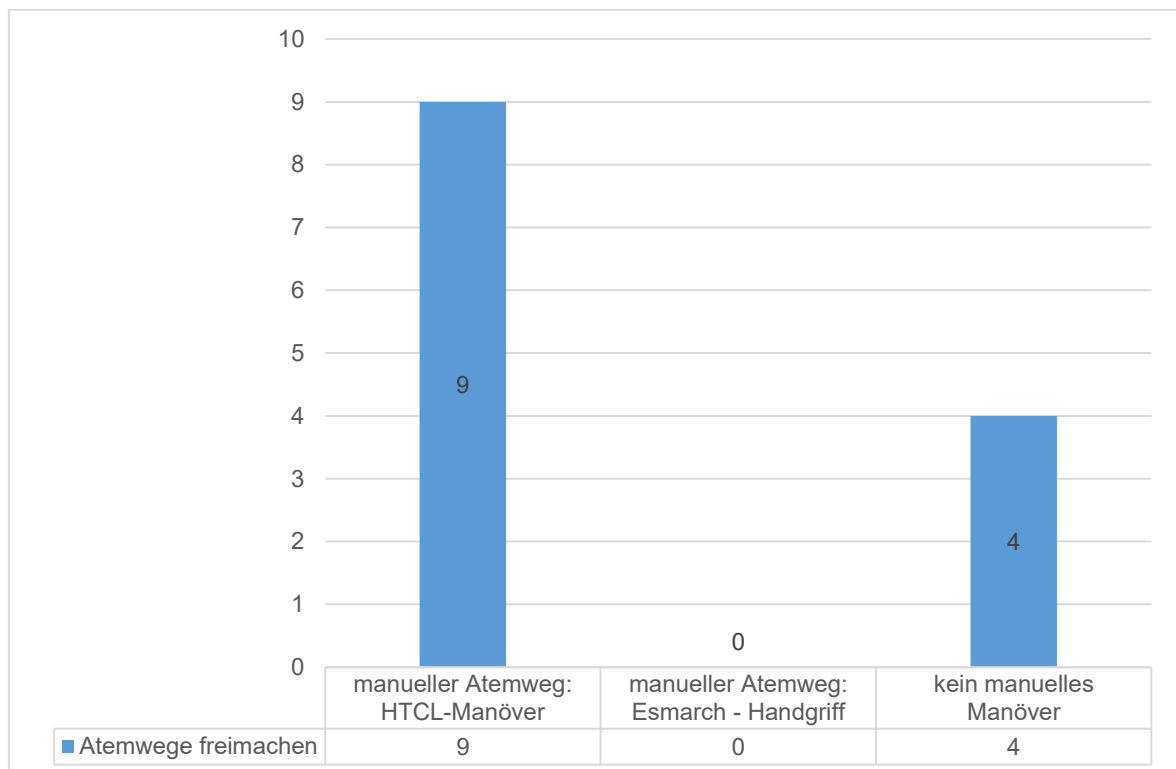
Im Zusammenhang mit der initialen Beurteilung des Atemwegs erfolgt eine Betrachtung, ob die Atemwege manuell freigemacht und mittels welcher Technik dies durchgeführt wurde. Die Auswertung des definitiven gesicherten Atemwegs wird zu einem späteren Zeitpunkt betrachtet.

Von 15 Videos war bei 2 Szenarien (Video-Nummer 1 und 2) der Atemweg bereits gesichert. Diese erfüllten daher nicht die Einschlusskriterien.

Es verbleiben 13 zu betrachtende Notfallteams (n = 13). Insgesamt wendeten 9 Notfallteams ein manuelles Atemwegsmanöver an, im genaueren handelte es sich in jedem Fall um das Verfahren Kopf überstrecken und Kinn anheben, das HTCL-Manöver. Kein Team führte die Alternative, den Esmarch-Handgriff durch. Die verbleibenden 4 Teams (Szenario 3, 6, 12 und 14) verzichteten gänzlich auf ein manuelles Manöver und entschlossen sich direkt für eine definitive Atemwegssicherung. Insgesamt wurde diese Fertigkeit somit zu 69,23 % korrekt ausgeführt.

Abbildung 9 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse.

**Abbildung 9: Manuelle Atemwegsmanöver**



### 3.2.3 Circulation

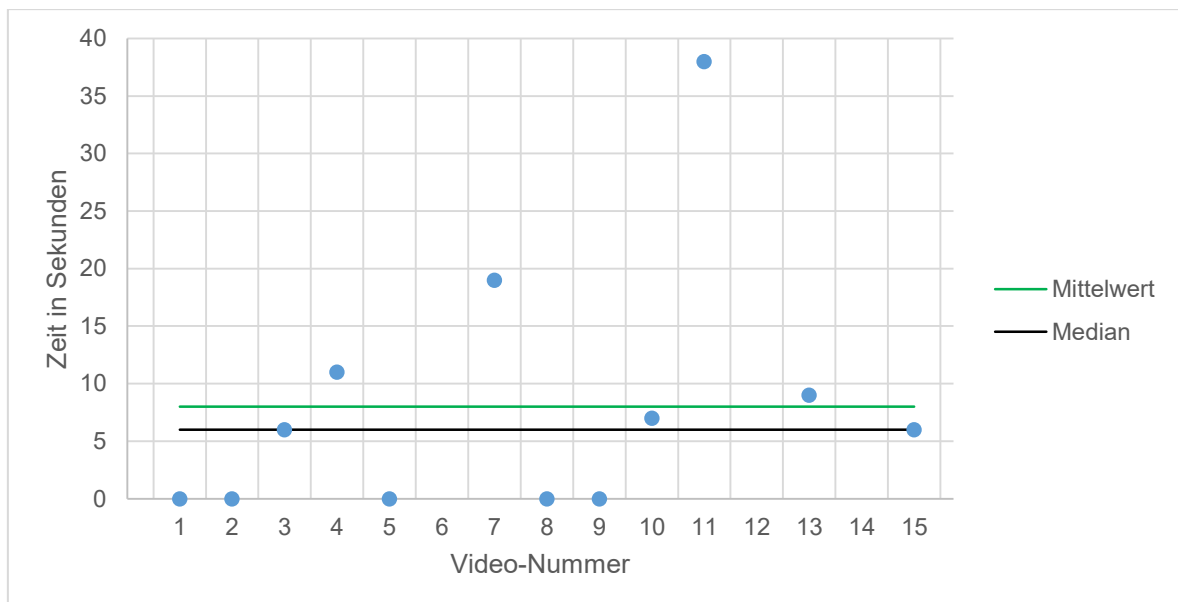
Als nächster Schritt muss vom Einsatzteam der Herz-Kreislauf-Stillstand regelrecht erkannt und die Wiederbelebung gestartet werden.

Die Punkte des Versorgungsschrittes „Circulation“ konnten in 12 von 15 Fällen (80%) vollständig analysiert werden.

Unter den verbleibenden Szenarien (n = 12) wurde der HKS zu 100 % erkannt und dementsprechend Reanimationsmaßnahmen eingeleitet.

Abbildung 10 bereitet die Dauer vom Erkennen des Herz-Kreislauf-Stillstandes bis hin zum definitiven Einleiten der Herzdruckmassage graphisch auf.

**Abbildung 10: Zeit bis Einleiten HDM nach erkannter Reanimationssituation**



Im Mittel wurde die kardiopulmonale Wiederbelebung nach 8 Sekunden eingeleitet. Mit einer Zeitspanne von 38 Sekunden stellt Szenario 11 einen negativen Ausreißer dar. In diesem Fallbeispiel gestaltete sich das Anziehen der unsterilen Handschuhe äußerst schwierig und führte zu dieser ausgeprägten Verzögerung.

Als Median ergibt sich über alle auswertbaren Szenarien eine Zeitspanne von 6 Sekunden.

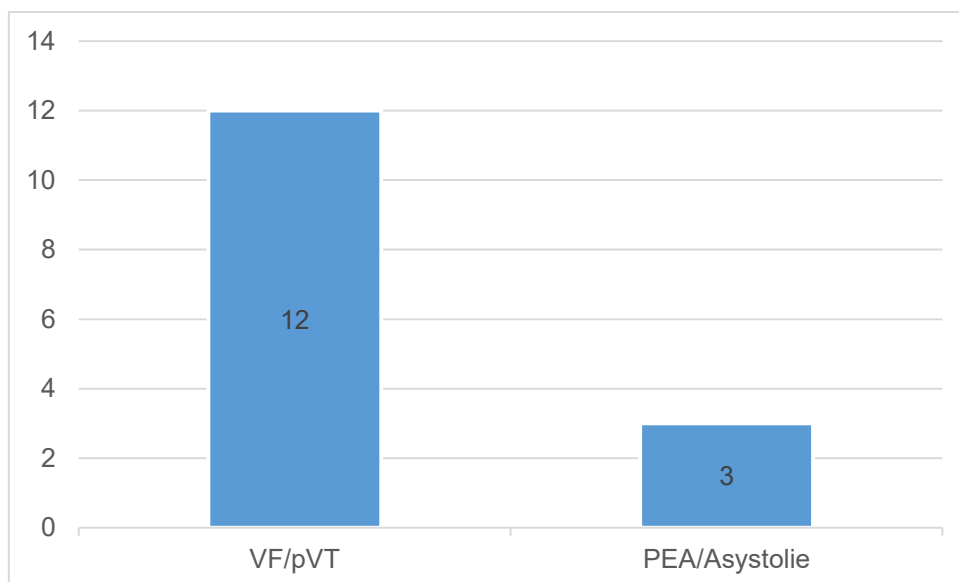
### 3.2.4 Detailanalyse schockbarer/nicht schockbarer Herzrhythmus

Nach erfolgreichem Anlegen des EKG ist die Unterscheidung zwischen defibrillierbarem und nicht defibrillierbarem Herzrhythmus angezeigt.

Mit deutlicher Mehrheit herrschte als initialer Herzrhythmus Kammerflimmern/pulslose ventrikuläre Tachykardie (n = 12; 80 %) gegenüber pulsloser elektrischer Aktivität/Asystolie vor (n = 3; 20 %) vor.

Abbildung 11 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 2 folgt die genaue Zuteilung zu den entsprechenden Szenarien.

**Abbildung 11: Aufschlüsselung schockbarer/nicht-schockbarer Herzrhythmus**



	Anzahl (n = 15)	Prozent (%)	Video-Nummer
<i>VF/pVT</i>	12	80	1-5, 8, 9, 11-15
<i>PEA/Asystolie</i>	3	20	6, 7, 10

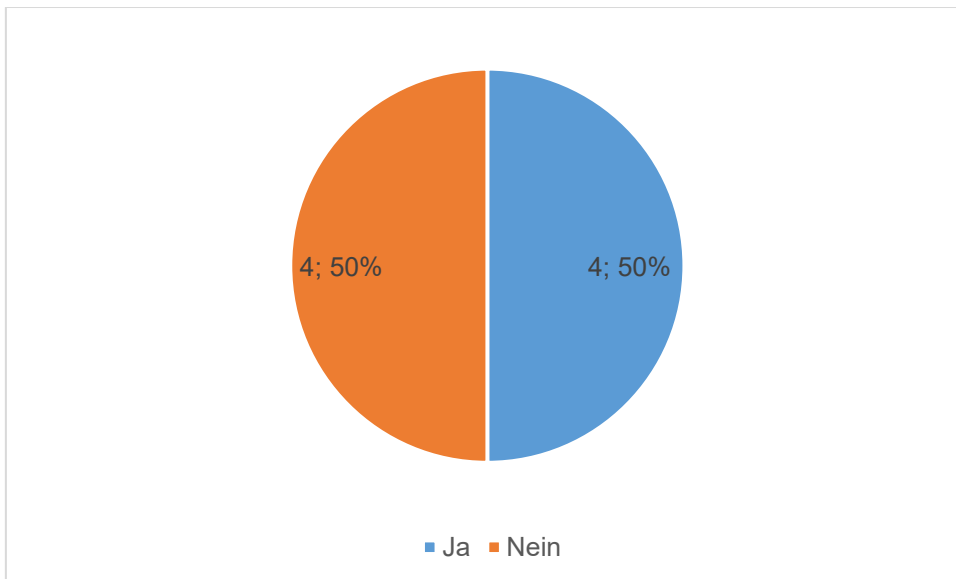
**Tabelle 2: Aufschlüsselung schockbarer/nicht-schockbarer Herzrhythmus**

### 3.2.5 Adrenalin-/Amiodarongabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus

Die Adrenalingabe war bei 8 Fallbeispielen (n = 8) notwendig. Im Mittel wurde in 50 % Adrenalin korrekt nach dem 3. Schock verabreicht. Die Hauptfehlerquelle lag in der Verabreichung des Medikamentes zum falschen Zeitpunkt. In 3 von 4 Fällen wurde Adrenalin nach dem 4. Schock verabreicht. Nur in einem Fall wurde die Verabreichung komplett vernachlässigt.

Abbildung 12 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 3 folgt eine Zuordnung von Szenario und Fehlerquelle.

**Abbildung 12: korrekte Adrenalingabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus**



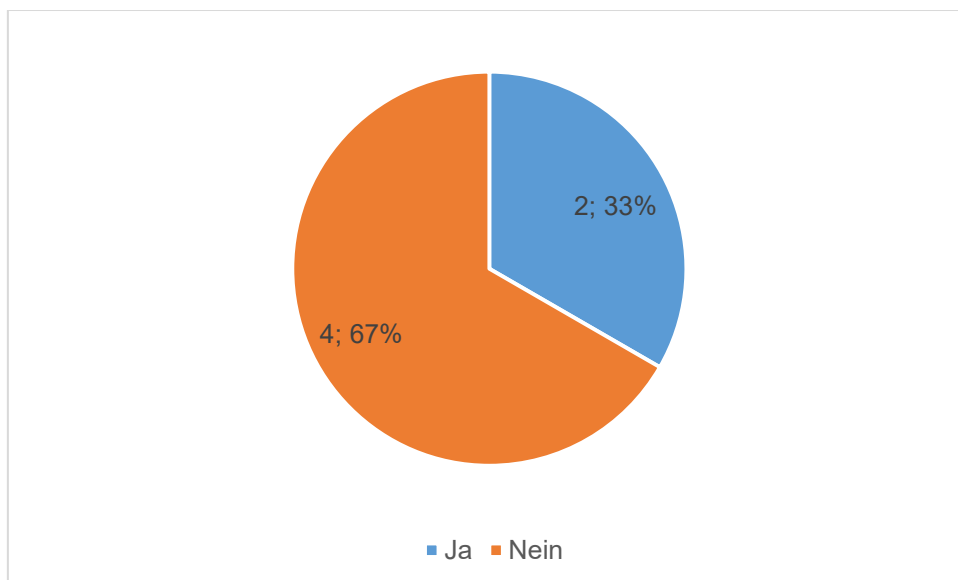
	Ja	Nein	Fehlerquelle
<i>Szenario-Nr. 3</i>	0	1	n. 4. Schock
<i>Szenario-Nr. 5</i>	1	0	
<i>Szenario-Nr. 8</i>	0	1	nicht gemacht
<i>Szenario-Nr. 9</i>	0	1	n. 4. Schock
<i>Szenario-Nr. 11</i>	1	0	
<i>Szenario-Nr. 12</i>	0	1	n. 1. Schock
<i>Szenario-Nr. 13</i>	1	0	
<i>Szenario-Nr. 14</i>	1	0	
<i>Summe</i>	4	4	

**Tabelle 3: korrekte Adrenalingabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus mit Fehlerquelle**

Die Amiodarongabe wurde in 6 Fällen (n = 6) ausgewertet, da in 2 Fällen nach dem 3. Schock der Rhythmus in eine Asystolie konvergierte und das Medikament nicht mehr notwendig war. In diesem Fall wurde in 33 % Amiodaron korrekt verabreicht. Auch hier wurde in 3 von 4 Fällen die Gaben erst nach dem 4. Schock zusammen mit Adrenalin durchgeführt und in einem Fall unterblieb die Verabreichung.

Abbildung 13 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 4 folgt eine Zuordnung von Szenario und Fehlerquelle.

**Abbildung 13: korrekte Amiodarongabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus**



	Ja	Nein	Fehlerquelle
<i>Szenario-Nr. 3</i>	0	1	n. 4. Schock
<i>Szenario-Nr. 5</i>	1	0	
<i>Szenario-Nr. 8</i>	0	1	nicht gemacht
<i>Szenario-Nr. 9</i>	0	1	n. 4. Schock
<i>Szenario-Nr. 12</i>	0	1	n. 4. Schock
<i>Szenario-Nr. 13</i>	1	0	
<i>Summe</i>	2	4	

**Tabelle 4: korrekte Amiodarongabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus mit Fehlerquelle**

### **3.3 Ausgewählte Zeit-Parameter-Standard-Treatment-Events**

In der Mehrheit der Szenarien war als nächster Schritt so schnell wie möglich eine Defibrillation notwendig, um die Rhythmusstörung effektiv zu beenden. Im Falle einer PEA/Asystolie folgt die frühestmögliche intravenöse Adrenalingabe.

#### **3.3.1 Schockabgabe bei defibrillierbarem Herzrhythmus**

Im Mittel der 1. Schock (n = 12) nach 50 Sekunden abgegeben. Der Median lag bei 39 Sekunden.

Die 2. Defibrillation war bei 10 Szenario notwendig. Hier betrug das arithmetische Mittel vom 1. bis zum 2. Schock 03:16 Minuten (min) und im Median 02:18 min.

Ein 3. Schock war in 8 Fallbeispielen angezeigt. Im Mittel erfolgte hier die Schockabgabe nach 02:37 min (Median: 02:11 min).

Insgesamt 4 Defibrillationen in 4 Übungsbeispielen mit einer weiteren Zyklusdauer von 03:28 min und im Median 02:12 min.

Maximal 5 Schockabgaben waren in 2 Szenarios notwendig, wobei sich als arithmetisches Mittel/Median 03:32 min ergeben.

Abbildung 14 und Abbildung 15 liefern einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 5 sind die zeitlichen Parameter im Detail aufgelistet.

Abbildung 14: Zeitspanne Schockabgabe in Minuten bei VF/pVT – Teil 1

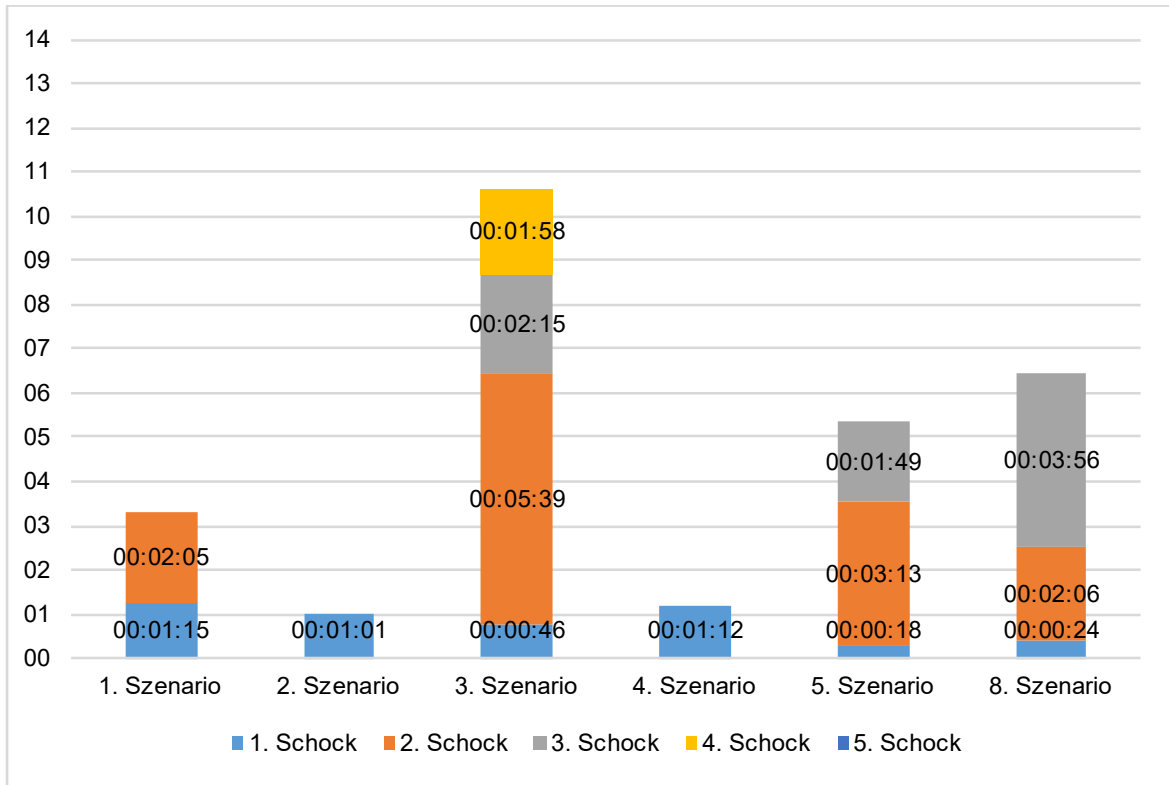
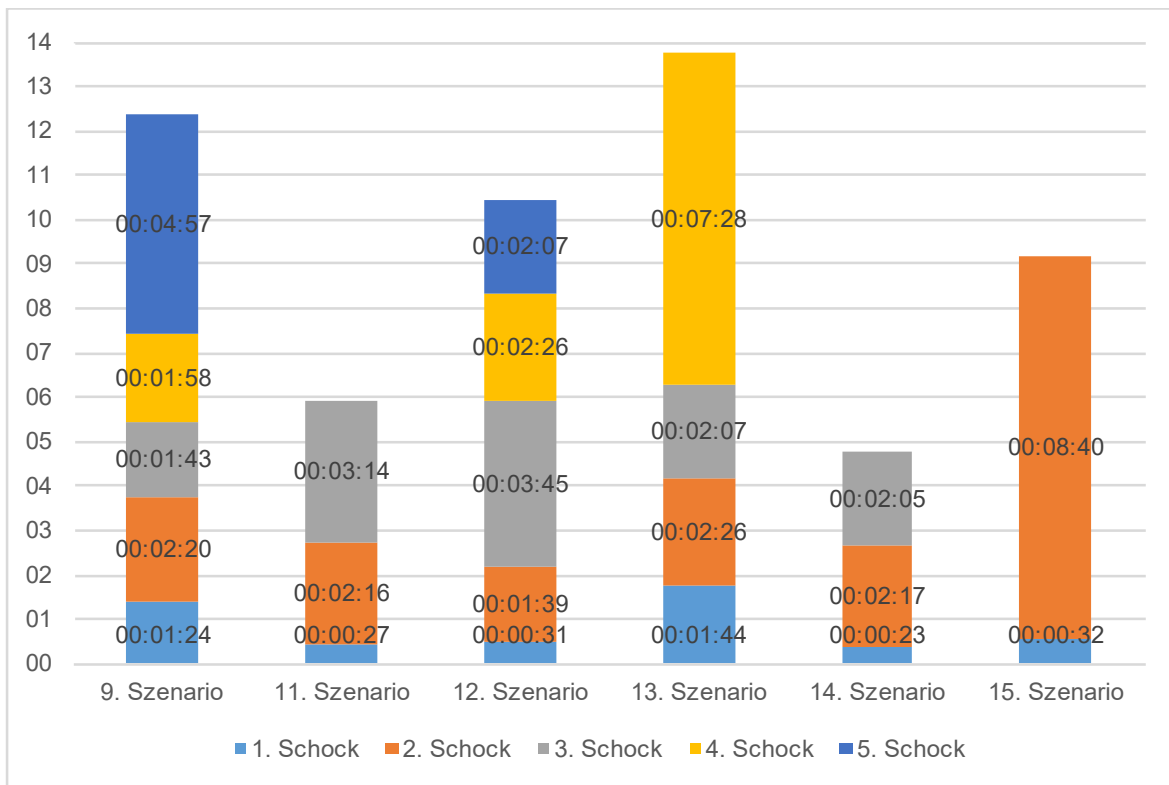


Abbildung 15: zeitliche Schockabgabe in Minuten bei VF/pVT – Teil 2



	<b>1. Schock</b>	<b>2. Schock</b>	<b>3. Schock</b>	<b>4. Schock</b>	<b>5. Schock</b>
<i>Szenario-Nr. 1</i>	00:01:15	00:02:05			
<i>Szenario-Nr. 2</i>	00:01:01				
<i>Szenario-Nr. 3</i>	00:00:46	00:05:39	00:02:15	00:01:58	
<i>Szenario-Nr. 4</i>	00:01:12				
<i>Szenario-Nr. 5</i>	00:00:18	00:03:13	00:01:49		
<i>Szenario-Nr. 8</i>	00:00:24	00:02:06	00:03:56		
<i>Szenario-Nr. 9</i>	00:01:24	00:02:20	00:01:43	00:01:58	00:04:57
<i>Szenario-Nr. 11</i>	00:00:27	00:02:16	00:03:14		
<i>Szenario-Nr. 12</i>	00:00:31	00:01:39	00:03:45	00:02:26	00:02:07
<i>Szenario-Nr. 13</i>	00:01:44	00:02:26	00:02:07	00:07:28	
<i>Szenario-Nr. 14</i>	00:00:23	00:02:17	00:02:05		
<i>Szenario-Nr. 15</i>	00:00:32	00:08:40			
<i>Mittelwert</i>	00:00:50	00:03:16	00:02:37	00:03:28	00:03:32
<i>Median</i>	00:00:39	00:02:18	00:02:11	00:02:12	00:03:32
<i>Szenario-Anzahl</i>	12	10	8	4	2

**Tabelle 5: zeitliche Dauer für folgende Schockabgabe nach Szenario**

Angaben im Format hh:mm:ss

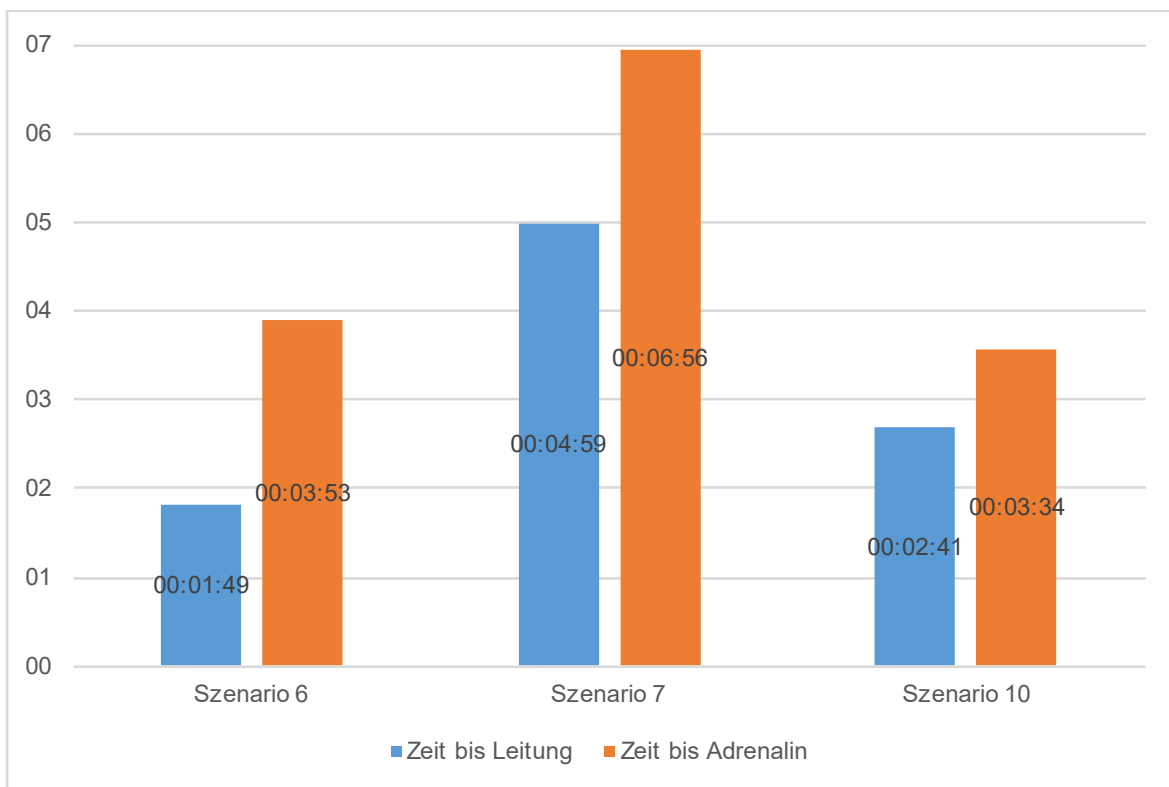
### 3.3.2 Adrenalingabe bei nicht-defibrillierbarem Herzrhythmus

Oberste Priorität bei pulsloser elektrischer Aktivität/Asystolie als Herzrhythmus hat die Etablierung eines i. v./i. o. – Zuganges und die unverzügliche Verabreichung von Adrenalin. Als Null-Wert zur Analyse wurde demnach das Feststellen der PEA/Asystolie gewählt. Zur Auswertung standen drei Fallbeispiele zur Verfügung (n = 3).

Im Mittel wurde in allen drei Fällen der intravenöse Zugang nach 03:10 min etabliert und Adrenalin nach 04:48 min verabreicht. Als Median ergibt sich über alle drei Szenarien für die Etablierung der Leitung eine Zeit von 02:41 min und für die Gabe von Adrenalin 03:53 min.

Abbildung 16 liefert einen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 6 sind die zeitlichen Parameter im Detail aufgelistet.

**Abbildung 16: Zeit bis Etablierung der Leitung und Gabe von Adrenalin in Minuten**



	<b>Zeit bis Leitung</b>	<b>Zeit bis Adrenalin</b>
<i>Szenario-Nr. 6</i>	00:01:49	00:03:53
<i>Szenario-Nr. 7</i>	00:04:59	00:06:56
<i>Szenario-Nr. 10</i>	00:02:41	00:03:34
<i>Mittelwert</i>	00:03:10	00:04:48
<i>Median</i>	00:02:41	00:03:53
<i>Szenario-Anzahl</i>	3	3

**Tabelle 6: Zeit bis erster i. v./i. o. - Zugang und sofortige Verabreichung von Adrenalin**  
Angaben im Format hh:mm:ss

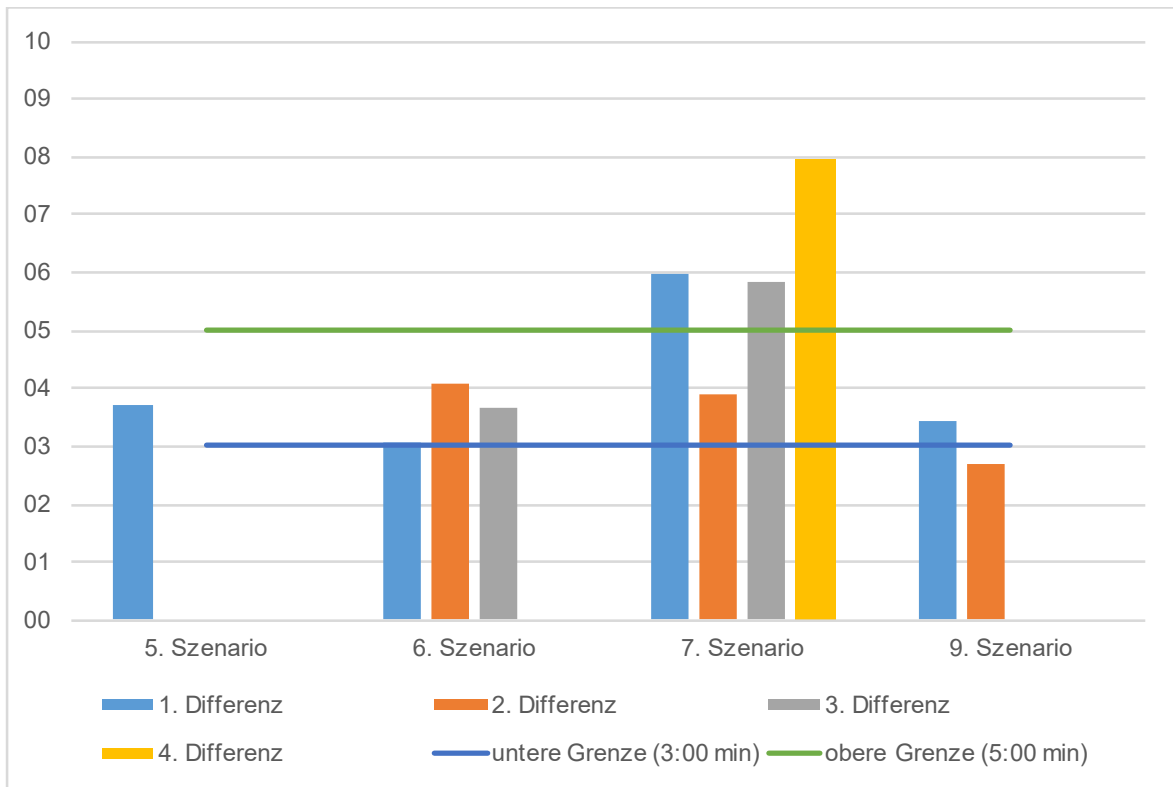
### 3.3.3 Wiederholte Adrenalingabe nach 3 – 5 min

Für die Auswertung der korrekten Adrenalingabe konnten 8 Videos herangezogen werden.

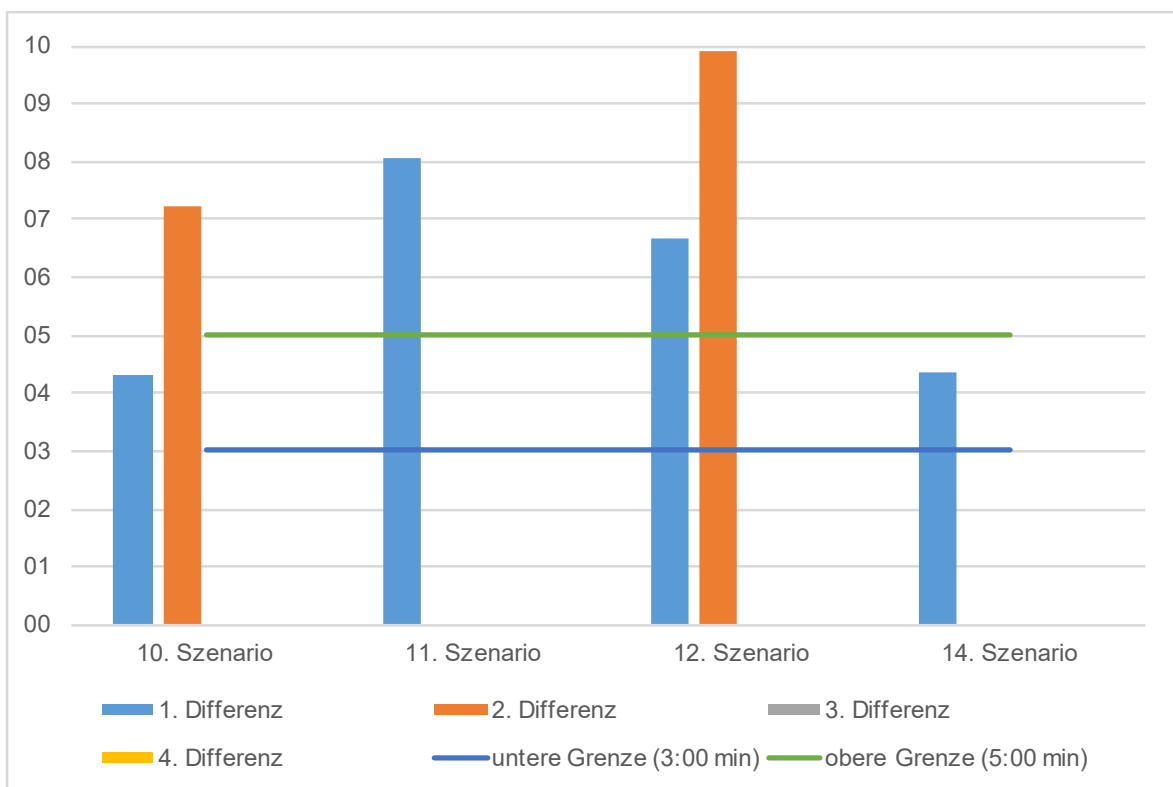
Im Mittel ergab sich eine Zeitspanne von 05:18 min und als Median 04:20 min.

Abbildung 17 und Abbildung 18 liefern einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 7 sind die Besonderheiten der jeweiligen Szenarios beziehungsweise mögliche Fehlerquellen aufgelistet.

**Abbildung 17: zeitliche Adrenalingabe in Minuten nach erster Applikation – Teil 1**



**Abbildung 18: zeitliche Adrenalingabe in Minuten nach erster Applikation – Teil 2**



	<b>1. Dif-ferenz</b>	<b>2. Dif-ferenz</b>	<b>3. Dif-ferenz</b>	<b>4. Dif-ferenz</b>	<b>Besonderheiten/ Fehlerquelle</b>
<i>Szenario-Nr. 5</i>	00:03:44				nach 3. Schock: ASY
<i>Szenario-Nr. 6</i>	00:03:04	00:04:06	00:03:39		
<i>Szenario-Nr. 7</i>	00:06:00	00:03:53	00:05:50	00:07:59	
<i>Szenario-Nr. 9</i>	00:03:26	00:02:43			
<i>Szenario-Nr. 10</i>	00:04:19	00:07:13			
<i>Szenario-Nr. 11</i>	00:08:04				nach 3. Schock: ASY
<i>Szenario-Nr. 12</i>	00:06:40	00:09:55			nach 1. Schock: Adrenalin
<i>Szenario-Nr. 14</i>	00:04:21				
<i>Mittelwert</i>	00:05:18				
<i>Median</i>	00:04:20				

**Tabelle 7: zeitliche Adrenalingabe nach erster Applikation mit Besonderheiten/Fehlerquelle**  
Angaben im Format hh:mm:ss

### 3.3.4 Intravenöser/intraossärer Gefäßzugang

In allen Szenarien (n = 15) wurde ein intravenöser Gefäßzugang etabliert. Der intraossäre Gefäßzugang war in keinem Fall notwendig.

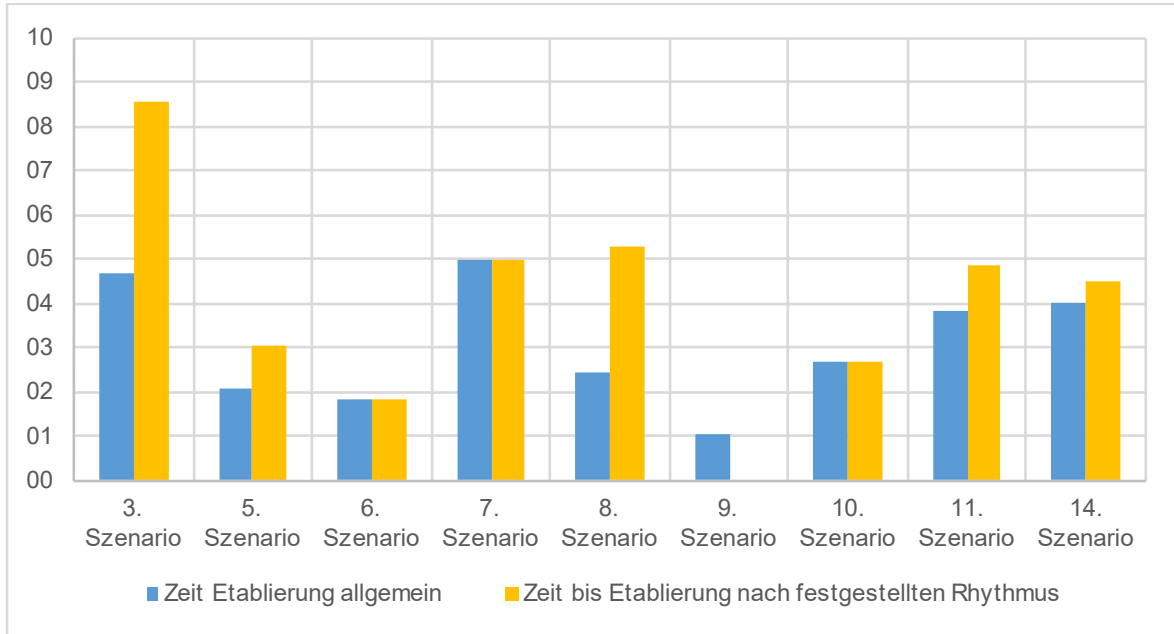
In 5 Fällen war die i. v. – Leitung bereits gelegt worden (Szenario 1, 2, 4, 12, 15) und in Video-Nummer 13 konnte aus technischen Gründen der Endzeitpunkt für das erfolgreiche Legen der Leitung nicht bestimmt werden. Daher fallen 6 Videos aus der Auswertung heraus.

Es wurde einerseits die Zeitspanne erhoben, welche für die reine Etablierung des Gefäßzuges notwendig war, als auch derjenige Zeitraum, welcher notwendig war um nach durchgeführter Herzrhythmusanalyse eine Leitung zu legen.

Im Mittel betrug die Zeitspanne (n = 9) 03:03 min beziehungsweise der Median 02:41 min um einen Gefäßzugang zu schaffen. Bezieht man nun die Zeitspanne mit ein, welche notwendig war um nach stattgefundenener Herzrhythmusanalyse eine Leitung zu legen (n = 8; in Szenario 9 wurde der Gefäßzugang vor der Rhythmusbeurteilung gelegt) so war im Mittel eine Dauer von 04:28 min beziehungsweise als Median 04:41 min nötig.

Abbildung 19 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 8 sind die zeitlichen Parameter im Detail aufgelistet.

**Abbildung 19: Zeitspanne bis Gefäßzugang in Minuten**



	<b>Zeit Etablierung allgemein</b>	<b>Zeit bis Etablierung nach Herzrhythmusanalyse</b>
<i>Szenario-Nr. 1</i>	liegt	liegt
<i>Szenario-Nr. 2</i>	liegt	liegt
<i>Szenario-Nr. 3</i>	00:04:41	00:08:33
<i>Szenario-Nr. 4</i>	liegt	liegt
<i>Szenario-Nr. 5</i>	00:02:04	00:03:02
<i>Szenario-Nr. 6</i>	00:01:49	00:01:49
<i>Szenario-Nr. 7</i>	00:04:59	00:04:59
<i>Szenario-Nr. 8</i>	00:02:25	00:05:17
<i>Szenario-Nr. 9</i>	00:01:01	vorher gelegt worden
<i>Szenario-Nr. 10</i>	00:02:41	00:02:41
<i>Szenario-Nr. 11</i>	00:03:49	00:04:51
<i>Szenario-Nr. 12</i>	liegt	liegt
<i>Szenario-Nr. 13</i>	technischer Ausschluss	technischer Ausschluss
<i>Szenario-Nr. 14</i>	00:04:01	00:04:31
<i>Szenario-Nr. 15</i>	liegt	liegt

<i>Mittelwert</i>	00:03:03	00:04:28
<i>Median</i>	00:02:41	00:04:41
<i>Szenario-Anzahl</i>	9	8

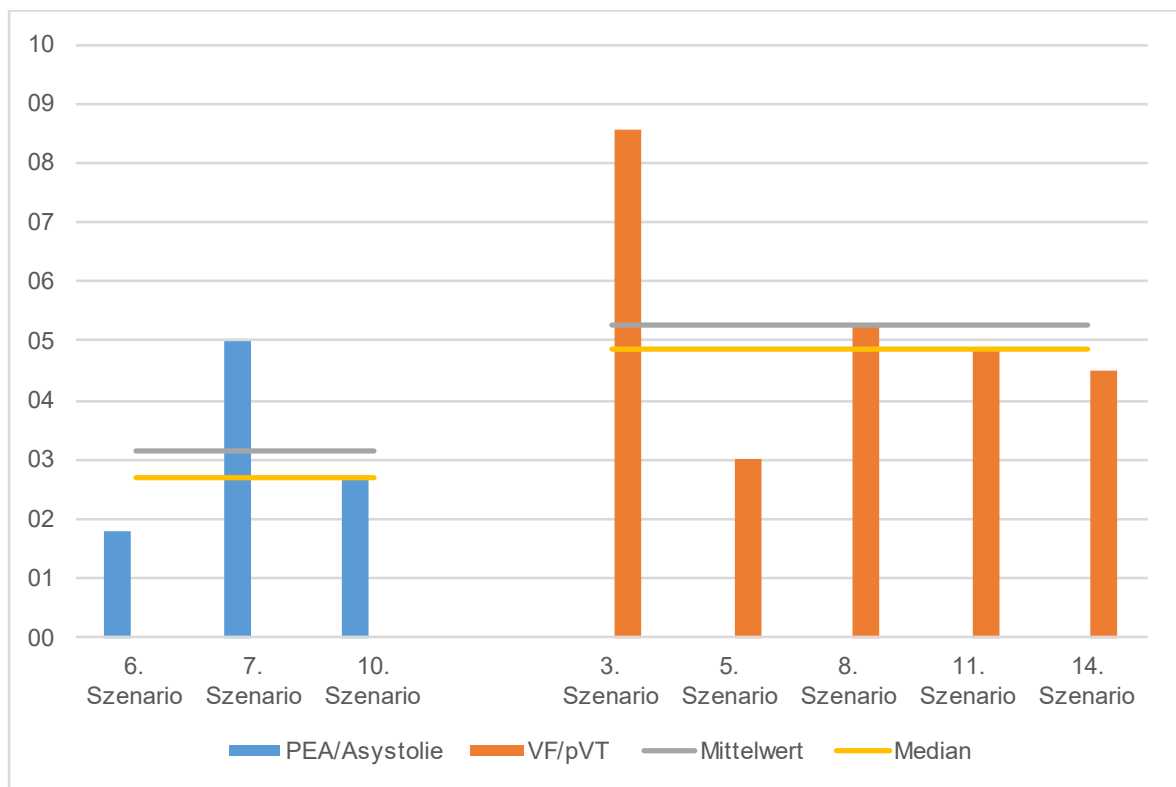
**Tabelle 8: Zeitspanne bis Gefäßzugang**

Angaben im Format hh:mm:ss

Es erfolgt eine gesonderte Analyse zu defibrillierbarem und nicht defibrillierbarem Herzrhythmus. Im Mittel betrug die Zeitspanne bei pulsloser elektrischer Aktivität/Asystolie bis zum Erlangen einer intravenösen Leitung 03:10 min (Median: 02:41 min). Im Vergleich hierzu bei Kammerflimmern und pulsloser elektrischer Aktivität im Mittel 05:15 min (Median: 04:51 min). In Anbetracht dessen, dass bei nicht defibrillierbarem Herzrhythmus ein Gefäßzugang unverzüglich etabliert werden muss, ist die kürzere Zeitdauer bei PEA/Asystolie nachvollziehbar.

Abbildung 20 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 9 sind die zeitlichen Parameter im Detail aufgelistet.

**Abbildung 20: Vergleich Zeitspanne bis Gefäßzugang von PEA/Asystolie zu VF/pVT in Minuten**



	PEA/Asystolie	VF/pVT
<i>Szenario-Nr. 6</i>	00:01:49	
<i>Szenario-Nr. 7</i>	00:04:59	
<i>Szenario-Nr. 10</i>	00:02:41	
<i>Szenario-Nr. 3</i>		00:08:33
<i>Szenario-Nr. 5</i>		00:03:02
<i>Szenario-Nr. 8</i>		00:05:17
<i>Szenario-Nr. 11</i>		00:04:51
<i>Szenario-Nr. 14</i>		00:04:31
<i>Mittelwert</i>	00:03:10	00:05:15
<i>Median</i>	00:02:41	00:04:51
<i>Szenario-Anzahl</i>	3	5

**Tabelle 9: Vergleich Zeitspanne bis Gefäßzugang von PEA/Asystolie zu VF/pVT**

Angaben im Format hh:mm:ss

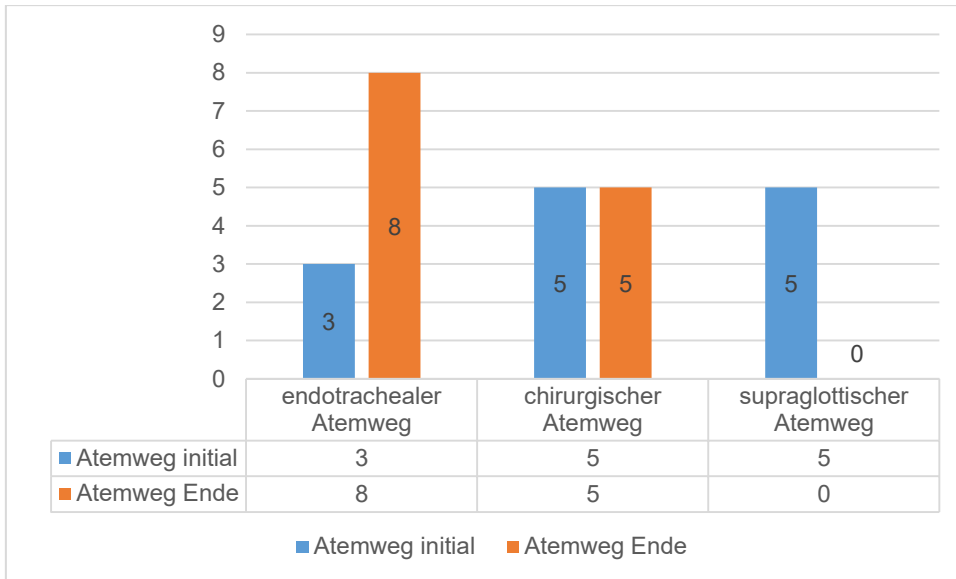
### 3.3.5 Definitive Atemwegssicherung

Im Rahmen der Atemwegssicherung konnten 13 Teams ausgewertet werden, da in Szenario 1 und 2 die Patientin/der Patient bereits endotracheal intubiert war.

Von allen verbliebenen Fallbeispielen (n = 13) entschieden sich zu Beginn insgesamt 3 Notfallteams direkt für einen Endotrachealtubus (23,08 %), 5 für die direkte Durchführung der Koniotomie (38,46 %) und weitere 5 Einsatzteams für den Larynx-tubus (38,46 %). Im weiteren Verlauf wurden letztere dann noch zum Goldstandard der Atemwegssicherung, dem ET erweitert. Somit waren von den 13 Szenarien 8 mittels Endotrachealtubus intubiert und 5 Patientinnen/Patienten koniotomiert.

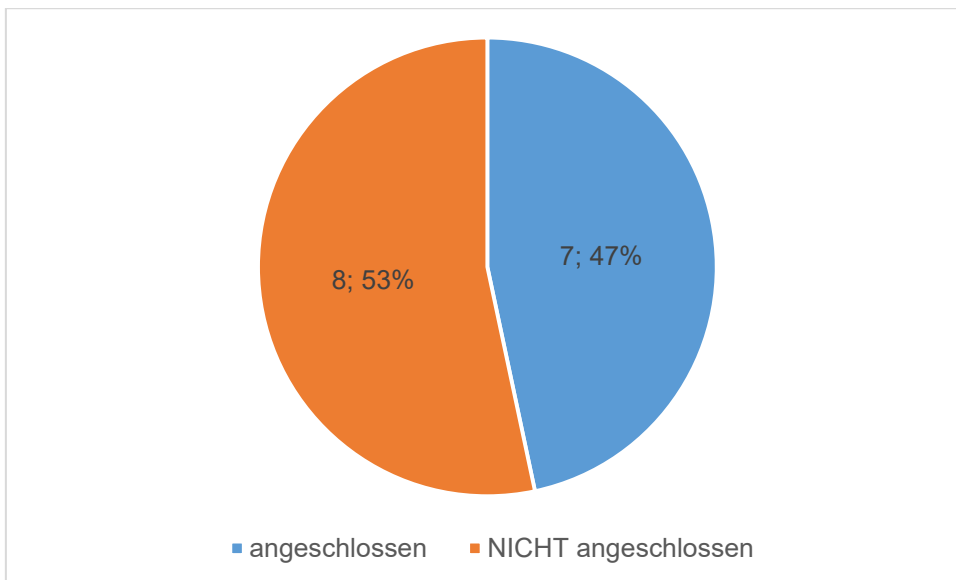
Abbildung 21 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse.

**Abbildung 21: Atemwegssicherung im Vergleich initial zu Ende**



Im Rahmen der definitiven Atemwegssicherung wurde die Kapnographie in weniger als der Hälfte aller Teams verwendet (47 %). Die Mehrheit verzichtete auf die Verwendung dieses Hilfsmittels (Abbildung 22).

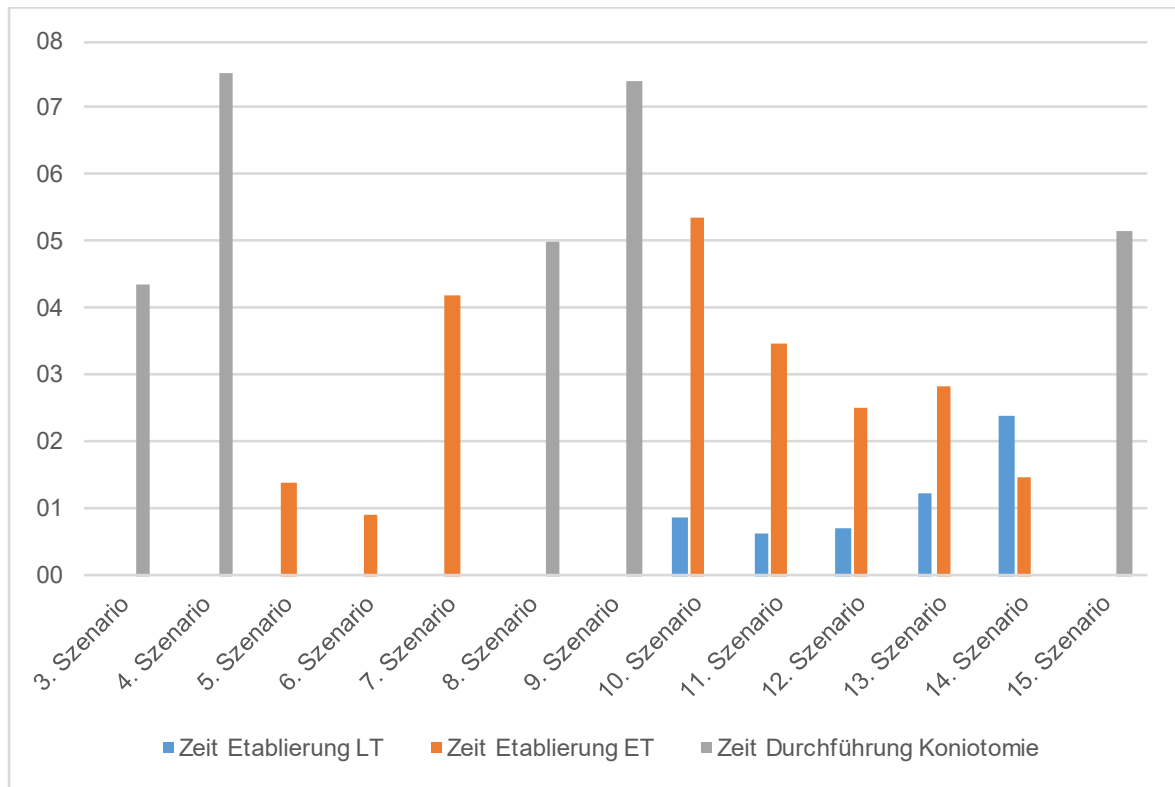
**Abbildung 22: Einsatz Goldstandard Kapnographie**



Vergleicht man die 3 verschiedenen Methoden nun in ihrer Zeitspanne welche benötigt wurde um die Maßnahme durchzuführen, so ist im Mittel der Larynxtubus mit 01:10 min (Median: 00:52 min) dem Endotrachealtubus mit 02:46 min (Median: 02:40 min) und der Koniotomie mit 05:53 min (Median: 05:10 min) deutlich überlegen.

Abbildung 23 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 10 sind die zeitlichen Parameter im Detail aufgelistet.

**Abbildung 23: Zeitspanne bis Etablierung der definitiven Atemwegssicherung in Minuten**



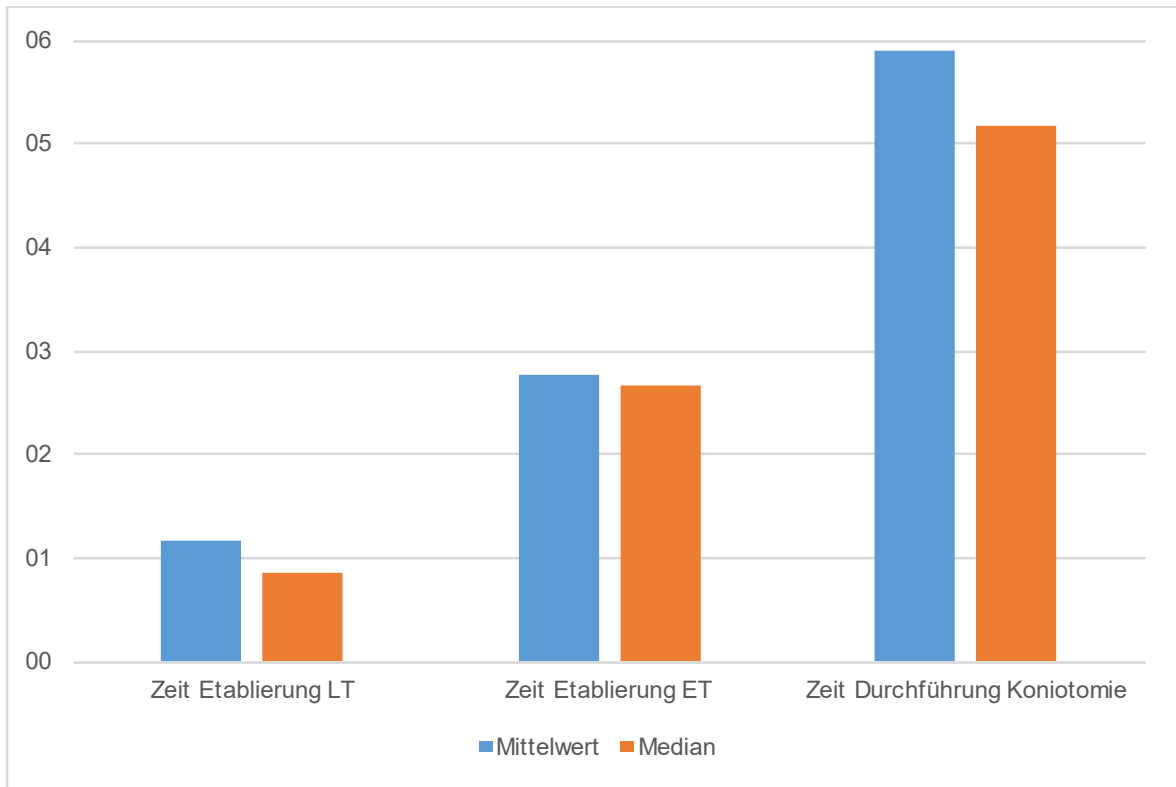
	<b>Etablierung LT</b>	<b>Etablierung ET</b>	<b>Durchführung Koniotomie</b>
<i>Szenario-Nr. 1</i>	---	liegt	---
<i>Szenario-Nr. 2</i>	---	liegt	---
<i>Szenario-Nr. 3</i>			00:04:20
<i>Szenario-Nr. 4</i>			00:07:32
<i>Szenario-Nr. 5</i>		00:01:24	
<i>Szenario-Nr. 6</i>		00:00:55	
<i>Szenario-Nr. 7</i>		00:04:12	
<i>Szenario-Nr. 8</i>			00:05:00
<i>Szenario-Nr. 9</i>			00:07:25
<i>Szenario-Nr. 10</i>	00:00:52	00:05:21	
<i>Szenario-Nr. 11</i>	00:00:38	00:03:29	
<i>Szenario-Nr. 12</i>	00:00:43	00:02:30	
<i>Szenario-Nr. 13</i>	00:01:14	00:02:50	
<i>Szenario-Nr. 14</i>	00:02:23	00:01:28	
<i>Szenario-Nr. 15</i>			00:05:10
<i>Mittelwert</i>	00:01:10	00:02:46	00:05:53
<i>Median</i>	00:00:52	00:02:40	00:05:10
<i>Szenario- Anzahl</i>	5	8	5

**Tabelle 10: Zeitspanne bis Etablierung der definitiven Atemwegssicherung**  
Angaben im Format hh:mm:ss

Vergleicht man nun Mittelwert und Median der unterschiedlichen Methoden der Atemwegssicherung, so ist der Larynx-tubus gegenüber dem Endotrachealtubus im Mittel um 01:36 min (Median: 01:48 min) und gegenüber der Koniotomie im Mittel um 04:43 min (Median: 04:18 min) schneller etabliert.

Abbildung 24 liefert einen graphischen Überblick der genannten Ergebnisse. In Tabelle 11 sind die zeitlichen Parameter im Detail aufgelistet.

**Abbildung 24: Vergleich Mittelwert/Median der unterschiedlichen Methoden der Atemwegssicherung in Minuten**



	<b>Mittelwert</b>	<b>Median</b>
<i>LT</i>	00:01:10	00:00:52
<i>ET</i>	00:02:46	00:02:40
<i>Koniotomie</i>	00:05:53	00:05:10
<i>Differenz (ET – LT)</i>	00:01:36	00:01:48
<i>Differenz (Koniotomie – LT)</i>	00:04:43	00:04:18

**Tabelle 11: Differenz der verschiedenen Methoden der Atemwegssicherung**

Angaben im Format hh:mm:ss

## 4 Diskussion

### 4.1 *Initiale Beurteilung und Behandlungsalgorithmus*

Die Überprüfung der Patientin/des Patienten auf Lebenszeichen wurde in der Lehrveranstaltung mittels direktem Ansprechen und gleichzeitigen Rütteln an den Schultern gelehrt. Bei einem Einsatzteam blieb die Durchführung dieser Maßnahme aus. Es ergibt sich ein zufriedenstellender Prozentsatz von 88,88 %.

In dieser retrospektiven Analyse waren 15 Szenarios mit einer Reanimationssituation vergesellschaftet. Daher war die Patientin/der Patient entweder beim Auffinden oder wurde im weiteren Verlauf der Behandlung bewusstlos, so dass ein Freimachen der Atemwege zu erfolgen hatte. Hier wurde beim manuellen Atemwegsmanöver stets das HTCL-Manöver mit einem Prozentsatz von 100 % angewendet. Von 15 Einsatzteams haben sich 4 Teams (30,77 %) gegen ein manuelles Manöver entschieden und direkt eine definitive Atemwegssicherung durchgeführt. Die Intubation erfolgte in 3 dieser 4 Fälle sehr schnell mit einer Zeitspanne von weniger als 02:30 Minuten. In einem Fall musste auf Grund der Schwellung im oberen Atemwegsbereich direkt eine Koniotomie erfolgen.

Vergleicht man die Leistung der Studierenden mit dem aktuellen Stand der Literatur bezüglich der Zeitspanne für eine erfolgreiche Intubation, so schneiden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer überdurchschnittlich gut ab. In einer Untersuchung nach Andersen, L. W. et al. betrug der Median für eine erfolgreiche Intubation 5 Minuten (16).

Der Herz-Kreislauf-Stillstand wurde von allen Einsatzteams korrekt erkannt. Die Zeitspanne vom Erkennen der Reanimationssituation bis hin zum definitiven Einleiten der Herzdruckmassage lag im Mittel bei 8 Sekunden.

Bereits vor mehr als 10 Jahren, wurden Untersuchungen durchgeführt, welche zeigten, dass die Überprüfung des Karotis-Pulses eine sehr unzuverlässige Maßnahme darstellt, um einen Herz-Kreislauf-Stillstand zu identifizieren. Bei fehlenden Puls ergaben sich Fehlerraten von bis zu 50 %. Nicht zuletzt wegen dieser hohen Fehleranfälligkeit haben die Fachgesellschaften für erfahrene

Helferinnen und Helfer die Überprüfung der Atemtätigkeit der Patientin/des Patienten empfohlen (17).

In einem Fall lag die Zeitspanne vom Erkennen der Reanimationssituation bei 38 Sekunden. Diese Problematik wäre leicht zu vermeiden gewesen, wenn eine vorher festgelegte Teamleiterin/ein vorher festgelegter Teamleiter klare Anweisungen zum Beginn der Reanimation gegeben hätte. In den Übungsräumen war hierfür das Tragen einer gelben Weste vorgesehen, welches aber von keinem Team eingesetzt wurde.

Es zeigte sich in einer Untersuchung, dass ein Fehlen der Führungspersönlichkeit in einer weniger effektiven kardiopulmonalen Reanimation resultiert. In einer Studie über kindliche Notfallsituationen, wurde sogar in bis zu 70 % der Fälle eine kindliche Beeinträchtigung oder der Tod des Kindes durch eine fehlende Teamleiterin/eines fehlenden Teamleiters gezeigt. Eine klare Rollenverteilung und die Delegation von Maßnahmen könnte die Versorgung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes noch verbessern, indem unnötige Zeitverzögerungen minimiert werden (18, 19).

Auf die Zuteilung einer Teamleiterin/eines Teamleiters und die Delegation von Maßnahmen muss in Zukunft geachtet werden.

Die Unterscheidung zwischen den verschiedenen Herzrhythmen gelang jedem Team problemlos.

In einer Analyse mit Assistenzärzten bezüglich kindlicher Reanimationssituationen konnte ein Drittel (33 %) nicht den richtigen Herzrhythmus auf dem Monitor erkennen. In 4 % der Fälle wurde sogar kein einziger Schock abgegeben, obwohl dieser notwendig gewesen wäre (20).

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Lehrveranstaltung schneiden bei dieser Betrachtung überdurchschnittlich gut ab.

Aussagekräftig ist auch die Analyse der Medikamentengabe nach dem 3. Schock bei defibrillierbarem Herzrhythmus einer Wiederbelebung. Die Verabreichung von Adrenalin (n = 8) erfolgte korrekterweise nur in 50 % der Fälle und die korrekte Gabe von Amiodaron (n = 6) in 33,33 %. Hauptfehlerquelle war bei beiden Medikamenten, dass in 3 von 4 Notfallszenarien Adrenalin und Amiodaron zum falschen Zeitpunkt der Reanimation verabreicht wurden. In einem Notfallszenario blieb die Gabe sogar vollständig aus, obwohl diese notwendig gewesen wäre. In keinem der Szenarien

in denen die Medikamentengabe zu einem falschen Zeitpunkt erfolgte, war ein klarer Leiter der Wiederbelebung erkennbar. Gewisse Maßnahmen wurden von einer Person erwähnt, aber nicht klar an eine andere delegiert.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit der der aktuellen Literatur, so kann gezeigt werden, dass die Bandbreite zur falschen Verabreichung eines Medikamentes in Reanimationssituationen zwischen 1 % und 50 % liegt. Bei Kozer et al. blieb in 10 % der Fälle die Gabe des Medikamentes vollständig aus, obwohl dieses bereits an ein Teammitglied delegiert wurde (21, 22).

Die Ergebnisse der Lehrveranstaltung decken sich in Bezug auf die Gabe von Adrenalin mit der betrachteten Literatur. Bei der Gabe von Amiodaron schneiden die Studierenden im Vergleich schlechter ab. Es besteht daher bei der Verabreichung von beiden Medikamenten pro futuro noch Verbesserungsbedarf.

## **4.2 Zeit-Parameter**

Im Rahmen der Schockabgabe und der Einhaltung des zweiminütigen Zyklus einer Reanimation ergibt sich als Median für den 1. Schock (n = 12) nach festgestelltem Herzrhythmus eine Zeit von 39 Sekunden. Für den 2. Schock (n = 10) 02:18 Minuten, für den 3. Schock (n = 8) 02:11 Minuten, für den 4. Schock (n = 4) 02:12 Minuten und für den 5. Schock (n = 2) 03:32. Bei dem 5. Schock gilt es allerdings anzumerken, dass hier nur 2 Fallbeispiele betrachtet werden konnten. Szenario 9 benötigte für die nächste Schockabgabe 04:57 Minuten und Szenario 11 nahezu perfekte 02:07 Minuten.

Der Europäische Rat für Wiederbelebung empfiehlt in seinen aktuellen Leitlinien eine Herzrhythmuskontrolle in einem Abstand von 2 Minuten. Dies entspricht 5 Zyklen von 30 Kompressionen zu 2 Beatmungen bei nicht intubierenden Patientinnen und Patienten. Das Verhältnis von 15 Kompressionen zu 2 Beatmungen wurde in den Leitlinien von 2005 abgelöst, da sich ein geringfügig schlechteres Outcome herausstellte (3, 23).

Die Studierenden erfüllen in der Mehrzahl die Vorgabe von 30 Kompressionen zu 2 Beatmungen, was einer repetitiven Herzrhythmuskontrolle in einem Abstand von 2 Minuten entspricht.

Für die unverzügliche Adrenalingabe bei nicht defibrillierbarem Herzrhythmus (n = 3) wurde im Mittel Adrenalin nach 04:48 Minuten verabreicht (Median: 03:53 Minuten). Die Etablierung einer Leitung benötigte 03:10 Minuten (Median: 02:41 Minuten). Als Verbesserungsansatz zu nennen, wäre die Verkürzung der Zeitspanne von etablierter Leitung bis hin zur Gabe von Adrenalin. Vom Standpunkt des Mittelwerts her betrachtet ist 01:38 Minuten ungewöhnlich lang. Im Durchschnitt bestand ein Notfallteam aus 4 Studierenden (3,87); es wäre durchaus anzunehmen, dass es möglich ist Adrenalin bereits aufzuziehen während eine Leitung gelegt wird und dieses daraufhin unverzüglich zu verabreichen.

Vergleicht man die entsprechende Literatur, so wird die Gabe von Adrenalin bei den nicht defibrillierbarem Herzrhythmen innerhalb von 3 – 5 Minuten empfohlen. Bei einer retrospektiven Analyse von Donnino MW et al. mit knapp 25.000 Patientinnen und Patienten lag der Median bei 3 Minuten. Zudem konnte in mehreren Untersuchungen ein positiver Zusammenhang für die frühestmögliche Verabreichung von Adrenalin nachgewiesen werden. Ein zeitigeres Wiedererlangen des Spontankreislaufes, sowie eine erhöhte Überlebensrate mit verbesserten neurologischen Outcome bestätigten das (24, 25).

In Anbetracht dieser Forderung wurde in den vorliegenden 3 Notfallszenario die Vorgabe von 3 – 5 Minuten erfüllt. Insgesamt betrachtet ist die Verabreichung von Adrenalin im Bezug zur Vergleichsgruppe um knapp 1 Minute verzögert. Ein möglicher Verbesserungsvorschlag wäre die unmittelbare Gabe nach etablierten Medikamentenzugang. Die parallele Etablierung des Gefäßzuganges, sowie die gleichzeitige Vorbereitung von Adrenalin zur sofortigen Injektion, sollte in Zukunft von den Studierenden noch effizienter koordiniert werden.

Im Rahmen der Adrenalingabe, welche nach erstmaliger Applikation alle 3 – 5 Minuten durchgeführt werden soll (n = 8), ergibt sich als Mittelwert eine Zeitspanne von 05:18 Minuten und als Median 04:20 Minuten. Betrachtet man nur diese beiden Werte so könnte man annehmen, dass die Studierenden sich relativ gut an die Vorgabe gehalten haben. Geht man aber etwas ins Detail, so konnten 4 von 8 Notfallteams (50 %) diese Zeitspanne nicht einhalten.

Das ERC empfiehlt in seinen Leitlinien ab erstmaliger Applikation von Adrenalin eine erneute Gabe nach 3 – 5 Minuten, um die Wahrscheinlichkeit für das Wiederlangen des Spontankreislaufes zu erhöhen (8).

Eine klare Teamleitung und die Vorhaltung einer Stoppuhr ab der ersten Verabreichung von Adrenalin könnte die Leistung der Studierenden in Bezug auf diese Maßnahme in Zukunft verbessern.

Der erste intravenöse Zugang (n = 9) wurde im Mittel nach 03:03 Minuten etabliert (Median: 02:41 Minuten). Bezieht man die Rhythmusanalyse mit ein, so ergibt sich als Mittelwert eine Zeitspanne von 04:28 Minuten (Median: 04:41 Minuten). Den Empfehlungen des ERC folgend, soll bei initialem Herzrhythmus von PEA/Asystolie unverzüglich ein Gefäßzugang etabliert und 1 mg Adrenalin verabreicht werden. Bei initialem Auftreten von VF/pVT ist die schnellstmögliche Defibrillation angezeigt und die Medikamentengabe erfolgt erst nach der 3. Schockabgabe. Daher ist anzunehmen, dass bei Auftreten von Asystolie und pulsloser elektrischer Aktivität im Vergleich zu Kammerflimmern und pulsloser ventrikulärer Tachykardie der intravenöse Zugang schneller etabliert wurde. Bei einer Asystolie/PEA (n = 3) wurde der Gefäßzugang im Mittel nach 03:10 Minuten gelegt (Median: 02:41). Im Vergleich benötigten die Studierenden bei VF/pVT (n = 5) im Mittel 05:15 Minuten (Median 04:51 Minuten).

In der Etablierung eines Gefäßzuges wurden die Studierenden entsprechend gut ausgebildet. Defizite zeigten sich einerseits bei den nicht defibrillierbarem Herzrhythmen in der frühestmöglichen Applikation der Medikamente bei bereits etablierter Leitung und bei den defibrillierbaren Herzrhythmen in der Applikation zum korrekten Zeitpunkt.

Im Rahmen der initialen Atemwegssicherung war der Larynxtrachealtubus (n = 5) im Mittel mit einer Zeitspanne von 01:10 Minuten dem Endotrachealtubus überlegen (Median: 00:52 Minuten). Der ET benötigte zur erfolgreichen Etablierung über alle Szenario hinweg gemittelt 02:46 Minuten (Median: 02:40 Minuten). Die Durchführung einer Koniotomie benötigte mit 05:53 Minuten als mittlerer Wert am längsten.

Die aktuellen Leitlinien empfehlen eine endotracheale Intubation nur Helferinnen und Helfern, welche die Maßnahme sicher beherrschen. Das ERC weist in den Empfehlungen von 2015 darauf hin, dass bisher keine randomisierte kontrollierte Studie die Überlebensrate nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand steigern konnte. In einer retrospektiven Analyse von Wang et al. war die endotracheale Intubation

innerhalb von 15 Minuten ab Beginn der Reanimation mit einer geringeren Überlebensrate gegenüber der Vergleichsgruppe ohne endotracheale Intubation assoziiert (8, 26).

Sicher zu nennen ist, dass durch die Etablierung des ET eine notwendige Defibrillation nicht verzögert und eine laufende Herzdruckmassage unterbrochen werden darf. Die technische Fertigkeit zur endotrachealen Intubation beherrschen die Studierenden in unter 5 Minuten. Im Vergleich zur Literatur sind die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung besser.

Letzter Diskussionsgegenstand ist der Einsatz der Kapnographie/-metrie. In dieser Trainingssituation konnte die Kapnographie als Goldstandard der Atemwegssicherung von den Studierenden eingesetzt werden. Allerdings wurde diese nur in 47 % aller Szenarien auch tatsächlich angewandt. In den aktuellen Leitlinien wird der Einsatz der Kapnographie dringend empfohlen. Einerseits zur Validierung der korrekten Lage der Atemwegssicherung und andererseits als Qualitätsmarker für die korrekte Durchführung der Herzdruckmassage. So wurde in einer retrospektiven Studie von Wang AY et al. nachgewiesen, dass ein endtidaler Kohlenstoffdioxidgehalt von über 25,5 mmHg mit einer erhöhten Überlebensrate korreliert (27).

Die Kapnographie sollte daher entsprechend häufiger von den Studierenden eingesetzt werden um eine qualitativ hochwertige Wiederbelebung zu gewährleisten.

## 5 Conclusio

Der Europäische Rat für Wiederbelebung veröffentlicht entsprechende Leitlinien um die hochwertige Versorgung eines Herz-Kreislauf-Stillstandes zu gewährleisten. Das frühzeitige Erkennen eines HKS mit sofortiger Herzdruckmassage sind wichtige Maßnahmen der Wiederbelebung und stellen die Basis für eine erfolgreiche Wiederbelebung dar. Im erweiterten Management, welches von angehenden Ärztinnen und Ärzten erwartet wird, ist zudem die Auswertung des Herzrhythmus mit nachfolgender korrekter Medikamentengabe erforderlich. Ein defibrillierbarer Rhythmus, wie er bei Kammerflimmern oder pulsloser ventrikulärer Tachykardie vorliegt, bedarf der frühzeitigen Schockabgabe und nach der 3. Defibrillation der sicheren Medikamentengabe. Bei Asystolie und pulsloser elektrischer Aktivität ist die sofortige Adrenalingabe indiziert.

Nur durch eine hochwertige Ausbildung bereits im Studium kann eine solide Basis für das spätere Handeln als Ärztin/Arzt oder Notfallmedizinerin/Notfallmediziner gelegt werden. Die Medizinische Universität Graz bietet mittels der Lehrveranstaltung „DieGrazer SIMLine: Anaphylaxie“ ein entsprechendes Ausbildungskonzept für interessierte und motivierte Medizinstudierende.

Diese Lehrveranstaltung bietet zu Beginn der Ausbildung entsprechende Seminare um die erforderliche Theorie zu vermitteln. Von praktischer Seite her werden technische Fähigkeiten einzeln am Simulator trainiert. Den Abschluss dieser Theorie und praxisorientierten Wissensvermittlung liefert ein Full-Scale-Simulationstraining, welches den Studierenden ermöglicht, realitätsnah sämtliche erlernten Fertigkeiten anzuwenden. Mittels audio-visueller Aufzeichnung können die einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer ihr Handeln kritisch bewerten beziehungsweise reflektieren.

Diese Lehrveranstaltung, wie sie an der Medizinischen Universität Graz angeboten wird, erfüllte über alle Szenarien hinweg (n = 15) gute 82,40 % der geforderten Punkte der Checklisten.

Pro futuro sollte bei der Ausbildung der Studierenden darauf geachtet werden, dass eine Teamleiterin/ein Teamleiter die Wiederbelebung entsprechend leitet. Die verzögerte Adrenalingabe bei den nicht defibrillierbarem Herzrhythmen kann leicht vermieden werden. Des Weiteren ist auf die Einhaltung der wiederholten Gabe von

Adrenalin nach 3 – 5 Minuten ab erster Applikation zu achten. Als letzte wichtige Verbesserung ist der forcierte Einsatz der Kapnographie zu nennen, welche von den Studierenden während der Trainings noch zu selten eingesetzt wird.

Die Grazer SIMLine als simulationsbasiertes Ausbildungskonzept, scheint mit einer Gesamtleistung von 82,40 % geeignet die Studierenden auf die Wiederbelebung einer Patientin/eines Patienten im klinischen Umfeld vorzubereiten. Die Herausforderung eine qualitativ hochwertige Ausbildung im Bezug auf erweiterte lebensrettende Sofortmaßnahmen anzubieten, ist mittels theoretischer und vor allem praktischer Ausbildung erfolgreich gegeben.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Austria S. Jahrbuch der Gesundheitsstatistik 2014. Bundesanstalt Statistik Österreich. 2015;1:1-405.
2. Lenkeit S, Ringelstein K, Gräff I, Schewe JC. Medizinische Notfallteams im Krankenhaus. Med Klin Intensivmed Notfmed. 2014;109(4):257-66.
3. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, Greif R, Maconochie IK, Nikolaou NI, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. Resuscitation. 2015;95:1-80.
4. Perkins GD, Handley AJ, Koster RW, Castrén M, Smyth MA, Olasveengen T, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. Resuscitation. 2015;95:81-99.
5. Maharaj R, Raffaele I, Wendon J. Rapid response systems: a systematic review and meta-analysis. Critical Care. 2015;19(1):254.
6. Silbernagl S, Lang F. Taschenatlas der Pathophysiologie. Georg Thieme Verlag. 2013;4:190-260.
7. Lockey A, Ballance J, Domanovits H, Gabbott D, Gwinnutt C, Lott C, et al. Erweiterte lebensrettende Maßnahmen. European Resuscitation and German Resuscitation Council. 2011;6:1-226.
8. Soar J, Nolan JP, Bottiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. Resuscitation. 2015.
9. Truhlar A, Deakin CD, Soar J, Khalifa GE, Alfonzo A, Bierens JJ, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. Resuscitation. 2015;95:148-201.
10. Nolan JP, Soar J, Cariou A, Cronberg T, Moolaert VR, Deakin C, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 5. Post resuscitation care. Resuscitation. 2015.
11. Gässler H, Helm M, Hossfeld B. Aktuelle Reanimationsleitlinien 2010. Notarzt. 2011;27(01):10-3.
12. Neumar RW, Shuster M, Callaway CW, Gent LM, Atkins DL, Bhanji F, et al. Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation. 2015;132(18 Suppl 2):S315-67.

13. Mileder LP, Wegscheider T. Rapid sequence simulation training. *Resuscitation*. 2014;85(1):e23.
14. Mileder L, Wegscheider T, Dimai HP. Teaching first-year medical students in basic clinical and procedural skills--a novel course concept at a medical school in Austria. *GMS Z Med Ausbild*. 2014;31(1):Doc6.
15. Kopaunik L. Kernkompetenzen im Notfallmanagement schwerer allergischer Reaktionen - Effekte eines simulationsbasierten Ausbildungsprogrammes für Medizinstudierende. 2015.
16. Andersen LW, Granfeldt A, Callaway CW, Bradley SM, Soar J, Nolan JP, et al. Association Between Tracheal Intubation During Adult In-Hospital Cardiac Arrest and Survival. *JAMA*. 2017.
17. Lapostolle F, Le Toumelin P, Agostinucci JM, Catoire J, Adnet F. Basic cardiac life support providers checking the carotid pulse: performance, degree of conviction, and influencing factors. *Acad Emerg Med*. 2004;11(8):878-80.
18. Hunziker S, Tschan F, Semmer NK, Marsch S. Importance of leadership in cardiac arrest situations: from simulation to real life and back. *Swiss Med Wkly*. 2013;143:w13774.
19. Hunziker S, Johansson AC, Tschan F, Semmer NK, Rock L, Howell MD, et al. Teamwork and Leadership in Cardiopulmonary Resuscitation. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;57(24):2381-8.
20. Labrosse M, Levy A, Donoghue A, Gravel J. Delays and errors among pediatric residents during simulated resuscitation scenarios using Pediatric Advanced Life Support (PALS) algorithms. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2015;33(10):1516-8.
21. Flannery AH, Parli SE. Medication Errors in Cardiopulmonary Arrest and Code-Related Situations. *American Journal of Critical Care*. 2016;25(1):12-20.
22. Kozler E, Seto W, Verjee Z, Parshuram C, Khattak S, Koren G, et al. Prospective observational study on the incidence of medication errors during simulated resuscitation in a paediatric emergency department. *BMJ*. 2004;329(7478):1321.
23. Kudenchuk PJ, Redshaw JD, Stubbs BA, Fahrenbruch CE, Dumas F, Phelps R, et al. Impact of changes in resuscitation practice on survival and neurological outcome after out-of-hospital cardiac arrest resulting from nonshockable arrhythmias. *Circulation*. 2012;125(14):1787-94.

24. Khera R, Chan PS, Donnino M, Girotra S, American Heart Association's Get With The Guidelines-Resuscitation I. Hospital Variation in Time to Epinephrine for Nonshockable In-Hospital Cardiac Arrest. *Circulation*. 2016;134(25):2105-14.
25. Donnino MW, Saliccioli JD, Howell MD, Cocchi MN, Giberson B, Berg K, et al. Time to administration of epinephrine and outcome after in-hospital cardiac arrest with non-shockable rhythms: retrospective analysis of large in-hospital data registry. *BMJ*. 2014;348:g3028.
26. Wang CH, Chen WJ, Chang WT, Tsai MS, Yu PH, Wu YW, et al. The association between timing of tracheal intubation and outcomes of adult in-hospital cardiac arrest: A retrospective cohort study. *Resuscitation*. 2016;105:59-65.
27. Wang AY, Huang CH, Chang WT, Tsai MS, Wang CH, Chen WJ. Initial end-tidal CO<sub>2</sub> partial pressure predicts outcomes of in-hospital cardiac arrest. *Am J Emerg Med*. 2016.

## 7 Anhang

Maßnahmenkatalog bei Kammerflimmern/pulsloser ventrikulärer Tachykardie („VF/pVT“) im Rahmen der erweiterten kardiopulmonalen Reanimation		Erfüllt (1)	Nicht erfüllt (0)	Zeit Beginn	Zeit bis Ab- schluss	Dauer der Maß- nahme	Anmerkungen
Sicherheit an Einsatzstelle gewährleistet							
Schlecht aussehende kranke Person							
Um Hilfe rufen							
<u>Lebenszeichen vorhanden?</u>							
Patientin/Patient direkt ansprechen							
Vorsichtig an den Schultern rütteln							
Patientin/Patient reagiert nicht; bewusstlos							
<b>A</b>	Atemwege freimachen						
	Kinn anheben, Kopf überstrecken						
	Esmarch-Handgriff						
<b>B</b>	Atmung überprüfen						
	Hören, Sehen, Fühlen						
	Atmung abnormal						

<b><u>Patientin/Patient bewusstlos und ohne normale Atmung</u></b>							
<b><u>Reanimationsalarm ausrufen</u></b>							
<b>C</b>	Beginn cardiopulmonaler Reanimation („CPR“)						
	EKG anschließen						
	Herzrhythmus auswerten						

<b>Feststellen eines schockbaren Rhythmus: VF/pulslose VT</b>						
Defibrillator laden						
Während Ladevorgang: Fortführen der Herzdruckmassage						
Sichere Defibrillation für Personal gewährleistet						
<b>1. Schockabgabe</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut VF/pVT)						
Defibrillator laden						
Während Ladevorgang: Fortführen der Herzdruckmassage						
Sichere Defibrillation für Personal gewährleistet						

<b>2. Schockabgabe</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut VF/pVT)						
Defibrillator laden						
Während Ladevorgang: Fortführen der Herzdruckmassage						
Sichere Defibrillation für Personal gewährleistet						
<b>3. Schockabgabe</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
<b>Medikamentengabe indiziert</b>						
Amiodaron 300 mg Bolus-Gabe						
Adrenalin 1 mg Bolus-Gabe						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut VF/pVT)						

Defibrillator laden...						
------------------------	--	--	--	--	--	--

<b>Feststellen eines geordneten Rhythmus</b>						
Überprüfen der Lebenszeichen						
Atmung überprüfen						
Patientin/Patient hustet						
Puls tasten						
Patientin/Patient bewegt sich						
Return of spontaneous circulation („ROSC“)						
Post Resuscitation Care						
Versorgung nach ABCDE-Schema						
arterielle Sauerstoff-Sättigung („SaO <sub>2</sub> “) zwischen 94 – 98 %						
arterieller Kohlenstoffdioxidpartialdruck („PaCO <sub>2</sub> “) 35 – 45 mmHg						
unverzögliche 12-Kanal EKG-Ableitung						
therapeutische Hypothermie (32 – 36 °C)						
Ursachensuche für Kreislaufstillstand						
<b>Abbruch der Wiederbelebungsmaßnahmen</b>						

Während Algorithmus durchzuführen						
Atemwegssicherung						
supraglottisch						
endotracheal						
chirurgischer Atemweg						
Anschließen der Kapnographie/-metrie						
kontinuierliche Herzdruckmassage						
kontinuierliche Beatmung alle 6 Sekunden						
Sicherstellung hoher CPR-Qualität						
Druckpunkt						
Drucktiefe						
Frequenz						
Entlastung						
Helfer-Wechsel alle 2 min						
minimale Unterbrechungen sichergestellt						
intravenöse/intraossäre Leitung („i. v./i. o. – Zugang etablieren						

Adrenalin alle 3 – 5 Minuten nach erster Applikation						
Nachspülen nach Medikamentengabe/Arm ↑						
HITS (= reversible Ursachen für Kreislaufstillstand)						
Hypoxie						
Hypovolämie						
Hypo-/Hyperthermie						
Hypoglykämie, Hypo-/Hyperkaliämie; metabolische Entgleisung						
Herzbeuteltamponade						
Intoxikation						
Thromboembolie (koronar/pulmonal)						
Spannungspneumothorax						

Maßnahmenkatalog bei pulsloser elektrischer Aktivität/Asystolie („PEA/Asystolie“) im Rahmen der erweiterten kardiopulmonalen Reanimation		Erfüllt (1)	Nicht erfüllt (0)	Zeit Beginn	Zeit bis Abschluss	Dauer der Maßnahme	Anmerkungen
Sicherheit an Einsatzstelle gewährleistet							
Schlecht aussehende kranke Person							
Um Hilfe rufen							
<u>Lebenszeichen vorhanden?</u>							
Patientin/Patient direkt ansprechen							
Vorsichtig an den Schultern rütteln							
Patientin/Patient reagiert nicht; bewusstlos							
A	Atemwege freimachen						
	Kinn anheben, Kopf überstrecken						
	Esmarch-Handgriff						
B	Atmung überprüfen						
	Hören, Sehen, Fühlen						
	Atmung abnormal						
<b><u>Patientin/Patient bewusstlos und ohne normale Atmung</u></b>							
<b><u>Reanimationsalarm ausrufen</u></b>							

<b>C</b>	Beginn cardiopulmonaler Reanimation („CPR“)						
	EKG anschließen						
	Herzrhythmus auswerten						

<b>Feststellen eines NICHT-schockbaren Rhythmus: PEA/Asystolie</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
unverzüglich intravenöse/intraossäre Leitung („i. v./i. o. – Zugang“) etablieren						
<b>Medikamentengabe indiziert</b>						
Adrenalin 1 mg Bolus-Gabe						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut PEA/Asystolie)						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut PEA/Asystolie)						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
<b>Medikamentengabe indiziert</b>						

Adrenalin 1 mg Bolus-Gabe						
2 min CPR						
<b>Rhythmusanalyse (Kammerflimmern/ pulslose elektrische Aktivität „VF/pVT“)</b>						
Defibrillator laden						
Während Ladevorgang: Fortführen der Herzdruckmassage						
Sichere Defibrillation für Personal gewährleistet						
<b>1. Schockabgabe</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut VF/pVT)						
Defibrillator laden						
Während Ladevorgang: Fortführen der Herzdruckmassage						

Sichere Defibrillation für Personal gewährleistet						
<b>2. Schockabgabe</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut VF/pVT)						
Defibrillator laden						
Während Ladevorgang: Fortführen der Herzdruckmassage						
Sichere Defibrillation für Personal gewährleistet						
<b>3. Schockabgabe</b>						
Sofortige Wiederaufnahme der CPR						
<b>Medikamentengabe indiziert</b>						
Amiodaron 300 mg Bolus-Gabe						
Adrenalin 1 mg Bolus-Gabe						

2 min-CPR						
Rhythmusanalyse (erneut VF/pVT)						
Defibrillator laden...						

<b>Feststellen eines geordneten Rhythmus</b>						
Überprüfen der Lebenszeichen						
Atmung überprüfen						
Patientin/Patient hustet						
Puls tasten						
Patientin/Patient bewegt sich						
Return of spontaneous circulation („ROSC“)						
Post Resuscitation Care						
Versorgung nach ABCDE-Schema						
arterielle Sauerstoff-Sättigung („SaO <sub>2</sub> “) zwischen 94 – 98 %						
arterieller Kohlenstoffdioxidpartialdruck („PaCO <sub>2</sub> “) 35 – 45 mmHg						
unverzögliche 12-Kanal EKG-Ableitung						
therapeutische Hypothermie (32 – 36 °C)						
Ursachensuche für Kreislaufstillstand						
<b>Abbruch der Wiederbelebungsmaßnahmen</b>						

Während Algorithmus durchzuführen						
Atemwegssicherung						
supraglottisch						
endotracheal						
chirurgischer Atemweg						
Anschließen der Kapnographie/-metrie						
kontinuierliche Herzdruckmassage						
kontinuierliche Beatmung alle 6 Sekunden						
Sicherstellung hoher CPR-Qualität						
Druckpunkt						
Drucktiefe						
Frequenz						
Entlastung						
Helferwechsel alle 2 min						
minimale Unterbrechungen sichergestellt						
Adrenalin alle 3 – 5 Minuten nach erster Applikation						
Nachspülen nach Medikamentengabe/Arm ↑						

HITS (= reversible Ursachen für Kreislaufstillstand)						
Hypoxie						
Hypovolämie						
Hypo-/Hyperthermie						
Hypoglykämie, Hypo-/Hyperkaliämie; metabolische Entgleisung						
Herzbeuteltamponade						
Intoxikation						
Thromboembolie (koronar/pulmonal)						
Spannungspneumothorax						