

Vergleichsstudie zur Evaluierung zweier Handlungsabläufe am reaktionslosen Notfallpatienten

M. Hartung

Aus dem Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM)
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. W. Mutschler

**Vergleichsstudie zur Evaluierung zweier Handlungsabläufe
am reaktionslosen Notfallpatienten**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Markus Peter Hartung

aus Füssen

2009

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Univ. Prof. Dr. Christian K. Lackner

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Dominik Irnich
Prof. Dr. Hans-Joachim Andreß

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Matthias Ruppert

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 02.07.2009

*Meinen Eltern, meinem Bruder Simon
und vor allem meiner geliebten Michele.*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Grundlagen.....	4
2.1	Atemstillstand	4
2.2	Herz-Kreislaufstillstand	6
2.3	Epidemiologie und Prognose von Atem- und Herz-Kreislaufstillstand.....	18
2.4	Hilfeleistungssysteme in Deutschland	21
2.5	Fragestellungen	27
3	Material und Methodik.....	28
3.1	Studiendesign und Überblick	28
3.2	Handlungsabläufe.....	29
3.3	Testszenarien.....	32
3.4	Simulation der Testszenarien / Modifiziertes Mega-Code-Manikin.....	33
3.5	Testumgebung und Bedingungen.....	36
3.6	Durchführung	37
3.7	Datenerhebung	41
4	Ergebnisse	43
4.1	Ergebnisüberblick	43
4.2	Teilnehmer	45
4.3	Ausschluss von Testabläufen	47
4.4	Handlungsabläufe.....	51
4.5	Testszenarien.....	56

4.6	Diagnostische Sicherheit.....	64
4.7	Charakterisierung der Beurteilungskriterien.....	68
5	Diskussion.....	71
5.1	Diskussion von Material und Methodik.....	71
5.2	Diskussion der Ergebnisse.....	85
5.3	Schlussfolgerungen.....	99
6	Zusammenfassung und Fazit.....	101
7	Anhang.....	105
7.1	Glossar.....	105
7.2	Literaturverzeichnis.....	107
7.3	Abbildungsverzeichnis.....	114
7.4	Tabellenverzeichnis.....	115
7.5	Fragebogen.....	117
7.6	Studieninformationsblatt.....	118
7.7	Dokumentationsprotokoll.....	120
7.8	Curriculum vitae.....	121
7.9	Danksagung.....	123

1 Einleitung

Akut lebensbedrohliche Ereignisse, wie beispielsweise der so genannte plötzliche Herztod oder ein Atemwegs- bzw. Atmungsproblem, können unbehandelt innerhalb kurzer Zeit zum Tod eines Patienten führen. Um eine adäquate Therapie durchführen zu können, müssen aufgrund der enormen Zeitabhängigkeit derartiger Situationen, vorliegende Vitalfunktionsstörungen schnell erfasst und entsprechende Therapiemaßnahmen eingeleitet werden.

Der plötzliche Herztod ist die häufigste außerklinische Todesursache in der westlichen Welt. In einer großen Anzahl der Fälle von plötzlichen Herztodereignissen liegt zunächst ein Kammerflimmern vor. Die Defibrillation ist die derzeit einzige ursächliche und effektive Therapie des Kammerflimmerns. Weitere Wiederbelegungsmaßnahmen, insbesondere die Thoraxkompression können lediglich eine Minimalversorgung des Gehirns und Myokards mit energiereichem Substrat über einen limitierten Zeitraum herstellen. Es ist durch eine Vielzahl von Studien untersucht und bewiesen, dass mit jeder Zeitverzögerung bis zur Defibrillation die Überlebenschance eines Patienten mit Kammerflimmern drastisch sinkt.

Im Zusammenhang mit Strategien für Patienten mit plötzlichen Herztodereignissen und damit eine möglichst frühzeitige lebensrettende Defibrillation zu ermöglichen, hat in den letzten Jahren die Anwendung von automatisierten externen Defibrillatoren (AED) durch medizinisches Fachpersonal unter dem Begriff „Frühdefibrillation“ weite Verbreitung gefunden. Darüber hinaus wurde in jüngerer Vergangenheit die Anwendung von AED, subsumiert unter dem Begriff „Public Access Defibrillation“, einem breiteren Anwenderkreis bis hin zum medizinischen Laien ermöglicht und zum Teil wissenschaftlich analysiert.

Die Maßnahmen und einzelnen Therapieschritte der Cardiopulmonalen Reanimation wurden bereits früh durch Einführung von Leitlinien standardisiert. Sie sollen eine systematische und reproduzierbare Umsetzung wissenschaftlich belegter Handlungs- und Therapieschritte ermöglichen. Die auf einer wissenschaftlichen Analyse beruhenden Empfehlungen für die Reanimation werden in unregelmäßigen zeitlichen Abständen von den einzelnen Fachgesellschaften in ihren Publikationsorganen veröffentlicht.

Allerdings beruhen die Handlungsabläufe der Cardiopulmonalen Reanimation, insbesondere die Reihenfolge der zu erhebenden Einzelbefunde, nur teilweise auf einer erkenntnisbasierenden Grundlage. Die Vorgaben der Reihenfolge sind zum Teil historisch bedingt oder begründen sich auf didaktischen Überlegungen.

Darüber hinaus konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass die Prozess- und Ergebnisqualität bei der Kontrolle der Atem- und Kreislauffunktion einer hohen diagnostischen Unsicherheit bei Laien und medizinischem Fachpersonal unterliegt. Die Anwendung eines AED zur Befundermittlung eines defibrillationswürdigen Herzrhythmus weist hingegen eine hohe diagnostische Spezifität und Sensitivität auf.

Aufgrund pathophysiologischer Überlegungen und der zugrunde liegenden Mechanismen, insbesondere beim plötzlichen Herztodereignis, gibt es Argumente für eine andere Reihenfolge diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen als die bisher in den derzeit gültigen Leitlinien postulierten. Um sich diesem Thema anzunähern, wurde das etablierte und der gängigen Praxis entsprechende Verfahren zur Initialbehandlung von bewussten Notfallpatienten einer alternativen Vorgehensweise gegenübergestellt.

2 Grundlagen

2.1 Atemstillstand

2.1.1 Ursachen der Ateminsuffizienz / des Atemstillstandes

Im menschlichen Organismus bedeutet Atmung die Versorgung des Organismus mit Sauerstoff (O₂) und die Eliminierung von Kohlendioxid (CO₂).⁶⁹ Bei einer Ateminsuffizienz und / oder einem Atemstillstand ist dieser Gasaustausch gestört, so dass es zu einer Hypoxie (O₂-Mangel) und zur Hyperkapnie (CO₂-Anstieg) kommt.

Grundsätzlich lassen sich die Ursachen einer Ateminsuffizienz / eines Atemstillstandes bezüglich ihrer Lokalisation in drei Gruppen einteilen: Verlegung der oberen Atemwege, zentrale Atmungsstörung und periphere Atmungsstörung (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Ausgewählte Ursachen bei Ateminsuffizienz / Atemstillstand⁹⁵

Verlegung der oberen Atemwege	Zentrale Atemstörung	Periphere Atemstörung
▶ Zurücksinken der Zunge	▶ Schädel-Hirn-Trauma	▶ Schweres Thoraxtrauma
▶ Erbrochenes, Blut, Fremdkörper	▶ Apoplex, cerebrale Blutung	▶ Gabe von Muskelrelaxantien
▶ Laryngospasmus	▶ Hypoxie / Tetanie	▶ Periphere neurologische Erkrankung
▶ Ertrinkungsunfall	▶ Pharmaka	
▶ Glottisödem, Tumor etc.	▶ Sonstige Intoxikation	

Tabelle 1 zeigt nur eine Auswahl möglicher Ursachen einer respiratorischen Störung. Daneben gibt es noch eine Reihe von Erkrankungen und traumatischen Primäreignissen, die eine sekundäre Ateminsuffizienz bis hin zum Atemstillstand nach sich ziehen können. Bleibt eine schwere Atemstörung unbehandelt und tritt ein Atemstillstand ein, folgt aufgrund der Hypoxie konsekutiv ein Herz-Kreislaufstillstand. So kommt es beispielsweise beim Ertrinkungsunfall in der Mehrzahl der Fälle durch Untertauchen des Menschen zur Flüssigkeitsaspiration mit generalisierter Hypoxie. Die schwere Hypoxie und die dadurch bedingte Azidose führen in der Regel zu Herzrhythmusstörungen bis hin zum Herz-Kreislaufstillstand.⁵²

Unabhängig von der Genese ist bei allen Atemwegs- oder Atemfunktionsstörungen eine schnelle Intervention zur Bekämpfung der Hypoxie im Sinne einer konsequenten Oxygenierung und Ventilation indiziert (siehe Kap. 2.1.3).

2.1.2 Diagnostik des Atemstillstandes

In einer Notfallsituation wird ein Atemstillstand anhand fehlender Luftströmungen aus Mund- und / oder Nasenraum und fehlenden Thoraxexkursionen diagnostiziert. Die seit 1972 nahezu unveränderten Leitlinien zur Überprüfung der oberen Atemwege bzw. Atmung empfehlen folgendes Vorgehen:⁸

Zuerst erfolgt die Inspektion und gegebenenfalls das Freimachen der oberen Atemwege. Zu diesem Zweck wird der Kopf leicht überstreckt und das Kinn angehoben, so dass der Mund einen Spalt breit offen bleibt. Werden dabei Fremdkörper oder Flüssigkeit im Mundraum identifiziert, sollen diese ohne Zeitverzögerung entfernt werden. Um die Atmung zu kontrollieren, soll der Untersucher sein Ohr über Mund und Nase des Patienten halten und auf den Brustkorb blicken (siehe Abbildung 1). Er beobachtet dabei, ob sich der Brustkorb hebt und senkt (Atemexkursionen), hört eventuell vorhandene Atemgeräusche und fühlt an seiner eigenen Wange Luftströmungen aus Mund und / oder Nase des Patienten.

In Deutschland haben sich die Schlagwörter „sehen, hören, fühlen“ für diese Vorgehensweise im Bereich der Laienhilfe im Sinne einer Merkregel etabliert. Insgesamt soll diese Untersuchung nur zwischen 3 und 5 Sekunden in Anspruch nehmen.



Abbildung 1: Kontrolle der Atmung (Quelle: AHA)¹³

Im Rahmen einer prospektiven, experimentellen Studie von RUPPERT et al. im Jahre 1999, wurde die Prozess- und Ergebnisqualität der Atemkontrolle bei medizinischen Laien, Rettungsdienstpersonal, Medizinstudenten und Ärzten evaluiert.⁸⁷

Die Atemkontrolle durch die Teilnehmer wurde hierbei an einer Testperson und an einem speziell zur Simulation der Atemtätigkeit modifizierten Mega-Code-Manikin durchgeführt. Bei allen untersuchten Teilnehmern war die Qualität der Atemkontrolle unzureichend. Auch wurde für die Durchführung der Atemkontrolle deutlich mehr Zeit benötigt, als in den international gültigen Leitlinien empfohlen.

Aus dieser Arbeit lässt sich trotz methodischer Einschränkungen folgern, dass die Kontrolle der Atemfunktion mehr Zeit konsumiert als bisher angenommen. Ähnlich wie bei der Überprüfung der Kreislauffunktion (siehe Kap. 2.2.2) ist daher davon auszugehen, dass die derzeit empfohlene Kontrolle der Atemfunktion zur Befunderhebung als nicht absolut verlässlich angesehen werden kann.

2.1.3 Therapie der Atemstörung / des Atemstillstandes

In der Abfolge der Maßnahmen steht, laut den derzeit gültigen Leitlinien, an erster Stelle die konsequente Oxygenierung und Ventilation des Notfallpatienten mit einer Atemstörung bzw. einem Atemstillstand.⁵⁹ Im Rahmen der Trainingsmaßnahmen zur Traumaversorgung hat sich ebenso eine Prioritätensetzung auf die Sicherung der Atemwege und die konsequente Beatmung etabliert.¹² Zu unterscheiden ist daher die Atemwegssicherung von der Beatmung. Das derzeit empfohlene Verfahren zur Sicherung der Atemwege bei bewusstlosen Patienten ist die endotracheale Intubation. Alternative Verfahren zur Sicherung der Atemwege wie Ösophagusobturatoren, Larynxmasken, Guedeltuben und andere ähnliche Verfahren sind möglich, eine entsprechende klinische Erfahrung in der Anwendung, vor allem für die Intubation, ist jedoch voraus zu setzen.⁴⁴

Die Ventilation kann durch eine Mund-zu-Mund, Mund-zu-Nase-Beatmung oder mittels Maskenbeatmung mit einem Beatmungsbeutel durchgeführt werden.

Wird eine Beatmung durchgeführt, so ist das Kriterium für ein ausreichendes Tidalvolumen das sichtbare Heben des Thorax mit jeder Ventilation. Die Inspirationszeit beträgt eine Sekunde – abhängig von der Qualifikation der Helfer, dem Beatmungsmodus oder der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration.⁶⁰

2.2 Herz-Kreislaufstillstand

2.2.1 Ursachen eines Herz-Kreislaufstillstandes, plötzlicher Herztod und Kammerflimmern

Eine intakte Funktion des Herz-Kreislaufsystems steht in unmittelbarem Zusammenhang mit einer suffizienten Pumpleistung des Myokards (Herzmuskel), einem ausreichenden intravasalen Volumen und einem ausreichenden Gefäßwiderstand. Ursachen eines Herz-Kreislaufstillstandes sind in erster Linie kardiale sowie kardiozirkulatorische, pulmonale, zerebrale und den Wasser-Elektrolythaushalt betreffende Störungen. Abbildung 2 zeigt in Übersicht differentialdiagnostische Überlegungen über mögliche Ursachen und Therapien eines Herz-Kreislaufstillstandes.¹⁷

Differentialdiagnostische „HITS“		
Wesentliche Überlegungen über mögliche Ursachen und Therapien eines Herz-Kreislaufstillstandes		
H	▶	Hypoxie - Atemwegsmanagement, Beatmung
	▶	Hyper- / Hypokaliämie - Elektrolytausgleich
	▶	Hypovolämie - Volumensubstitution
	▶	Herzbeuteltamponade - Punktion
	▶	Hypothermie – Wiedererwärmung
I	▶	Intoxikation - ggf. Antidot, Eliminationsverfahren
T	▶	Thromboembolisches Ereignis (Lungenembolie, Herzinfarkt) - ggf. Thrombolyse, interventionelles Verfahren
S	▶	Säure-Basen-Störung (vorbestehende Azidose) – Pufferung
	▶	Spannungspneumothorax - Thoraxdrainage

Abbildung 2: Differentialdiagnostische „HITS“ (Quelle: Lackner)⁶⁵

Die Auslöser, welche zu einem Herzstillstand führen, werden in ein so genanntes primäres und sekundäres Pumpversagen des Myokards eingeteilt.

Das primäre Pumpversagen (primärer Herz-Kreislaufstillstand) ist die häufigste Form (siehe auch Kap. 2.3). Auslöser für ein derartiges Pumpversagen ist beispielsweise eine Myokardischämie oder ein Myokardinfarkt bei vorbestehender koronarer Herzkrankheit (KHK).

Ein sekundäres Pumpversagen (sekundärer Herz-Kreislaufstillstand) tritt seltener auf und ist zumeist Folge eines Sauerstoffmangels des Herzens durch eine Hypoxämie (Ersticken) oder Ischämie (z.B. Verbluten, Sepsis, toxische Ursachen, Trauma, etc.) (siehe Kap. 2.3).

Die World Health Organisation (WHO) definiert den plötzlichen Herztod als Tod innerhalb von 24 Stunden nach Beginn der Erkrankung oder Schädigung. Eine der Hauptursachen für einen plötzlichen Herztod im Erwachsenenalter ist der akute Myokardinfarkt. Gemäß einer Erhebung des Statistischen Bundesamtes erleiden in Deutschland jährlich ca. 350.000 Personen einen akuten Herzinfarkt.⁹⁸

Eine der wichtigsten europäischen Studien zu diesem Thema ist die so genannte MONICA/KORA-Studie. Als Modellregion für die Bundesrepublik Deutschland wurde Augsburg ausgewählt. Die Inzidenz (tödliche und nichttödliche Erstinfarkte) für Männer betrug im Jahr 2002 je 100.000 Einwohner in Augsburg 303 bei einer Sterberate von 173 (tödliche Erst- und Reinfarkte). Im Prähospitalstadium betrug die Letalität 25,6% bei einer Gesamtzahl von 2.239 Herzinfarkten.⁹⁹

Als weitere Ursache des plötzlichen Herztodes kommt die Studie von MYERBURGH et al. zu dem Ergebnis, dass 75% aller Fälle von plötzlichem Herztod durch eine akute und / oder chronische koronare Herzkrankheit verursacht werden.⁷⁶

Bei einem erheblichen Anteil der Fälle von plötzlichen Herztodereignissen liegt zunächst das so genannte Kammerflimmern vor. Die Angaben hierzu unterliegen einer Schwankungsbreite zwischen 44% und 84%.^{83,22} Es scheint jedoch weitgehend gesichert, dass das Kammerflimmern als EKG-Erstbefund nach Auffinden, den größten Anteil der Herzrhythmen im Rahmen von plötzlichen Herztodereignissen ausmacht.

Kammerflimmern stellt eine unkoordinierte elektrische Erregung des Herzmuskels dar und ist gleichbedeutend mit einem funktionellen Herz-Kreislaufstillstand. Dadurch findet kein Transport mehr von Sauerstoff zu den lebenswichtigen Organen statt. Der Zustand des Kammerflimmerns verdammt nach nur wenigen Minuten in eine Asystolie. Dies ist gleichbedeutend mit dem völligen Funktionsausfall aller Herzmuskelfasern.^{22,33} Aufgrund der geringen Toleranz des Gehirns und anderer lebenswichtiger Organe gegenüber Sauerstoffmangel, ist davon auszugehen, dass bereits nach wenigen Minuten irreversible Schäden eintreten, bis hin zum unabwendbaren Tod des Patienten.¹⁰

Andere Herzrhythmusstörungen neben der Asystolie kommen innerhalb der ersten Minuten im Rahmen des Herz-Kreislaufstillstandes vergleichsweise deutlich seltener vor.

Der Zusammenhang zwischen plötzlichem Herztod und Kammerflimmern als primär dominierender Herzrhythmus ist in einer Vielzahl von Studien belegt. So wurden in einer der neuesten Studien zu diesem Thema von CULLEY et al. (siehe Kap. 2.3) bei Patienten mit einem außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand in 84% der Fälle Kammerflimmern als initialer Herzrhythmus bei Auffinden des Patienten analysiert.³⁴

2.2.2 Diagnostik eines Herz-Kreislaufstillstandes

Zeichen eines Herz-Kreislaufstillstandes sind Bewusstlosigkeit, Atemstillstand, fehlende Zeichen einer Kreislaufaktivität und Pulslosigkeit.

Allerdings ist insbesondere die prähospitaler Erhebung diagnostischer Befunde zur Herz-Kreislauffunktion mit einer erheblichen diagnostischen Unsicherheit behaftet. So belegte beispielsweise eine Studie von EBERLE et al. aus dem Jahre 1996 sowohl bei Laien als auch medizinischem Fachpersonal eine hohe diagnostische Unsicherheit bei der Überprüfung der Pulsfunktion.⁴⁰ Die Erhebung des Pulsstatus durch die Teilnehmer wurde an insgesamt 16 narkotisierten Patienten während einer Bypass-Operation durchgeführt. So wurde unter anderem in 10% der Fälle eine Pulslosigkeit nicht als solche erkannt. In 45% der Fälle wurde ein vorhandener Puls, welcher unter einem systolischem Blutdruck von 80 mmHg lag, nicht dedektiert. Der Zeitbedarf für die diagnostische Maßnahme der Pulskontrolle lag im Median bei 24 Sekunden. Diese und andere Studien wie beispielsweise von FLESCHE et al.⁴⁶ führten dazu, dass die Pulskontrolle im Rahmen der Laienausbildung zur Cardiopulmonalen Reanimation seit der Publikation der Leitlinien 2000 nicht mehr empfohlen wird.⁵ In den derzeit gültigen Leitlinien wird die Erkenntnis geprägt, dass insbesondere Laien erhebliche Schwierigkeiten bei der korrekten Diagnosestellung bezüglich der Überprüfung der Herzkreislauffunktion und der Atemfunktion haben. Zur Vereinfachung in der diagnostischen Vorgehensweise wurden die sogenannten „signs of circulation“ postuliert.⁴⁴ Zeichen eines Herz-Kreislaufstillstandes – zumindest für den medizinischen Laien – sind demnach die Kriterien Bewusstlosigkeit und keine normale Atmung.

Für medizinisches Personal wird die Pulskontrolle jedoch weiterhin empfohlen. Allerdings ist es in den Leitlinien nicht klar definiert, welcher Personenkreis dem medizinischen Personal zu zurechnen ist. So werden in der Originalpublikation der Leitlinien „health care professionals“ nicht näher beschrieben bzw. definiert und damit keine klare Abgrenzung zum medizinischen Laien gezogen.²

Die Kontrolle des Karotispulses soll nicht länger als zehn Sekunden dauern. Ebenso wird die schnellstmögliche (nach Durchführung der Überprüfung von Bewusstsein, Atmung und Puls) Anwendung eines Defibrillators / Monitors zur Analyse des Herzrhythmus empfohlen. Über den genauen Zeitpunkt der Anwendung des automatisierten externen Defibrillators (AED) innerhalb des Handlungsablaufes gibt es jedoch divergente Aussagen in den unterschiedlichen, publizierten internationalen Leitlinien (siehe Kap. 2.2.4).

2.2.3 Cardiopulmonale Reanimation, Leitlinien, Konzept der Überlebenskette

Unter dem Begriff Cardiopulmonale Reanimation versteht man die notfallmäßigen Sofortmaßnahmen nach Eintritt eines Herz-Kreislaufstillstandes bzw. Atemstillstandes mit dem Ziel der Aufrechterhaltung der elementaren Vitalfunktionen wie zerebrale und myokardiale Sauerstoffversorgung.⁸² Im engeren Sinn ist die Cardiopulmonale Reanimation eine Kombination aus externer Herzdruckmassage und künstlicher Beatmung.

Im Jahre 2000 hat die *American Heart Association* (AHA) in Zusammenarbeit mit der *International Liaison Committee on Resuscitation* (ILCOR) die „Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac Care“ veröffentlicht. Parallel dazu wurden diese Empfehlungen vom *European Resuscitation Council* (ERC) in seinem Publikationsorgan „*Resuscitation*“ veröffentlicht.⁵ Somit standen erstmals international einheitliche Empfehlungen für die cardiopulmonale Reanimation zur Verfügung, die in weiten Teilen auf erkenntnisbasierten Grundlagen beruhen.

In den darauf folgenden Jahren wurde unter der Leitung des ILCOR ein wissenschaftliches Grundlagenpapier erarbeitet mit dem Ergebnis des „*Consensus on Science and Treatment Recommendations*“ (CoSTR), welches im Jahr 2005 in den Publikationsorganen von ERC (*Resuscitation*) und AHA (*Circulation*) veröffentlicht wurde. Allerdings stellt der CoSTR lediglich einen erkenntnisbasierten, internationalen Konsens im Sinne einer wissenschaftlichen Grundlage dar. Die konkreten Leitlinien wurden individuell von den jeweils zuständigen einzelnen *Resuscitation Councils* formuliert.

Prinzipiell werden Basismaßnahmen (BLS = Basic Life Support) von erweiterten Maßnahmen (ACLS = Advanced Cardiovascular Life Support) unterschieden, auf die im Folgenden genauer eingegangen wird (siehe Kap. 2.2.4 und 2.2.5).

In diesem Zusammenhang sei auch auf die so genannte Überlebenskette („chain-of-survival“) hingewiesen. Dieses vierstufige Konzept, von CUMMINS im Jahre 1991 vorgestellt, zeigt die erforderlichen Maßnahmen, die beim Auftreten eines plötzlichen Herztodes außerklinisch zur Anwendung kommen sollten.³⁷ Es bildet ein mittlerweile breit angewandtes Strategiekonzept für medizinische Hilfeleistungssysteme (siehe Abbildung 3).⁶¹

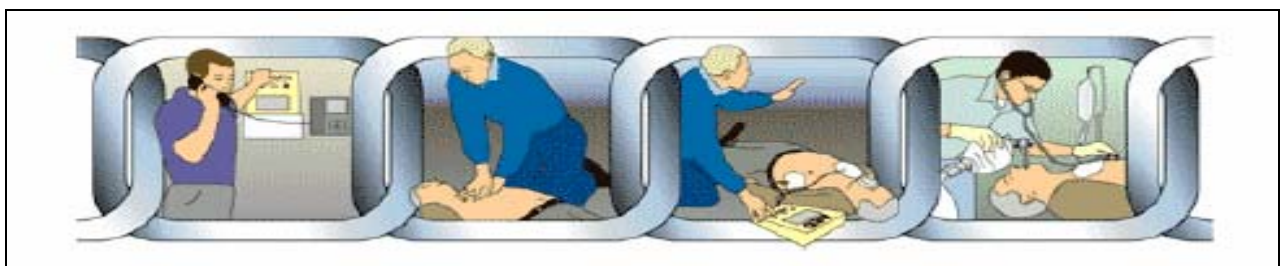


Abbildung 3: Überlebenskette „chain-of-survival“ (Quelle: Cummins)³⁶

Das erste Glied umfasst das Erkennen der Notfallsituation durch zufällig anwesende Zeugen und den darauf folgenden Notruf. Das zweite Glied beinhaltet die Einleitung und Durchführung der Basisreanimation mit Thoraxkompression und Beatmung durch Notfallzeugen. An der dritten Stelle steht die möglichst frühzeitige Defibrillation. Anwenderkreis ist hier medizinisch-ausgebildetes Personal und in letzter Zeit zunehmend auch medizinische Laien im Sinne der sog. „Public Access Defibrillation“ (PAD). Auf die verschiedenen Konzepte der „Public Access Defibrillation“, welche die Intention verfolgen, die frühe Defibrillation den anwesenden Helfern noch vor Eintreffen des Rettungsdienstes zugänglich zu machen, wird in einem späteren Kapitel ausführlich eingegangen (siehe Kap. 2.4.1). Das vierte Glied bildet die weitergehende Versorgung des Patienten durch medizinisches Fachpersonal (z.B. Rettungsdienst). Entscheidender Faktor innerhalb der Überlebenskette ist die Zeit – jedes Glied der Kette soll so früh wie möglich zum Tragen kommen.

Für den Patienten ist es häufig prognosebestimmend, welches Zeitintervall vom Absetzen des Notrufes – vom Standpunkt des Rettungsdienstes aus betrachtet seit dem Notrufeingang – bis zur Ankunft des (ersten) Rettungsmittels beim Patienten verstrichen ist. Dieses Zeitintervall wird als Reaktionsintervall (des Rettungsdienstes) bezeichnet (Definition nach Utstein-Style).³⁵

Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass den erweiterten Maßnahmen und damit dem professionellen Rettungsdienst für die ausgewählte Situation des kardialen Herz-Kreislaufstillstandes, eine eher untergeordnete Rolle für das Überleben bei einem plötzlichen Herztodereignis zukommt. So kam beispielsweise eine Multicenterstudie von STIELL et al. aus dem Jahre 2004 zu dem Ergebnis, dass die Implementierung von erweiterten Maßnahmen in einem etablierten Hilfeleistungssystem im Sinne eines Frühdefibrillationsprogramms (siehe Kap. 2.2.6), die Überlebensrate nach einem außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand nicht verbessert.¹⁰²

2.2.4 Basismaßnahmen der Cardiopulmonalen Reanimation (BLS)

Zu den Basismaßnahmen (BLS) für Erwachsene zählt neben einer Erstinspektion des Patienten, das Absetzen eines Notrufes, gegebenenfalls die Durchführung einer Atemspende (siehe Kap 2.1.3), die manuelle Thoraxkompression ohne Hilfsmittel sowie die Anwendung eines AED.

Die Maßnahmen zur Durchführung einer Atemspende wurden bereits in Kapitel 2.1.3 anschaulich dargestellt. Um die Thoraxkompression durchzuführen, muss ein Druckpunkt auf dem Thorax aufgesucht werden. Hierzu wird laut derzeit gültigen Leitlinien des ERC die Mitte des Brustkorbes als Druckpunkt gewählt. Die manuelle Thoraxkompression soll mit einer Frequenz von 100/min durchgeführt werden. Das Verhältnis für die Thoraxkompression in Beziehung zur Beatmung ist seit 2005 auf 30:2 festgelegt, unabhängig von der Anzahl der Helfer.⁴⁴

Nach den derzeit gültigen Leitlinien läuft eine so genannte Basisreanimation wie folgt ab:

- ▶ Kontrolle des Bewusstseins, Absetzen eines Notrufes
- ▶ Kontrolle der Atemwege und Atemfunktion („sehen, hören, fühlen“)
- ▶ Fehlt eine suffiziente Eigenatmung werden 2 Initialbeatmungen (lt. *AHA*)² durchgeführt
- ▶ Suche nach Kreislaufzeichen und ggf. Durchführung einer Herzdruckmassage
- ▶ Anwendung eines AED

Im Gegensatz zu früheren Empfehlungen wurde in den derzeit gültigen Leitlinien die Anwendung automatisierter externer Defibrillatoren (AED) bei tachykardem funktionellem Herz-Kreislaufstillstand als fester Bestandteil der Basismaßnahmen aufgenommen. Eine ausführliche Darstellung bezogen auf die Defibrillation erfolgt im Kapitel 2.2.6.

Für die bislang etablierten Konzepte zur Durchführung von Basismaßnahmen wurden seit Publikation der Leitlinien im Jahre 2000 in einigen Aspekten neue Erkenntnisse gewonnen, die eine weitere Optimierung der Maßnahmen im Rahmen der Cardiopulmonalen Reanimation bedeuten können (siehe Kap. 2.3). So untersuchte eine Studie von HALLSTROM et al. aus dem Jahre 2000, ob sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Überlebensrate nach außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand ergab, wenn im Rahmen einer so genannte Telefonreanimation (Anweisung von Rettungsleitstellenpersonal über durchzuführende Basismaßnahmen per Telefon) die Patienten bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes lediglich eine Thoraxkompression ohne Beatmung oder eine Basisreanimation inklusive Beatmung erhielten. Die Studie zeigte, dass die Überlebensrate von Patienten, an welchen die alleinige Thoraxkompression durchgeführt wurde im Wesentlichen denen gleich, welche zusätzliche eine Beatmung erhalten hatten.⁵⁰

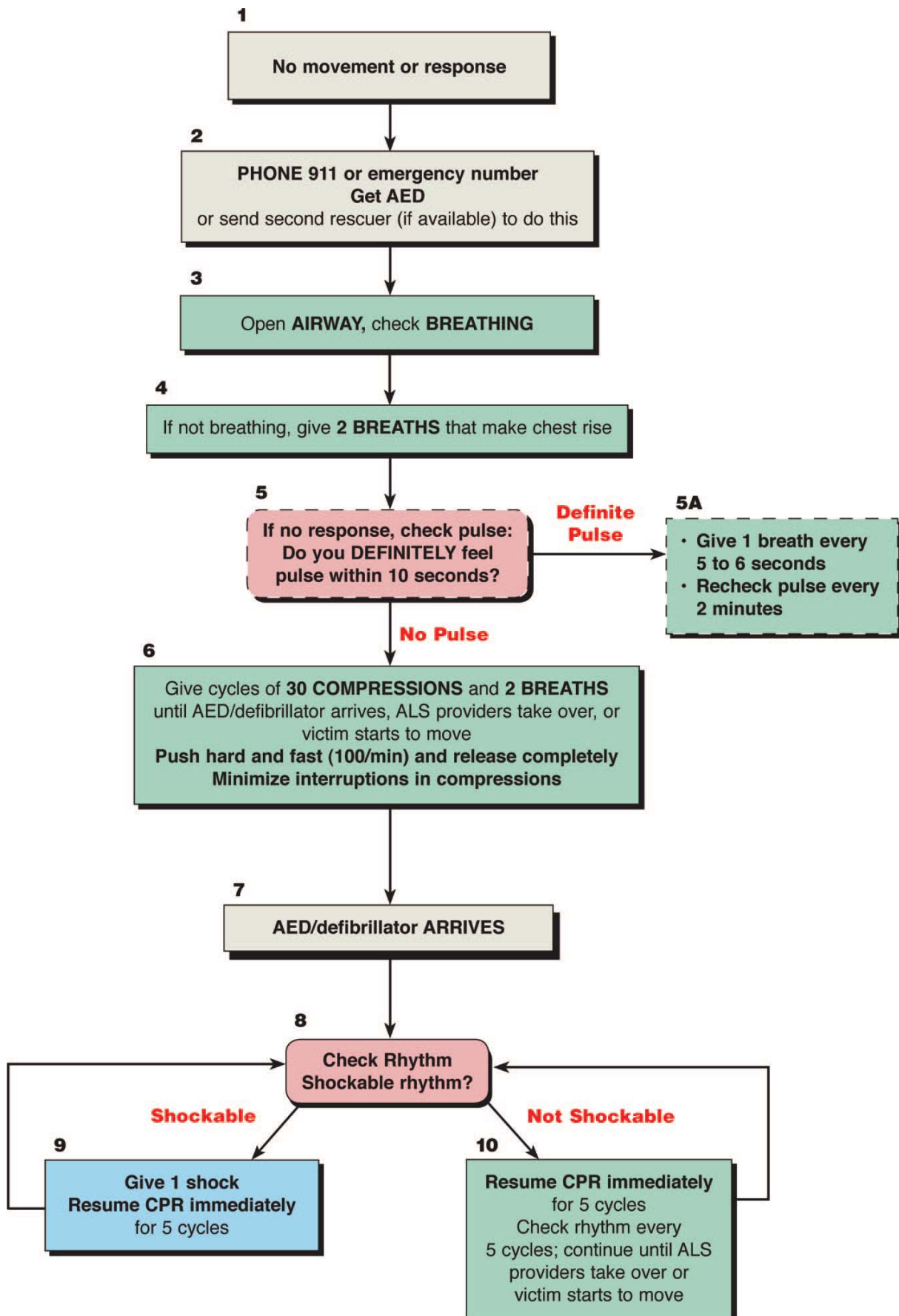
In der Literatur finden sich sogar Hinweise, dass Reanimationstechniken ohne Beatmung oder mit weniger Unterbrechungen der Thoraxkompression für die Beatmung eine Verbesserung der Überlebensrate im Rahmen der Basisreanimation bringen.^{25,79,89} Es handelt sich hierbei zwar hauptsächlich um tierexperimentelle Studien, die einer Verifizierung weiterer klinischer Studien bedürfen, zeigen jedoch, dass beim plötzlichen Herztod der Beatmung im Rahmen der Basisreanimation bisher wahrscheinlich eine zu große Bedeutung beigemessen wurde.

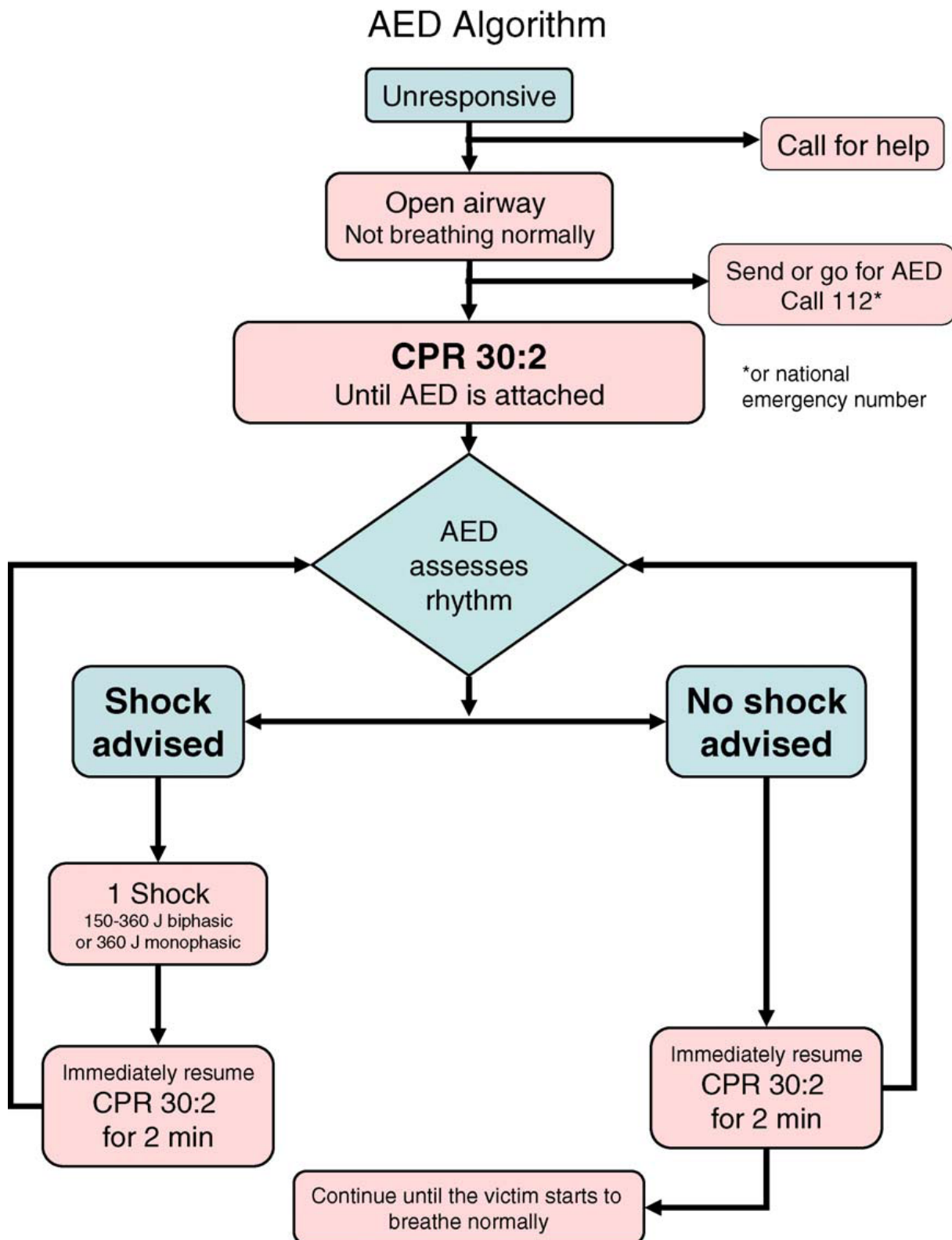
Eine weitere Problematik ist die zum Teil geringe Bereitschaft zur Anwendung von Maßnahmen der Wiederbelebung, vor allem innerhalb des potentiellen Anwenderkreises der Laien. So fiel in einigen Studien die Anwendungsbereitschaft für die Mund-zu-Mund-Beatmung deutlich niedriger aus im Gegensatz zu Maßnahmen wie die manuelle Thoraxkompression.^{70,73} Diese nachvollziehbare Annahme wurde in den derzeit gültigen Leitlinien insofern berücksichtigt, dass bei vorliegenden Gründen (z.B. Hemmschwelle) gegen eine Mund-zu-Mund-Beatmung, die Thoraxkompression alleine durchgeführt werden kann.

Darüber hinaus gibt es keine erkenntnisbasierten Grundlagen, weshalb bei Erhebung diagnostischer Befunde initial die Atemwege und die Atemfunktion kontrolliert werden und anschließend die Herz-Kreislauffunktion überprüft wird. Denkbar wäre ebenfalls eine umgekehrte Reihenfolge. Einerseits gründet sich die Reihenfolge diagnostischer Schritte auf die Historie der Entwicklung von Wiederbelebungstechniken. So stammen ursprünglich alle Überlegungen und Techniken zur Wiederbelebung aus der Rettung Ertrunkener, bei welchen die Bekämpfung einer primären Hypoxie und eines primären Atemstillstandes im Vordergrund standen (siehe Kap. 2.3). Dies erklärt die Empfehlung für ein Voranstellen der Überprüfung der Atemwege und der Atemfunktion aus damaliger Sicht. Andererseits dürften ursprünglich wohl auch didaktische Überlegungen wegführend gewesen sein: Im Sinne eines einfachen Lehr- und Lernkonzeptes wurde die so genannte ABC - Regel (A=Airway, B=Breathing, C=Circulation) konzipiert. Aufgrund heutiger pathophysiologischer Erkenntnisse hinsichtlich der Inzidenz kardialer Notfallereignisse und der extremen Zeitabhängigkeit der Überlebenschance vom Einsetzen einer Kausaltherapie, stellt sich die Frage, ob die Reihenfolge der empfohlenen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen als noch zielführend erachtet werden kann.

Nachfolgend sind die Algorithmen für die Cardiopulmonale Reanimation nach dem Konzept der derzeit gültigen Leitlinien dargestellt (siehe Abbildung 4 und 5). Aufgrund der

unterschiedlichen Darstellungsweise, sind zum einen der modulare Ablauf der *AHA/ILCOR* und zum anderen der entsprechende Algorithmus des *ERC* abgebildet.

Abbildung 4: Algorithmus BLS (Quelle AHA/ILCOR)⁶⁰

Abbildung 5: AED-Algorithmus (Quelle: ERC)⁴⁴

2.2.5 Erweiterte Maßnahmen der Cardiopulmonalen Reanimation (ACLS)

Zu den erweiterten Maßnahmen (ACLS) zählen die Atemwegssicherung mit Hilfsmitteln, die Etablierung eines venösen Zugangs, die Pharmakotherapie und Maßnahmen in der Postreanimationsphase.

Zur Atemwegssicherung werden als Hilfsmittel die Intubation aber auch alternative Verfahren wie die Larynxmaske sowie der Combitube[®] empfohlen.¹ Für die Intubation wird betont, dass die korrekte Lage des Endotrachealtubus durch ein technisches Verfahren (z.B. Kapnometrie) verifiziert werden soll.

Das Schaffen eines periphervenösen Zugangs ist der Applikationsweg erster Wahl für die Pharmakotherapie. Als Alternative kommt sowohl für Kinder als auch für Erwachsene der intraossäre Zugang in Frage.

Wesentliche medikamentöse Therapie im Rahmen der erweiterten Maßnahmen ist der Einsatz von Vasopressoren, wobei hier in erster Linie Adrenalin und in den letzten Jahren auch Vasopressin zum Einsatz kommen. Trotz einer Reihe von aktuellen Publikationen, ist der Stellenwert von Vasopressin gegenüber Adrenalin nicht abschließend geklärt.^{115,80,63} So wird in den aktuellen Leitlinien des ERC Vasopressin nicht mehr empfohlen, in den Leitlinien des AHA erscheint Vasopressin jedoch als Alternative zu Adrenalin.^{44,2}

Ein weiterer Aspekt ist die therapeutische Hypothermie nach primär erfolgreicher Reanimation mit Kammerflimmern. Diese Patienten sollen als bald möglich auf einer Körpertemperatur von 32-34°C für 12 bis 24 Stunden gehalten und dann langsam wieder erwärmt werden.

Als Indikation zur Defibrillation werden das Kammerflimmern (VF) und die pulslose ventrikuläre Tachykardie (VT) genannt. Für monophasische Defibrillatoren wird eine Energiewahl von 360 Joule empfohlen. Für die wahrscheinlich effizienteren biphasischen Schockformen gibt es in den aktuellen Leitlinien unterschiedliche Empfehlungen der Energiemengen (zwischen 120 und 360 Joule). Eine detaillierte Darstellung erfolgt im nachfolgenden Kapitel Defibrillation (siehe Kap. 2.2.6).

Auf die Darstellung der erweiterten Maßnahmen (ACLS) wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, da die Evaluation dieser Einzelmaßnahmen nicht Ziel dieser Studie war. Evaluiert wurden die diagnostischen und therapeutischen Einzelmaßnahmen im Rahmen der Basismaßnahmen (BLS).

2.2.6 Defibrillation

Die ersten Defibrillationen fanden in den 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts statt und wurden am offenen Herzen im Rahmen operativer Eingriffe durchgeführt.²³ Ende der 60er Jahre wurden die ersten externen Defibrillatoren entwickelt und angewandt.^{120,64}

Die externe Defibrillation wird zur Therapie des Kammerflimmerns und der pulslosen ventrikulären Tachykardie eingesetzt. Der Zusammenhang zwischen Kammerflimmern und Defibrillation als kurative Maßnahme zur Beendigung ist in einer Vielzahl von Studien bewiesen worden. Exemplarisch dafür belegen die Studien von AKHTAR (1994) und CUMMINS (1991), dass die Defibrillation die einzige ursächliche und effektive Therapie des Kammerflimmerns ist.^{11,36} Ziel ist es, durch Abgabe eines elektrischen Impuls, der über die Brustwand mittels Elektroden appliziert wird, alle unkoordinierten elektrisch aktiven Herzmuskelzellen, wie dies beim Kammerflimmern der Fall ist, schlagartig zu depolarisieren. Dadurch können nachfolgend vom Schrittmacherzentrum des Herzens (Sinusknoten) koordinierte Herzaktionen induziert werden.

Die Diskussion bezüglich der Anwendung mono- bzw. biphasischer Defibrillatoren wurde bereits kurz in Kapitel 2.2.5 dargestellt. Erkenntnisse zum Vergleich monophasischer

gegenüber biphasischer Schockabgaben unter außerklinischen Bedingungen sind bislang gering. Eine prospektive präklinische Untersuchung zu dieser Fragestellung, die so genannte ORCA-Studie zeigte, dass ein biphasischer Schock mit 150 Joule unter außerklinischen Bedingungen in 96% der Fälle ein Kammerflimmern terminierte und in einen perfundierenden Rhythmus überführte, wohingegen ein monophasischer Schock mit 200 Joule nur in 59% der Fälle effektiv war. Dabei handelte es sich um Patienten unter präklinischen Bedingungen und einem unterschiedlichen therapiefreien Intervall. In vielen anderen Arbeiten hingegen wurden die Versuche im Herzkatheterlabor, mit fehlenden Bedingungen einer verlängerten Ischämiezeit des Patienten, durchgeführt.⁹³ Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Anwendung biphasischer Schockgeräte in Zukunft einen größeren Stellenwert erfahren wird.

Über die Höhe der abzugebenden Energiemenge gibt es für biphasische Defibrillatoren in den derzeit gültigen Leitlinien unterschiedliche Angaben. Die Energiemenge für die erste Schockabgabe ist durch die gerätespezifische Schockform definiert. Abhängig von der jeweiligen Impulskurvenform kann eine Steigerung der Energiemenge bei weiteren Defibrillationsversuchen notwendig sein oder nicht. Bei Unkenntnis der Gerätespezifika wird bei Anwendung eine Energiemenge von 200 Joule empfohlen.

In Tabelle 2 sind die Empfehlungen der derzeit gültigen Leitlinien zur Abgabe der Defibrillationsenergie dargestellt.

Tabelle 2: Empfehlungen zur Defibrillationsenergie in Abhängigkeit der Schockform (Quelle: AHA/ERC)^{2,44}

	Biphasische Schockform	Monophasische Schockform
Defibrillationsenergie	<ul style="list-style-type: none"> • Energiewahl geräteabhängig • Erster Schock 150-200 Joule (ERC), 120-200 Joule (AHA) • weitere Schocks 150-360 Joule • bei Unsicherheit 200 Joule 	<ul style="list-style-type: none"> • 360 Joule für alle Schocks

Der herausragende Stellenwert der Defibrillation für die Therapie von Patienten mit einem Kammerflimmern wird in den derzeit gültigen Leitlinien ausdrücklich betont, und als „key link in the chain of survival“ bezeichnet (siehe Kap. 2.2.3).⁵ Dies ermöglichte die Verbreitung der automatisierten externen Defibrillatoren (AED) im Sinne von Frühdefibrillationsprogrammen auf neue Anwenderkreise und neben nicht-ärztlichem medizinischem Personal auch medizinischen Laien.

Über den Zeitpunkt der Anwendung eines AED innerhalb der Therapieabfolge wurde in der zuletzt abgeschlossenen Leitlinienkonferenz im Jahr 2005 kontrovers diskutiert.⁵³ Ein Kernpunkt war die Frage, ob bei einem Patienten mit plötzlichem Herztodereignis und Kammerflimmern als EKG-Erstbefund immer die möglichst frühzeitige Defibrillation erfolgen soll, oder ob Patienten mit einem länger bestehenden therapiefreien Intervall davon profitieren, zunächst eine Basisreanimation zur erhalten und dann defibrilliert zu werden.

Neuere Studien zeigen, dass ab einem bestimmten Zeitintervall nach Eintritt eines Kammerflimmerns die Chance auf Wiederherstellung der Kreislauffunktion verbessert wird, wenn der Defibrillation Basisreanimationsmaßnahmen vorangestellt werden. So wurden in den vergangenen Jahren mehrere Studien wie beispielsweise von ACHLEITNER (2001) und BERG (2002) veröffentlicht, die einen positiven Effekt nachweisen, wenn in einer bestimmten Zeitphase nach Eintritt eines Kammerflimmerns die Basismaßnahmen der

Defibrillation voran gestellt werden.^{4,24} Eine prospektive präklinische Studie von WIK et al. aus dem Jahre 2003 untersuchte 200 Patienten mit außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand und Kammerflimmern als EKG-Erstbefund. Die Patienten wurden randomisiert und es wurde entweder die sofortige Defibrillation mit nachfolgenden Basisreanimationsmaßnahmen oder innerhalb der ersten drei Minuten nach Eintreffen des Rettungsdienstes reine Basismaßnahmen mit anschließenden Defibrillationsversuchen durchgeführt. Bei Reaktionsintervallen von ≤ 5 Minuten ergab sich für das Subkollektiv von Patienten bei initialer Durchführung reiner Basismaßnahmen ein Überlebensrate von 23% und für die Gruppe mit initialer Defibrillation eine Überlebensrate von 29%. Wenn das Reaktionsintervall > 5 Minuten war, ergaben sich für die Gruppe mit reinen Basismaßnahmen Überlebensraten von 22% bzw. 4% für die Gruppe mit sofortiger Defibrillation. Die Studie kommt zu der Schlussfolgerung, dass eine vorangestellte Basisreanimation vor der Defibrillation für Patienten mit Reaktionsintervallen des Rettungsdienstes von bis zu fünf Minuten keine Verbesserung der Überlebensrate erzielt. Patienten mit Kammerflimmern und Reaktionsintervallen des Rettungsdienstes über fünf Minuten profitieren von einer vorangestellten Basisreanimation.¹¹⁷

Anschaulich dargestellt wurden diese Zusammenhänge in einem Editorial von WEISFELDT aus dem Jahre 2002 (siehe Abbildung 6).¹¹³ Dieses sog. 3-Phasen-Modell des Herzstillstandes unterscheidet drei unterschiedliche Zeitphasen während der ersten Minuten nach Eintritt eines Herz-Kreislaufstillstandes und aufgrund dieser Erkenntnisse wird auch eine unterschiedliche Vorgehensweise für die einzelnen Maßnahmen innerhalb der Zeitphasen abgeleitet. Es wird unterschieden zwischen einer elektrischen, zirkulatorischen und metabolischen Phase. So ist laut dieser Publikation die schnellstmögliche Defibrillation die Maßnahme der höchsten Priorität für die ersten Minuten. Für die zweite Phase mit einer Dauer zwischen vier und zehn Minuten verbessert sich die Chance auf Wiederherstellung einer Kreislauffunktion, wenn Basisreanimationsmaßnahmen der Defibrillation vorangestellt werden. Für die dritte Phase werden therapeutische Methoden zur Korrektur der metabolischen Entgleisung vorgeschlagen.

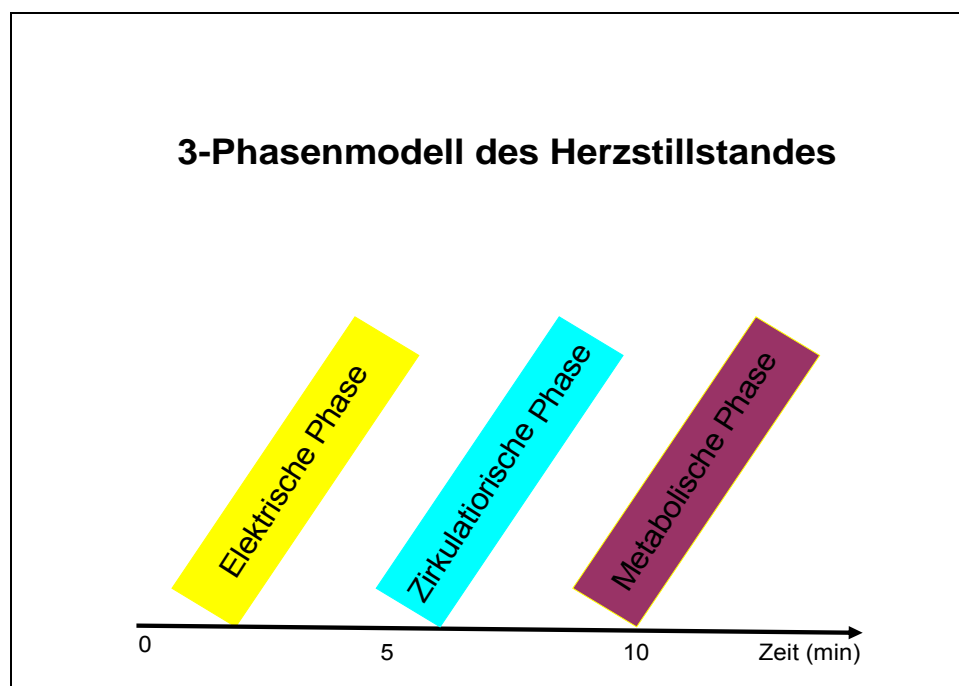


Abbildung 6: 3-Phasenmodell des Herzstillstandes (nach Weisfeldt)¹¹³

Zusammengefasst empfehlen die derzeit gültigen Leitlinien immer dann eine Basisreanimation (5 Zyklen) vor der ersten Defibrillation in Erwägung zu ziehen, wenn bei Eintreffen am Patienten ein Zeitintervall von mehr als vier bis fünf Minuten seit dem Eintreten des Kollapsereignisses angenommen werden muss. Bei einem beobachteten Kollaps oder im Rahmen von Programmen im Sinne einer Public Access Defibrillation (PAD) (siehe Kap. 2.4.1) soll der Automatische Externe Defibrillator (AED) bzw. Defibrillator unmittelbar bei Verfügbarkeit eingesetzt werden.

2.3 Epidemiologie und Prognose von Atem- und Herz-Kreislaufstillstand

Die ersten Schilderungen über die Durchführung von Wiederbelebungsmaßnahmen sind bereits in frühen Schriften der Ägypter und in der Bibel zu finden. Die Ägypter beschrieben die so genannte Inversionsmethode, bei welcher der leblose Körper eines Ertrunkenen an den Füßen aufgehängt und in der Brustgegend Druck ausgeübt wurde.^{8,110} Ab Mitte des 19. Jahrhunderts setzten sich bereits die so genannten manuellen Techniken der Atemspende durch. Zu Beginn der 60er Jahre wurden in den USA die ersten erfolgreichen präklinischen cardiopulmonalen Reanimationen durchgeführt, bei denen die heutigen Prinzipien der Beatmung und externen Thoraxkompression angewendet wurden.^{7,104} 1974 wurden erstmals die „Standards for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC)“ postuliert.⁸ Diese werden von der AHA und dem ERC in mehrjährigen Abständen aktualisiert und sind zuletzt im Jahre 2005 in den jeweiligen Publikationsorganen *Circulation* (AHA) und *Resuscitation* (ERC) veröffentlicht worden. In Deutschland sind die Basismaßnahmen der Cardiopulmonalen Reanimation erst seit 1988 integrativer Bestandteil von Erste-Hilfe-Kursen wie zum Beispiel beim Deutschen Roten Kreuz.¹⁰⁶

Wie in Kapitel 2.1.1 dargestellt, gibt es eine Vielzahl möglicher Ursachen für eine primäre Ateminsuffizienz. So ist beispielsweise das Ertrinken bei Kindern im Alter unter 5 Jahren die zweithäufigste Todesursache überhaupt.⁴⁸ Grundsätzlich aber ist das Auftreten primär respiratorischer Störungen, zumindest beim Erwachsenen, gemessen an der Gesamtzahl außerklinischer Notfallereignisse eher gering. Darüber hinaus finden sich in der Literatur kaum Studienergebnisse über die Häufigkeitsverteilung respiratorischer Störungen an der Gesamtzahl präklinischer Todesursachen.

Im Jahre 2005 verstarben in der Bundesrepublik Deutschland laut Statistischem Bundesamt 57.742 Personen aufgrund einer Erkrankung des Atmungssystems. Demgegenüber verstarben im gleichen Zeitraum 367.361 Personen aufgrund einer Erkrankung des Herz-Kreislaufsystems.¹⁰⁰ Anhand dieser Zahlen lassen sich jedoch keine genaueren Aussagen treffen, ob es sich bei den Erkrankungen um primäre oder sekundäre Störungen handelte. Abschließend muss festgestellt werden, dass nach der momentanen Datenlage weder Aussagen zur Epidemiologie primär respiratorischer Störungen und Ereignisse getroffen noch abschätzbare Prognosen im Rahmen von außerklinischer Notfallversorgung abgeleitet werden können.

In der westlichen Welt stellt der plötzliche Herztod die häufigste präklinische Todesursache dar. Genaue Zahlen liegen nicht vor, aber Schätzungen und Stichproben zufolge beläuft sich die Inzidenz plötzlicher Herztodereignisse in der Bundesrepublik Deutschland auf mindestens 1000 Fälle / Mio. Einwohner und Jahr. Dies würde in Deutschland einer Zahl von mindestens 80.000 Fällen / Jahr entsprechen.¹⁹ Im Vergleich dazu versterben in den Vereinigten Staaten von Amerika jedes Jahr mehr als 400.000 Patienten bevor sie ein Krankenhaus oder eine

Klinik erreichen.⁵⁴ Auch hier fallen Todesursachen wie Ertrinken, Vergiftungen oder andere akute respiratorische Insuffizienzen mit ca. 12.000 Fällen / Jahr vergleichsweise gering aus.⁷⁷

Die Wiederherstellung der Vitalfunktionen ist durch die alleinige Anwendung der empfohlenen Basismaßnahmen Thoraxkompression und Beatmung bei einem Herz-Kreislaufstillstand in aller Regel nicht zu erreichen. Diese Maßnahmen können lediglich über einen limitierten Zeitraum eine Minimalversorgung des Gehirns und des Herzmuskels mit Sauerstoff gewährleisten. Entscheidend für die Akuttherapie ist, dass bei einer großen Anzahl der Fälle von plötzlichem Herztod zunächst ein Kammerflimmern vorliegt, welches Erfolg versprechend durch die Defibrillation therapiert werden kann (siehe Kap. 2.2.6).

Die Forderung nach einer schnellst möglichen Defibrillation nimmt eine zentrale Stellung für eine Verbesserung der Überlebensrate ein. So wird die Überlebenswahrscheinlichkeit von vielen Autoren bei 90% angesetzt, für den Fall, dass unmittelbar nach Eintreten eines Kammerflimmerns defibriert wird.⁶

In der überdurchschnittlich häufig zitierten Publikation von LARSEN et al aus dem Jahre 1993 wird eine initiale Überlebenswahrscheinlichkeit von 70% kalkuliert.⁶⁷ Nach zehn Minuten bewegt sich diese Wahrscheinlichkeit nur noch in einem Bereich zwischen 0 – 10%. In der Zeitspanne dazwischen sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit erheblich. Eine konstante Abnahme der Überlebensrate, wie häufig mit 10% pro Minute angegeben, ist nicht abschließend geklärt.^{67,42,6} Dieser Aussage widersprechend gibt es Studien und Metaanalysen, die von einem hyperbolischen Verlauf der Überlebenswahrscheinlichkeit ausgehen.^{38,78}

In Abbildung 7 sind exemplarisch mehrere vorstellbare Kurvenverläufe der Überlebensrate in Abhängigkeit des Zeitintervalls zwischen Kollaps und Defibrillationsmöglichkeit schematisch wiedergegeben.

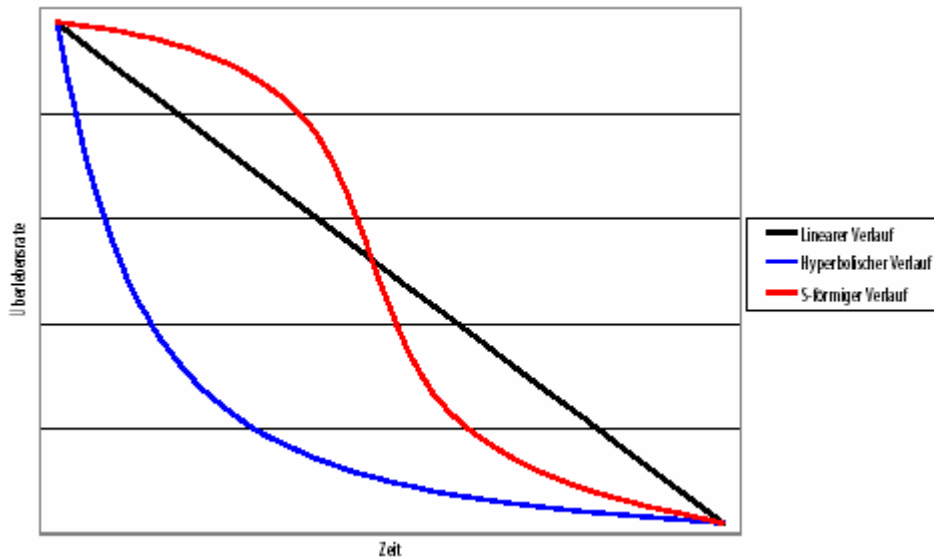


Abbildung 7: Exemplarische Darstellung möglicher Kurvenverläufe der Überlebensrate bei Patienten mit Kammerflimmern

Insgesamt gesehen untermauern diese Ergebnisse die ausgeprägte Zeitabhängigkeit einer möglichst frühzeitigen Defibrillatoranwendung für Patienten mit Kammerflimmern.

Dem positiven therapeutischen Effekt der frühzeitigen Defibrillation wurde bereits zu Beginn der 80er Jahre mit der Einführung und Verbreitung von automatisierten externen Defibrillatoren (AED) Rechnung getragen. Mit der Konzeption verschiedener Frühdefibrillationsprogramme wurde die Anwendung der Defibrillatoren auch nicht-

ärztlichem medizinischem Personal (z.B. Rettungsdienst und Feuerwehr) und sogar medizinischen Laien zugänglich gemacht.

Eine der ersten großen Metaanalysen aus den USA zu diesem Thema von EISENBERG et al. aus dem Jahre 1984 zeigte, dass durch Einsatz gestaffelter Hilfeleistungssysteme, in denen eine frühe Defibrillation durch das ersteintreffende Einsatzmittel durchgeführt wurde, Überlebensraten zwischen 3% und 33% dokumentiert werden konnten.⁴¹ Eine weitere Studie belegte eine Erhöhung der Überlebensrate von Patienten mit Kammerflimmern von 19% ohne Frühdefibrillation, auf 30%, wenn ein AED durch Feuerwehrpersonal zur Anwendung kam.¹¹¹

Im Rahmen der Studie von CULLEY et al. wurden im Raum Seattle und King County / Washington, USA 4000 Laien in der Durchführung von Basismaßnahmen der Cardiopulmonalen Reanimation und der Anwendung von AED im Sinne der „Public Access Defibrillation“ (PAD) ausgebildet.³⁴ In dieser Untersuchung wurde im Zeitraum von 1999 bis 2002 bei 50 Personen mit einem außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand von medizinisch ausgebildeten Laien ein AED bis zum Eintreffen des professionellen Rettungsdienstes zur Anwendung gebracht. Dabei wurde eine Überlebensrate von rund 50% erzielt. Bei Betrachtung der sehr hohen Überlebensrate ist jedoch zu berücksichtigen, dass in diesem System der Hilfeleistung der professionelle Rettungsdienst ein sehr kurzes Reaktionsintervall hat, welches vom Absetzen des Notrufes bis zum Zugang zum Patienten im Median nur 4 Minuten betrug. Diese Eintreffzeiten können durch den professionellen Rettungsdienst in Deutschland in der Regel nicht erreicht werden.

Im Rahmen der „Machbarkeitsstudie zur Umsetzung der so genannten Public Access Defibrillation (PAD) in Bayern“, die vom Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM) der Universität München im Jahre 2004 dem Bayerischen Landtag überreicht wurde, sind rettungsdienstliche Prozessdaten in Bayern erfasst und analysiert worden. Eingeschlossen waren dabei im Datenkollektiv unter anderem alle Notfallereignisse in Bayern im Jahre 2002 (ohne den Rettungsdienstbereich München), die durch den professionellen Rettungsdienst abgewickelt wurden. Abbildung 8 zeigt die Reaktionsintervalle aller ausreichend dokumentierten Ereignisse (n=35.844) für das Jahr 2002 und das Datenkollektiv, welches aufgrund des Meldebilds auf eine Bewusstlosigkeit schließen ließen.



Abbildung 8: Reaktionsintervalle aller ausreichend dokumentierten Ereignisse des Datenkollektivs mit dem Meldebild „Bewusstlosigkeit“ für den Rettungsdienstbereich Bayern (ohne München) für das Jahr 2002 (Quelle: INM).

Bezogen auf das dargestellte Datenkollektiv lässt sich die ergänzende Aussage treffen, dass nach neun Minuten bei 61,5% der erfassten Ereignisse zumindest ein Einsatzmittel am Einsatzort war.

Um die Überlebensraten von Patienten mit einem plötzlichen Herztod positiv zu beeinflussen, müssen folglich die Konzepte der Frühdefibrillationsprogramme weiter intensiviert und einer breiten Ebene von Anwenderkreisen des AED im Sinne der „Public Access Defibrillation“ (PAD) zugänglich gemacht werden.

2.4 Hilfeleistungssysteme in Deutschland

Unter dem Begriff Hilfeleistungssystem werden in Zusammenhang mit diesem Studienansatz alle Strukturen verstanden, welche im außerklinischen Bereich Menschen in einer medizinischen Notfallsituation helfen. Diese Strukturen untergliedern sich jeweils in verschiedene Bereiche und sollen in einer groben Übersicht im Folgenden dargestellt werden, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit.

2.4.1 Organisation der rettungsdienstlichen Hilfeleistung

Entwicklung

Die Notfallmedizin gehört zu den ältesten Teilbereichen der Heilkunde.⁹⁶ Erste Konzepte der organisierten Notfallrettung lassen sich bis zu Zeiten Kaiser Maximilians I. um 1500 mit der Gründung eines Heeres sanitätswesens zurückverfolgen. 1769 wurde die erste „Deutsche Rettungsgesellschaft“ gegründet, die sich um im Wasser verunglückte Menschen kümmerte und Rettungshäuser und -stationen entlang der Flussläufe errichtete.²⁷ Im Jahre 1908 wurde in Frankfurt der 1. Internationale Kongress für Rettungswesen veranstaltet und die „Deutsche Gesellschaft für Samariter und Rettungswesen“ gegründet.

Bereits im Jahre 1938 forderte der Chirurg KIRSCHNER "...den Arzt auf dem schnellstmöglichen Wege zum Verletzten zu bringen".⁹⁶ Die Forderung von Kirschner verhallte jedoch ohne Wirkung. Der darauf folgende 2. Weltkrieg unterbrach weitere Bemühungen in diese Richtung. Am 05.02.1957 wurde in Heidelberg mit dem planmäßig organisierten Transport von Ärzten zur Unfallstelle mit einem so genannten Klinomobil begonnen. Dabei handelte es sich um einen zu einem OP-Wagen umgebauten Omnibus, der mit Ärzten und Pflegepersonal besetzt wurde. Die Geburtsstunde der heutigen Notfallrettung wurde durch GÖGLER eingeleitet, der einen arztbesetzten PKW als Notarzt-Zubringer einsetzte. Der erste NAW (Not-Arzt-Wagen) wurde an der Chirurgischen Poliklinik in München stationiert.⁵⁷ In den 70er Jahren wurde dann sukzessive ein flächendeckendes System von Rettungsleitstellen eingerichtet. Desweiteren initiierte der Aufbau der Luftrettung und des bodengebundenen Notarztdienstes die Komplettierung des heutigen Rettungsdienstes. Über den Rettungsdienst hinaus gibt es in Deutschland andere Strukturen und Elemente, die medizinische Hilfeleistung gewährleisten, wie beispielsweise so genannte Sanitäts- und Betreuungsdienste. Hier wird die Hilfe, in der Regel von Hilfsorganisationen organisiert, direkt vor Ort im Rahmen des jeweiligen Dienstes (z.B. Veranstaltungen) gewährleistet. Aufgrund der direkten Anwesenheit vor Ort bilden diese Einheiten bei entsprechender Vorhaltung eines AED, einen zusätzlichen Anwenderkreis im Sinne der PAD. In Deutschland sind die so genannten „Sofortmaßnahmen-am-Unfallort“ als Pflichtbesuch im Rahmen der Führerscheinausbildung fester Bestandteil der Breitenausbildung innerhalb der Bevölkerung.

In den letzten Jahren hat auch die organisierte Erste Hilfe, häufig als „First Responder“ oder „Helfer-vor-Ort“ bezeichnet, an Stellenwert und Verbreitung gewonnen.

Moderner Rettungsdienst

Als ein Teil der Daseinsvorsorge gliedert sich der moderne Rettungsdienst in Deutschland wie folgt:

- ▶ Bodengebundener Rettungsdienst (inklusive Notarztdienst)
- ▶ Luftrettungsdienst
- ▶ Sonderformen der Hilfeleistung (Wasser-, Berg-, Seenot-, Höhlenrettung etc.)

Gesetzliche Grundlagen bilden die einzelnen Rettungsdienstgesetze der Bundesländer. Im bodengebundenen Rettungsdienst wird zwischen Krankentransport und Notfallrettung unterschieden. Die Notfallrettung ist definiert als „Durchführung lebensrettender Maßnahmen bei Notfallpatienten am Notfallort und die Herstellung der Transportfähigkeit, sowie die Beförderung dieser Personen unter fachgerechter Betreuung in ein geeignetes Krankenhaus“.²⁹ Die Wahrnehmung des Rettungsdienstes erfolgt durch Feuerwehren, Hilfsorganisationen und zum Teil durch private Unternehmen. Organisiert werden die Einsätze der Notfallrettung von so genannten Rettungsleitstellen. Dies sind Einsatzzentralen des gesamten Rettungsdienstes für den betreffenden Rettungsdienstbereich, in denen Notrufe eingehen, von wo aus Hilfskräfte alarmiert und sämtliche Einsätze koordiniert werden. Ziel der Durchführung einer Notfallrettung ist die lückenlose Versorgung des Notfallpatienten vom Ort des Geschehens bis zur definitiven Versorgung im Krankenhaus im Sinne der Überlebenskette. Zusätzlich zum Rettungsdienst der Feuerwehren und Hilfsorganisationen verfügt die Bundesrepublik Deutschland über ein flächendeckendes Notarztdienstsystem. Der bodengebundene Notarztdienst kann als so genanntes. Rendezvous- oder Stationssystem betrieben werden. Kennzeichen des Rendezvousystems ist der getrennte Standort und die getrennte Anfahrt von Rettungswagen (RTW) und Notarzt in einem gesonderten

Notarzteinsatzfahrzeug (NEF). Beim Stationssystem sind Notarzt und die Besatzung des RTW an einer Klinik oder auf einer Rettungswache stationiert. Im Alarmfall rücken sie gemeinsam in einem RTW, der damit zum Notarztwagen (NAW) wird, aus. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile. Allerdings hat in den letzten Jahren das Rendezvoussystem aufgrund höherer Flexibilität an Bedeutung gewonnen. So waren im Jahre 2000 insgesamt 87% der bodengebundenen Notarztstandorte als reines Rendezvoussystem (NEF-Standort) gegenüber 8,5% als reines Stationssystem (NAW-Standort) organisiert.⁹¹ Ausschlaggebend für die Wahl des Notarzteinsatzsystems sind beispielsweise regionale Gegebenheiten, an denen die spezifischen Vorteile der zwei Systeme jeweils zum Zuge kommen. Innerhalb des Hilfeleistungssystems haben sich seit Jahrzehnten Sonderformen wie zum Beispiel die Berg- oder Wasserrettung etabliert, auf die jedoch im Rahmen der vorliegenden Studie nicht näher eingegangen wird.

Als Ergänzung zum bodengebundenen Rettungsdienst hat sich in den letzten Jahrzehnten der Auf- und Ausbau des Luftrettungsdienstes etabliert. Zu unterscheiden sind so genannte Primärhubschrauber (RTH), deren Aufgabe als schneller Notarztzubringer die Primärversorgung und -Transport von Notfallpatienten ist, von Sekundär- oder Intensivhubschrauber (ITH), die hinsichtlich Raumangebot und gerätetechnischer Ausstattung eine fliegende Intensivbehandlungseinheit darstellen und in der Regel planbare Verlegungsflüge durchführen. Es gab im Jahre 2000 im gesamten Bundesgebiet 51 RTH-Stützpunkte, die mehr als 67.500 Primäreinsätze geflogen sind, und 26 ITH-Stützpunkte mit mehr als 13.500 Intensivtransportflügen.⁹¹

Neben dem professionellen Rettungsdienst haben sich auch strukturierte Programme im Rahmen von Frühdefibrillationsprogrammen, so genannte „First-Responder“ oder „Helfervor-Ort“ etabliert (siehe folgendes Kapitel).

Insgesamt muss die Hilfeleistung mit seinen einzelnen Systemmodulen in Deutschland als ein sehr heterogenes Kollektiv an Helfern und Hilfeleistungssystemen gesehen werden. Abschließend muss im Zusammenhang mit dieser Studie konstatiert werden, dass der Rettungsdienst, selbst in seiner gut ausgebauten und etablierten Form (bodengebunden und / oder Luftrettungsdienst), für die besondere Situation des Patienten mit Herzkreislaufstillstandes, im Zusammenhang mit der extremen Zeitabhängigkeit der Zugangszeit zum Patient, in aller Regel zu langsam ist (siehe Kap. 2.3). Diverse Strukturanalysen und Studien kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Reaktionsintervalle des professionellen Rettungsdienstes in der Mehrzahl der Fälle zu lang sind, um das Potential der Frühdefibrillation für Patienten mit plötzlichen Herztodereignissen auszuschöpfen.^{14,55,94}

Daraus ergibt sich, wie bereits in Kapitel 2.3 erwähnt, die dringende Notwendigkeit, den bereits anwesenden Helfern im Rahmen eines plötzlichen Herztodereignisses die Möglichkeit der frühen Defibrillation zugänglich zu machen.

Frühdefibrillation und Public Access Defibrillation (PAD)

Einen zusätzlichen Anteil am Hilfeleistungssystem stellen in jüngerer Vergangenheit strukturierte Programme im Sinne der sog. Frühdefibrillation bzw. Public Access Defibrillation (PAD) dar. Diese Begriffe als Teil des Hilfeleistungssystems werden im Folgenden dargestellt.

In den voran gegangenen Kapiteln wurde bereits der herausragende Stellenwert der möglichst frühzeitigen Defibrillation für Patienten mit plötzlichem Herztod betont (siehe Kap. 2.2.6 und 2.3). Unter dem Begriff der „Frühdefibrillation“ wurde in Deutschland seit Ende der 80er Jahre die Anwendung automatisierter externer Defibrillatoren (AED) durch Rettungsdienstpersonal propagiert und etabliert.

In den international gültigen Leitlinien wird der professionelle Rettungsdienst als so genannter „Traditional Responder“ designiert.⁵ Neben dem professionellen Rettungsdienst wurden auch neue Anwenderkreise im Rahmen von Frühdefibrillationsprogrammen, so genannte „First-Responder“ oder „Helfer-vor-Ort“ rekrutiert. Dies sind Einheiten der Feuerwehren und / oder der Hilfsorganisationen, die als zusätzliche organisierte Hilfe ein Glied der Rettungskette zwischen Laienhilfe und qualifiziertem Rettungsdienst bilden und die Zeit des therapiefreien Intervalls verkürzen können.

Darüber hinaus wurde in den letzten Jahren die Anwendung von AED unter Rekrutierung von neuen Anwenderkreisen mit medizinischen Laien im Sinne der „Public Access Defibrillation“ (PAD) ausgeweitet. Vagen Schätzungen zufolge werden mittlerweile in Deutschland über 10.000 AED in verschiedensten PAD-Programmen vorgehalten.⁸⁸

Mit der Intention, die frühe Defibrillation den anwesenden Helfern schon vor Eintreffen des Rettungsdienstes zugänglich zu machen, formulieren die derzeit gültigen Leitlinien für die Cardiopulmonale Reanimation eine Einteilung der Anwenderkreise im Sinne des Konzepts der „Public Access Defibrillation“ wie folgt:

- ▶ „Nontraditional Responder“ rekrutieren sich aus Personen, die eine öffentlich exponierte Tätigkeit innehaben. Dazu zählt man beispielsweise Polizisten, Sicherheitspersonal und Flugbegleiter.
- ▶ „Targeted Responder“ zeichnen sich durch eine relativ hohe Exposition gegenüber plötzlichen Herztodereignissen aus, wie beispielsweise Pförtner und Sporttrainer.
- ▶ Als „Responder to Persons at High Risk“ werden Angehörige oder Betreuer von identifizierten Risikopatienten bezeichnet, die in der Durchführung der Basisreanimation trainiert sind und Zugriff auf AED haben und in deren Benutzung eingewiesen sind.
- ▶ In Ergänzung zu diesen definierten Anwenderkreisen gibt es darüber hinaus noch das im angloamerikanischen Raum als „Fire Extinguisher Approach“ bezeichnete Konzept. Dieses sieht vor, an Lokalisationen mit einer vergleichsweise hohen Wahrscheinlichkeit von plötzlichen Herztodereignissen, AED - vergleichbar mit Feuerlöschern - frei zugänglich zu machen. Als Anwender kommen hier alle zufällig Anwesenden in Frage, unabhängig davon, ob diese im Vorfeld eine spezielle Ausbildung durchlaufen haben.

In der Diskussion über Strategien gegen den plötzlichen Herztod ist davon auszugehen, dass gestaffelte Hilfeleistungssysteme im Sinne einer Optimierung der Überlebenskette, in denen eine frühe Defibrillation durch ersteintreffende Helfer durchgeführt wird, die höchsten Überlebensraten erzielen. So zeigen beispielsweise die Studien von VALENZUELA aus dem Jahre 2000 und CAFFREY aus dem Jahre 2002 Überlebensraten von 53% bzw. 61% für Patienten mit Kammerflimmern aufgrund der Bereitstellung von AED in Casinos bzw. Flughafengebäuden und der gleichzeitigen Schulung von Sicherheits- bzw. Flughafenpersonal.^{109,32}

2.4.2 Personelle Voraussetzungen

In Deutschland findet sich, bezogen auf die Berufsqualifikation und den Ausbildungsstand, ein breit gefächertes und sehr heterogenes Kollektiv an Personal, die im rettungsdienstlichen Hilfeleistungssystem tätig sind. Um diese Problematik zu veranschaulichen, soll im

Folgenden ein kurzer Überblick der einzelnen Personenkreise des Rettungsdienstes und der strukturierten Hilfeleistungsprogramme gegeben werden.

Nichtärztliches Personal

Im außerklinischen Hilfeleistungssystem, wie beispielsweise im Rettungsdienst, Sanitätswesen, in organisierten Erste Hilfe Programmen und sonstigen Formen der Hilfeleistung, finden sich im bundesdeutschen Raum derzeit folgende definierte personelle Qualifikationsstufen:

- ▶ Rettungsassistent (examiniert oder übergeleitet)
- ▶ Rettungssanitäter
- ▶ Rettungshelfer

Dem Grundsatz folgend, dass der besser qualifizierte Helfer den Notfallpatient vorrangig zu betreuen hat, obliegen unter Berücksichtigung landesrechtlicher Unterschiede den Helfern unterschiedliche Funktionen (siehe Tabelle 3).¹⁰⁸

Tabelle 3: Personalfunktion im Rettungsdienst der Bundesrepublik Deutschland

Personalqualifikation	Funktion	Einsatzfahrzeug
Rettungsassistent	Betreuung des Patienten in der Notfallrettung	Rettungstransportwagen, Notarswagen (RTW, NAW)
Rettungssanitäter	Fahrer in der Notfallrettung und Betreuung während des Krankentransportes	Krankentransportwagen (KTW)
Rettungshelfer	Fahrer beim Krankentransport oder Notfallrettung	Rettungstransportwagen, Krankentransportwagen (RTW, KTW)
Sanitätshelfer	Fahrer beim Krankentransport	Krankentransportwagen (KTW)

Die Ausbildung zum examinieren Rettungsassistenten als eigene Berufsbezeichnung ist im Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten (RettAssG) vom 10.07.1989 geregelt. Die zweijährige Vollzeitausbildung nach §§ 4 und 7 umfasst 1200 Stunden Ausbildung in einer Schule und in einer Klinik im ersten Ausbildungsjahr, sowie mindestens 1600 Ausbildungsstunden auf einer sog. Lehr-Rettungswache im zweiten Ausbildungsjahr. Diejenigen Personen, welche vor Inkrafttreten dieses Gesetzes eine Rettungssanitäterausbildung abgeschlossen hatten, konnten auf Antrag die Berechtigung zum Führen dieser Berufsbezeichnung nach § 13 Abs. 1 RettAssG erlangen (übergeleitete Rettungsassistenten).

Die Ausbildung zum Rettungssanitäter erfolgt nach den „Grundsätzen zur Ausbildung des Personals im Rettungsdienst“, das vom Ausschuss „Rettungswesen“ am 26.04.1977 verabschiedet wurde.²⁸ Dieses 520-Stunden-Programm teilt sich auf in 160 Stunden theoretische Ausbildung, 160 Stunden klinische Ausbildung, 160 Stunden Ausbildung in der Rettungswache und 40 Stunden Lehrgang (Abschlussprüfung). Im Gegensatz zu der Berufsbezeichnung des Rettungsassistenten ist diese Qualifikation nicht geschützt.¹⁰⁸ Die Ausbildung zum Rettungshelfer (160-Stunden-Programm) ist ebenfalls keine geschützte

Berufsbezeichnung und hat allenfalls den Charakter einer Funktionsbezeichnung. 1995 haben sich die großen Hilfsorganisationen auf gemeinsame Grundsätze für die Ausbildung zum Rettungshelfer im Sinne eines 320-Stunden-Programms geeinigt. Im weitesten Sinne sind dem Rettungsdienst auch die „First Responder“ und „Helfer-vor-Ort“ als bewegliche Einsatzkräfte der außerklinischen Hilfeleistung zugeordnet. Derzeit gibt es jedoch noch keine festgelegte medizinische Ausbildung für dieses Helferkollektiv, sondern lediglich Empfehlungen, welche auf keinem Konsens im Sinne bundeseinheitlicher Leitlinien stehen.^{31,14}

Es findet sich für dieses Subkollektiv von Hilfeleistenden, ähnlich wie beim professionellen Rettungsdienst, ein sehr heterogener Ausbildungsstand. So engagiert sich beispielsweise ein erheblicher Anteil von hauptamtlichen Rettungsassistenten in ihrer Freizeit im Bereich „First Responder“. Ein weiterer Anteil innerhalb von strukturierten Programmen rekrutiert sich aber auch aus Personal mit einem Ausbildungsstand im Sinne des 320-Stunden-Programms oder sogar unter diesem Niveau.

Der Notarzt

Die Notfallrettung in Deutschland ist eine primär ärztliche Tätigkeit mit der Aufgabe der medizinischen Diagnose und Therapie eines Notfallpatienten.¹⁰³ Gegebenenfalls wird dies durch einen fachgerechten Transport ergänzt.²⁹ In den Jahren 1996 und 1997 lag der Anteil der notärztlichen Versorgung am gesamten Notfallaufkommen mit 1,59 Mio. Notarztalarmierungen bei 51%.⁹² Die Qualifikationsanforderungen an Notärzte sind derzeit uneinheitlich geregelt, da die Regelung in die Zuständigkeit der Länder fällt.

Die gesamte Konzeption befindet sich derzeit in einer Umbruchphase, so dass hier keine detaillierten Aussagen getroffen werden können. Langfristig sollen jedoch im Rahmen der Musterweiterbildungsordnung gemäß Beschluss des 107. Deutschen Ärztetages 2004 in Bremen im Sinne der Zusatzbezeichnung Notfallmedizin bundesweite einheitliche Ausbildungskriterien erreicht werden.³⁰ Da die Rolle des Notarztes für die Fragestellung dieser Studie keine Relevanz hat, soll an dieser Stelle auch nicht weiter darauf eingegangen werden.

Abschließend ist festzuhalten, dass der Notarzt und damit im weitesten Sinne auch die erweiterten Maßnahmen im Sinne des ACLS (siehe Kap. 2.2.5) anzunehmender Weise nur einen geringen Einfluss auf die Überlebensrate nach Cardiopulmonaler Reanimation haben. So zeigte beispielsweise die bereits beschriebene Multicenterstudie von STIELL et al. aus dem Jahre 2004, dass sich die Überlebensraten nach einem außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand nicht verbessern, wenn in einem etablierten Rettungsdienstssystem ACLS-Maßnahmen implementiert werden (siehe Kap. 2.2.3).¹⁰²

Insgesamt muss daraus gefolgert werden, dass die Überlebensraten bei außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand im Wesentlichen von der Durchführung konsequenter Basismaßnahmen und der möglichst frühzeitigen Anwendung von AED beeinflusst werden können.

2.5 Fragestellungen

Aus der historischen Entwicklung der Reanimation und den dazu gehörigen erkenntnisbasierten Grundlagen ergeben sich für diese Studie folgende Fragestellungen:

1. Wie groß ist die Zeitdifferenz bis zur Erhebung einzelner diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen bei klassischer Vorgehensweise sowie im Vergleich dazu bei Anwendung eines alternativen Handlungsablaufes?
2. Gibt es Anzeichen für eine verbesserte Anwenderperformanz bei Anwendung des einen oder anderen Handlungsablaufes?
3. Wie hoch ist im Vergleich die diagnostische Sicherheit bei Anwendung von zwei unterschiedlichen Handlungsabläufen?
4. Kann die Reihenfolge der empfohlenen diagnostischen Maßnahmen (sog. ABC-Schema) im Sinne der derzeit gültigen Leitlinien in Notfallsituationen heute noch als zielführend erachtet werden, oder lassen sich aus den Ergebnissen dieser Studie Empfehlungen für unterschiedliche Notfallsituationen oder Anwendergruppen ableiten?

3 Material und Methodik

3.1 Studiendesign und Überblick

Die vorliegende Arbeit ist eine experimentelle, prospektiv-kontrollierte Vergleichsstudie zur Evaluation von zwei verschiedenen, standardisierten Handlungsabläufen für die Erhebung diagnostischer Befunde und die Durchführung therapeutischer Maßnahmen am bewusstlosen Notfallpatient.

Die zwei Handlungsabläufe verfolgen eine unterschiedliche Prioritätensetzung und wurden anhand von vier unterschiedlichen definierten und simulierten Testszenarien untersucht.

Zur Behandlung lebensbedrohlicher Notfallsituationen hat sich die Anwendung von Algorithmen und definierten Handlungsabläufen etabliert. Bei dieser Studie wurden zwei unterschiedliche Handlungsabläufe bezüglich der Zeitintervalle bis zur Durchführung einzelner Maßnahmen verglichen.

Der erste Handlungsablauf [ABCD] orientiert sich an den derzeit gültigen Leitlinien des *International Liaison Committee on Resuscitation* (ILCOR), der *American Heart Association* (AHA) und des *European Resuscitation Council* (ERC) mit konsekutiver Verfolgung der Kontrolle von Bewusstsein, Atemwegen / Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion (siehe Kap. 3.2). Bei Konzeption und Anwendung des zweiten Handlungsablaufes [DABC] wurde die Priorität auf die initiale Durchführung einer Herzrhythmus-Kontrolle und gegebenenfalls einer möglichst frühzeitigen Defibrillationstherapie gesetzt (siehe Kap. 3.2).

Die beiden Handlungsabläufe wurden anhand von vier unterschiedlichen, definierten Testszenarien evaluiert (siehe Kap. 3.3):

1. Reanimationssituation mit Herz-Kreislauf- und Atemstillstand bei initial vorhandenem Kammerflimmern (**VF**).
2. Reanimationssituation mit Herz-Kreislauf- und Atemstillstand bei initial vorhandener Asystolie (**ASYS**).
3. Atemwegsverlegung mit Bolusgeschehen und initialem Atemstillstand sowie vorhandener Herz-Kreislauffunktion (**BOL**).
4. Bewusstlosigkeit mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion (**BEW**).

Zur Simulation der Testszenarien sowie zur Schaffung standardisierter und reproduzierbarer Bedingungen wurde ein Mega-Code-Manikin (siehe Abbildung 9), welches üblicherweise im Rahmen der Ausbildung zur cardiopulmonalen Reanimation eingesetzt wird, entsprechend der Aufgabenstellung modifiziert. Hierdurch konnten am Manikin Befunde über Pulsfunktion, Herzrhythmus, Atemwegssituation und Atemfunktion erhoben werden, sowie therapeutische Schritte wie Atemwegssicherung, Beatmung, Thoraxkompression und Defibrillation durchgeführt werden.



Abbildung 9: Mega-Code-Manikin

Teilnehmer der Studie waren medizinisches Fach- und Hilfspersonal. Um ein möglichst breites Kollektiv an Helfern zu erhalten, nahm an der Studie Personal verschiedener Hilfsorganisationen sowie Berufsfeuerwehren teil, die sowohl aus städtischen als auch aus vergleichsweise strukturärmeren Regionen Bayerns stammten.

Die Testabläufe wurden unter Anwendung der beiden Handlungsabläufe an einer randomisierten Auswahl der vier möglichen Testszenarien unter standardisierten Bedingungen durchgeführt.

Zur Durchführung der Testabläufe wurden die Teilnehmer in Teams von jeweils zwei Helfern eingeteilt und mit einem Automatisierten Externen Defibrillator (AED) sowie einem Notfallkoffer ausgestattet. Den Teilnehmern wurde die Aufgabe gestellt, die zwei verschiedenen Handlungsabläufe [ABCD] sowie [DABC] an einem bewusstlosen Notfallpatient (Mega-Code-Manikin) von der ersten Befunderhebung bis zur Durchführung der ersten Therapieschritte anzuwenden.

Von jedem Team wurden insgesamt vier Testabläufe absolviert, wobei beide Handlungsabläufe [ABCD] und [DABC] jeweils zweimal nacheinander angewendet wurden. Die Reihenfolge der nacheinander anzuwendenden Handlungsabläufe wurde randomisiert. Ebenso wurden jeweils zwei der vier möglichen Testszenarien für die Anwendung jedes Handlungsablaufes per Zufallsprinzip ermittelt. Alle erhobenen Befunde und ersten therapeutischen Maßnahmen wurden mittels standardisierter digitaler audio-visueller Technik aufgezeichnet, dokumentiert und ausgewertet.

3.2 Handlungsabläufe

Die zwei zu vergleichenden Handlungsabläufe werden im Folgenden detailliert dargestellt. Die auf einer ausführlichen wissenschaftlichen Analyse basierenden, von *ILCOR*, *AHA* und *ERC* im Jahr 2000 publizierten „Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac Care“ und zuletzt im Jahr 2005 aktualisierten Leitlinien beschreiben für die Cardiopulmonale Reanimation folgendes Vorgehen: Kontrolle von Bewusstsein, Atemwegen und Atemfunktion mit zwei konsekutiven Initialbeatmungen (AHA) und Herz-

Kreislauffunktion (Suche nach allgemeinen Zeichen einer Kreislauffunktion und Pulskontrolle bis zu zehn Sekunden), sowie der möglichst frühzeitige Einsatz des AED (siehe Kap. 2.2.4).^{5,2,44} Dieses Vorgehen definiert exakt den Handlungsablauf [ABCD].

Davon im Detail abweichend hat sich mittlerweile in Deutschland der so genannte „Diagnostische Block“ fest etabliert. Hierbei werden zuerst alle Vitalfunktionen Bewusstsein, Atemwege und Atemfunktion sowie Herz-Kreislauffunktion überprüft, anschließend wird mit den entsprechenden Maßnahmen begonnen.¹¹⁴

Wie bereits in Kapitel 2.3 beschrieben, ist der plötzliche Herztod die häufigste außerklinische Todesursache in der westlichen Welt. Primäre Atemstörungen sind dagegen ein eher seltenes Ereignis. Der plötzliche Herztod geht in der Mehrzahl der Fälle in der Initialphase mit einem Kammerflimmern einher. Die Defibrillation stellt dabei die einzige effektive Maßnahme zur Therapie des Kammerflimmerns dar (siehe Kap. 2.2.6). Dieser hohe Stellenwert und die extreme Zeitabhängigkeit der Defibrillation, sowie die Verbreitung und Anwendung des AED wird auch in den derzeit gültigen Leitlinien ausdrücklich betont.

Für die Erhebung diagnostischer Befunde ist in der Regel ein höherer Zeitaufwand erforderlich als in der Vergangenheit häufig postuliert (siehe Kap. 2.1.2). Zudem zeigt eine Reihe von Studien, dass die Erhebung diagnostischer Befunde mit einer unzureichenden diagnostischen Sicherheit behaftet ist (siehe Kap. 2.2.2). Dies betrifft sowohl die Kontrolle der Atemfunktion als auch die Pulskontrolle. Daraus resultiert ein zusätzlicher Zeitverlust aufgrund des erheblichen Aufwandes für diagnostische Maßnahmen. In diesem Zusammenhang liefert einzig der AED, bezogen auf die Erkennung eines defibrillationswürdigen Herzrhythmus, eine Diagnose mit annähernd 100%iger Sicherheit.

Unabhängig vom Zeitaufwand und der mangelnden diagnostischen Sicherheit in der Gruppe der Laienhelfer, finden sich in der gesamten wissenschaftlichen Literatur zur Reanimatologie keine erkenntnisbasierten Grundlagen, weshalb als Reihenfolge der diagnostischen Schritte zuerst Atemwege und Atemfunktion kontrolliert werden und anschließend die Herz-Kreislaufkontrolle durchgeführt wird (siehe Kap. 2.2.4).

Aus diesen Erkenntnissen heraus wurde der Handlungsablauf [DABC] konzipiert. Hier wurde die Priorität auf die initiale Rhythmusanalyse des AED und gegebenenfalls einer möglichst frühzeitigen Defibrillation („D“) gesetzt. Dies bedeutet für den Patient mit initial bestehendem Kammerflimmern einen potentiell früher einsetzenden kurativen Therapieansatz. Eine Aussage inwieweit die vorangestellte Rhythmusanalyse das Überleben bewusstloser Patienten ohne Kammerflimmern und mit einer anderen zugrunde liegenden Störung der Vitalfunktionen beeinflusst, kann bis dato nicht getroffen werden.

Im Folgenden werden die beiden Handlungsabläufe zur Anwendung an einem bewusstlosen Notfallpatient und die Aufgabenverteilung zwischen den Teilnehmern detailliert dargestellt. Handlungsablauf [ABCD] orientiert sich an den gültigen Leitlinien mit konsekutiver Verfolgung der primären Kontrolle von Bewusstsein, Atemwege, Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion (siehe Abb. 11).

Abbildung 12 zeigt Handlungsablauf [DABC] mit veränderter Prioritätensetzung auf die primäre Rhythmusanalyse durch den AED.

Helfer 1 Teamleiter	Helfer 2
<p>Bewusstseinskontrolle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Schmerzreiz setzen ▶ Befund mitteilen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Beatmungsbeutel anreichen
A und B	A und B
<p>Atmungskontrolle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Kopf überstrecken ▶ Atmung kontrollieren ▶ Befund mitteilen ▶ 2 Initialbeatmungen ▶ ggf. Laryngoskopie / Bolusentfernung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ AED einschalten ▶ Elektroden aufkleben ▶ ggf. Assistenz Bolusentfernung
C	C
<p>Herz-Kreislauf- / Rhythmus-Kontrolle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Pulskontrolle (Arteria carotis) ▶ Befund mitteilen ▶ Analyse durchführen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Assistenz
D	D
<p>Defibrillation</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Schock auslösen 	
<p>Therapie</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Beatmung ▶ ggf. Guedeltubus einlegen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Thoraxkompression ▶ Assistenz

Abbildung 10: Handlungsablauf [ABCD]

Helfer 1 Teamleiter	Helfer 2
D	D
Bewusstseinskontrolle / Defibrillation <ul style="list-style-type: none"> ▶ Schmerzreiz setzen ▶ Befund mitteilen ▶ Analyse (AED) durchführen ▶ ggf. Schock auslösen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ AED einschalten ▶ Elektroden aufkleben
A und B	A und B
Atmungskontrolle <ul style="list-style-type: none"> ▶ Kopf überstrecken ▶ Atmung kontrollieren ▶ Befund mitteilen ▶ 2 Initialbeatmungen ▶ ggf. Laryngoskopie / Bolusentfernung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Beatmungsbeutel anreichen ▶ ggf. Assistenz Bolusentfernung
C	C
Herz-Kreislaufkontrolle <ul style="list-style-type: none"> ▶ Pulskontrolle (Arteria carotis) ▶ Befund mitteilen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Assistenz
Therapie <ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Beatmung ▶ ggf. Guedeltubus einlegen 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ggf. Thoraxkompression ▶ Assistenz

Abbildung 11: Handlungsablauf [DABC]

3.3 Testszzenarien

Bewusstlose oder leblos erscheinende Patienten haben aufgrund der zugrunde liegenden Pathophysiologie bzw. Erkrankung eine unterschiedliche Priorität für die zu ergreifenden Maßnahmen. Deshalb wäre grundsätzlich eine der Pathophysiologie entsprechende Vorgehensweise optimal. In der Regel ist die Pathophysiologie eines primär leblos erscheinenden Patienten in der außerklinischen Initialphase bei Eintreffen der Helfer nicht bekannt. Darüber hinaus sind differentialdiagnostische Überlegungen aufgrund der Qualifikation der Helfer, welche Zielgruppe dieser Untersuchung waren, in der Stresssituation eines Notfalles meist nicht zu bewältigen. Deshalb bedarf es eines Standardvorgehens.

Im Rahmen der zu untersuchenden Handlungsabläufe ergeben sich, aufgrund unterschiedlicher Prioritätensetzung, für die einzelnen Notfallsituationen und Notfallpatienten Vor- bzw. Nachteile. Wird die Priorität auf die Defibrillation gesetzt (Handlungsablauf [DABC]), profitiert davon möglicherweise ein Patient mit Kammerflimmern. Aufgrund der Zeitphase der Analyse durch den AED und gegebenenfalls einer Defibrillation verzögern sich jedoch die Basismaßnahmen, beispielsweise das Entdecken einer primären Atemwegsstörung. Die gegebenenfalls essentiell wichtige therapeutische Maßnahme der Defibrillation kann jedoch bei der klassischen Vorgehensweise für einen Notfallpatienten mit Kammerflimmern nur verzögert eingeleitet werden. Umgekehrt wird bei klassischem Vorgehen (Handlungsablauf [ABCD]) das, im Vergleich zum Kammerflimmern, eher seltene Ereignis

einer primären Atemwegsstörung zügig erkannt und therapiert. Für einen Patient mit Herz-Kreislaufstillstand und einer Asystolie bedeutet die Rhythmusanalyse durch einen AED eine Verzögerung der Basisreanimation, ohne dass er dadurch einen therapeutischen Nutzen erfährt.

Ein Patient mit Kammerflimmern kann aufgrund neuer Erkenntnisse (siehe Kap. 2.2.) durch der Defibrillation voran gestellten Basismaßnahmen (Handlungsablauf [ABCD]) profitieren. Inwieweit die Anwendung beider Handlungsabläufe einen bewusstlosen Patient mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion beeinflusst, kann nicht beurteilt werden. Um die Einflüsse der Handlungsabläufe auf die wichtigsten denkbaren Notfallsituationen überprüfen zu können, wurden folgende standardisierte Testszenarien ausgewählt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: standardisierte Testszenarien

Für alle vier Testszenarien galt die Annahme „Patient bewusstlos“

	Testszenario	Atmung	Kreislauf / Puls	AED
(VF)	Herz-Kreislaufstillstand-Kammerflimmern	Atemstillstand	Herz-Kreislaufstillstand	defibrillierbarer Rhythmus
(ASYS)	Herz-Kreislaufstillstand-Asystolie	Atemstillstand	Herz-Kreislaufstillstand	nicht defibrillierbarer Rhythmus
(BOL)	Atemwegsverlegung mit Bolus	Atemstillstand	Puls vorhanden (Frequenz 30 / min)	nicht defibrillierbarer Rhythmus
(BEW)	Bewusstlosigkeit mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion	Atmung vorhanden (Frequenz 16 / min)	Puls vorhanden (Frequenz 120 / min)	nicht defibrillierbarer Rhythmus

Diese Auswahl von Testszenarien ermöglichte einen Vergleich der zwei Handlungsabläufe unter Anwendung in typischen Notfallsituationen (VF, ASYS und BEW) und vergleichsweise seltenen Notfallereignissen (BOL).

Unter standardisierten Bedingungen wurden die Teilnehmer aufgefordert beide Handlungsabläufe an einem modifizierten Mega-Code-Manikin anzuwenden. Um eine exakte Auswertung mittels digitaler audio-visueller Technik zu gewährleisten, wurden die Teilnehmer vor jedem Testablauf darauf hingewiesen, die jeweils erhobenen Befunde laut und deutlich auszusprechen.

Mit Einleitung der definierten therapeutischen Maßnahmen wurde der Testablauf durch den Studienleiter terminiert.

3.4 Simulation der Testszenarien / Modifiziertes Mega-Code-Manikin

Zur Simulation der Testszenarien wurden die Testabläufe an einem modifizierten so genannten Mega-Code-Manikin, welches üblicherweise im Rahmen der Ausbildung zur cardiopulmonalen Reanimation eingesetzt wird, durchgeführt. Vorausgehende Überlegung

war ein standardisiertes Verfahren zur Patientensimulation unabhängig vom Testszenario einzusetzen. Grundsätzlich wären für die Simulation der einzelnen Testszenarien auch Menschen in Frage gekommen, auf die Problematik dieser Darstellungsart wird noch detailliert in der Diskussion eingegangen (siehe Kap. 5.1.3). Am Menschen ist jedoch beispielsweise ein Befund wie die Pulslosigkeit kaum simulierbar. Deshalb wurde zur Darstellung der Testszenarien ein Simulationsverfahren ausgewählt.

Das Manikin wurde in der Neutral-0-Position in Rückenlage auf einer Decke auf dem Boden positioniert (siehe Abbildung 13). Es war bei entblößtem Oberkörper mit einer Sporthose bekleidet.

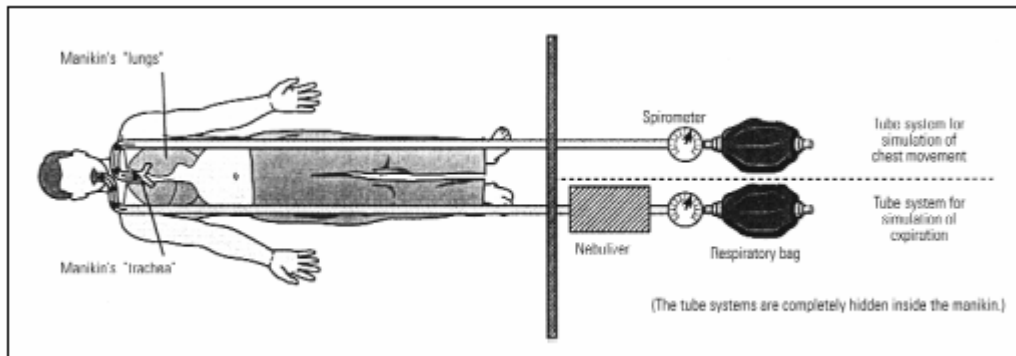


Abbildung 12: Modifiziertes Mega-Code-Manikin⁸⁷

Zur Befunderhebung der Bewusstlosigkeit konnte ein Schmerzreiz sowohl im Thoraxbereich als auch an der Nasenscheidewand durchgeführt werden. Es handelte sich in allen vier möglichen Testszenarien um bewusstlose und reaktionslose „Patienten“. Zur Kontrolle der Atemwege konnte am Manikin der Kopf überstreckt und durch Öffnen des Mundes der Mund-Rachenraum auf mögliche Fremdkörper inspiziert werden.

Das angewandte Manikin ermöglicht es normalerweise nicht die Atemtätigkeit darzustellen. Um die Atemtätigkeit zu simulieren und dadurch eine Atmungskontrolle durchführen zu können, wurde das Manikin durch zusätzliche Installationen so modifiziert, dass sowohl angewärmte und angefeuchtete Atemluft aus Mund und Nase, als auch dazu synchronisierte Thoraxexkursionen erzeugt werden konnten. Dabei wurde auf ein System zurückgegriffen, welches bereits in Voruntersuchungen zur „Evaluation der Prozess- und Ergebnisqualität der Atmungskontrolle“ etabliert und validiert wurde (siehe Kap. 5.1).⁸⁷

Zur Modifikation des Manikins wurden zwei zusätzliche Schlauchsysteme installiert.

Das erste System zur Simulation des expiratorischen Atemstroms führte den Luftstrom eines außerhalb des Manikin betriebenen Beatmungsbeatlers durch eine Befeuchtungs- und Erwärmungseinheit (konstante Temperatur von 37° C) zum Mund-Nase-Rachen-Raum des Manikins.

Um eine Thoraxexkursion zu simulieren wurde ein zweites Schlauchsystem installiert, welches den von einem weiteren Beatmungsbeutel erzeugten Luftstrom zur Trachea der Puppe und von dort in beide Lungen leitete.

Es wurde ein Spirometer in beide Schlauchsystem eingebaut, welches eine exakte Kontrolle des definierten Tidalvolumens von 500 ml ermöglichte, was sowohl dem physiologischen Atemzugvolumen unter Ruhebedingungen, als auch den derzeit gültigen Leitlinien für die cardiopulmonale Reanimation eines Erwachsenen entspricht.

Ebenso konnte das Manikin unter zu Hilfenahme eines Beatmungsbeatlers von den Teilnehmern beatmet werden. Hierzu wurde von einer ausgebildeten Assistenzperson das entsprechende Schlauchsystem synchron zur Maskenbeatmung durch einen Teilnehmer

mittels Beatmungsbeutel mit Luft gefüllt, was zu einer deutlich sichtbaren Thoraxexkursion führte.

Somit konnte sowohl eine Spontanatmung (Testszenario BEW) als auch bei Atemstillstand die Anwendung eines Beatmungsbeckels durch die Teilnehmer und somit eine realistische Patientendarstellung simuliert werden.

Das Schlauchsystem wurde vollständig im Inneren der Puppe bzw. unter der Kleidung untergebracht, so dass keine Modifikationen von außen sichtbar waren. Das zu- bzw. wegführende Schlauchsystem wurde hinter einen Sichtschutz geführt. Hinter diesem wurden die beiden Beatmungsbeutel von einer ausgebildeten Assistenzperson wie folgt komprimiert:

- ▶ Testszenario VF und ASYS: keine Simulation einer spontanen Atemfunktion, jedoch eine Thoraxexkursion synchron zur Beatmung des Manikins durch einen Teilnehmer.
- ▶ Testszenario BOL: keine Simulation einer spontanen Atemfunktion und keine Thoraxexkursion auf Beatmungsversuche bis zur korrekten Laryngoskopie und manuellen Bolusentfernung, anschließend eine Thoraxexkursion synchron zur Beatmung des Manikins durch einen Teilnehmer.
- ▶ Testszenario BEW: konstante Simulation einer spontanen Atemfunktion (Spontanatmung).

Um eine genaue und für die gesamte Testreihe (mehrere Testabläufe) identische Atemsimulation zu gewährleisten, musste die Simulation der Spontanatmung unter stetiger Kontrolle des dazwischen geschalteten Spirometers erfolgen. Zur Einhaltung der exakten Atemfrequenz (16/min) wurde der Assistenzperson ein Taktgeber über ein Audiosystem mittels Kopfhörer eingespielt. Als Bolus wurde aus handelsüblichem Gewebepband eine Kugel im Durchmesser von ca. 1,5 cm geformt, welche zur Simulation des Testszenarios BOL auf Stimmbandebene platziert wurde.

Um die in den Leitlinien nach wie vor von medizinischem Personal geforderte Pulskontrolle zu simulieren, wurde das im verwendeten Modell des Manikins installierte Carotispulssimulationssystem aktiviert. Über ein luftgefülltes Schlauchsystem konnte eine tastbare Pulsation im Bereich der Arteria carotis und die Frequenz vorgegeben werden (Testszenario BOL und BEW). Die Pulskontrolle konnte beidseits an der Arteria carotis durchgeführt werden. Andere klinische Zeichen einer Kreislauffunktion wurden nicht simuliert.

Zur Durchführung der Rhythmusanalyse durch den AED (Trainingsgerät), konnten die beiden Brustwandelektroden auf den Thorax aufgeklebt werden. Nach Einschalten des AED bekamen die Teilnehmer die akustische Anweisung des Gerätes „Elektroden aufkleben“ und „Analyse durchführen“. Nach Drücken der Analysetaste durch die Teilnehmer wurde der akustisch wiedergegebene Befund durch den AED „Schock empfohlen“ / „kein Schock empfohlen“ durch den Studienleiter mittels Infrarot-Fernbedienung entsprechend dem Testszenario aktiviert.

Folgende therapeutische Maßnahmen konnten die Teilnehmer durchführen: Beatmung, manuelle Thoraxkompression, Abgabe einer Defibrillation durch den AED, Laryngoskopie zur Entfernung eines Bolus mit anschließender Beatmung sowie das Einlegen eines Guedeltubus zur Verhinderung der Atemwegsverlegung beim bewusstlosen, spontan atmenden Patienten.

Beim Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW) wurde die Einlage des Guedeltubus festgelegt als die geforderte therapeutische Maßnahme, anstelle einer ebenso möglichen stabilen Seitenlage,

um den komplizierten und sensiblen Testaufbau nicht durch eine Drehung des Manikins auf die Seite zu zerstören und um eine zeitlich klar messbare Intervention zu generieren. Weiterhin wurde definiert, dass bei Testszenario VF (Kammerflimmern) nach der ersten Defibrillation durch den AED kein weiterer Schock empfohlen wurde und bei weiterhin vorliegender Pulslosigkeit die korrekte weitere Therapie der Beginn der Thoraxkompression war. Dies entspricht der pathophysiologischen Konstellation, dass die Defibrillation einen nicht mehr defibrillationswürdigen Rhythmus ohne Kreislauffunktion generiert hat.

Die Qualität der Durchführung der einzelnen therapeutischen Maßnahmen wurde nicht bewertet. Maßgebend war, ob die entsprechenden Therapiemaßnahmen durchgeführt wurden oder nicht.

Die Teilnehmer waren jeweils mit einem AED und einem Notfallkoffer definierten Inhalts, bestehend aus Beatmungsbeutel, Guedeltubus, Laryngoskop und Magillzange, ausgestattet.

Verwendete Materialien:

- 1 Mega-Code-Manikin (Modell Minisim[®], Fa. Laerdal, Stavanger/Norwegen)
- 2 Beatmungsbeutel (Silicone Resuscitator Adult[®], Fa. Laerdal Stavanger/Norwegen)
- 1 Atembefeuchtungs- und 1 Erwärmungseinheit (Conchatherm III[®], Fa. Kendall, Mansfield, OH/USA)
- 2 Spirometer (RM 121[®], Fa. Ohmeda, Madison, WI/USA)
- 2 handelsübliche Schläuche (flexibler Schlauch, Durchmesser 2cm, Länge: 2,5m)
- 1 Walkman (Fa. Panasonic, Tokio/Japan)
- 1 AED LP 500[®] Trainingsgerät (Fa. Medtronic Physio Control, Redmond, WA/USA)
- 1 Notfallkoffer (Modell Ulmer Koffer, Fa. Weinmann, Hamburg/Deutschland)
- 1 Beatmungsbeutel (Silicone Resuscitator Adult[®], Fa. Laerdal Stavanger/Norwegen)
- 1 Laryngoskop (Fa. KaWe, Kirchner & Wilhelm, Asperg/Deutschland)
- 1 Magillzange (Fa. KaWe, Kirchner & Wilhelm, Asperg/Deutschland)
- 1 Guedeltubus (Fa. KaWe, Kirchner & Wilhelm, Asperg/Deutschland)

3.5 Testumgebung und Bedingungen

Um standardisierte Bedingungen zu erhalten, wurde festgelegt, dass die Testabläufe jeweils in einem Schulungs- bzw. Ausbildungsraum der einzelnen Hilfsorganisationen und Feuerwehren vor Ort durchgeführt werden. Die Durchführung der Testabläufe fand an acht verschiedenen Tagen und an fünf verschiedenen Orten statt.

Während der einzelnen Testabläufe waren jeweils alle Fenster und Türen geschlossen um störende Luftbewegungen oder Lärmgeräusche zu vermeiden. Eine Beleuchtung war vorhanden und es herrschte Raumtemperatur.

Das Mega-Code-Manikin wurde so auf dem Boden positioniert, dass jeweils zu beiden Seiten und am Kopfende ein Mindestabstand von 1,5 m gewährleistet war, um den Teilnehmern einen ungehinderten Zugang bzw. Arbeitsplatz zu ermöglichen. Am Fußende war der Sichtschutz angebracht, hinter welchem die Atemsimulation durch die Assistenzperson durchgeführt wurde. Außerdem wurde eine digitale Videokamera auf einem Stativ so positioniert, dass alle durchgeführten Maßnahmen durch die Teilnehmer zur späteren Auswertung erfasst werden konnten. Im Testraum waren während der Testabläufe nur die Teilnehmer (jeweils zwei Helfer), die Assistenzperson zur Bedienung des Testaufbaus und der Studienleiter anwesend. Die Teilnehmer hatten keine Möglichkeit vor einem Testablauf hinter den Sichtschutz zu blicken.

3.6 Durchführung

3.6.1 Teilnehmer

Im Studienansatz wurde konzipiert, die Anwendung der Handlungsabläufe mit medizinischem Fach- und Hilfspersonal zu evaluieren. Zu diesem Zweck wurde ein Kollektiv an Helfern ausgewählt, welches dem potentiellen Anwenderkreis von AED aus strukturierten Programmen in organisierten Hilfeleistungssystemen zu zurechnen ist. Zielgruppe der Studie war damit eine heterogene, und damit der Realität von AED-Anwendern entsprechende, Gruppe von Helfern aus strukturierten AED-Programmen, welche hauptsächlich dem Anwenderkreis der „First-Responder“ bzw. „Helfer-vor-Ort“ zuzuordnen sind. Aufgrund dessen waren Rettungsdiensthelfer, Rettungssanitäter, anerkannte Rettungsassistenten im Sinne des § 13 RettAss-Gesetz, Rettungsassistenten in Ausbildung und examinierte Rettungsassistenten zugelassen (siehe Kap. 2.4.2).

Ausgewählt wurden die Berufsfeuerwehr München (BFM), die Berufsfeuerwehr Augsburg (BFA), die Feuerwehr des Flughafens München (FFM), das Bayerische Rote Kreuz Kreisverband Ostallgäu, Bereitschaft Pfronten (BRK) und der Malteser Hilfsdienst, München-Taufkirchen (MHD) (siehe Tab. 5).

Tabelle 5: Teilnehmende Hilfsorganisationen und Feuerwehren

Teilnehmende Hilfsorganisationen und Feuerwehren
Berufsfeuerwehr München (BFM)
Berufsfeuerwehr Augsburg (BFA)
Feuerwehr des Flughafen München (FFM)
Bayerisches Rotes Kreuz – Kreisverband Ostallgäu, Bereitschaft Pfronten (BRK)
Malteser Hilfsdienst, München-Taufkirchen (MHD)

Die Kontaktaufnahme zur Teilnahme an der Studie erfolgte aufgrund langjähriger Zusammenarbeit des Institutes mit den Feuerwehren und den Hilfsorganisationen im Rahmen der Aus- und Fortbildung bzw. persönlicher Beziehungen des Studienleiters durch seine Ausbildungstätigkeit.

Für die Teilnahme der einzelnen Helfer an der Studie wurden folgende Einschlusskriterien festgelegt:

- ▶ Vollendung des achtzehnten Lebensjahres
- ▶ Rettungsdienstliche Qualifikation mit einer Mindestanforderung im Sinne der 160-Stunden-Ausbildung
- ▶ Qualifikation für AED-Anwendung
- ▶ Letztes CPR / AED-Training innerhalb der letzten zwei Jahre (Konzept für die automatisierte externe Defibrillation (AED) in Bayern)^{14,15}
- ▶ Kein Studium der Humanmedizin

- ▶ Keine Berufsausbildung in einem Heilhilfsberuf

Die Rekrutierung bei den Hilfsorganisationen erfolgte auf freiwilliger Basis; bei den Berufsfeuerwehren wurden die Teilnehmer von den zuständigen Vorgesetzten eingeteilt, um für die Studiendurchführung zur Verfügung zu stehen.

Am jeweiligen Tag der Testreihe mussten die Teilnehmer vorab einen speziell entworfenen Fragebogen (siehe Anhang) ausfüllen. Alle Daten des Fragebogens wurden anonymisiert behandelt.

Hierbei wurden folgende Daten erfasst:

- ▶ Alter und Geschlecht
- ▶ Qualifikation / Berufsbezeichnung (z.B. Rettungsassistent examiniert)
- ▶ Tätigkeitsbereich (z.B. Rettungsdienst, andere Bereiche)
- ▶ Dauer der Tätigkeit im genannten Tätigkeitsbereich
- ▶ Fachspezifische Zusatzqualifikationen (z.B. AED-Training)
- ▶ Weitere Ausbildungen in einem medizinischen Beruf

Die Testszenarien und die Handlungsabläufe wurden so konfiguriert, dass sie für die Bearbeitung von jeweils zwei Helfern ausgerichtet waren. Dies entspricht einer regelhaften Mindestzahl an Helfern, wie sie im professionellen Rettungsdienst, First-Responder- / Helfer-vor-Ort-Einheiten und in aller Regel auch in sanitätsdienstlichen Aktivitäten auftritt. Darüber hinaus entspricht das Agieren in Zweiertteams einer typischen Trainingssituation.

3.6.2 Ablauf

Die Testreihe fand jeweils vor Ort bei den Hilfsorganisationen und Feuerwehren statt. Die Teilnehmer hatten jeweils ein bis zwei Wochen vor Durchführung der Testreihe ein Studieninformationsblatt (siehe Anhang) erhalten.

Alle Teilnehmer eines Ortstermins fanden sich in einem Schulungsraum der jeweiligen Organisation ein. Es wurde durch den Studienleiter ein Überblick im Rahmen einer kurzen Präsentation über Hintergrund, Ziel, Fragestellung und Material / Methodik, insbesondere zu den definierten Testszenarien und dem Ablauf der Studie gegeben.

Anschließend wurde den Teilnehmern der Handlungsablauf [ABCD] sowie der korrespondierende Algorithmus (Entscheidungsbaum) im Detail präsentiert (siehe Abbildung 13), welcher sich an den Leitlinien 2000 für die Cardiopulmonale Reanimation orientiert. Anhand dessen wurden sowohl die vier möglichen Testszenarien und die entsprechend richtige Therapie für jedes Testszenario vorgestellt als auch etwaige Fragen beantwortet.

Nachfolgend wurde der Handlungsablauf [DABC] und der korrespondierende Algorithmus in gleicher Weise ausführlich erklärt (siehe Abbildung 14).

Außerdem wurden die Teilnehmer eindringlich darauf hingewiesen, jeden erhobenen Befund zum Zweck der späteren Auswertung anhand der audio-visuellen Aufzeichnung laut und deutlich auszusprechen. Den Teilnehmern wurde erklärt, dass sie im Testraum eine leblos erscheinende Person in Form eines Mega-Code-Manikin vorfinden. Jedes Team, bestehend aus zwei Teilnehmern, wurde mit einem AED und einem Notfallkoffer mit dem bereits beschriebenen Material ausgestattet (siehe Kap. 3.4). Als weiterer wichtiger Hinweis wurde

erklärt, dass ein Testszenario nur durch den Studienleiter abgebrochen oder terminiert werden dürfe.

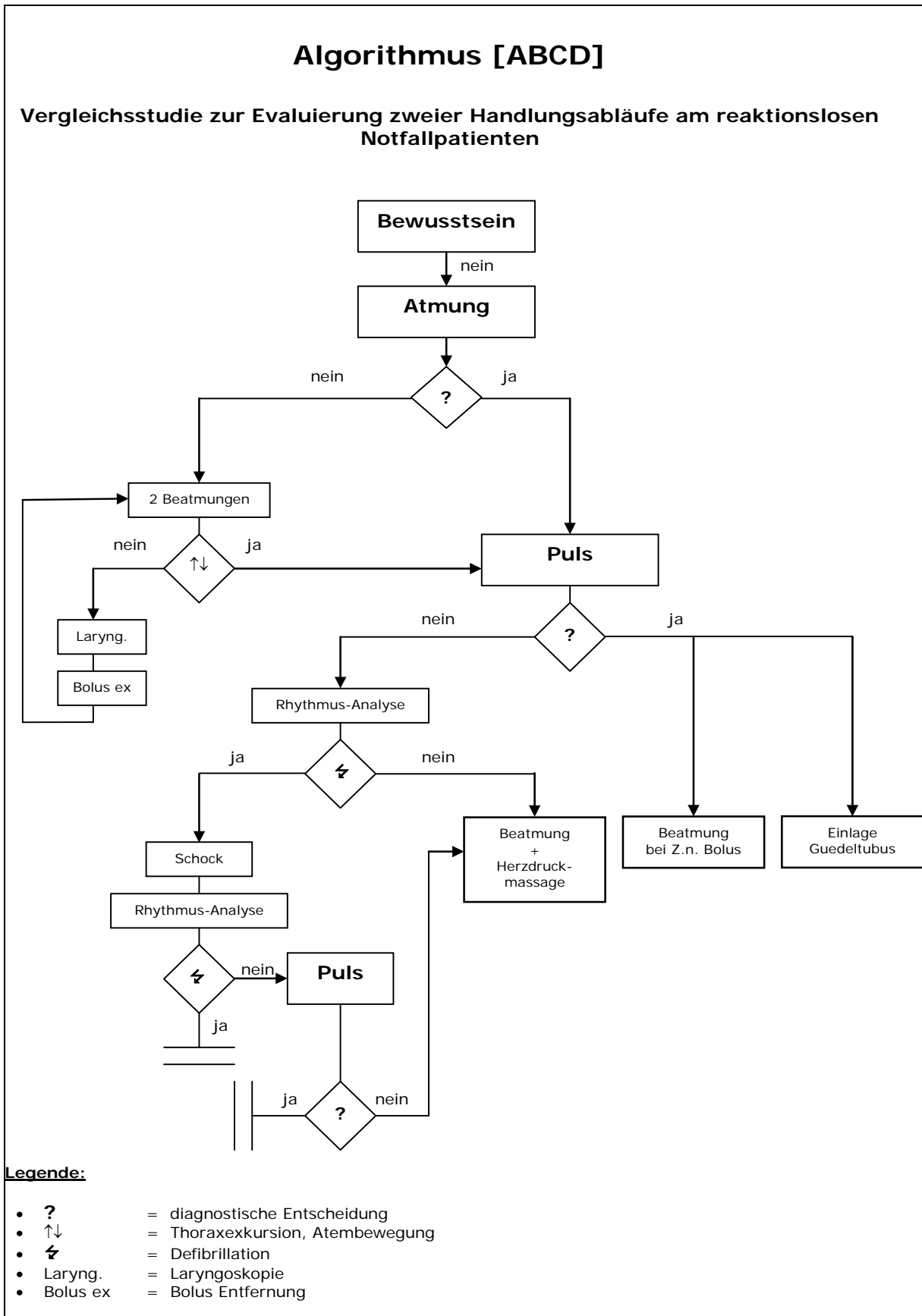
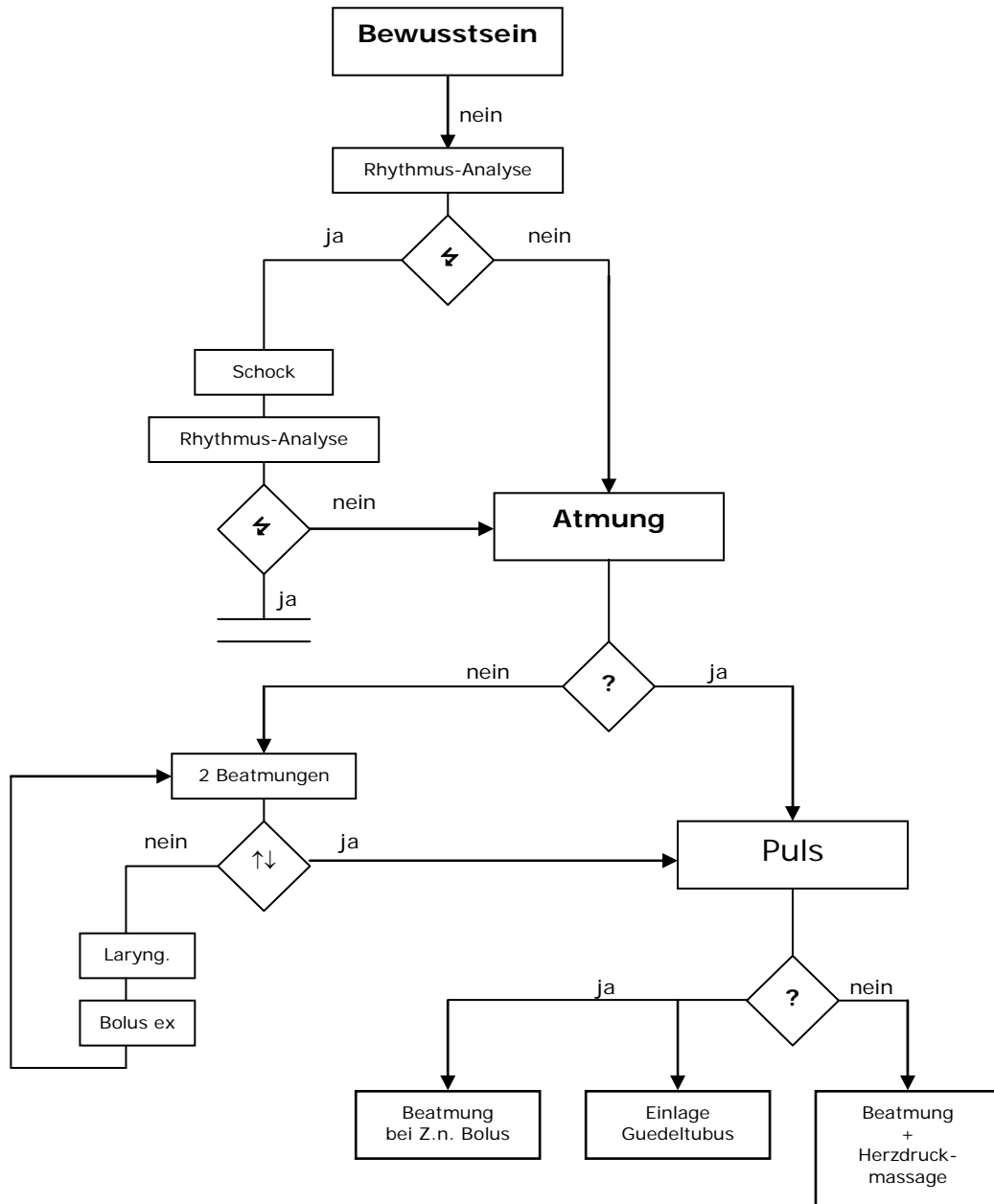


Abbildung 13: Algorithmus [ABCD]

Algorithmus [DABC]

Vergleichsstudie zur Evaluierung zweier Handlungsabläufe am reaktionslosen Notfallpatienten



Legende:

- ? = diagnostische Entscheidung
- ↑↓ = Thoraxexkursion, Atembewegung
- ⚡ = Defibrillation
- Laryng. = Laryngoskopie
- Bolus ex = Bolus Entfernung

Abbildung 14: Algorithmus [DABC]

Im Anschluss daran wurden die Teilnahmefragebögen (siehe Anhang) ausgeteilt und von den Teilnehmern ausgefüllt. Mit Abgabe des Fragebogens bei der Studienleitung wurde dem Teilnehmer eine Identifikationsnummer (ID) zugewiesen und dokumentiert. Anhand der ID wurden die Teilnehmer per Zufall in Teams von jeweils zwei Personen eingeteilt und ein Teamleiter festgelegt. Dies war entweder der höher qualifizierte Teilnehmer oder bei gleicher Qualifikation konnte die Teamleitung von den Teilnehmern selbständig festgelegt werden; dies wurde entsprechend so dokumentiert.

Anschließend wurde der Testaufbau vorgenommen. Hierbei waren nur der Studienleiter und die Hilfsperson anwesend, so dass die Teilnehmer keine Möglichkeit hatten diesen vorab in Augenschein zu nehmen. Dann wurde ein Team entsprechend der fortlaufenden ID des Teamleiters in den Testraum gebeten und es wurden vom Studienleiter und der Assistenzperson anhand eines willkürlich gewählten Testszenarios beide Handlungsabläufe ([ABCD] und [DABC]) am Mega-Code-Manikin demonstriert. Neben der Demonstration des Notfallkoffers samt Inhalt, bekamen die Teilnehmer an dieser Stelle eine Einweisung auf das verwendete AED-Gerät bezüglich Funktion und Anwendung. Danach bekamen die Teilnehmer die Möglichkeit, für jeden Handlungsablauf einen Probedurchlauf zu absolvieren. In beschriebener Weise wurde mit jedem Team verfahren.

Durch ziehen von entsprechend beschrifteten Karten wurde dann dem Team mitgeteilt, welcher Handlungsablauf ([ABCD] oder [DABC]) zuerst an zwei Testszenarien angewendet werden soll. Die Ermittlung der Testszenarien erfolgte ebenfalls per Zufall (ziehen von entsprechend beschrifteten Karten). Anschließend wurden für die Anwendung des anderen Handlungsablaufes wieder zwei Testszenarien per Zufall ermittelt. Die Testszenarien wurden den Teilnehmern nicht genannt. Alle Testabläufe, pro Team insgesamt vier, wurden nacheinander absolviert. Zwischen den Testabläufen mussten sich die Teilnehmer vor verschlossener Tür des Testraumes aufhalten, um jeweils nur auf Aufforderung den Testraum zu betreten.

Bei Aufforderung an die Teilnehmer den Raum zu betreten, wurde die digitale Videoaufnahme zur späteren Auswertung eingeschaltet. Die Beendigung des Testablaufes erfolgte durch den Studienleiter zu einem definierten Zeitpunkt oder bei Verletzung des Handlungsablaufes. Anschließend wurden die Teilnehmer wiederum gebeten, kurz vor der verschlossenen Tür des Testraumes zu warten, um das nächste ausgewählte Testszenario vorzubereiten. Die Teilnehmer bekamen während der Testabläufe keine Rückmeldung über Richtigkeit ihrer Befunde und/oder Therapiemaßnahmen.

Während der Testabläufe überwachte der Studienleiter die Korrektheit der Patientensimulation und die Einhaltung der Handlungsabläufe. Zum Ausschluss eines Testablaufes führten eine fehlerhafte Simulation des Testszenarios, eine fehlerhafte Dokumentation der Daten, die Verletzung eines Handlungsablaufes sowie eine fehlende Befundmitteilung.

3.7 Datenerhebung

Folgende Zeitpunkte wurden als primäre Endpunkte bei vorliegender Studie festgelegt: Erhebung und Mitteilung eines Befundes bezüglich Bewusstsein, Atemwege, Atemfunktion, Herz-Kreislauffunktion, Herzrhythmusanalyse sowie Einleitung einer Therapie bezüglich Atemwege, Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion. Untergeordnete Maßnahmen und Befunde wurden als sekundäre Endpunkte wie folgt ausgewählt: Setzen des Schmerzreizes, Überstrecken des Kopfes, Überprüfung der Atemwege ggf. inklusive Laryngoskopie,

Überprüfung der Atemfunktion, Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion, Aufkleben der Elektroden sowie Durchführung der Herz-Rhythmusanalyse.

Als Startpunkt der Zeitmessung wurde das Absetzen des Notfallkoffers am Boden neben dem Patienten definiert. Es wurde die Dauer (in Sekunden) ab Startzeit bis zur Mitteilung eines Befundes und / oder Durchführung einer Maßnahme gemessen. Um den Befund Bewusstseins zu stellen, wurde das Setzen eines Schmerzreizes am Thorax und / oder Nasenscheidewand und die dazu entsprechende Befundmitteilung gewertet.

Im Rahmen der Befunderhebung zur Atemfunktion wurde als richtige Technik bewertet, wenn die in den derzeit gültigen Leitlinien empfohlene Technik, durch Hören der Atemgeräusche an Mund / Nase, Fühlen des Luftstroms an der eigenen Wange und Beobachten der Thoraxexkursion, angewandt wurde. Abweichende Techniken wie zusätzliches Fühlen der Atembewegung auf dem Epigastrium wurden ebenfalls als korrekt bewertet.

Zur Erfüllung des korrekten Handlungsablaufes waren leitlinienkonform die zwei Initialbeatmungen vor der Herz-Kreislaufkontrolle erforderlich. Das fehlende Überstrecken des Kopfes war kein Abbruchkriterium, da diese Maßnahme für den konsekutiven Handlungsablauf keine Relevanz hatte. Gemessen wurden die Zeitpunkte der korrekt durchgeführten Maßnahmen und die entsprechende Befundmitteilung zur Atemfunktion.

Zur Befunderhebung der Herz-Kreislauffunktion musste eine Mitteilung zur Überprüfung des Pulses erfolgen. Als korrekte Technik wurde die, nach wie vor für medizinisches Personal gültige Empfehlung der Pulskontrolle an der Arteria carotis gewertet (siehe Kap. 2.2.2). Mit der akustischen Mitteilung des AED „Schock empfohlen“ oder „kein Schock empfohlen“ galt die Herzrhythmusanalyse als durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden folgende Zeitpunkte dokumentiert: AED eingeschaltet, Klebeelektroden auf Brustwand platziert und Analyse am AED aktiviert.

Für das Testszenario VF hatte als adäquate Therapie die Defibrillation und eine anschließende Beatmung und Thoraxkompression zu erfolgen. Als korrekte Therapie für das Testszenario ASYS wurde die Beatmung und Thoraxkompression gewertet. Für das Testszenario BEW wurde als relevanter Therapieschritt die Einlage des Guedeltubus definiert. Für das Testszenario BOL war die indizierte therapeutische Maßnahme die korrekte Laryngoskopie und Bolusentfernung mit anschließender effektiver Maskenbeatmung.

Fehldiagnosen bei richtiger Anwendung des Handlungsablaufes führten nicht zum Abbruch des Testablaufes.

Zur Erhebung der Daten wurde ein standardisiertes Dokumentationsprotokoll (siehe Anhang) entworfen. Anhand der digitalen audio-visuellen Videoaufzeichnung konnten alle erfolgten Maßnahmen und von den Teilnehmern kommunizierten Befunde nach Durchführung der Testabläufe erfasst und in das Dokumentationsprotokoll eingetragen werden. Zur Erfassung der relevanten Zeitpunkte wurde die automatische Zeitspur der digitalen Aufzeichnung verwendet. Somit wurde das Risiko einer falschen Zeitmessung mittels Stoppuhr, die während des Testablaufes manuell bedient worden wäre, ausgeschlossen. Anhand des Dokumentationsprotokolls wurden alle dokumentierten Parameter in eine Excel-Datenbank (Microsoft Corporation, Redmond, WA/USA) übertragen.

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisüberblick

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse im Überblick dargestellt und in den anschließenden Kapiteln detailliert beschrieben.

Insgesamt haben an vorliegender Studie 108 Personen des medizinischen Fach- und Hilfspersonals der verschiedenen Hilfsorganisationen und Feuerwehren teilgenommen. Daraus ergaben sich 54 Teams, welche jeweils 4 Testabläufe absolvierten. Daraus resultierte eine Gesamtanzahl von 216 Testabläufen. In Kapitel 3.6.1 sind die verschiedenen Qualifikationsstufen der Teilnehmer dargestellt. Aus der Gruppe von Rettungsassistenten haben 16, von Rettungsassistenten in Ausbildung 25, von anerkannten Rettungsassistenten und Rettungsassistenten 55 und von Rettungsdienst Helfern 12 teilgenommen.

Von insgesamt 216 durchgeführten Testabläufen wurden 44 aufgrund einer Handlungsablaufverletzung oder fehlenden Datendokumentation ausgeschlossen, so dass endgültig 172 Testabläufe (79,6%) in die Auswertung eingegangen sind. Eine fehlerhafte Simulation der Testszenarien fand nie statt.

Gründe für den Ausschluss werden detailliert in Kapitel 4.3 dargestellt. Handlungsablauf [ABCD] wurde 84mal korrekt und 24mal nicht korrekt angewendet.

Die drei häufigsten Gründe für einen Ausschluss aus der Wertung waren, dass die AED-Analyse vor der Prüfung der Herz-Kreislauffunktion durchgeführt wurde, keine Befundmitteilung zur Atemfunktion erfolgte und keine zwei Initialbeatmungen durchgeführt wurden.

Handlungsablauf [DABC] wurde 88-mal korrekt und 20-mal nicht korrekt angewendet. Die drei häufigsten Gründe hier waren, dass keine Befundmitteilung zur Atemfunktion erfolgte, die Prüfung zur Atemfunktion vor der AED-Analyse durchgeführt wurde und keine Befundmitteilung zur Herz-Kreislauffunktion erfolgte.

Evaluiert wurden alle definierten Zeitparameter (siehe Kap. 3.7) bei Anwendung der Handlungsabläufe [ABCD] und [DABC] an den simulierten Testszenarien (Kap. 4.4 und Kap. 4.5).

Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen die einzelnen Zeitintervalle im Median (Sekunden) bis zur Befunderhebung bzw. Durchführung therapeutischer Schritte für alle Testszenarien bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC].

In Tabelle 6 ist dabei für jedes Testszenario das Zeitintervall bis zur Befunderhebung (vgl. Spalte 1) bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] dem Zeitintervall bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] gegenübergestellt. Zusätzlich ist die Anzahl (n) für jeden Befund bzw. jedes Ergebnis angegeben. Die unterschiedliche Anzahl (n) innerhalb eines Testszenarios und Handlungsablaufes ergibt sich aus der Tatsache, dass die Erhebung aller Befunde nicht immer indiziert ist, wie beispielsweise die Durchführung einer AED-Analyse bei Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW) bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] (vgl. Spalte 8, Zeile 5).

Tabelle 6: Übersicht Zeitintervall bis zur Befunderhebung bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC]

Alle Angaben = Zeitintervall im Median in Sekunden, () = Anzahl n

Parameter	VF		ASYS		BOL		BEW	
	ABCD	DABC	ABCD	DABC	ABCD	DABC	ABCD	DABC
Befundmitteilung Bewusstsein	6 (24)	6 (15)	7 (13)	6 (25)	7 (18)	6 (22)	7 (29)	5 (26)
Befundmitteilung Atemfunktion	16 (24)	64 (15)	17 (13)	38 (25)	18 (18)	37 (22)	15 (29)	37 (26)
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	37 (24)	81 (15)	41 (13)	57 (25)	64 (18)	83 (22)	28 (29)	49 (26)
Ergebnis Analyse AED	50 (24)	26 (15)	54 (13)	27 (25)	70 (11)	26 (22)	51 (4)	27 (26)

Im Vergleich der zwei Handlungsabläufe für das Testszenario VF (Kammerflimmern) betrug die Differenz der Mediane für den Zeitpunkt der Befunderhebung zur Atemfunktion 48 Sekunden, für die Herz-Kreislauffunktion 44 Sekunden. Für das Testszenario ASYS (Asystolie) ergaben sich im Vergleich Differenzen von 21 Sekunden für Erhebung zur Atemfunktion und 16 Sekunden für die Erhebung zur Herz-Kreislauffunktion.

Den gleichen Zusammenhang zeigt Tabelle 7 für die Durchführung therapeutischer Maßnahmen. Dabei ist für jedes Testszenario das Zeitintervall bis zum Beginn einer therapeutischen Maßnahme (vgl. Spalte 1) bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] dem Zeitintervall bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] gegenübergestellt. Zusätzlich ist die Anzahl (n) für jede therapeutische Maßnahme angegeben. Nicht eingeschlossen in der Tabelle sind Maßnahmen, welche durchgeführt wurden aber nicht indiziert waren (siehe Kap. 4.4. und Kap. 4.5). Die unterschiedliche Anzahl innerhalb der Testszenarien und der Handlungsabläufe ergibt sich aus der Tatsache, dass Testabläufe mit Fehldiagnosen in die Wertung eingeschlossen wurden. Daher wurden auch potentiell andere therapeutische Maßnahmen durchgeführt, als für den einzelnen Handlungsablauf bzw. das Testszenario vorgesehen waren.

Tabelle 7: Übersicht Zeitintervall bis zur Durchführung therapeutischer Maßnahmen bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC]

Alle Angaben = Zeitintervall im Median in Sekunden, () = Anzahl n

Parameter	VF		ASYS		BOL		BEW	
	ABCD	DABC	ABCD	DABC	ABCD	DABC	ABCD	DABC
2 Initialbeatmungen	23 (24)	69 (9)	24 (13)	42 (20)	23 (17)	43 (22)		
Einlegen Guedeltubus							38 (27)	54 (24)
Bolusentfernung					47 (14)	65 (20)		
Beatmung nach Bolusentfernung					79 (8)	91 (13)		
Erste Defibrillation	62 (24)	39 (15)						
1. Thoraxkompression	91 (24)	87 (15)	70 (12)	67 (25)				

Im Vergleich der zwei Handlungsabläufe für das Testszenario VF (Kammerflimmern) betrug die Differenz der Mediane für den Zeitpunkt der ersten Defibrillation und damit die Einleitung erster therapeutischer Maßnahmen 23 Sekunden. Die Differenz der Mediane für den Zeitpunkt der Einleitung der Therapiemaßnahme Thoraxkompression betrug 3 Sekunden. Im Vergleich des Testszenarios BOL (Bolus) wurde die geforderte Therapiemaßnahme „Beatmung nach Bolusentfernung“ bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] bei 79 Sekunden versus 91 Sekunden bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] durchgeführt. Die Therapiemaßnahme bei Testszenario BEW (Bewusstlosigkeit), entsprechend „Einlegen des Guedeltubus“, erfolgte bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] bei 38 Sekunden und bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] bei 54 Sekunden.

In 92,7% der Fälle wurde der richtige Befund zur Atem- und Herz-Kreislauffunktion erhoben. Der niedrigste Anteil korrekt erhobener Befunde betraf bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] mit 69,4% das Testszenario Bolus (BOL) und bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] mit 79,5% ebenfalls das Testszenario Bolus (BOL) (siehe Kap. 4.6).

4.2 Teilnehmer

Von den teilnehmenden Organisationen wurden zwischen 6 und 19 Teams gestellt. Dabei machten die Feuerwehren mit rund 70% den Hauptanteil der Teilnehmer aus. Tabelle 8 zeigt in detaillierter Übersicht die Anzahl und den Anteil der teilnehmenden Organisationen.

Tabelle 8: Teilnehmende Hilfsorganisationen und Feuerwehren

Hilfsorganisation / Feuerwehr	Teilnehmer (n=108)	Teams (n=54)	Anteil (%)
Berufsfeuerwehr München (BFM)	38	19	35,2
Berufsfeuerwehr Augsburg (BFA)	20	10	18,5
Feuerwehr des Flughafen München (FFM)	18	9	16,7
Bayerisches Rotes Kreuz, Kreisverband Ostallgäu, Bereitschaft Pfronten (BRK)	20	10	18,5
Malteser Hilfsdienst, München – Taufkirchen (MHD)	12	6	11,1

Im gesamten Teilnehmerkollektiv lag der Anteil der Frauen bei 4% und der der Männer bei 96%. Der Altersmedian aller Teilnehmer betrug 28 Jahre, wobei der jüngste Teilnehmer 18 Jahre und der älteste 53 Jahre alt war. Abbildung 15 zeigt die Altersverteilung der teilnehmenden Rettungsdiensmitarbeiter.

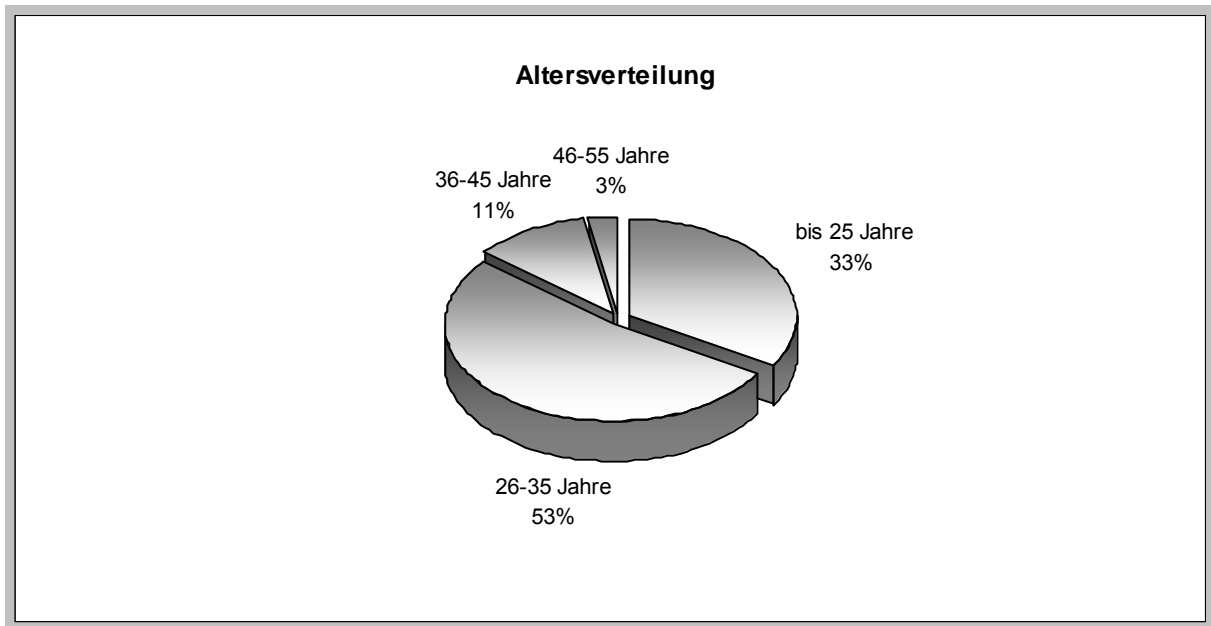


Abbildung 15: Altersverteilung der Teilnehmer

Tabelle 9 zeigt das Teilnehmerkollektiv hinsichtlich der einzelnen Qualifikationen.

Tabelle 9: Qualifikation der Teilnehmer

Qualifikation	Teilnehmer (n=108)	Anteil (%)
Rettungsassistent examiniert (RA exam.)	16	14,8
Rettungsassistent in Ausbildung (RA iA)	25	23,1
Rettungsassistent anerkannt und Rettungssanitäter (RA und RS)	55	50,9
Rettungsdiensthelfer (RDH)	12	11,1

Die Teilnehmer waren im Bereich Rettungsdienst (n=65), First-Responder/Helfer-vor-Ort (n=69) und im Sanitätsdienst (n=13) tätig. Mehrfachnennungen waren erlaubt.

Die Dauer der Tätigkeit betrug im Median 3 Jahre (Minimum = 1 Jahr; Maximum = 36 Jahre). Alle Teilnehmer hatten zum Erhebungszeitpunkt innerhalb der letzten 24 Monate eine spezifische Trainingsmaßnahme im Sinne einer Frühdefibrillationsausbildungs-/Reanimationstrainingsmaßnahme erfahren und damit die Einschlusskriterien erfüllt (siehe Kap. 3.6.1). Im Median betrug die Dauer seit dem letzten Training 4 Monate. Das kürzeste Zeitintervall war 1 Monat, das längste 16 Monate.

4.3 Ausschluss von Testabläufen

Insgesamt wurden 216 Testabläufe durchgeführt. Unter Anwendung beider Handlungsabläufe absolvierten 54 Teams diese 216 Testabläufe anhand von vier der möglichen Testszenarien. Von den 216 Testabläufen mussten aufgrund der definierten Kriterien 44 ausgeschlossen werden, so dass endgültig 172 (79,6%) in die Auswertung eingegangen sind.

Ausschlusskriterien waren eine fehlerhafte Simulation (n=0), eine fehlende Datendokumentation (n=1), eine fehlende Befundmitteilung (n=15) sowie die Verletzung eines Handlungsablaufes (n=28).

Die einzelnen Arbeitsschritte als festgelegte sekundäre Endpunkte (siehe Kap. 3.7) wie Setzen des Schmerzreizes, Überstrecken des Kopfes, Überprüfung der Atemwege ggf. inklusive Laryngoskopie, Überprüfung der Atemfunktion, Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion, Aufkleben der Elektroden sowie Durchführung der Herz-Rhythmusanalyse wurden zur Dedektion spezifischer Probleme bzw. Verzögerungen dokumentiert. Die Ergebnisse wurden jedoch als Endpunkte der Untersuchung nicht weiter gewertet, da sich dadurch keine zusätzlichen relevanten Ergebnisse ergaben (siehe Kap. 5.1.7).

Tabelle 10 zeigt als Übersicht die Anzahl der gewerteten bzw. ausgeschlossenen Testabläufe bei Anwendung der Handlungsabläufe für alle vier möglichen Testszenarien. Dabei ist in Spalte zwei die Gesamtanzahl der gewerteten den ausgeschlossenen Testabläufen gegenübergestellt. Zusätzlich ist die Anzahl der gewerteten bzw. ausgeschlossenen Testabläufe aufgeteilt nach Handlungsabläufen in den Spalten drei und vier dargestellt. In der Anzahl der ausgeschlossenen Testabläufe sind jeweils die fehlenden Befundmitteilungen sowie die Verletzungen eines Handlungsablaufes zusammengefasst.

Die einzig fehlende Datendokumentation (n=1) passierte bei Handlungsablauf [ABCD] und Testszenario Asystolie (ASYS).

Tabelle 10: Gewertete vs. ausgeschlossene Testabläufe bei Anwendung der Handlungsabläufe

Test-szenario	Handlungsabläufe gesamt gewertet/ausgeschlossen (n=172/44)	Anwendung Handlungsablauf [ABCD] gewertet/ausgeschlossen (n=84/24)	Anwendung Handlungsablauf [DABC] gewertet/ausgeschlossen (n=88/20)
VF	39/12	24/7	15/5
ASYS	38/16	13/10	25/6
BOL	40/9	18/6	22/3
BEW	55/7	29/1	26/6

Die größte Anzahl an Ausschlussgründen unabhängig von Anwendung des jeweiligen Handlungsablaufes zeigt sich bei Testszenario ASYS mit n=16, gefolgt von Testszenario VF mit n=12, Testszenario BOL mit n=9 und Testszenario BEW mit n=7. Die Anwendung von

Handlungsablauf [ABCD] stellt mit 24 ausgeschlossenen Testabläufen einen etwas größeren Anteil gegenüber der Anwendung von Handlungsablauf [DABC] (n=20) dar.

Tabelle 11 zeigt im Detail die verschiedenen Ursachen in absteigender Reihenfolge, die zu einem Ausschluss aus der Wertung führten. Zusätzlich ist in der Tabelle neben der Anzahl der einzelnen Ursachen der entsprechende Anteil bezogen auf die Gesamtzahl ausgeschlossener Testabläufe, unabhängig welcher Handlungsablauf angewendet oder welches Testszenario simuliert wurde, dargestellt.

Tabelle 11: Ursachen, die zum Ausschluss führten (unabhängig von Anwendung des Handlungsablaufes und des Testszenarios)

Ursachen	Anzahl (n=44)	Anteil (%)
Keine Befundmitteilung Atemfunktion	10	22,7
Keine 2 Initialbeatmungen durchgeführt	6	13,6
AED-Analyse vor Prüfung Herz-Kreislauffunktion [ABCD]*	6	13,6
Prüfung der Atemfunktion vor AED-Analyse [DABC]**	5	11,4
Keine Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	4	9,1
Prüfung Herz-Kreislauffunktion vor Prüfung Atemfunktion	4	9,1
2 Initialbeatmungen nach Prüfung Herz-Kreislauffunktion	3	6,8
2 Initialbeatmungen ohne Prüfung Atemfunktion	2	4,5
Keine Befundmitteilung Bewusstseinsituation	1	2,3
AED-Analyse vor Prüfung Atemfunktion [ABCD]*	1	2,3
Keine AED-Analyse durchgeführt	1	2,3
Fehlende Datendokumentation	1	2,3

* falsche Reihenfolge für Handlungsablauf [ABCD]

** falsche Reihenfolge für Handlungsablauf [DABC]

In Tabelle 12 und Tabelle 13 sind die Ursachen, die bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] zum Ausschluss führten, dargestellt. In Tabelle 10 sind bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] für jede Ursache dabei die Testszenarien, in denen dies vorkam, aufgelistet. Zusätzlich ist in der Tabelle neben der Anzahl der einzelnen Ursachen der entsprechende Anteil bezogen auf die Gesamtzahl ausgeschlossener Testabläufe bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] wiedergegeben.

Tabelle 12: Ursachen, die zum Ausschluss führten bei Anwendung des Handlungsablaufes [ABCD]

Ursachen	TestszENARIO	Anzahl (n=24)	Anteil (%)
AED-Analyse vor Prüfung Herz-Kreislauffunktion	ASYS, BOL, BEW	6	25,0
Keine 2 Initialbeatmungen durchgeführt	VF, ASYS	5	20,8
Keine Befundmitteilung zur Atemfunktion	VF, ASYS	5	20,8
2 Initialbeatmungen ohne Prüfung Atemfunktion	VF, BOL	2	8,3
2 Initialbeatmungen nach Prüfung Herz-Kreislauffunktion	VF, ASYS	2	8,3
AED-Analyse vor Prüfung Atemfunktion	BOL	1	4,2
Prüfung Herz-Kreislauffunktion vor Prüfung Atemfunktion	ASYS	1	4,2
Keine AED-Analyse durchgeführt	ASYS	1	4,2
Fehlende Datendokumentation	ASYS	1	4,2

Von den insgesamt 24 Ursachen, die zum Ausschluss des Handlungsablauf [ABCD] geführt haben, war die AED-Analyse vor Befunderhebung bzw. Prüfung der Herz-Kreislauffunktion mit Abstand die häufigste Ausschlussursache, und machte insgesamt $\frac{1}{4}$ aller Ausschlussursachen aus.

Die fehlende Befundmitteilung zur Atemfunktion und die fehlende Durchführung von zwei Initialbeatmungen machten mit jeweils 20,8% ebenfalls einen großen Anteil an der Gesamtzahl der Ausschlussursachen aus.

Tabelle 13 stellt den gleichen Zusammenhang für den Handlungsablauf [DABC] dar. Dargestellt sind jeweils die Anzahl der einzelnen Ausschlussursachen und der Anteil bezogen auf die Gesamtzahl der ausgeschlossenen Testabläufe und in Gegenüberstellung die entsprechenden Testszenerien, in denen dies verursacht wurde.

Tabelle 13: Ursachen, die zum Ausschluss führten bei Anwendung des Handlungsablaufes [DABC]

Ursachen	TestszENARIO	Anzahl (n=20)	Anteil (%)
Keine Befundmitteilung zur Atemfunktion	VF, ASYS, BEW	5	25,0
Prüfung Atemfunktion vor AED-Analyse	BOL, BEW	5	25,0
Keine Befundmitteilung zur Herz-Kreislauffunktion	VF, ASYS	4	20,0
Prüfung Herz-Kreislauffunktion vor Prüfung Atemfunktion	VF, ASYS, BEW	3	15,0
Keine 2 Initialbeatmungen durchgeführt	ASYS	1	5,0
Keine Befundmitteilung Bewusstseinsituation	BEW	1	5,0
2 Initialbeatmungen nach Prüfung Herz-Kreislauffunktion	BOL	1	5,0

Von den insgesamt 20 ausgeschlossenen Testabläufe bei der Anwendung des Handlungsablaufs [DABC], machten die fehlenden Befundmitteilungen zur Atemfunktion (25% der Fälle), zur Herz-Kreislauffunktion (20% der Fälle) und zur Bewusstseinsituation (5% der Fälle) zusammen die Hälfte aller Ursachen aus.

In Tabelle 14 wird die Qualifikation der Teilnehmer den fehlerfreien Testabläufen gegenübergestellt. Es soll untersucht werden, ob die Qualifikation der Teilnehmer einen Einfluss auf die fehlerlose Durchführung der Testabläufe hat. Als Kriterium für die Bewertung wurde die Qualifikation des Teamleiters herangezogen. Dargestellt sind in der Tabelle neben der Qualifikation und Anzahl der Teamleiter (vgl. Spalte 1 und 2) die Anzahl der fehlerfreien Testabläufe (vgl. Spalte 4) und dem Anteil derer an der Gesamtzahl der absolvierten Testabläufe (vgl. Spalte 5).

Tabelle 14: Gegenüberstellung Qualifikation Teamleiter vs. fehlerlose Durchführung der Testabläufe

Qualifikation Teamleiter	Teamleiter (n=54)	Testabläufe (n=216)	Fehlerfreie Testabläufe (n=172)	Anteil fehlerfreier von absolvierten Testabläufe (%)
Rettungsassistent examiniert	12	48	34	70,8
Rettungsassistent in Ausbildung	12	48	36	75,0
Rettungsassistent anerkannt und Rettungssanitäter	26	104	89	85,6
Rettungsdiensthelfer	4	16	13	81,3

Der Anteil fehlerfreier Testabläufe liegt für alle Qualifikationsstufen zwischen rund 70% und 86%, wobei sich zeigt, dass die vollausgebildeten examinierten Rettungsassistenten einen höheren Anteil fehlerhafter Testabläufe hatten, als die übrigen geringer qualifizierten Teilnehmer.

Im Folgenden wird untersucht, ob der zeitliche Abstand zur letzten spezifischen Trainingsmaßnahme einer Frühdefibrillationsausbildung bzw. eines Reanimationstrainings Einfluss hat auf die fehlerlose Durchführung der Testabläufe. Als Bewertungskriterium wurde die Qualifikation des Teamleiters herangezogen. Dabei ist das Zeitintervall seit der letzten Ausbildung in zwei Zeitspannen von 1-6 und 7-24 Monaten aufgeteilt (vgl. Spalte 1). In Tabelle 15 wird die spezifische Trainingsmaßnahme der Teamleiter der Anzahl und dem Anteil fehlerfreier Testabläufe gegenübergestellt (vgl. Spalte 4 und 5).

Tabelle 15: Gegenüberstellung spezifische Trainingsmaßnahme der Teamleiter vs. fehlerlose Testabläufe

Spezifische Trainingsmaßnahme (Frühdefibrillations-/AED-, Reanimationstraining)	Teamleiter (n=54)	Testabläufe (n=216)	fehlerfreie Testabläufe (n=172)	Anteil fehlerfreier von absolvierten Testabläufen (%)
letztes Training innerhalb von 6 Monaten	37	148	118	79,7
letztes Training innerhalb von 7 bis 24 Monaten	17	68	54	79,4

Es zeigt sich, dass kein Zusammenhang für die fehlerfreie Durchführung bestand, wenn die Trainingsmaßnahme innerhalb der letzten 6 Monate oder zwischen 7 und 24 Monaten absolviert wurde. Insgesamt lag der Anteil fehlerfrei absolvierter Testabläufe für beide Gruppen bei rund 80%.

4.4 Handlungsabläufe

Die Ergebnisse für die zwei unterschiedlichen Handlungsabläufe [ABCD] und [DABC] zur Anwendung am bewusstlosen Notfallpatient werden im Folgenden anhand verschiedener Testszenarien wiedergegeben (siehe Kap. 3.2). Dabei werden die Ergebnisse für den einzelnen Handlungsablauf detailliert dargestellt, unabhängig vom simulierten Testszenario (siehe Kap. 3.4). Die Werte (in Sekunden) sind im Median ermittelt worden.

4.4.1 Handlungsablauf [ABCD]

Tabelle 16 zeigt für Handlungsablauf [ABCD], der sich an den derzeit gültigen Leitlinien orientiert, die einzelnen Zeitintervalle bis zur jeweiligen Befunderhebung. Die Ergebnisse sind für die Anwendung von Handlungsablauf [ABCD], unabhängig davon welches Testszenario simuliert wurde, dargestellt. Die einzelnen Zeitpunkte sind in konsekutiver

Reihenfolge nach Schema des Handlungsablaufes zur Befunderhebung geordnet (vgl. Spalte 1). In Spalte 2 und 3 ist die Anzahl wie häufig eine Einzelmaßnahme durchgeführt wurde sowie das Zeitintervall bis zur Durchführung der Maßnahmen bzw. Befundmitteilungen in Sekunden im Median gegenübergestellt. Zusätzlich sind die Minimal- bzw. Maximalwerte (vgl. Spalte 4) für jede Maßnahme aufgeführt.

Die unterschiedlichen Fallzahlen bestimmter Maßnahmen wie die zwei Initialbeatmungen und die Durchführung der AED-Analyse ergeben sich aus der Tatsache, dass in dieser Tabelle alle vier Testszenarien bezogen auf die Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] dargestellt sind. Für das Testszenario BEW waren diese Maßnahmen nicht durchzuführen. Die unterschiedliche Anzahl ergibt sich daraus, dass diese Maßnahmen obwohl nicht indiziert dennoch zum Teil durchgeführt wurden. Dies entsprach keiner Verletzung des Handlungsablaufes und führte nicht zum Ausschluss des Testablaufes, war jedoch eine unnötige Maßnahme.

Tabelle 16: Anwendung [ABCD] Befunderhebung unabhängig vom Testszenario

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	Anzahl (n=84)	Zeitintervall	[Min;Max]
Schmerzreiz setzen	84	3	[1;8]
Befundmitteilung Bewusstsein	84	6	[3;11]
Kopf überstrecken	84	11	[5;21]
Sehen, hören, fühlen	84	11	[6;22]
Befundmitteilung Atemfunktion	84	16	[9;33]
Carotispuls tasten	84	28	[11;90]
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	84	38	[14;118]
Elektroden aufkleben	77	25	[9;52]
Analyse drücken	52	42	[26;119]
Ergebnis Analyse AED	52	52	[36;129]

Die Befunde zu Bewusstsein, Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion sowie die Analyse des AED werden bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] alle im Median innerhalb von einer Minute erhoben. Es ergaben sich zum Teil große Spannweiten für die Zeitintervalle wie beispielsweise bei der Befundmitteilung zur Herz-Kreislauffunktion mit 14 bis 118 Sekunden.

Den gleichen Zusammenhang zeigt Tabelle 17 für die Zeitintervalle im Median bis zum Beginn der einzelnen therapeutischen Maßnahmen bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD]. Im Gegensatz zu den diagnostischen Maßnahmen waren nicht immer alle therapeutischen Maßnahmen indiziert. Deshalb wurde neben den entsprechenden therapeutischen Maßnahmen das jeweilige Testszenario, in denen sie indiziert gewesen wären, dargestellt. Neben Anzahl und Zeitintervall bis zur Durchführung einer Maßnahme (vgl. Spalte 3 und 4), sind zusätzlich die Minimal- bzw. Maximalwerte (Min/Max) angegeben. Von insgesamt 84 Testabläufen bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] waren n=24 mit Kammerflimmern (VF), n=13 mit Asystolie (ASYS), n=18 mit Bolus (BOL) und n=29 mit Bewusstlosigkeit (BEW) zu absolvieren. Daher ergibt sich eine unterschiedliche Anzahl der erforderlichen therapeutischen Maßnahmen (vgl. Spalte 2 und 3). In die Tabelle eingeschlossen sind auch Fehldiagnosen bei korrekter Anwendung des Handlungsablaufes. Daher ergeben sich auch unterschiedliche Fallzahlen wie beispielsweise in Spalte 3, Zeile 3 und 4 bei Simulation des Testszenarios BOL. Hier wurde der Bolus korrekt entfernt, aber eine falsch negative Diagnose zur Herz-Kreislauffunktion erhoben und konsekutiv eine Thoraxkompression durchgeführt (n=6). Der gleiche Zusammenhang bezüglich unterschiedlicher Fallzahlen aufgrund der Erhebung von Fehldiagnosen zeigt sich für die Anzahl durchgeführter Defibrillationen und Thoraxkompressionen (vgl. Spalte 3, Zeile 6 und 7).

Tabelle 17: Zeitintervall bis Beginn einzelner therapeutischer Maßnahmen für Handlungsablauf [ABCD]

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	Testszenario	Anzahl (n)	Zeitintervall	[Min;Max]
2 Initialbeatmungen	VF, ASYS, BOL	58	23	[14;39]
Bolusentfernung	BOL	14	47	[30;98]
Beatmung nach Bolusentfernung	BOL	8	79	[54;133]
Einlegen Guedeltubus	BEW	30	38	[20;137]
Erste Defibrillation	VF	24	62	[52;88]
Erste Thoraxkompression	VF, ASYS	45	86	[53;125]

Betrachtet man die Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] unabhängig vom Testszenario, dauerte es im Median bei Anwendung dieses Handlungsablaufes eine Minute (62 Sek.) bis zur Durchführung der ersten Defibrillation und fast eineinhalb Minuten (86 Sek.) bis zur ersten Thoraxkompression. Im Extremfall betrug das Zeitintervall bis zur Durchführung der ersten Thoraxkompression, dem Einlegen des Guedeltubus sowie der Beatmung nach Bolusentfernung über zwei Minuten.

4.4.2 Handlungsablauf [DABC]

Tabelle 18 zeigt für Handlungsablauf [DABC], bei welchem die Priorität auf die möglichst frühzeitige Herzrhythmusanalyse gesetzt wurde, die Zeitpunkte bis zur Befunderhebung bzw. bis zu einzelnen Maßnahmen im Rahmen der Befunderhebung. Die Ergebnisse sind für die Anwendung von Handlungsablauf [DABC], unabhängig davon welches Testszenario simuliert wurde, dargestellt. Die einzelnen Zeitpunkte sind in konsekutiver Reihenfolge nach Schema des Handlungsablaufes zur Befunderhebung geordnet (vgl. Spalte 1). In Spalte 2 und 3 sind die Anzahl der Einzelmaßnahmen und das Zeitintervall bis zur Durchführung der Maßnahmen bzw. Befundmitteilungen in Sekunden im Median gegenübergestellt. Zusätzlich sind die Minimal- bzw. Maximalwerte (vgl. Spalte 4) für jede Maßnahme aufgeführt.

Die unterschiedliche Fallzahl für die Maßnahme „Kopf überstrecken“ ergibt sich aus der Tatsache, dass ein fehlendes Überstrecken des Kopfes nicht als Verletzung des Handlungsablaufes gewertet wurde und damit der entsprechende Testablauf nicht aus der Wertung ausgeschlossen wurde (siehe Kap. 3.7).

Tabelle 18: Anwendung [DABC] Befunderhebung unabhängig vom Testszenario

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	Anzahl (n=88)	Zeitintervall	[Min;Max]
Schmerzreiz setzen	88	3	[2;8]
Befundmitteilung Bewusstsein	88	6	[3;14]
Elektroden aufkleben	88	14	[8;22]
Analyse drücken	88	16	[9;32]
Ergebnis Analyse AED	88	27	[20;43]
Kopf überstrecken	44	34	[23;63]
sehen, hören, fühlen	88	35	[23;83]
Befundmitteilung Atemfunktion	88	38	[26;86]
Carotispuls tasten	88	48,5	[25;181]
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	88	59,5	[30;191]

Die Befunde zu Bewusstsein, Atemfunktion, Herz-Kreislauffunktion und Analyse des AED werden bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] alle im Median innerhalb von einer Minute erhoben. Es ergaben sich Spannweiten beispielsweise bei der Befundmitteilung zur Herz-Kreislauffunktion von 30 bis 191 Sekunden. Das Zeitintervall bis zum Ergebnis der Analyse des AED betrug im Median bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] rund eine halbe Minute, mit einer Spannweite von 20 bis 43 Sekunden.

Tabelle 19 zeigt im Detail bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] die Zeitintervalle im Median in Sekunden bis zum Beginn der einzelnen therapeutischen Maßnahmen. In der Tabelle ist die einzelne therapeutische Maßnahme dem entsprechenden Testszenario, in welchem diese Maßnahme gefordert war, gegenübergestellt. Neben Anzahl und Zeitintervall bis zur Durchführung einer Maßnahme (vgl. Spalte 3 und 4), sind zusätzlich die Minimal- bzw. Maximalwerte (Min/Max) angegeben. Von insgesamt 88 Testabläufen bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] waren n=15 mit Kammerflimmern (VF), n=25 mit Asystolie (ASYS), n=22 mit Bolus (BOL) und n=26 mit Bewusstlosigkeit (BEW) zu absolvieren. Daher ergibt sich eine unterschiedliche Anzahl der erforderlichen therapeutischen Maßnahmen (vgl. Spalte 2 und 3). In die Tabelle eingeschlossen sind auch Fehldiagnosen bei korrekter Anwendung des Handlungsablaufes. Daher ergeben sich auch unterschiedliche Fallzahlen wie beispielsweise in Spalte 3, Zeile 3 und 4 bei Simulation des Testszenarios BOL. Hier wurde der Bolus zwar korrekt entfernt, aber eine falsch negative Diagnose zur Herz-Kreislauffunktion erhoben und konsekutiv eine Thoraxkompression durchgeführt (n=7). In zwei Fällen wurde ein Bolusgeschehen und die vorhandene Herz-Kreislauffunktion nicht erkannt, und eine Thoraxkompression durchgeführt. Der gleiche Zusammenhang bezüglich unterschiedlicher Fallzahlen aufgrund der Erhebung von Fehldiagnosen zeigt sich für die Anzahl durchgeführter Defibrillationen und Thoraxkompressionen (vgl. Spalte 3, Zeile 6 und 7).

Tabelle 19: Zeitintervall bis Beginn einzelner therapeutischer Maßnahmen für Handlungsablauf [DABC]

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	Testszenario	Anzahl	Zeitintervall	[Min;Max]
2 Initialbeatmungen	VF, ASYS, BOL	52	43	[34;90]
Bolusentfernung	BOL	20	65	[48;161]
Beatmung nach Bolusentfernung	BOL	13	91	[66;198]
Einlegen Guedeltubus	BEW	26	54,5	[36;121]
Erste Defibrillation	VF	15	39	[33;58]
Erste Thoraxkompression	VF,ASYS	49	74	[34;119]

Betrachtet man die Anwendung von Handlungsablauf [DABC] unabhängig vom Testszenario, dauerte es im Median bei Anwendung dieses Handlungsablaufes 39 Sekunden bis zur Durchführung der ersten Defibrillation und 74 Sekunden bis zur ersten Thoraxkompression. Im Extremfall betrug das Zeitintervall bis zur Durchführung der ersten Thoraxkompression rund zwei Minuten. Die Beatmung nach Bolusentfernung wurde im Median nach eineinhalb Minuten durchgeführt.

4.5 Testszenarien

Im Folgenden werden die Ergebnisse für die vier verschiedenen Testszenarien dargestellt und die Ergebnisse der einzelnen Maßnahmen bei Anwendung der beiden Handlungsabläufe [ABCD] und [DABC] verglichen.

4.5.1 Kammerflimmern (VF)

Im Rahmen des Testszenarios Kammerflimmern (VF) wurden unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] n=24 Testabläufe und bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] n=15 Testabläufe absolviert.

In Tabelle 20 sind alle durchgeführten Maßnahmen und erhobenen Befunde für das Testszenario Kammerflimmern (VF) aufgeführt (vgl. Spalte 1). In der Tabelle sind die Zeitparameter in Sekunden im Median bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] (vgl. Spalte 2) und Handlungsablauf [DABC] (vgl. Spalte 4) gegenübergestellt. Zusätzlich sind für beide Handlungsabläufe die Minimal- und Maximalwerte wiedergegeben (vgl. Spalte 3 und Spalte 5). Durch eine entsprechende Fußnote gekennzeichnet sind Maßnahmen, welche durch die Teilnehmer durchgeführt wurden, aber nicht im Sinne des Handlungsablaufes indiziert waren. Jeweils fett gedruckt sind die diagnostischen und therapeutischen Endpunkte der Untersuchung für dieses Testszenario.

Tabelle 20: Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario VF (Kammerflimmern)

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	[ABCD] (n=24)		[DABC] (n=15)	
	Zeitintervall	[Min;Max]	Zeitintervall	[Min;Max]
Schmerzreiz setzen	3	[2;7]	3	[2;8]
Befundmitteilung Bewusstsein	6	[4;10]	6	[3;10]
Kopf überstrecken	11	[7;20]	57	[52;63]
Sehen, hören, fühlen	11	[6;21]	59	[49;83]
Befundmitteilung Atemfunktion	16	[9;28]	64	[50;86]
2 Initialbeatmungen	23	[15;35]	69	[66;90]
Carotispuls tasten	29	[13;59]	74	[51;94]
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	37	[16;78]	81	[62;114]
Elektroden aufkleben	27	[10;46]	13	[10;18]
Analyse drücken	39	[27;66]	16	[12;32]
Ergebnis Analyse AED	50	[38;77]	26	[23;43]
Einlegen Guedeltubus				
Beatmung nach Bolusentfernung				
Laryngoskopie	40*	[40*;40*]		
Bolusentfernung				
Erste Defibrillation	62	[52;88]	39	[33;58]
Erste Thoraxkompression	91	[73;125]	87	[68;119]

* Maßnahme war nicht indiziert, wurde aber durchgeführt.

Das Zeitintervall bis zur Mitteilung des Befundes Atemfunktion betrug bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] im Median 16 Sekunden. Im Vergleich dazu dauerte es bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Median rund eine Minute (=64 Sekunden) bis zur Erhebung. Im Vergleich zur Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] der Befund zur Herz-Kreislauffunktion nach 81 vs. 37 Sekunden im Median erhoben. Das Ergebnis der Herzrhythmusanalyse durch den AED wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] 24 Sekunden früher als bei Handlungsablauf [ABCD] ermittelt.

Die erste Defibrillation und damit die erste Durchführung einer therapeutischen Maßnahme bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] wurde im Median nach 39 Sekunden durchgeführt. Im Vergleich dazu wurde die erste Defibrillation bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] im Median nach 62 Sekunden abgegeben. Die erste Thoraxkompression wurde bei Anwendung beider Handlungsabläufe nach einem Zeitintervall von rund 90 Sekunden im Median durchgeführt (Handlungsablauf [ABCD] 91 Sek. vs. Handlungsablauf [DABC] 87 Sek.).

Abbildung 16 illustriert entscheidende Zeitparameter im Vergleich der Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] für das Testszenario Kammerflimmern (VF), aufgetragen auf eine Zeitachse.

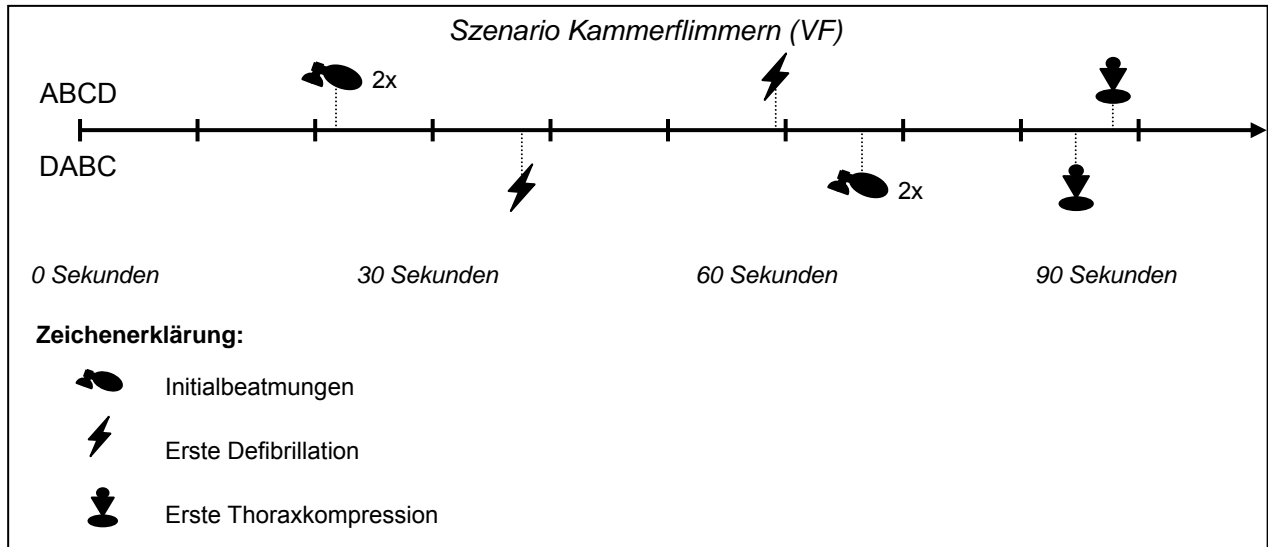


Abbildung 16: Kammerflimmern (VF)

4.5.2 Asystolie (ASYS)

Im Rahmen des Testszenarios Asystolie (ASYS) wurde unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] n=13 Testabläufe und unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] n=25 Testabläufe absolviert.

In Tabelle 21 sind alle durchgeführten Maßnahmen und erhobenen Befunde für das Testszenario Asystolie (ASYS) aufgezeigt (vgl. Spalte 1). In der Tabelle sind die Zeitparameter in Sekunden im Median bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] (vgl. Spalte 2) und Handlungsablauf [DABC] (vgl. Spalte 4) gegenübergestellt. Zusätzlich sind für beide Handlungsabläufe die Minimal- und Maximalwerte wiedergegeben (vgl. Spalte 3 und Spalte 5). Durch eine entsprechende Fußnote gekennzeichnet sind Maßnahmen, welche durch die Teilnehmer durchgeführt wurden, aber nicht im Sinne des Handlungsablaufes indiziert sind. Jeweils fett gedruckt sind die diagnostischen und therapeutischen Endpunkte der Untersuchung für dieses Testszenario.

Tabelle 21: Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario ASYS (Asystolie)

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	[ABCD] (n=13)		[DABC] (n=25)	
	Zeitintervall	[Min;Max]	Zeitintervall	[Min;Max]
Schmerzreiz setzen	4	[2; 8]	4	[2; 8]
Befundmitteilung Bewusstsein	7	[5; 11]	6	[4; 10]
Kopf überstrecken	11	[7; 21]	31	[23; 41]
Sehen, hören, fühlen	13	[7; 22]	34	[23; 44]
Befundmitteilung Atemfunktion	17	[9; 33]	38	[26; 48]
2 Initialbeatmungen	24	[16; 39]	42	[35; 54]
Carotispuls tasten	29	[21; 47]	47	[25; 76]
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	41	[29; 64]	57	[30; 83]
Elektroden aufkleben	24	[9; 44]	13	[8; 22]
Analyse drücken	43	[32; 67]	16	[9; 25]
Ergebnis Analyse AED	54	[43; 77]	27	[20; 36]
Einlegen Guedeltubus	62*	[62*; 62*]		
Beatmung nach Bolusentfernung	78*	[78*; 78*]		
Laryngoskopie			50*	[47*; 54*]
Bolusentfernung				
Erste Defibrillation				
Erste Thoraxkompression	70	[53; 96]	67	[34; 84]

* Maßnahme war nicht indiziert, wurde aber durchgeführt.

Der Befund Atemfunktion wurde unter Anwendung des Handlungsablaufes [ABCD] und Handlungsablaufes [DABC] nach 17 vs. 38 Sekunden und der Befund Herz-Kreislauffunktion nach 41 vs. 57 Sekunden im Median erhoben. Das Ergebnis der Analyse des AED wurde bei Anwendung des Handlungsablaufes [DABC] nach 27 Sekunden und bei Handlungsablauf [ABCD] nach 54 Sekunden ermittelt.

Die erste Thoraxkompression wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] im Median nahezu identisch nach einem Zeitintervall von 70 bzw. 67 Sekunden durchgeführt. Im Extremfall dauerte es bis zur Durchführung der ersten Thoraxkompression bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] 84 Sekunden und bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] 94 Sekunden.

Abbildung 17 illustriert entscheidende Zeitparameter im Vergleich der Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] für das Testszenario Asystolie (ASYS), aufgetragen auf eine Zeitachse.

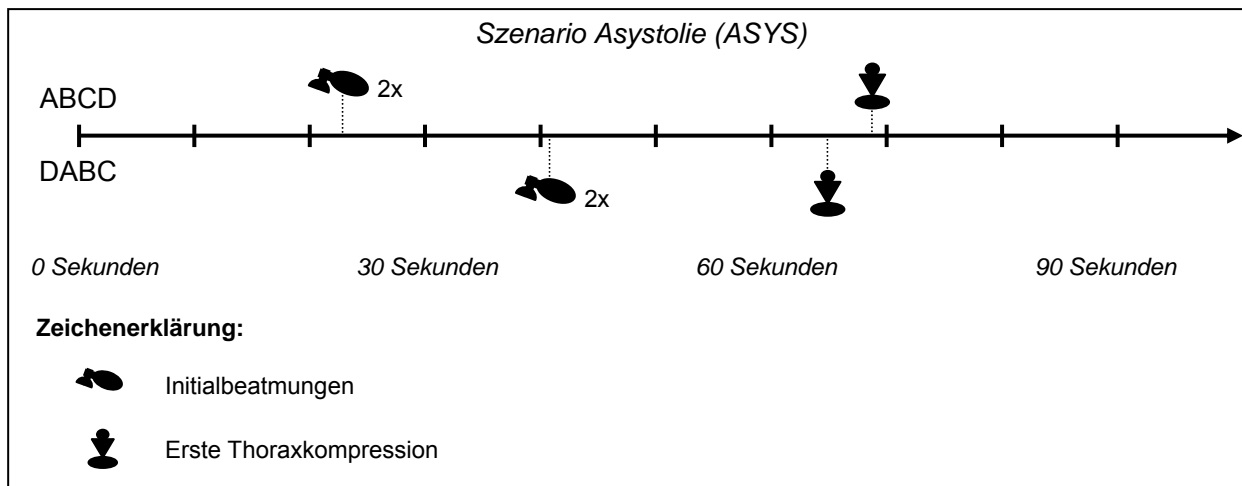


Abbildung 17: Asystolie (ASYS)

4.5.3 Bolus (BOL)

Im Rahmen des Testszenarios Bolus (BOL) wurden unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] n=18 Testabläufe und unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] n=22 Testabläufe absolviert.

Tabelle 22 zeigt alle durchgeführten Maßnahmen und erhobenen Befunde für das Testszenario Bolus (BOL) (vgl. Spalte 1). In der Tabelle sind die Zeitparameter in Sekunden im Median bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] (vgl. Spalte 2) und Handlungsablauf [DABC] (vgl. Spalte 4) gegenübergestellt. Zusätzlich sind für beide Handlungsabläufe die Minimal- und Maximalwerte wiedergegeben (vgl. Spalte 3 und Spalte 5). Durch eine entsprechende Fußnote gekennzeichnet sind Maßnahmen, welche durch die Teilnehmer durchgeführt wurden, aber nicht im Sinne des Handlungsablaufes indiziert sind. Für beide Handlungsabläufe gilt, dass nach den zwei ineffektiven Initialbeatmungen (vgl. Spalte 1, Zeile 7) die Bolusverlegung erkannt werden soll, anschließend die Laryngoskopie mit Bolusentfernung vor der Durchführung weiterer Maßnahmen erfolgen soll. Bei persistierender Apnoe sowie suffizienter Herz-Kreislauffunktion erfolgt als konsekutive Therapiemaßnahme die dann erfolgreich durchführbare „Beatmung nach Bolusentfernung“ (vgl. Spalte 1). Jeweils fett gedruckt sind die diagnostischen und therapeutischen Endpunkte der Untersuchung für dieses Testszenario.

Tabelle 22: Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario BOL (Bolus)

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	[ABCD] (n=18)		[DABC] (n=22)	
	Zeitintervall	[Min;Max]	Zeitintervall	[Min;Max]
Schmerzreiz setzen	3	[2;8]	4	[2;8]
Befundmitteilung Bewusstsein	7	[3;10]	6	[3;11]
Kopf überstrecken	10	[5;17]	32	[26;40]
Sehen, hören, fühlen	12	[6;19]	33	[27;47]
Befundmitteilung Atemfunktion	18	[10;23]	37	[29;51]
2 Initialbeatmungen (ineffektiv)	23	[14;34]	43	[34;57]
Carotispuls tasten	49	[23;90]	73	[31;81]
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	64	[36;118]	83	[34;191]
Elektroden aufkleben	23	[10;43]	13	[9;21]
Analyse drücken	60	[29;119]	16	[10;23]
Ergebnis Analyse AED	70	[39;129]	26	[21;34]
Einlegen Guedeltubus	92*	[55*;128*]	106*	[91*;121*]
Laryngoskopie	37	[23;90]	54	[41;132]
Bolusentfernung	47	[30;98]	65	[48;161]
Beatmung nach Bolusentfernung	79	[54;133]	91	[66;198]
Erste Defibrillation				
Erste Thoraxkompression	83*	[55*;149*]	86*	[40*;107*]

* Maßnahme war nicht indiziert, wurde aber durchgeführt.

Der Befund zur Herz-Kreislauffunktion wurde unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] im Median nach 64 Sekunden und unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Median nach 83 Sekunden erhoben. Die Ergebnisermittlung der Analyse des AED dauerte bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Median 26, bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] 70 Sekunden. Die erste effektive Beatmung nach Bolusentfernung wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] nach 79 vs. 91 Sekunden bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Median durchgeführt. Im Extremfall dauerte diese therapeutische Maßnahme bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] über zwei Minuten bzw. bei Handlungsablauf [DABC] über drei Minuten.

In Abbildung 18 sind entscheidende Zeitparameter im Vergleich der Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] für das Testszenario Bolus (BOL) aufgetragen auf eine Zeitachse.

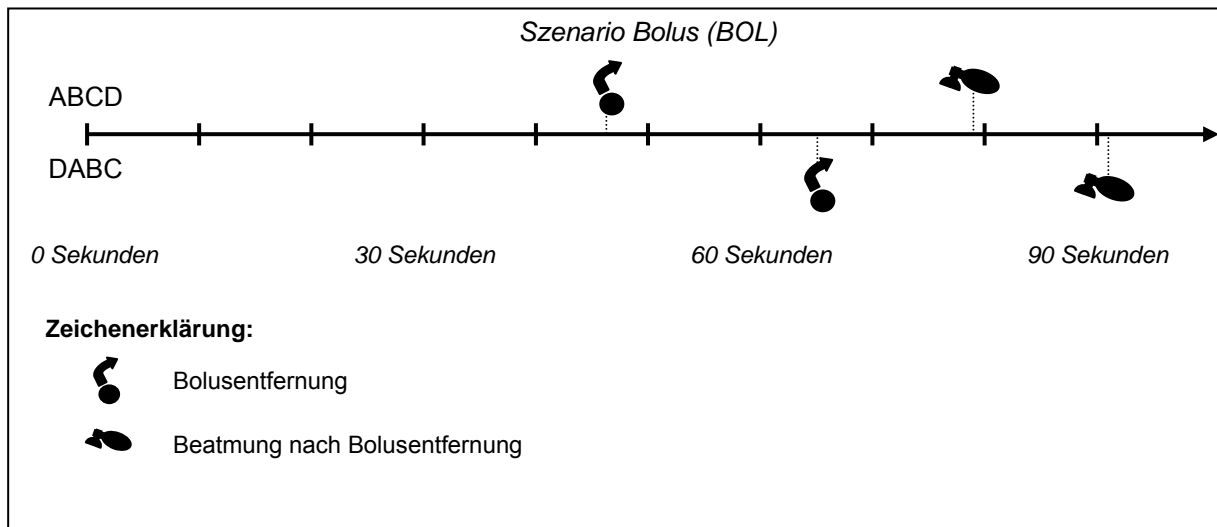


Abbildung 18: Bolus (BOL)

4.5.4 Bewusstlosigkeit (BEW)

Im Rahmen des Testszenarios Bewusstlosigkeit (BEW) wurden unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] n=29 Testabläufe und unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] n=26 Testabläufe absolviert.

In Tabelle 23 sind alle durchgeführten Maßnahmen und erhobenen Befunde für das Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW) aufgeführt (vgl. Spalte 1). Dabei sind die Zeitparameter in Sekunden im Median bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] (vgl. Spalte 2) und Handlungsablauf [DABC] (vgl. Spalte 4) gegenübergestellt. Zusätzlich sind für beide Handlungsabläufe die Minimal- und Maximalwerte aufgelistet (vgl. Spalte 3-4 und Spalte 5). Durch eine entsprechende Fußnote gekennzeichnet sind Maßnahmen, welche durch die Teilnehmer durchgeführt werden, aber nicht indiziert im Sinne des Handlungsablaufes sind. Für beide Handlungsabläufe gilt, dass bei suffizienter Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion im Sinne therapeutischer Maßnahmen ein Guedeltubus einzulegen ist (vgl. Spalte 1). Jeweils fett gedruckt sind die diagnostischen und therapeutischen Endpunkte der Untersuchung für dieses Testszenario.

Tabelle 23: Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario BEW (Bewusstlosigkeit)

Die Zeitintervalle sind im Median in Sekunden angegeben. Die Minimal- und Maximalwerte sind in Sekunden angegeben.

Parameter	[ABCD] (n=29)		[DABC] (n=26)	
	Zeitintervall	[Min;Max]	Zeitintervall	[Min;Max]
Schmerzreiz setzen	4	[1;7]	3	[2;7]
Befundmitteilung Bewusstsein	7	[3;10]	5	[3;14]
Kopf überstrecken	11	[6;16]	34	[25;39]
Sehen, hören, fühlen	11	[6;21]	34	[25;41]
Befundmitteilung Atemfunktion	15	[9;23]	37	[27;50]
2 Initialbeatmungen	23	[12;30]	37	[37;37]
Carotispuls tasten	20	[11;36]	41	[28;54]
Befundmitteilung Herz-Kreislauffunktion	28	[14;42]	49	[32;64]
Elektroden aufkleben	27	[14;52]	14	[9;19]
Analyse drücken	41	[26;105]	16	[9;22]
Ergebnis Analyse AED	51	[36;116]	27	[20;33]
Laryngoskopie	39*	[39*;39*]		
Bolusentfernung				
Beatmung	40*	[38*;63*]	73*	[60*;85*]
Einlegen Guedeltubus	38	[20;137]	54	[36;80]
Erste Defibrillation				
Erste Thoraxkompression				

* Maßnahme war nicht indiziert, wurde aber durchgeführt.

Der Befund zur Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion wurde unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] innerhalb von einer Minute im Median erhoben. Das Einlegen des Guedeltubus wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] im Median nach 38 Sekunden und bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Median nach 54 Sekunden durchgeführt. Insgesamt wurden alle Befunde und therapeutischen Maßnahmen bei Anwendung von beiden Handlungsabläufen innerhalb von einer Minute im Median erhoben bzw. durchgeführt.

Abbildung 19 illustriert entscheidende Zeitparameter im Vergleich der Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] für das Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW), aufgetragen auf eine Zeitachse.

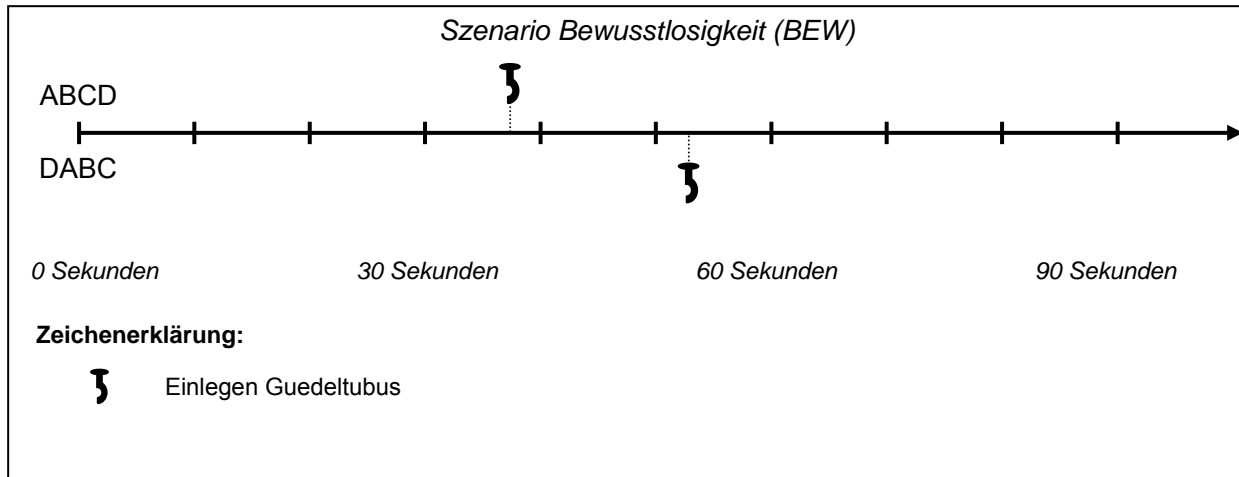


Abbildung 19: Bewusstlosigkeit (BEW)

4.6 Diagnostische Sicherheit

Bei jedem Testablauf mussten, neben der Befundmitteilung zur Bewusstseinsituation und der Rhythmusanalyse durch den AED, die Befunde zur Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion erhoben und mitgeteilt werden.

Dabei war es möglich eine Atemfunktion zu diagnostizieren, obwohl eine Apnoe vorlag (vgl. Testszenario Kammerflimmern (VF), Asystolie (ASYS) und Bolus (BOL)). Ebenso war es möglich eine Apnoe zu diagnostizieren, obwohl eine Spontanatmung (vgl. Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW)) mit den definierten Parametern (siehe Kap. 3.4) vorhanden war.

Es wurde auch ermöglicht, eine Pulslosigkeit zu dedektieren, obwohl ein Pulsschlag mit den definierten Parametern (siehe Kap. 3.4) vorhanden war (vgl. Testszenario Bolus (BOL) und Bewusstlosigkeit (BEW)) bzw. einen Puls zu diagnostizieren, obwohl eine Pulslosigkeit vorlag (vgl. Testszenario Kammerflimmern (VF) und Asystolie (ASYS)).

Eine Fehldiagnose führte im Gegensatz zur Verletzung des Handlungsablaufes nicht zum Ausschluss des Testablaufes (siehe Kap. 3.7.1).

Bei insgesamt 172 in die Auswertung eingeschlossenen Testabläufen, wurden in 147 Fällen beide Befunde (Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion) richtig erhoben. Bei insgesamt 25 Fällen wurde ein Befund falsch erhoben. Zwei Befunde wurden nie falsch erhoben. In diesem Zusammenhang wird „falsch“ subsumiert als sowohl falsch-positiv als auch als falsch-negativ im Sinne der Befunderhebung zur Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion.

In den Tabellen 24 - 26 ist die diagnostische Sicherheit der Befunderhebungen, unabhängig welches Testszenario simuliert wurde, dargestellt.

Tabelle 24 zeigt die diagnostische Sicherheit im Rahmen der Befunderhebung für alle Testszenarien und unabhängig davon, welcher Handlungsablauf angewendet wurde. Dabei ist dem Befund Atemfunktion / Herz-Kreislauffunktion (vgl. Spalte 1) die richtige oder falsche Erhebung des Befundes gegenübergestellt (vgl. Spalte 2). In Spalte 3 und 4 sind jeweils die Anzahl und der Anteil der einzelnen richtigen bzw. falschen Befunderhebungen wiedergegeben.

Tabelle 24: Diagnostische Sicherheit der Befunderhebung unabhängig von Anwendung des Handlungsablaufes und Testszenarios

Befunderhebung	richtig/falsch	Anzahl (n=172)	Anteil (%)
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	richtig	147	85,5
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	falsch	5	2,9
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	richtig	20	11,6
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	falsch	0	0

Den gleichen Zusammenhang zeigt Tabelle 25 für die Anwendung von Handlungsablauf [ABCD], unabhängig vom Testszenario. Insgesamt wurden 84 Testabläufe unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] absolviert. In der Tabelle sind dem Befund (vgl. Spalte 1) bezüglich Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion die Anzahl und der Anteil richtiger bzw. falscher Erhebungen (vgl. Spalte 2) gegenübergestellt.

Tabelle 25: Diagnostische Sicherheit der Befunderhebung bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] unabhängig von Testszenario

Befunderhebung	richtig/falsch	Anzahl (n=84)	Anteil (%)
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	richtig	69	82,1
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	falsch	4	4,8
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	richtig	11	13,1
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	falsch	0	0

Bei insgesamt 84 durchgeführten Testabläufen bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] wurden in 69 Fällen beide Befunde (Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion) richtig erhoben. Bei 11 Fällen wurde der Befund zur Herz-Kreislauffunktion falsch erhoben, in 4 Fällen der Befund zur Atemfunktion. Beide Befunde wurden nie falsch erhoben.

In Tabelle 26 ist der Zusammenhang von Befunderhebungen und diagnostischer Sicherheit bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] dargestellt. Insgesamt wurden 88 Testabläufe bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] absolviert. In der Tabelle sind dem Befund (vgl. Spalte 1) bezüglich Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion die Anzahl und der Anteil richtiger bzw. falscher Erhebungen (vgl. Spalte 2) gegenübergestellt.

Tabelle 26: Diagnostische Sicherheit der Befunderhebung bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] unabhängig von Testszenario

Befunderhebung	richtig/falsch	Anzahl (n=88)	Anteil (%)
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	richtig	78	88,6
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	falsch	1	1,1
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	richtig	9	10,3
Atemfunktion Herz-Kreislauffunktion	falsch	0	0

Bei insgesamt 88 in die Auswertung eingeschlossenen Testabläufen wurden in 78 Fällen beide Befunde (Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion) richtig erhoben. Bei 9 Fällen wurde der Befund zur Herz-Kreislauffunktion falsch erhoben, in einem Fall der Befund zur Atemfunktion.

In den Tabellen 27 und 28 ist die diagnostische Sicherheit dargestellt, abhängig davon welcher Handlungsablauf angewendet und welches Testszenario simuliert wurde.

Tabelle 27 zeigt im Detail die diagnostische Sicherheit für die Erhebung der Befunde Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD]. Dabei ist dem Befund Atemfunktion / Herz-Kreislauffunktion (vgl. Spalte 1) die richtige bzw. falsche Erhebung (vgl. Spalte 2) gegenübergestellt. In den Spalten 3-6 sind Anzahl und Anteil der richtig bzw. falsch erhobenen Befunde für das jeweilige Testszenario aufgeführt. Dabei entsprechen die Anzahl der insgesamt erhobenen Befunde (n) gleich 100 Prozent für jedes Testszenario (vgl. Zeile 2).

Tabelle 27 : Übersicht diagnostische Sicherheit der Befunderhebungen abhängig von Handlungsablauf [ABCD] und Testszenarien

Befunderhebung bei Anwendung [ABCD]	richtig/ falsch	VF		ASYS		BOL		BEW	
		n=24	(100%)	n=13	(100%)	n=18	(100%)	n=29	(100%)
Atemfunktion	richtig	24 (100%)		12 (92,3%)		7 (38,8%)		26 (89,7%)	
Herz-Kreislauffunktion	richtig	24 (100%)		12 (92,3%)		7 (38,8%)		26 (89,7%)	
Atemfunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		1 (5,6%)		3 (10,3%)	
Herz-Kreislauffunktion	richtig	0 (0%)		0 (0%)		1 (5,6%)		3 (10,3%)	
Atemfunktion	richtig	0 (0%)		1 (7,7%)		10 (55,6%)		0 (0%)	
Herz-Kreislauffunktion	falsch	0 (0%)		1 (7,7%)		10 (55,6%)		0 (0%)	
Atemfunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)	
Herz-Kreislauffunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)	

Für das Testszenario Kammerflimmern (VF) betrug die diagnostische Sicherheit bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] 100 Prozent. Bei Testszenario Asystolie (ASYS) wurde eine Fehldiagnose erhoben. Die insgesamt geringste diagnostische Sicherheit zeigte sich bei der Befunderhebung zur Herz-Kreislauffunktion im Rahmen des Testszenarios Bolus (BOL) mit 10 Fehldiagnosen, und damit einem Anteil von 55,6%.

Den gleichen Zusammenhang zeigt Tabelle 28 bezüglich der diagnostischen Sicherheit bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC]. Dabei ist dem Befund Atemfunktion / Herz-Kreislauffunktion (vgl. Spalte 1) die richtige bzw. falsche Erhebung (vgl. Spalte 2) gegenübergestellt. In den Spalten 3-6 sind Anzahl und Anteil der richtig bzw. falsch erhobenen Befunde für das jeweilige Testszenario aufgeführt. Dabei werden für jedes Testszenario die jeweils erhobenen Befunde mit der Anzahl n (n = 100%) dargestellt (vgl. Zeile 2).

Tabelle 28: Übersicht diagnostische Sicherheit der Befunderhebungen abhängig von Handlungsablauf [DABC] und Testszenarien

Befunderhebung bei Anwendung [DABC]	richtig/ falsch	VF		ASYS		BOL		BEW	
		n=15	(100%)	n=25	(100%)	n=22	(100%)	n=26	(100%)
Atemfunktion	richtig	15 (100%)		25 (100%)		13 (59,1%)		25 (96,2%)	
Herz-Kreislauffunktion	richtig	15 (100%)		25 (100%)		13 (59,1%)		25 (96,2%)	
Atemfunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)		1 (3,8%)	
Herz-Kreislauffunktion	richtig	0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)		1 (3,8%)	
Atemfunktion	richtig	0 (0%)		0 (0%)		9 (40,9%)		0 (0%)	
Herz-Kreislauffunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		9 (40,9%)		0 (0%)	
Atemfunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)	
Herz-Kreislauffunktion	falsch	0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)		0 (0%)	

Insgesamt bewegte sich die diagnostische Sicherheit der Befunderhebungen bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] für die Testszenarien Kammerflimmern (VF), Asystolie (ASYS) und Bewusstlosigkeit (BEW) zwischen 96 und 100 Prozent. Die geringste diagnostische Sicherheit zeigte sich bei der Befunderhebung zur Herz-Kreislauffunktion bei Testszenario Bolus (BOL) mit 9 Fehleinschätzungen, und damit einem Anteil von 40,9%.

4.7 Charakterisierung der Beurteilungskriterien

Im Folgenden werden die Qualitätskriterien Sensitivität und Spezifität für die im Rahmen der Studie erhobenen Befunde Atemstillstand und Herz-Kreislaufstillstand erläutert. In diesem Zusammenhang beschreibt die Sensitivität die Wahrscheinlichkeit, dass der Teilnehmer bei tatsächlichem Vorhandensein eines Atemstillstandes den Befund Atemstillstand erhebt. Die Spezifität gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der Teilnehmer bei tatsächlichem Nichtvorhandensein des pathologischen Befundes (hier fehlende Spontanatmung) auch keinen Atemstillstand dedektiert.

Tabelle 29 zeigt die Grundbegriffe des Beurteilungskriteriums für das Merkmal Atemstillstand.

Tabelle 29: Charakterisierung des Beurteilungskriteriums Merkmal Atemstillstand

Wirklichkeit	Befund Atemstillstand "ja" Testergebnis positiv	Befund Atemstillstand "nein" Testergebnis negativ	Summe	Sensitivität/Spezifität
Atemstillstand vorhanden	A = 116	B = 1	A+B = 117	Sensitivität= $A/(A+B)$ = 99,1%
Atemstillstand nicht vorhanden	C = 4	D = 51	C+D = 55	Spezifität= $D/(C+D)$ = 92,7%
Summe	A+C = 120	B+D = 52		
Prädiktion positiv/negativ	positive Prädiktion= $A/(A+C) = 96,7\%$	negative Prädiktion= $D/(B+D) = 98,1\%$		

Insgesamt ergab sich im Rahmen des Testverfahrens für das Kriterium Atemstillstand eine Sensitivität von 99,1% und eine Spezifität von 92,7%. Damit liegt die Spezifität im Vergleich zur Sensitivität nicht auf dem gleichen Niveau.

Den gleichen Zusammenhang stellt Tabelle 30 für das Kriterium Herz-Kreislaufstillstand dar. Dabei beschreibt die Sensitivität die Wahrscheinlichkeit, dass der Teilnehmer bei tatsächlichem Vorhandensein eines Herz-Kreislaufstillstandes diesen auch dedektiert. Die Spezifität gibt die Wahrscheinlichkeit an, dass der Teilnehmer bei tatsächlichem Nichtvorhandensein eines pathologischen Befundes (hier Herz-Kreislaufstillstand) auch keinen Befund Herz-Kreislaufstillstand erhebt.

Tabelle 30: Charakterisierung des Beurteilungskriteriums Merkmal Herz-Kreislauffunktion

Wirklichkeit	Befund Herz-Kreislaufstillstand "ja" Testergebnis positiv	Befund Herz-Kreislaufstillstand "nein" Testergebnis negativ	Summe	Sensitivität/Spezifität
Herz-Kreislaufstillstand vorhanden	A = 76	B = 1	A+B = 77	Sensitivität= $A/(A+B)$ = 98,7%
Herz-Kreislaufstillstand nicht vorhanden	C = 19	D = 76	C+D = 95	Spezifität= $D/(C+D)$ = 80,0%
Summe	A+C = 95	B+D = 77		
Prädiktion positiv/negativ	positive Prädiktion= $A/(A+C) = 80,0\%$	negative Prädiktion= $D/(B+D) = 98,7\%$		

Für die Erhebung des Befundes Herz-Kreislaufstillstand ergab sich eine Sensitivität von 98,7%. Dagegen betrug die Spezifität für das Kriterium des Herz-Kreislaufstillstandes 80,0%.

In Zusammenschau der diagnostischen Verfahren zur Kontrolle der Atem- und Herz-Kreislauffunktion zeigt sich der schlechteste Wert für die Spezifität der Herz-Kreislauffunktion sowie für den positiven Prädiktionswert eines Herz-Kreislaufstillstandes mit jeweils 80%.

5 Diskussion

5.1 Diskussion von Material und Methodik

Entsprechend der Reihenfolge der Darstellung in Kapitel 3 wird zunächst Material und Methodik dieser Arbeit diskutiert (siehe Kap.3).

5.1.1 Handlungsabläufe

Wie in Kapitel 2 ausführlich beschrieben, basieren die derzeit gültigen Handlungsabläufe zur Cardiopulmonalen Reanimation bezogen auf die Reihenfolge der zu erhebenden Befunde Bewusstsein, Atemwege, Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion nur teilweise auf erkenntnisbasierten Grundlagen. Darüber hinaus sind die Vorgaben zur Reihenfolge der einzelnen Befunderhebungen innerhalb der Handlungsabläufe in erster Linie historisch bedingt oder beruhen auf didaktischen Überlegungen.

Das ERC formulierte in diesem Zusammenhang, dass Reanimationsempfehlungen einfach zu lehren, einfach zu merken und einfach anzuwenden sein müssen („... easy to teach, easy to remember, easy to practice“).⁴⁵

Aufgrund pathophysiologischer Überlegungen und der zugrunde liegenden Mechanismen, insbesondere beim plötzlichen Herztodereignis, gibt es Argumente für eine andere Reihenfolge diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen. Um sich diesem Thema anzunähern, wurde das etablierte und der gängigen Praxis entsprechende Verfahren zur Initialbehandlung von bewusstlosen Notfallpatienten einer alternativen Vorgehensweise gegenübergestellt.

Ein wesentlicher Aspekt der Diskussion dieser Arbeit ist die Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Datenerhebung die „Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac Care“ von AHA und ILCOR Gültigkeit hatten. Zwischenzeitlich wurden wie bereits mehrfach beschrieben aktuelle Leitlinien im Jahr 2005 publiziert. Auf die jeweiligen Änderungen, sofern sie diagnostisch oder therapeutisch relevant sind, wird im Folgenden näher eingegangen.

Der untersuchte Handlungsablauf [ABCD] entspricht einer etablierten Verfahrensweise und orientiert sich eng an den Leitlinien aus dem Jahr 2000 zur Vorgehensweise bei einer bewusstlosen Person (siehe Kap. 3.2). Bei der Konzeption des innovativen zu testenden Handlungsablaufes [DABC] wurde die Priorität auf die initiale Durchführung einer Herzrhythmus-Kontrolle und gegebenenfalls einer möglichst frühzeitigen Defibrillationstherapie gesetzt. Dadurch wurde der Fokus auf ein Patientenkollektiv mit Kammerflimmern gerichtet.

Im Folgenden werden die Vor- und Nachteile von Handlungsablauf [ABCD] dargestellt und diskutiert.

Im Sinne eines vereinfachten Lehr- und Lernkonzeptes hat sich die stringente Abfolge einzelner Maßnahmen zur Befunderhebung („...**A**irway, **B**reathing, **C**irculation, **D**efibrillation“)⁵ weltweit bewährt und ist weitest gehend akzeptiert. Ein weiteres Argument für diese Vorgehensweise bei primär leblos erscheinenden Personen im Sinne von Handlungsablauf [ABCD], ist die frühzeitige Dedektion und damit potentielle Therapie zugrunde liegender Atemwegs- und Atemfunktionsstörungen.

In Anbetracht der hohen Inzidenz plötzlicher Herztodereignisse und dem großen Anteil von Patienten mit Kammerflimmern als initialem Herzrhythmus (siehe Kap. 2.3), stellt sich jedoch die Frage, ob ein Vorgehen im Sinne von Handlungsablauf [ABCD] noch als zwingend zielführend erachtet werden kann. Da die Überprüfung des Herzrhythmus erst nach der

Erhebung der Befunde zu Atemwegen, Atmung und Herz-Kreislauffunktion stattfindet, führt dies zwangsläufig zu einer zeitlichen Verzögerung der Detektion von Kammerflimmern und damit zu einer Verzögerung der potentiellen Therapiemöglichkeit Defibrillation.

Im Folgenden werden Argumente, die für bzw. gegen eine alternative Vorgehensweise im Sinne von Handlungsablauf [DABC] dargestellt und diskutiert.

Ein abgeänderter Handlungsablauf mit Priorität auf die initiale Herzrhythmusanalyse bietet allein aufgrund des großen Anteils von Patienten mit Kammerflimmern als EKG-Erstbefund im Rahmen plötzlicher Herztodereignisse potentiell die Möglichkeit für eine frühzeitige kausale Therapie und damit eine patientengerechtere Vorgehensweise.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Tatsache, dass nach einer kurzen Dauer des therapiefreien Intervalls und damit wohl in der Mehrzahl außerklinischer Ereignisse, ein gleichzeitiger Atem- und Herz-Kreislaufstillstand vorliegt. Dieser Zusammenhang ergibt sich aus der pathophysiologischen Konstellation, dass der Ausfall einer dieser beiden Vitalfunktionen das Sistieren der jeweils anderen Funktion in der Folge bedingt. Eine Indikation zur Reanimation ergibt sich dabei aus der Zusammenschau und Bewertung der beiden Einzelbefunde zur Atem- und Herz-Kreislauffunktion. Dieser Tatsache wurde auch in den Leitlinien mit der allgemeinen Formulierung „Suche nach Lebenszeichen“ Rechnung getragen.⁵ Damit wurde der Gesamtaspekt der Diagnosestellung im Sinne einer Zusammenschau aller Befunde mehr gewichtet als die unterschiedlichen Einzelbefunde für sich allein betrachtet.

Ein weiteres Argument für den frühzeitigen Einsatz eines AED ist die Erhöhung der diagnostischen Sicherheit aufgrund der hohen Qualitätskriterien der derzeit verfügbaren AED-Geräte. Im Jahr 1997 veröffentlichte die so genannte „Task Force on Automatic External Defibrillation“ der AHA eine Reihe von Qualitätskriterien, denen ein AED nach Expertenkonsensus entsprechen sollte. Demnach soll die Sensitivität für das Erkennen von Kammerflimmern, d.h. die Wahrscheinlichkeit bei Vorliegen eines Kammerflimmerns dieses richtigerweise als solches zu identifizieren, mindestens 90% erreichen. Die Spezifität für das Erkennen der nicht-defibrillationswürdigen Herzrhythmen, d.h. die Wahrscheinlichkeit bei Vorliegen eines anderen Rhythmus als Kammerflimmern diesen korrekt einzustufen und keine Defibrillation zuzulassen, soll 95-99% erreichen.⁶²

Vergleicht man diese Aussagen mit den Ergebnissen der wenigen publizierten Studien zu dieser Thematik, zeigt sich, dass diese Empfehlungen nicht vollständig umgesetzt sind. In einer großen Feldstudie von MACDONALD aus dem Jahre 2001 findet sich eine Sensitivität des AED von 81,0%, was zum Teil auf Fehlbedienungen zurückgeführt wurde. Die Spezifität hingegen erreichte 99,9% und übertraf damit den von der AHA geforderten Wert.⁷¹ Eine andere Arbeit, welche die Analysesicherheit von AED bei Kindern untersuchte, fand hingegen eine Sensitivität von 99% und eine Spezifität von 99,5%.²⁰ Einschränkend ist bei dieser Arbeit anzumerken, dass es sich um rein klinisch erhobene Daten handelte und damit die erschwerenden präklinischen Bedingungen eines Notfalleinsatzes nicht in diese Ergebnisse eingeflossen sind.

In der Praxisanwendung zeigen sich darüber hinaus aber deutlich bessere Ergebnisse. So wurde beispielsweise im Rahmen des sog. PAD-Trials (siehe Kap. 5.1.2), einer prospektiven Multicenterstudie aus dem Jahre 2004, eine Spezifität von 100% erreicht, und übertraf damit die derzeitigen Empfehlungen.⁵¹ Nach der aktuellen Datenlage kann somit davon ausgegangen werden, dass sich die Qualitätskriterien der Diagnosesicherheit des AED auf einem vergleichsweise hohen Niveau befinden und in Zukunft anzunehmenderweise noch verbessert werden. Aufgrund dessen kann postuliert werden, dass der Einsatz eines AED zur Befunderhebung bei einem leblos erscheinenden Patienten ein deutlich sichereres Verfahren

bietet im Vergleich zur bereits beschriebenen diagnostischen Unsicherheit sowohl bei Laien als auch medizinischem Fachpersonal (siehe Kap. 2.1.2 und 2.2.2). Diese Annahme dürfte zumindest für den medizinischen Laien und das vergleichsweise eher niedrig qualifizierte medizinische Fachpersonal eine Verbesserung der Diagnosesicherheit mit sich bringen.

Aufgrund der hohen Qualitätskriterien des AED ergeben sich über die reine Diagnosesicherheit des Einzelbefundes der Herz-Rhythmusanalyse hinaus weitere Vorteile. So beweist in der Mehrzahl der Fälle ein Voranstellen der Herz-Rhythmusanalyse durch den AED mit dem Ergebnis „Schock empfohlen“, das Vorliegen eines Herz-Kreislaufstillstandes bereits in der Initialphase nach Eintreffen am Patienten und damit a priori eine Sicherung der Diagnose Atem- und Herz-Kreislaufstillstand.

Für die Situation eines initial vorliegenden Kammerflimmerns bedeutet dies damit die potentielle Möglichkeit, einer schnellen und sicheren Befunderhebung eines Herz-Kreislaufstillstandes. Im Gegensatz dazu kann bei negativem Ergebnis der Rhythmusanalyse des AED im Sinne von „kein Schock empfohlen“, zu diesem Zeitpunkt der Befunderhebung noch keine diagnostische Aussage getroffen werden. Es kann ein Herz-Kreislaufstillstand mit einem nicht defibrillierbaren Herzrhythmus oder eine Notfallsituation mit intakter Herz-Kreislauffunktion vorliegen.

Aufgrund des potentiell frühzeitig gestellten Befundes bei Patienten mit Kammerflimmern und damit einer möglichen Verbesserung der diagnostischen Unschärfe, ließe sich vermuten, dass für den Anwenderkreis aus dem Bereich Frühdefibrillation mit geringem Ausbildungsniveau ein positiver Einfluss auf die Anwenderperformanz generiert wird.

Neben der Verbesserung der diagnostischen Sicherheit bietet der Einsatz eines AED auch die Möglichkeit, die Handlungssicherheit der Anwender zu verbessern. Es ist durchaus vorstellbar, dass Sprachanweisungen eines AED für die Durchführung einzelner Maßnahmen im Rahmen der Befunderhebung und therapeutischer Interventionen, einen positiven Effekt auf die Anwenderperformanz haben. So wurde beispielsweise in einer prospektiven Arbeit von WILLIAMSON et al. aus dem Jahre 2005 der Einfluss von Sprachanweisungen durch den AED auf die Anwenderperformanz von Laien im Rahmen einer cardiopulmonalen Reanimation unter Simulationsbedingungen an einem Trainingsmodell untersucht. Dabei konnte eine deutliche Verbesserung der Anwenderperformanz, wenn auch nicht in allen Bereichen, durch den Einsatz von Sprachanweisungen eines AED gezeigt werden.¹¹⁹ Es muss jedoch betont werden, dass sich aus diesen Erkenntnissen kein Zusammenhang über den Zeitpunkt des AED-Einsatzes und die Verbesserung der Handlungssicherheit ableiten lässt. Es ließe sich jedoch vermuten, dass ein frühzeitiger Einsatz von Sprachanweisungen eines AED den positiven Effekt auf die Anwenderperformanz zusätzlich verstärken könnte.

Als weiteres Argument für den frühzeitigen AED-Einsatz ist durchaus vorstellbar, dass in einer realen Notfallsituation die voran gestellte AED-Analyse einen zusätzlichen Zeitgewinn im Zuge der Orientierung in einer Notfallsituation und für das Vorbereiten von Gerätschaften generiert. Auch dadurch würde eine verbesserte Handlungssicherheit und Anwenderperformanz geschaffen. Letztendlich muss dies aber spekulativ bleiben.

Es gibt auch Argumente, die gegen den frühzeitigen Einsatz des AED im Sinne von Handlungsablauf [DABC] sprechen. Wie in Kapitel 3 bereits dargelegt, könnte diese Vorgehensweise Nachteile für alle bewusstlos erscheinenden Notfallpatienten mit einer Störung der Vitalfunktionen aufgrund eines anderen Pathomechanismus bedeuten. Aufgrund der zeitlich verzögerten Befunderhebung zu Atemwegen und Atemfunktion, wird eine initiale respiratorische Störung entsprechend später diagnostiziert und behandelt. So wird in der Literatur der Stellenwert und Zeitpunkt der Defibrillation durchaus kritisch diskutiert.

Beispielsweise wird in einem Editorial von WEIL aus dem Jahre 2003 die Fokussierung bei bewusstlosen Notfallpatienten auf die Frühdefibrillation kritisch betrachtet, und es wird vor einer Vernachlässigung anderer Notfallsituationen neben dem Kammerflimmern gewarnt.¹¹² In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass junge Patienten (vor allem Kinder), bei denen Kammerflimmern ein seltenes Ereignis ist, nicht von einer frühzeitigen Rhythmusanalyse im Sinne von Frühdefibrillationsprogrammen profitieren können. Es wird von einem schädlichen Potential durch eine AED-Anwendung für diese Patienten ausgegangen, da durch die Installation eines AED wertvolle Zeit verloren gehen kann. Beispielsweise wird die Behandlung von Atemwegsverlegungen genannt, die insbesondere bei Kindern häufig Ursache für einen sekundären Herz-Kreislaufstillstand sind. Dem lässt sich entgegenhalten, dass die effektive und fehlerarme Anwendung von AED durch untrainierte Laien zumindest für die besondere Situation des Herz-Kreislaufstillstands mehrfach wissenschaftlich belegt ist. Hingegen ist die effektive und fehlerarme Anwendung anderer Erste-Hilfe-Maßnahmen durch Laien entweder nicht wissenschaftlich belegt oder sogar widerlegt.^{49,85}

Der in dieser Studie konzipierte alternative Handlungsablauf mit dem Fokus der initialen Rhythmusanalyse und gegebenenfalls der möglichst frühzeitigen Defibrillation ist sicher nicht die einzige Alternative zur etablierten Verfahrensweise. So sind durchaus folgende Konstellationen vorstellbar.

Unter Berücksichtigung der hohen Inzidenz plötzlicher Herztodereignisse wäre bei der Konzeption eines alternativen Handlungsablaufes auch die Möglichkeit in Frage gekommen, nach Durchführung der Herz-Rhythmusanalyse die Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion direkt anzuschließen. Dies würde jedoch für einen Patienten mit einem Atemwegsproblem eine zusätzliche diagnostische und damit auch therapeutische Verzögerung bedeuten.

An dieser Stelle sei auch der Hinweis gegeben, dass aufgrund neuer Erkenntnisse zeitlich vorgeschobene Basisreanimationsmaßnahmen, insbesondere bei länger bestehendem Kammerflimmern, einen positiven Effekt auf das Überleben eines Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand und Kammerflimmern als EKG-Erstbefund haben können. Auf diesen Aspekt einer alternativen Vorgehensweise im Rahmen eines Herz-Kreislaufstillstands wird jedoch an späterer Stelle detaillierter eingegangen (siehe Kap. 5.2.4).

Zusammengefasst sprechen für die etablierte Vorgehensweise am bewusstlosen Notfallpatient im Sinne von Handlungsablauf [ABCD] die Argumente, dass neben dem didaktischen Nutzen primär respiratorische Störungen frühzeitig erkannt und potentiell therapiert werden können. Unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] ergibt sich hingegen die Möglichkeit einer frühzeitigen bzw. sicheren Diagnose und Therapie bezogen auf Kammerflimmern, insbesondere für die Situation des plötzlichen Herztodereignisses mit einem kurzen therapiefreien Intervall. Darüber hinaus könnte Handlungsablauf [DABC] für Anwender mit geringerem Ausbildungsniveau aufgrund der potentiell verbesserten Diagnose- und Handlungssicherheit vorteilhaft sein.

5.1.2 Testszzenarien

Zur Evaluation der beiden Handlungsabläufe [ABCD] und [DABC] wurden vorab vier unterschiedliche Testszzenarien definiert und konzipiert, um mögliche Konstellationen aus der Notfallrealität, wie sie bei einer primär leblos erscheinenden Person vorstellbar sind, möglichst umfassend abzudecken. Alle möglichen Ursachen einer Bewusstlosigkeit

darzustellen und zu simulieren, hätte aufgrund der Vielzahl der möglichen Konstellationen den Rahmen dieser Arbeit überzogen.

Um das Spektrum möglicher Notfallsituationen bei primär bewusstlosen Personen abzubilden, wurden im Studienansatz folgende Testszenarien ausgewählt:

- ▶ **(VF)** Herz-Kreislaufstillstand mit Kammerflimmern
- ▶ **(ASYS)** Herz-Kreislaufstillstand mit Asystolie
- ▶ **(BOL)** Atemwegsverlegung mit Bolusgeschehen
- ▶ **(BEW)** Bewusstlosigkeit mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion

Im Folgenden werden die Gründe für die Auswahl der einzelnen Testszenarien dargestellt und diskutiert.

Herz-Kreislaufstillstand mit Kammerflimmern (VF)

Ursachen eines akuten Herz-Kreislaufstillstandes sind häufig kardiale Störungen, welche in der Mehrzahl der Fälle initial mit einem Kammerflimmern einhergehen (siehe Kap. 2.3). Erkenntnissen zufolge ist das Kammerflimmern als EKG-Erstbefund die am häufigsten auftretende Herzrhythmusstörung beim plötzlichen Herztod (siehe Kap. 2.2). Dies wurde beispielsweise gezeigt in einer populationsbasierten Kohortenstudie aus Seattle / King County, USA mit einem Anteil von 84% Kammerflimmern als erstdiagnostiziertem Herzrhythmus bei Patienten mit einem außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand (siehe Kap. 2.2.1 und 2.3).³⁴ Diese Ergebnisse wurden im Rahmen von PAD-Programmen bei Ersthelfern unter Anwendung eines AED ermittelt und damit vor Eintreffen des professionellen Rettungsdienstes. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit der Detektion von Kammerflimmern als initialem Herzrhythmus, wie bereits ausgeführt (siehe Kap. 2.2.6), abhängig vom therapiefreien Intervall. Mit zunehmender Dauer des therapiefreien Intervalls nimmt die Häufigkeit von Kammerflimmern als EKG-Erstbefund ab, und das EKG-Bild geht innerhalb weniger Minuten in eine Asystolie, und damit in ein völliges Erliegen der elektrischen Aktivität des Herzens über (siehe Kapitel 2.2.1).²²

Den Zusammenhang zwischen Reaktionsintervall und unterschiedlichen Herzrhythmen als Initialbefund zeigt beispielsweise die sog. OPALS Studie aus Kanada. In dieser prospektiven Kohortenstudie von DE MAIO et al. aus dem Jahre 2003 ergaben sich für Kammerflimmern als initialen Herzrhythmus anteilig in Bezug auf die Reaktionsintervalle folgende Ergebnisse: < 4 Minuten 42%, 4-6 Minuten 39,8%, 6-8 Minuten 36,6% und > 8 Minuten 33,7%.³⁸

Im Rahmen einer prospektiven Multicenterstudie von HALLSTROM et al. aus dem Jahre 2004 wurde beispielsweise Kammerflimmern bzw. eine pulslose ventrikuläre Tachykardie als initialer Herzrhythmus in 57% der Fälle bei einem Reaktionsintervall von bis zu 6 Minuten ermittelt.⁵¹

Der gleiche Zusammenhang für das Auffinden eines Patienten mit Kammerflimmern bzw. einer Asystolie in Abhängigkeit der Zeit spiegelt sich beispielsweise in der bereits zitierten randomisierten Kohortenstudie von WIK et al. aus dem Jahre 2003 wider.¹¹⁷ Hier lag die mittlere Eintreffzeit des professionellen Rettungsdienstes bei rund 12 Minuten. Von 781 Patienten mit einem Herz-Kreislaufstillstand wurde bei 466 eine Asystolie und bei nur 260 Patienten ein Kammerflimmern als initialer Herzrhythmus bei Eintreffen diagnostiziert.

In einer breit angelegten Metaanalyse von EISENBERG et al. aus dem Jahre 1990 wurden insgesamt 34 publizierte Arbeiten zum Themenkomplex außerklinische Cardiopulmonale Reanimation von 29 Regionen aus 8 Ländern ausgewertet. Es ergab sich ein Zusammenhang

zwischen Reaktionsintervall und Kammerflimmern als EKG-Erstbefund. Dabei wurden Überlebensraten für Patienten mit Kammerflimmern zwischen 3% und 33% dokumentiert. Insgesamt konnten gestaffelte Hilfeleistungssysteme mit kurzen Reaktionsintervallen des ersteintreffenden Einsatzmittels und damit eine frühe Durchführung der Defibrillation, das vergleichsweise beste Outcome erzielen.⁴²

Aus den Erkenntnissen der Vielzahl von Studien, welche die Überlebenschance von Patienten mit Kammerflimmern betrachten, muss der Schluss gezogen werden, dass ein Handlungsablauf auf dieses Patientenkollektiv abgestimmt werden muss, da Patienten mit Kammerflimmern mit Abstand die höchste Überlebenschance im Rahmen des Kollektives von Patienten mit einem außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand haben (siehe Kap. 2.3).

Herz-Kreislaufstillstand mit Asystolie (ASYS)

Wie bereits beschrieben, mündet jede Form eines Herz-Kreislaufstillstandes in Abhängigkeit der Ischämiezeit letztendlich in eine Situation mit Asystolie. Bei vorliegendem Herz-Kreislaufstillstand bildet die Asystolie im Rahmen des Diagnosespektrums für den professionellen Rettungsdienst, mit deutlich längeren Eintreffzeiten, ein häufiges Ereignis ab. So ergaben sich beispielsweise im Rahmen der „Machbarkeitsstudie zur Umsetzung der sog. „Public Access Defibrillation (PAD)“ in Bayern“ Reaktionsintervalle der Rettungsmittel von im Median 7,5 Minuten bei allen erfassten Ereignissen für das Jahr 2002.¹⁰⁷ An dieser Stelle muss betont werden, dass ein Reaktionsintervall nicht mit der Dauer des therapiefreien Intervalls gleichzusetzen ist, da vom Auffinden einer Person bis zum Eingang des Notrufes bei der Leitstelle zusätzliche Zeit verstreicht. Nicht erfasst ist darüber hinaus das Zeitintervall vom Fahrzeughalt am Einsatzort bis zum definitiven Eintreffen am Patienten.

Setzt man diese Tatsache und ein Reaktionsintervall von (wie dargestellt) 7,5 Minuten in Bezug mit der ausführlich beschriebenen Abhängigkeit der Reaktionsintervalle zur Dedektion initialer Herzrhythmen, lässt sich schlussfolgern, dass der professionelle Rettungsdienst in der Mehrzahl der Fälle bei Eintreffen am Patienten eine Asystolie diagnostizieren wird.

Atemwegsverlegung mit Bolusgeschehen (BOL)

Neben kardialen Störungen, deren Auftreten als Ursache eines Herz-Kreislaufstillstands häufiger als andere Ursachen sind, gibt es auch seltenere Konstellationen wie beispielsweise eine primär respiratorische Insuffizienz (siehe Kap. 2.2).

Wie bereits eingangs in der Diskussion von Material und Methodik dargestellt, beinhaltet ein alternatives Vorgehen im Sinne von Handlungsablauf [DABC] mit vorangestellter Herz-Rhythmusanalyse die Gefahr, primär respiratorische Störungen zeitlich verzögert zu diagnostizieren und potentiell therapieren zu können. Um das Ausmaß der Verzögerung beurteilen zu können, wurde ein Testszenario mit einer primär respiratorischen Störung in die Studienkonzeption aufgenommen. Als eine Ursache der initialen Atemwegs- bzw. Atemfunktionsstörung wurde das Testszenario Bolus (BOL) definiert. Alternativ wären zahlreiche andere Ursachen einer respiratorischen Insuffizienz vorstellbar gewesen. Es wurde jedoch dieses Testszenario ausgewählt, um eine einfache therapierbare Ursache und damit messbare Intervention im Sinne der Bolusentfernung zu simulieren. Insgesamt ist die initiale Atemstörung ein eher seltenes Ereignis, kommt aber bei bestimmten Patientengruppen überdimensional häufig vor. So ist gerade bei Kindern eine Atemwegsverlegung und damit ein drohender sekundärer Herz-Kreislaufstillstand häufiger als ein primär kardial bedingter Herz-Kreislaufstillstand.¹¹²

Bewusstlosigkeit mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion (BEW)

Neben der Reanimationssituation, deren zugrunde liegende Ursache in aller Regel zunächst nicht bekannt ist, findet sich unter außerklinischen Bedingungen deutlich häufiger eine Notfallsituation mit einem bewusstlosen Patienten und erhaltener Atem- sowie Herz-Kreislauffunktion, als die tatsächliche Reanimationssituation. Dies konnte beispielsweise im Rahmen der „Machbarkeitsstudie zur Umsetzung der sog. „Public Access Defibrillation (PAD)“ in Bayern“ gezeigt werden (siehe Kap. 2.3). Dabei wurden rettungsdienstliche Prozessdaten in Bayern erfasst und analysiert.¹⁰⁷ Eingeschlossen waren dabei im Datenkollektiv unter anderem alle Notfallereignisse im Jahre 1998 in Bayern (ohne den Rettungsdienstbereich München), die durch den professionellen Rettungsdienst abgewickelt wurden. Dabei machte der Anteil des dokumentierten Meldebildes „Bewusstlosigkeit“ 9,9% am Gesamtkollektiv der Notfallereignisse aus. Für die tatsächlich stattgefundenen und dokumentierten Reanimationen ergab sich ein Anteil von 1,6%.

Das Spektrum von Ursachen einer Bewusstlosigkeit ist in der präklinischen Notfallmedizin vielfältig. Häufig sind den Helfern beim Eintreffen am bewusstlosen Notfallpatient in der Initialphase weder Anamnese des Patienten noch Ursachen der Erkrankung bekannt. Diese Konstellation einer Notfallsituation bei suffizienter Atem- und Herz-Kreislauffunktion ist jedoch weniger zeitkritisch als ein vorliegender Atem- und Herz-Kreislaufstillstand, welcher eine zügige und konsequente therapeutische Intervention erfordert. Aufgrund des vergleichsweise höheren Anteils des Meldebildes „Bewusstlosigkeit“ im realen Notfallgeschehen zum geringeren Anteil tatsächlicher Reanimationssituationen, sollte diese Notfallkonstellation im Vergleich unterschiedlicher Handlungsabläufe nicht unberücksichtigt bleiben, wenn auch während der Studienkonzeption für dieses Testszenario im Vergleich der beiden Handlungsabläufe keine wesentliche Abweichung der Ergebnisse zu erwarten war.

Im Folgenden werden kurz weitere vorstellbare Alternativen zu den vier ausgewählten Testszenarien sowie den Verfahrensweisen dargestellt.

So kommt beispielsweise als typisches EKG-Bild im Rahmen einer Herzrhythmusanalyse bei einem Herz-Kreislaufstillstand, neben Kammerflimmern und Asystolie, auch die sog. pulslose elektrische Aktivität (PEA) vor. Für eine Aufnahme in die Studie hat die PEA jedoch keine Relevanz, da diese Form eines Herz-Kreislaufstillstandes in der Initialphase therapeutisch quasi identisch zur Asystolie behandelt wird, und daher kein gesondertes Testszenario entwickelt wurde.

Ebenso wären – wie eingangs erwähnt – zahlreiche Notfallkonstellationen als Ursache für eine Bewusstlosigkeit denkbar gewesen. Die tatsächliche Genese der Bewusstlosigkeit ist aber für die initiale Therapie von nachgeordneter Bedeutung, so dass ein breites Spektrum der zugrunde liegenden Differentialdiagnosen auf ein unspezifisches Testszenario mit dem Leitsymptom Bewusstlosigkeit reduziert werden konnte.

Grundsätzlich stellt der unmittelbar beobachtete Herz-Kreislaufstillstand in Anwesenheit der Helfer eine weitere abzugrenzende Situation und damit ein potentiell Testszenario dar. So wird beispielsweise derzeit sehr kontrovers diskutiert, in der Initialphase eines Herz-Kreislaufstillstands lediglich eine Herzdruckmassage durchzuführen. Als Argument für diese Vorgehensweise werden pathophysiologische Mechanismen aufgeführt, dass nach Sistieren der Herz-Kreislauffunktion für eine gewisse Zeitphase potentiell noch eine sog. Schnappatmung persistiert. So geht beispielsweise REA in einem Editorial aus dem Jahre 2005 davon aus, dass bei Betrachtung der verfügbaren Studien zu diesem Thema in etwa 40% der Fälle eine agonale Atemfunktion bei außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand in der Initialphase des Ereignisses vorliegt.⁸⁴

Dieser Umstand kann als Argument dafür heran gezogen werden, dass zumindest für einen limitierten Zeitraum die alleinige Durchführung der Thoraxkompression ohne Beatmung eine zu diskutierende Alternative für Patienten mit einem Herz-Kreislaufstillstand darstellt. Dies wurde beispielsweise in einer Arbeit von HALLSTROM et al. aus dem Jahre 2000 exemplarisch dargestellt.⁵⁰ Dabei wurden Laien per Telefon durch Rettungsleitstellenpersonal angewiesen, Reanimationsmaßnahmen mit bzw. ohne Zwischenbeatmungen durchzuführen. Es ergab sich kein Unterschied der Überlebensrate für die Gruppe der Patienten, welche die alleinige Thoraxkompression erhalten hatte im Vergleich zur Gruppe der Patienten, welche eine Thoraxkompression inklusive Beatmung erhalten hatte. Im Gegensatz dazu kommen in einem Editorial von MARKSTALLER et al. aus dem Jahre 2004 die Autoren nach Analyse der vorliegenden Studien zu diesem Themenkomplex zu der Schlussfolgerung, dass die alleinige Thoraxkompression der standardmäßigen Cardiopulmonalen Reanimation inklusive Zwischenbeatmung nicht überlegen ist.⁷²

Diese Konstellation wurde aber nicht gesondert berücksichtigt, da eine agonale Atemsituation in der Realität nur über einen sehr limitierten Zeitraum vorkommt und unter Simulationsbedingungen schwierig darzustellen ist. Darüber hinaus lässt sich aus der Studie von HALLSTROM keine generelle Empfehlung für die alleinige Thoraxkompression ableiten, da es sich bei den Teilnehmern um nicht ausgebildete Ersthelfer handelte. Für einen in BLS ausgebildeten Ersthelfer kann aufgrund der momentanen Datenlage kein Nachweis geführt werden, dass die alleinige Thoraxkompression ohne Beatmung eine zu akzeptierende Alternative ist.⁷²

Ob der kontroversen derzeitigen Diskussion über den Stellenwert der Beatmung im Rahmen der cardiopulmonalen Reanimation, lässt sich dennoch festhalten, dass die alleinige Thoraxkompression eine effektivere Maßnahme darstellt als die Alternative gar keine Basismaßnahmen durchzuführen. Dies gilt vor allem für den Anwenderkreis der Laienhilfe.

Aktuell wurde im Jahr 2007 eine prospektive Beobachtungsstudie aus Japan zum Stellenwert der Beatmung im Rahmen der Ersthelferreanimation publiziert.⁹⁷ Untersucht wurde der Einfluss unterschiedlicher Basisreanimationstechniken durch Anwesende bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes auf das Überleben nach außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand. Unterschieden wurden Patienten ohne Basisreanimationsmaßnahmen, Patienten die eine konventionelle Reanimation (Beatmung und Thoraxkompression) sowie Patienten, die lediglich eine Thoraxkompression erhielten. Primärer Endpunkt der Untersuchung war das Überleben nach 30 Tagen mit gutem neurologischen Outcome. Von 4068 Patienten, welche einen außerklinischen Herz-Kreislaufstillstand erlitten haben, erhielten 2917 (72%) keine Basisreanimation durch Anwesende, 712 (18%) eine konventionelle Reanimation und 439 (11%) eine Thoraxkompression ohne Beatmung. Den primären Endpunkt der Studie erreichten insgesamt 120 (2,9%) Patienten. In der Gruppe von Patienten, die keine Basisreanimation erhielten erreichten 2,2% den Endpunkt und in der Gruppe mit Reanimationsmaßnahmen (unabhängig von der Technik) erreichten 5,0% den Endpunkt der Studie. In den unterschiedlichen Überlebensraten der beiden Patientengruppen, die eine Basisreanimation (unabhängig von der Technik) erhielten, ließ sich kein Signifikanzniveau ableiten. In Subgruppenanalysen zeigte sich ein statistisch nachweisbarer Überlebensvorteil für Patienten, die lediglich eine Thoraxkompression erhielten gegenüber Patienten, bei denen eine konventionelle Basisreanimation inklusive Beatmung durchgeführt wurde. In einem Kommentar von RUPPERT et al. kommen die Autoren jedoch zu dem Schluß, dass sich aus dieser Untersuchung keine Schlussfolgerungen ableiten lassen, die sich auf die aktuellen Leitlinien beziehen.⁸⁶ Von entscheidender Bedeutung für diese Annahme ist die Tatsache, dass zum Erhebungszeitpunkt der Daten Patienten, welche eine konventionelle Basisreanimation erhielten; bestenfalls mit einem Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 15:2 (gemäß den Leitlinien 2000) reanimiert worden sind. In den aktuellen Leitlinien

gelten Empfehlungen für ein Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 30:2, so dass keine Schlussfolgerungen aus dieser Arbeit auf die aktuellen Leitlinien abgeleitet werden können.

Insgesamt wurden mit Konzeption und Definition der vier unterschiedlichen Testszenarien in dieser Arbeit Notfallsituationen unter Simulationsbedingungen abgebildet, mit denen Hilfeleistungssysteme täglich konfrontiert werden. Dabei wurden jedoch nicht die Häufigkeiten der einzelnen Krankheitsbilder berücksichtigt, sondern ein möglichst breites Spektrum abgedeckt. Man kann annehmen, dass im Rahmen von PAD-Programmen häufig Patienten mit Kammerflimmern, und im Rahmen der rettungsdienstlichen Versorgung deutlich häufiger Patienten mit einem nicht defibrillationswürdigen EKG-Befund aufgefunden werden. Die primäre respiratorische Insuffizienz ist ein eher seltenes Ereignis, wurde jedoch in die Studie aufgenommen, um das Ausmaß der Verzögerung von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen bei Anwendung eines alternativen Handlungsablaufes zu validieren. Als viertes Testszenario wurde eine Bewusstlosigkeit unbekannter Ursache definiert, welche sich als Einsatzbild in der außerklinischen Notfallrealität vergleichsweise häufig findet.

5.1.3 Simulation der Testszenarien / Modifiziertes Mega-Code-Manikin

Um reproduzierbare Daten zu erhalten, musste im Rahmen des Studienansatzes ein Simulationsverfahren ausgewählt werden. Grundsätzlich kommen zu diesem Zweck Menschen oder Simulatoren in Frage. Wie in Kapitel 3.4 dargestellt, wurde auf ein standardisiertes Verfahren und damit auf einen Simulator im weiteren Sinn zurückgegriffen. Alternativ hätte die Studie auch an einer Testperson durchgeführt werden können. Die Simulation einer Atemtätigkeit bzw. eines Atemstillstandes durch einen Menschen als Testperson wurde in der bereits dargestellten Arbeit zur Prozess- und Ergebnisqualität der Atemkontrolle etabliert und validiert (siehe Kap. 2.1.2). Wohingegen sich eine vorhandene bzw. nicht vorhandene Pulsation an der Arteria carotis unter den definierten Bedingungen dieser Studie kaum hätte darstellen lassen. Darüber hinaus lassen sich therapeutische Interventionen, welche für eine Aussagekraft unabdingbar sind, kaum an einem Menschen durchführen.

Neben dem Einsatz von Testpersonen wären prinzipiell für diese Studie auch aufwändigere Patientensimulatoren in Frage gekommen. Nachteilig sind dabei jedoch die sehr hohen Kosten und die eingeschränkte Mobilität für diese Art von Simulatoren. Zudem ist bei allen auf dem Markt befindlichen aufwändigeren Patientensimulatoren der Befund zur Atemsimulation (Thoraxexkursion, Atemgeräusch etc.) sehr deutlich ausgeprägt. Hinzu kommt die Tatsache, dass aufwändige Patientensimulatoren bisher in keinem Studienansatz dieser Art validiert wurden. Aufgrund dessen wurde bewusst ein Phantom gewählt, welches bei den Teilnehmern im Rahmen der Ausbildung zur cardiopulmonalen Reanimation als bekannt vorausgesetzt werden konnte, und in einer Vielzahl von Studien eingesetzt wurde.^{87,101,39}

Die Simulation der Testszenarien wurde aus den vorgenannten Gründen an einem modifizierten Mega-Code-Manikin (siehe Kap. 3.4) durchgeführt. Dieses System wurde bezüglich der Simulation der Atemfunktion bereits im Rahmen einer durchgeführten Studie zur Evaluation der Atemwegskontrolle (siehe Kap. 2.1.2) etabliert und validiert.⁸⁷

Das simulierte Tidalvolumen von 500ml und die Atemfrequenz von 16/min entsprechen dem physiologischen Atemzugvolumen und der Atemfrequenz eines mittelgroßen jungen Mannes

bei normaler Ruheatmung.⁴⁷ Bei bewusstseinsgetrübten Notfallpatienten können jedoch die pulmonalen Parameter wie Tidalvolumen und Atemfrequenz erheblich verändert sein und damit eine Befunderhebung zur Atemfunktion erschweren. Es wurde im Studienansatz jedoch bewusst darauf verzichtet, unterschiedliche pulmonale Testparameter zu simulieren, da bereits die Erhebung physiologischer Parameter mit einer potentiell hohen diagnostischen Unsicherheit behaftet ist (siehe Kap. 2.1.2).

Die Tatsache, dass die Herz-Kreislauffunktion nur über die Pulskontrolle simuliert wurde, muss aufgrund der bereits dargestellten diagnostischen Unsicherheit bei der Pulskontrolle (siehe Kap. 2.2.2) als problematisch gewertet werden. Zumal die derzeit gültigen Leitlinien innerhalb dieser Diagnosesequenz die Suche nach Kreislauf- bzw. Lebenszeichen und nicht mehr die alleinige Pulskontrolle empfehlen. Allerdings gibt es derzeit kein validiertes Simulationsverfahren um solche Aspekte darzustellen.

Letztendlich ist es nicht abschätzbar, in wieweit die vorgenommene Simulation der Testszenarien und insbesondere der Vitalfunktionen eine Realitätsnähe erreichte. Ebenso ist nicht klar, in welchem Ausmaß dadurch die Studienergebnisse, bezogen auf den Zeitbedarf für die Erhebung einzelner Befunde und die Durchführung einzelner Maßnahmen, beeinflusst wurden. Insbesondere ist nicht klar, ob der Simulationseffekt einen divergierenden Einfluss auf die Anwendungsperformanz der beiden unterschiedlichen Handlungsabläufe hatte, und vor allem in welchem unterschiedlichen Maß der eine oder andere Handlungsablauf dadurch beeinflusst wurde.

Wie eingangs dargestellt, sind die Mehrzahl der Arbeiten zum Themenkomplex Cardiopulmonale Reanimation auf der Grundlage von Simulationsbedingungen durchgeführt worden, da die Untersuchung in einer Realsituation extrem aufwendig und schwer realisierbar ist. So konnte beispielsweise die bereits zitierte Arbeit von EBERLE et al. zur Überprüfung der Pulsfunktion nur unter klinischen Bedingungen realisiert werden (siehe Kap. 2.2.2).⁴⁰ Eine andere prospektive Arbeit zur Untersuchung der Qualität von durchgeführter Thoraxkompression wurde ebenfalls nur unter klinischen Bedingungen durchgeführt.³

Im Gegensatz dazu gibt es eine Reihe von Studien, die im Rahmen von Untersuchungen zur Cardiopulmonale Reanimation auf ein Simulationsverfahren zurückgreifen, wie beispielsweise die Arbeit von SWOR aus dem Jahre 2005, welche den möglichen Einfluss eines speziellen Ausbildungsprogramms zur Cardiopulmonalen Reanimation für ältere Erwachsene auf die Überlebenschance bei einem Herz-Kreislaufstillstand in Altersheimen untersuchte.¹⁰⁵ Ebenfalls aus dem Jahre 2005 stammt die Untersuchung von STEVENSON, welcher unter Einsatz eines Simulationsverfahrens untersuchte, ob bei Reanimationen im Kindesalter eine oder beide Hände zur Durchführung der Herzdruckmassage einzusetzen sind.¹⁰¹ Als drittes Beispiel – um nur einige zu nennen – für ein Simulationsverfahren im Rahmen von Untersuchungen zur Cardiopulmonalen Reanimation, sei die Arbeit von DORPH aus dem Jahre 2002 aufgeführt, welche die Effektivität für das Verhältnis Beatmung zu Thoraxkompression von 1:5 bzw. 2:15 als Einhelfermethode bei Kinderreanimationen untersuchte.³⁹

Auch grundlegende Arbeiten, welche zur Änderung der derzeit gültigen Empfehlungen bezüglich der Pulskontrolle für die Anwendung durch Laien führten, wurden unter Simulationsbedingungen an Manikins durchgeführt.⁴⁶

Insgesamt wurde im Studienansatz festgelegt, auf ein etabliertes Simulationsverfahren zurückzugreifen, um gut messbare und valide Daten zu erhalten, wenn auch mit den beschriebenen Einschränkungen bezogen auf die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Realbedingungen eines Notfalleinsatzes.

5.1.4 Testumgebung und Testbedingungen

Während der Testabläufe herrschten optimale Licht- und Arbeitsverhältnisse für alle Testteilnehmer. Wie bereits in der Diskussion über die Simulation der Testszenarien ausgeführt, entspricht dies bei außerklinischen Notfällen wohl eher nicht der Realität (beengte räumliche Verhältnisse, Straßenlärm, etc.), ist jedoch ebenfalls die Voraussetzung, um Ergebnisse einer Untersuchung ohne Beeinflussung äußerer Gegebenheiten zu erhalten, große Fehlerhäufigkeiten zu vermeiden und eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Man kann postulieren, dass reale Einsatzbedingungen die Prozessqualität der diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen eher noch verschlechtern. In einer unlängst publizierten Arbeit von WIK et al. aus dem Jahre 2005 wird dieser Zusammenhang anschaulich am Beispiel der Herzdruckmassage dargestellt. Im Rahmen einer Untersuchung zur Prozessqualität der Cardiopulmonalen Reanimation bei außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand nahmen Rettungsdienstpersonal und Anästhesiepflegepersonal, welche in Schweden im professionellen Rettungsdienst fest integriert sind, an dieser klinischen Studie teil. Obwohl alle Teilnehmer einen sog. ACLS-Kurs mit einem darauf folgenden Auffrischungsmodul besucht hatten und mit Beginn der Studie ein Wiederholungstraining absolvierten, wurde bei außerklinischen Cardiopulmonalen Reanimationen in 48% der nötigen Reanimationszeit keine Herzdruckmassage durchgeführt. Darüber hinaus betrug die durchschnittliche Kompressionstiefe der Herzdruckmassage nur 34mm und nur 28% der Kompressionen erreichten eine suffiziente Tiefe von 38-51mm.¹¹⁸

Da die Durchführung einer derartigen Studie unter den Störeinflüssen einer Realsituation Ergebnisse liefert, die einer Reihe von zusätzlichen Einflussfaktoren unterliegen, konnten mit der Schaffung identischer Testbedingungen vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Bei diesen Ergebnissen muss aber letztlich offen bleiben, inwieweit sie auf die realen Arbeitsbedingungen eines präklinischen Notfalleinsatzes übertragbar sind.

5.1.5 Testteilnehmer

In der Bundesrepublik Deutschland wird im Rahmen der Daseinsvorsorge die Hilfeleistung im außerklinischen Bereich durch den professionellen Rettungsdienst einerseits sowie zusätzlich durch diverse strukturierte Hilfeleistungsprogramme (First Responder, Helfer-vor-Ort, PAD, Sanitätsdienst etc.) andererseits von verschiedenen Hilfsorganisationen, Feuerwehren, in Teilen auch durch private Anbieter gewährleistet und organisiert. Wie bereits ausführlich in Kapitel 2.4.1 dargestellt, gibt es in Deutschland sehr heterogene Strukturen, welche insgesamt eine außerklinische Hilfeleistung erbringen. Zum einen wird die Hilfeleistung durch den professionellen Rettungsdienst, zum anderen insbesondere in den letzten Jahren zunehmend durch Kräfte der organisierten Ersten Hilfe wie beispielsweise „First-Responder“ oder „Helfer-vor-Ort“ gewährleistet.

Zur Verdeutlichung der Komplexität des Hilfeleistungssystems in Deutschland sind in Abbildung 20 die einzelnen Glieder grafisch dargestellt. Die Abbildung spiegelt nicht die Relationen der einzelnen Anteile wider.

Hilfeleistungssysteme in der außerklinischen Daseinsvorsorge

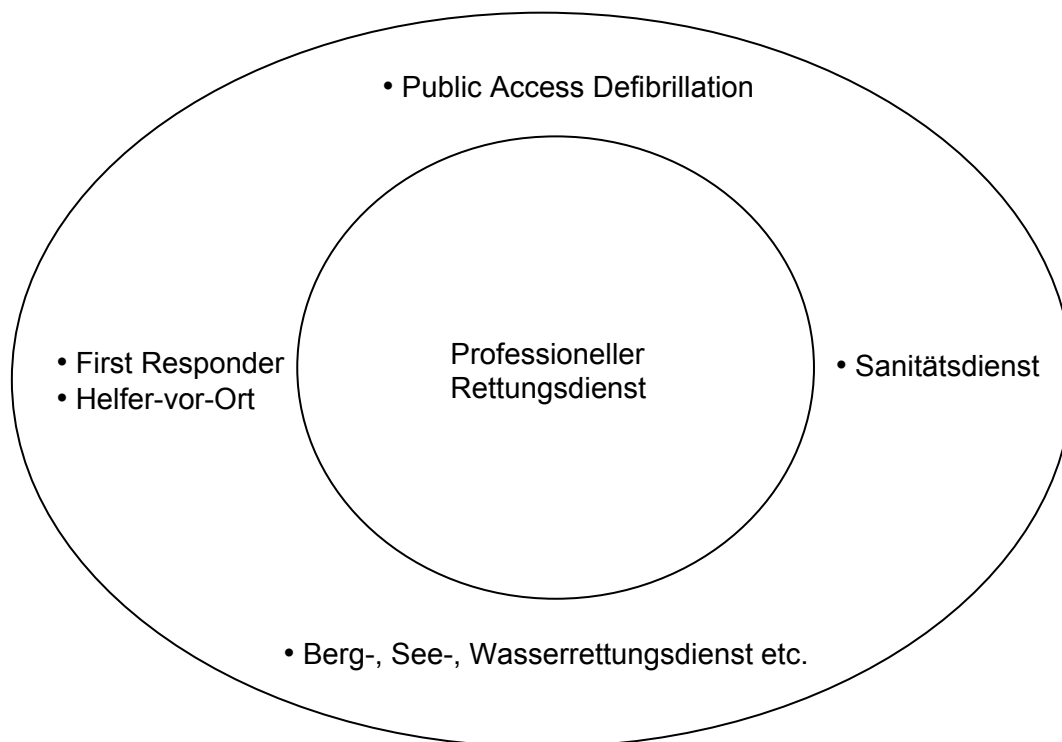


Abbildung 20: Schematische Darstellung des außerklinischen Hilfeleistungssystems in Deutschland

Neben dem professionellen Rettungsdienst gibt es eine Vielzahl von strukturierten Programmen innerhalb des Hilfeleistungssystems. In jüngerer Vergangenheit wird, wie bereits in Kapitel 2.4.1 beschrieben, im Rahmen der Strategien gegen den plötzlichen Herztod unter dem Begriff „Frühdefibrillation“ neben dem professionellen Rettungsdienst auch die Anwendung von AED durch zusätzliche Anwenderkreise bis hin zum medizinischen Laien verstanden. Dem Anwenderkreis der „First Responder“ aber auch den Hilfsdiensten wie beispielsweise Sanitätsdienste, Bergrettung, Wasserrettung und der Feuerwehr kommt dabei eine zunehmend wichtige Rolle im Sinne der Optimierung der Überlebenskette zu (siehe Kap. 2.2.3).

Ziel dieser Arbeit war es ein Anwenderkollektiv aus strukturierten AED-Programmen, welche klassischerweise in 2-Helfer-Teams agieren, in die Untersuchung aufzunehmen. Allerdings gibt es sowohl aus dem professionellen Rettungsdienst als auch aus dem Bereich strukturierter AED-Anwender wenig zugängliche Daten über die tatsächliche Qualifikation der Anwenderkreise.

Eine der wenigen publizierten Arbeiten zur personellen Zusammensetzung von strukturierten Programmen ist das so genannte Coburger Modell. Hier wurden im Kreis Coburg insgesamt 1233 Teilnehmer (Stand Dezember 2003) aus den Bereichen Betriebssanitäter, First-Responder von Feuerwehren und Sanitätsdiensten sowie Mitarbeiter von öffentlichen Ämtern und Betrieben für die AED-Anwendung geschult und insgesamt 47 AED-Geräte installiert.⁷⁴ Diese Arbeit ist beispielhaft für die heterogene personelle Zusammensetzung von strukturierten Frühdefibrillationsprogrammen.

Aufgrund der unzureichenden Datengrundlage der Personal- und Qualifikationsstruktur von AED-Anwendern aus strukturierten Programmen wurde der Ansatz gewählt, ein breites Kollektiv aus diesem Bereich zu finden, ohne dass damit eine Repräsentativität abgebildet werden hätte können. Durch den Mangel an Daten ist darüber hinaus anzunehmen, dass durch eine größere Anzahl von Teilnehmer und die Ausweitung auf zusätzliche verschiedene Hilfsorganisationen und Feuerwehren kein besseres Abbild des unbekanntes Ist-Zustands geliefert worden wäre.

Insgesamt war ein repräsentatives Kollektiv für eine derartige Untersuchung nicht zu generieren, da nur rudimentäre Daten bezüglich der Personalstrukturen im deutschen außerklinischen Hilfeleistungssystem verfügbar sind.

Aufgrund dessen wurde im Studienansatz festgelegt, ein breites, wenn auch nicht zwingend repräsentatives Kollektiv bezogen auf teilnehmende Organisationen und Qualifikationen aus dem Bereich strukturierter AED-Anwender auszuwählen. Es wurde versucht, ein möglichst reales Abbild dieses Kollektivs an Hilfeleistenden zu generieren, ohne die tatsächliche Realsituation beurteilen zu können.

5.1.6 Testablauf

Im Rahmen der Testabläufe erhielt jedes Team pro Handlungsablauf einen Probedurchgang und eine Einweisung / Demonstration von Notfallkoffer samt Inhalt und des verwendeten AED. Durch den Probedurchlauf wurde zwar ein gewisser Trainingseffekt in Kauf genommen, es konnte aber gleichzeitig vermieden werden, dass eine Nichtkenntnis des Gerätes und damit verbundene Verzögerungen und Anwendungsschwierigkeiten die Ergebnisse beeinflusst hätten.

Das Randomisierungsverfahren für die Reihenfolge des anzuwendenden Handlungsablaufes und der Testszenarienauswahl hatte die Minimierung eines Lerneffekts zum Ziel. Durch die Randomisierung wurde angestrebt, die Handlungsabläufe bzw. Testszenarienreihenfolge jeweils gleich verteilt zur Anwendung zu bringen. Auf diese Weise wurden die Teilnehmer jeweils einer vergleichbaren Situation exponiert und in der Hälfte der Fälle der eine oder andere Handlungsablauf zuerst absolviert.

Es konnte nicht absolut ausgeschlossen werden, dass beispielsweise nach Absolvierung des Testszenarios Asystolie, die Teilnehmer potentiell der Meinung waren, dass nur noch drei weitere Testszenarios zur Auswahl stünden, und eine Asystolie nun nicht mehr simuliert werden würde. Durch eine zusätzliche Randomisierung nach jedem absolvierten Testablauf der jeweils einzelnen Testszenarien und Handlungsabläufe hätte diese Beeinflussung der Ergebnisse noch weiter minimiert werden können.

Während der Studienplanung wurden jedoch Überlegungen angestellt, beide Handlungsabläufe sehr stringent und mit wenig Handlungsspielraum festzulegen, um so eine entsprechende Datenqualität und Vergleichbarkeit der beiden Kollektive zu gewährleisten. Ein sehr stringenter Handlungsablauf mit wenig Handlungsspielraum führt zwangsläufig zu einer hohen Wahrscheinlichkeit von Protokollverletzungen durch die Anwender und damit zum konsekutiven Ausschluss der Fälle während der Auswertung.

Im Bewusstsein, dass die Protokollverletzungen zu einer hohen Anzahl von Ausschlüssen von Testabläufen führen werden, wurde definiert, dass zuerst zwei Testszenarien mit einem Handlungsablauf absolviert werden, und anschließend mit dem anderen Handlungsablauf

entsprechend verfahren wird. Es wurde also immer ein Handlungsablauf zweimal hintereinander absolviert. Bei zusätzlicher Randomisierung der einzelnen Handlungsabläufe wäre die Anzahl der Fehler anzunehmender Weise höher ausgefallen.

Insgesamt ist ein Trainingseffekt von einem der beiden Handlungsabläufe eher unwahrscheinlich, da etwa zu gleichen Teilen der eine oder andere Handlungsablauf zuerst absolviert wurde.

5.1.7 Datenerhebung

Folgende Daten wurden bei vorliegender Studie als primäre Endpunkte der Untersuchung ausgewertet: Erhebung eines Befundes bezüglich Bewusstsein, Atemwege, Atem-, Herz-Kreislauffunktion und Analyse des Herzrhythmus sowie die Einleitung therapeutischer Maßnahmen (siehe Kap. 3.7). Die Parameter geben alle relevanten diagnostischen und therapeutischen Schritte wider. Sie wurden so konfiguriert, dass sie als einzelne Schritte klar definiert waren und damit auch zu eindeutigen Zeitpunkten als begonnen bzw. erfüllt zugewiesen werden konnten.

Ziel bei der Auswahl der Daten war es, Maßnahmen zu definieren, deren Durchführung für einen bewusstlosen Notfallpatienten potentiell lebensrettend sind. Dies waren im Einzelnen der Beginn therapeutischer Maßnahmen wie das Freimachen der oberen Atemwege – sofern indiziert – insbesondere bei einer Bolusverlegung, die Durchführung einer Beatmung, das Freihalten der oberen Atemwege, die Durchführung einer Thoraxkompression und die Abgabe einer Defibrillation. Ebenso wurden die Befunde zur Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion ausgewählt, welche für die weiteren therapeutischen Schritte relevant sind.

Als sekundäre Endpunkte der Untersuchung wurden alle untergeordneten Befunde und alle Einzelmaßnahmen, die zur Erhebung eines Befundes notwendig sind, festgelegt. Dazu gehörten das Setzen des Schmerzreizes, Überstrecken des Kopfes, Überprüfung der Atemwege ggf. inklusive Laryngoskopie, Einzelmaßnahmen zur Überprüfung der Atemfunktion und der Herz-Kreislauffunktion, Aufkleben der Elektroden sowie Durchführung der Herz-Rhythmusanalyse.

Wie aus dem Ergebnisteil ersichtlich, stehen die Zeitparameter dieser Befunde und Maßnahmen in einem jeweils zeitlich konstanten Abstand zueinander bzw. zu den primären Endpunkten. Auf eine weitere Auswertung und Diskussion dieser Parameter wurde aufgrund dessen verzichtet. Sie waren jedoch für die Auswertung wichtig, um die konsekutive Einhaltung und Abfolge der einzelnen Maßnahmen zur Befunderhebung und Therapieschritte zu kontrollieren.

Als Startpunkt der Zeitmessung wurde das Absetzen des Notfallkoffers am Boden neben dem Patienten definiert. Es ist vorstellbar, dass bereits vor Beginn der Zeitmessung mit Betreten des Testraumes diagnostische Maßnahmen durchgeführt wurden, wie beispielsweise ein Erkennen des sich hebenden Thorax. Allerdings ist das Absetzen der Notfallausrüstung ein klarer Handlungsschritt, welcher zweifelsfrei immer stattfinden muss, um überhaupt diagnostische Maßnahmen durchführen zu können. Deshalb ist die Definition des Absetzens eines Notfallkoffers als Startzeit eine gute Wahl, da diese Maßnahme bei jedem Testablauf zwingend initial durchgeführt werden musste und dadurch gut messbar war.

5.1.8 Dokumentation und Erhebung

Durch den gezielten Einsatz der digitalen audio-visuellen Videoaufzeichnung konnten alle durchgeführten Maßnahmen und Befunderhebungen durch die Teilnehmer nach Durchführung der Testabläufe erfasst und in das Dokumentationsprotokoll eingetragen werden. Die Auswertung mittels digitaler audio-visueller Videoaufzeichnung hat den Vorteil, dass die Testabläufe mehrmals kontrollierbar sind und Beobachtungsfehler ausgeschlossen werden können. Zur Erfassung der relevanten Zeitpunkte wurde die automatische Zeitspur der digitalen Aufzeichnung abgelesen. Somit entspricht die Methode der Dokumentation dem aktuellen Stand der technischen Möglichkeiten. Es konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass alle Testabläufe lückenlos dokumentiert wurden, beispielsweise aufgrund eines technischen Defekts, wobei dies nur einmalig der Fall war. Damit war die Auswahl einer digitalen audio-visuellen Videoaufzeichnung zur Datendokumentation vorteilhaft, da sie weitestgehend keinen Fehlern durch äußere Manipulationen unterworfen war und damit verlässliche Daten lieferte.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Entsprechend der Reihenfolge der Darstellung in Kapitel 4 werden im Folgenden die Ergebnisse dieser Arbeit diskutiert.

5.2.1 Teilnehmer

Nachdem ein zentraler Gegenstand dieser Untersuchung der Zeitpunkt der AED-Anwendung in Bezug zu anderen diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen war, kommen als Teilnehmer alle potentiellen AED-Anwender in Frage. Für diese Untersuchung wurden Teilnehmer ausgewählt, welche sich aus strukturierten Rahmenbedingungen bezogen auf die AED-Anwendung rekrutieren. Ein Grund für diese Auswahl von Teilnehmern war, dass diese Anwender ein gewisses Mindestausbildungsniveau haben und in aller Regel im realen Notfallgeschehen als Zweier-Teams agieren.

Durch die Auswahl einer Zielgruppe aus strukturierten AED-Programmen wurde auf einen Anwenderkreis im Sinne der Frühdefibrillation fokussiert, welcher durch kurze Reaktionsintervalle und frühzeitige Anwendung von AED einen hohen Stellenwert in der Therapie von Kammerflimmern und damit des plötzlichen Herztodes hat.

Für den gesamten Bereich von potentiellen AED-Anwendern aus strukturierten Programmen gibt es keine verfügbare Datengrundlage, um eine Abschätzung des ausgewählten Teilnehmerkollektivs hinsichtlich Qualifikation, Alterstruktur, Zusammensetzung sowie absolvierter spezifischer Trainingsmaßnahmen durchzuführen. Es sind derzeit lediglich Daten aus wenigen Einzelanalysen für den Bereich des professionellen Rettungsdienstes zugänglich, und müssen deshalb für einen Vergleich des untersuchten Teilnehmerkollektivs herangezogen und diskutiert werden.

An vorliegender Studie haben insgesamt 108 Personen des medizinischen Fach- und Hilfspersonals aus dem Bereich strukturierter AED-Programme teilgenommen, welche alle in die Auswertung mit einbezogen wurden.

Der Altersmedian aller Teilnehmer betrug 28 Jahre, wobei der jüngste Teilnehmer 18 Jahre und der älteste 53 Jahre alt war. Laut Angaben der Landesgeschäftsstelle des Bayerischen Roten Kreuzes (BRK), aus dem sich eine Teilnehmergruppe rekrutierte, liegt der Altersdurchschnitt der hauptamtlichen Rettungsdienstmitarbeiter in ihrer Organisation bei 35,9 Jahren (Stand: 31.12.2003).¹⁸ Damit liegt die Altersverteilung des untersuchten Teilnehmerkollektives unter der des verhältnismäßig großen Mitarbeiterkollektives des BRK. Zu begründen ist dies dadurch, dass sich unter den rekrutierten Teilnehmern eine hohe Anzahl von Rettungsassistenten in Ausbildung befand.

Den größten Anteil, bezogen auf die Altersverteilung der Teilnehmer, machte die Gruppe der 26-35jährigen (n=57) aus, gefolgt von der Gruppe der bis 25jährigen (n=36). Laut Angaben des BRK entfällt für das Jahr 2003 bei insgesamt 3861 hauptamtlichen Mitarbeitern der größte Anteil (bezogen auf die Altersverteilung) auf die Gruppe der 25-34jährigen.¹⁸ Damit deckt sich zumindest in diesem Bereich die Altersverteilung mit dem für die Studie ausgewählten Teilnehmerkollektiv. Es ist durchaus vorstellbar, dass ein insgesamt junges Teilnehmerkollektiv die Realität abbildet, da sich junge Menschen wohl eher freiwillig in Hilfsorganisationen sowie Feuerwehren engagieren und dort aktiv sind.

Im gesamten Teilnehmerkollektiv lag der Anteil der Frauen bei 4% und der der Männer bei 96%. Laut Jahresstatistik des Landes-Feuerwehrverbandes-Bayern e.V. (Stand 31.12.2003) beträgt bei insgesamt 321.962 aktiven Feuerwehrdienstleistenden der Freiwilligen Feuerwehren in Bayern, der Anteil von Frauen 18.564 aktiv Dienstleistenden und entspricht damit einem Anteil von 5,8%.⁶⁶ Diese Angaben decken sich nahezu mit dem Anteil an Frauen im untersuchten Teilnehmerkollektiv.

Die Jahresstatistik der BRK-Bereitschaften in Bayern ergibt ein anderes Geschlechterverhältnis ihrer Mitglieder (Stand 31.12.2004). Von insgesamt 42.679 Mitglieder der Bereitschaften sind 61,7% (n=26.336) männlich und 38,3% (n=16.343) weiblich.²¹ Diese Zahlen decken sich nicht mit den Angaben des Landes-Feuerwehr-Verbandes-Bayern sowie mit dem ausgewählten Teilnehmerkollektiv bezogen auf das Geschlechterverhältnis. Zu begründen ist dies dadurch, dass bei zugrunde liegenden Zahlen des BRK, Mitglieder neben dem Bereich des Rettungsdienstes aus verschiedenen Aufgabenbereichen wie beispielsweise soziale Dienste oder Blutspendedienst in den Angaben eingeschlossen sind.

Die Berufsfeuerwehren, anteilig 70,4%, waren von allen teilnehmenden Organisationen am stärksten vertreten. Wie eingangs geschildert, gibt es mittlerweile eine große Zahl von potentiellen AED-Anwendern, insbesondere in den zahlenmäßig stark ansteigenden „First-Responder“- , „Helfer-vor-Ort“- und „Public Access Defibrillation“-Programmen. Existierenden Schätzungen zufolge wird davon ausgegangen, dass beispielsweise in Bayern derzeit ca. 300 „First-Responder“- bzw. „Helfer-vor-Ort“-Systeme eingerichtet sind.⁹⁰ Diese Angaben sind jedoch auf Deutschland nicht vollständig übertragbar, da die Aktivitäten im Bereich strukturierter Programme durchaus regional unterschiedlich sein können. Darüber hinaus gibt es für AED-Anwender in strukturierten Programmen keine zentral erfassten vergleichbaren bundesweiten Daten.

Rund $\frac{1}{4}$ der Teilnehmer waren Rettungsassistenten in Ausbildung, da hier der Ausbildungsstand anzunehmenderweise etwa auf dem gleichen Niveau liegt. So wurde beispielsweise die bereits mehrfach zitierte Arbeit von EBERLE et al. zur Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion zu einem erheblichen Anteil mit Rettungssanitätern und Rettungsassistenten in Ausbildung durchgeführt.⁴⁰

In den letzten Jahren gibt es vermehrt Aktivitäten, insbesondere der Feuerwehren, im Bereich „First-Responder“. Eine zunehmende Bedeutung wird dabei den Freiwilligen Feuerwehren in strukturärmeren Regionen beigemessen, welche die zwangsläufig verlängerten Reaktionsintervalle des professionellen Rettungsdienstes, da längere Anfahrtswege als im städtischen Bereich erforderlich sind, deutlich verkürzen können.

Grund für den verhältnismäßig hohen Anteil der Feuerwehr am gesamten Teilnehmerkollektiv, war die Tatsache, dass die Feuerwehren in Zukunft sicher noch stärker in das Hilfeleistungssystem, vor allem durch die Erweiterung der AED-Anwenderkreise im Sinne der First-Responder-Systeme, integriert werden.

In die Studie aufgenommen wurden verschiedene Qualifikationsstufen von AED-Anwendern aus strukturierten Programmen. Bezüglich der Personalstrukturen und Qualifikationsstufen gibt es weder für diesen Bereich noch für den professionellen Rettungsdienst, wie bereits dargestellt, verfügbare umfassende Daten, sondern lediglich grobe Schätzungen, die auf Stichproben beruhen. So betrug beispielsweise laut Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) die Gesamtzahl des hauptamtlichen Personals im Rettungsdienst in der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2000 31.806.⁹¹ Davon waren 22.072 Rettungsassistenten (= 69,4%) und 8.828 Rettungssanitäter (= 27,8%). In diesem Gutachten gibt es jedoch weder Aussagen über den Anteil übergeleiteter Rettungsassistenten, noch über die weiteren Qualifikationen der Rettungsdienstmitarbeiter (Rettungshelfer, Sanitätshelfer etc.). AHNEFELD geht in einem im Jahre 2003 veröffentlichten Grundsatzpapier davon aus, dass mehr als 80% der Rettungsassistenten eine verkürzte Ausbildung im Sinne einer Ausnahme- bzw. Übergangsregelung absolviert haben.⁹ Beispielsweise sind im BRK, Kreisverband Ostallgäu, aus dem eine Teilnehmergruppe in die Studie aufgenommen wurde, derzeit von insgesamt 62 hauptamtlichen Rettungsassistenten, 37 (= 59,7%) Rettungsassistenten übergeleitet.⁵⁶ Faktisch entspricht die Qualifikation eines übergeleiteten Rettungsassistenten der eines Rettungssanitäters. Folglich wurden in vorliegender Studie die übergeleiteten Rettungsassistenten konsequenterweise mit den Rettungssanitätern bezüglich ihrer Qualifikation gleichgestellt.

Alle Teilnehmer hatten zum Erhebungszeitpunkt innerhalb der letzten 24 Monate eine spezifische Trainingsmaßnahme im Sinne einer Frühdefibrillationsausbildung / eines Reanimationstrainings erfahren und damit das Einschlusskriterium erfüllt. Dieses Einschlusskriterium wurde definiert, da die meisten publizierten Empfehlungen bzw. für die Etablierung von AED-Programmen festgelegten Konzepte ein Wiederholungsintervall von ein bis maximal zwei Jahren vorsehen.¹⁴

Im Hinblick auf die aktuellen Entwicklungen im Hilfeleistungssystem und zunehmende Aktivitäten in diesem Bereich durch die Implementierung gestaffelter Hilfeleistungssysteme („First-Responder“ / „Helfer-vor-Ort“) im Rahmen von Strategien gegen den plötzlichen Herztod, wurde intendierterweise darauf abgezielt, potentielle AED-Anwender aus diesen strukturierten Bereichen in die Studie einzuschließen. Der typische Teilnehmer der Studie war vergleichsweise jung sowie männlichen Geschlechts und könnte damit den klassischen AED-Anwender in programmierten Strukturen widerspiegeln, was die wenigen verfügbaren Daten nahe legen.

Insgesamt gibt es für den Bereich strukturierter Frühdefibrillationsprogramme in Deutschland derzeit keine umfassende Bestandsaufnahme bezogen auf ihre Personalstruktur. Damit kann letztlich aufgrund fehlender Datenlage nicht beurteilt werden, inwieweit das ausgewählte

Teilnehmerkollektiv ein Abbild von tatsächlich handelnden Personen in Notfallsituationen wiedergibt.

5.2.2 Ausschluss von Testabläufen

Von insgesamt 216 durchgeführten Testabläufen mussten aufgrund der definierten Kriterien 44 ausgeschlossen werden, so dass endgültig 172 (79,6%) in die Auswertung eingegangen sind. Ausschlusskriterien waren eine fehlerhafte Simulation (n=0), eine fehlende Datendokumentation (n=1), eine fehlende Befundmitteilung (n=15) sowie die Verletzung eines Handlungsablaufes (n=28).

Die in der Methodik (siehe Kap. 3.7.2) dargestellte Datendokumentation hat sich somit als zuverlässig erwiesen.

Ein Anteil von rund 7% aller durchgeführten Testabläufe musste aufgrund fehlender Befundmitteilungen bzw. rund 13% aufgrund der Verletzung eines Handlungsablaufes ausgeschlossen werden. Dies erscheint relativ hoch. Allerdings gibt es hierfür eine Reihe nachvollziehbarer Gründe.

Einer der Hauptgründe für den Ausschluss eines Testablaufes, unabhängig davon welcher Handlungsablauf angewendet wurde, war die fehlende Befundmitteilung zur Atemfunktion. Für die reale Notfallsituation ist eine fehlende Befundmitteilung bei dennoch richtiger Vorgehensweise von untergeordneter Relevanz, da hierdurch keine Konsequenzen für die korrekte Abfolge der Handlungsschritte und Durchführung einzelnen Maßnahmen entstehen.

Die Teilnehmer mussten sich in kurzer Zeit an zum Teil zwei neue Handlungsabläufe adaptieren, da in weiten Teilen Deutschlands, wie in Kapitel 3.2 dargestellt, der sog. „Diagnostische Block“ etabliert ist, welcher abweichend von den derzeit gültigen Leitlinien keine zwei Initialbeatmungen beinhaltet. Daher ist es nicht verwunderlich, dass bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] einer der Hauptgründe, der zum Ausschluss eines Testablaufes führte, die fehlenden zwei Initialbeatmungen war.

Darüber hinaus wurden in einem engen zeitlichen Abstand zwei unterschiedliche Handlungsabläufe absolviert, was unter der Stresssituation von Videoaufzeichnung und einer Exposition der Teilnehmer gegenüber einer prüfungsähnlichen Situation zu Fehlern führen kann.

Die Ursachen, welche zum Ausschluss führten, waren im Vergleich der beiden Handlungsabläufe bezogen auf die Gesamtzahl, etwa gleich häufig verteilt (Handlungsablauf [ABCD] n=24 vs. Handlungsablauf [DABC] n=20). Somit kann hier keine Aussage getroffen werden, ob einer der beiden Handlungsabläufe in der Anwendung problematischer war.

Weiterhin wurde untersucht, ob die Qualifikation der Teilnehmer einen Einfluss auf die fehlerlose Anwendung der beiden Handlungsabläufe hatte. Vergleicht man die Qualifikation der Teamleiter (als Kriterium für die Qualifikation der Teilnehmer) mit der fehlerlosen Durchführung der Testabläufe, so fällt auf, dass keine Abhängigkeit von der Qualifikation feststellbar war. Bei Vergleich einer fehlerlosen Durchführung von Testabläufen mit der Absolvierung einer spezifischen Trainingsmaßnahme (Frühdefibrillationsausbildung / Reanimationstraining) der Teamleiter, fällt ebenfalls auf, dass sich kein Unterschied ergab, ob die Trainingsmaßnahme früher (innerhalb 1-6 Monate) oder später (innerhalb 7-24 Monate) absolviert wurde.

In einer retrospektiven Mulicenterstudie von LERNER et al. aus dem Jahre 2003 wurde der Zusammenhang von AED-Trainings- bzw. Ausbildungsmaßnahmen für „First Responder“

und die Anwenderperformanz bei einem außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand untersucht.⁶⁸ Endpunkt der Untersuchung war, ob ein AED durch Aufkleben der Elektroden auf dem Brustkorb eines Patienten durch die Teilnehmer zur Anwendung gebracht wurde. Dabei war die Anwenderperformanz signifikant höher, wenn die Teilnehmer eine spezifische „First-Responder“- bzw. AED-Ausbildung vorab absolviert hatten, im Gegensatz zu Teilnehmern, welche eine reine Ausbildung für Cardiopulmonale Reanimation vorweisen konnten. Die Autoren kommen darüber hinaus zu der Schlussfolgerung, dass ein kontinuierliches Training innerhalb des ersten Jahres nach einer abgeschlossenen Ausbildung keine Verbesserung der Anwenderperformanz bringt. Dies deckt sich mit den Ergebnissen vorliegender Studie.

Wie bereits dargestellt, konnte ebenfalls im Rahmen dieser Studie kein Zusammenhang zwischen Abstand zur letzten absolvierten Trainingsmaßnahme und Anwenderperformanz festgestellt werden. Ursache hierfür könnte gewesen sein, dass die Einweisung auf den jeweiligen Handlungsablauf unmittelbar vor Durchführung eines Testablaufes stattgefunden hat und dies einen gewissen direkten Wiederholungseffekt generierte. Letztendlich kann keine Aussage getroffen werden, ob der eine oder andere Handlungsablauf durch eine längere Latenz nach einer absolvierten Trainingsmaßnahme besser memorierbar ist.

Zur Erhebung einer validen Datenqualität wurden die Ausschlusskriterien für die Testabläufe sehr eng definiert. Somit wurden Testabläufe ausgeschlossen, deren Fehler im realen Ablaufgeschehen anzunehmenderweise nicht zu einer Gefährdung eines bewussten Notfallpatienten geführt hätten, da es sich teilweise nur um marginale Abweichungen der konsekutiven Handlungsschritte handelte. Daraus erklärt sich die zunächst hoch erscheinende Anzahl ausgeschlossener Testabläufe. Diese spiegeln nicht unbedingt eine schlechte Anwenderperformanz oder Therapiequalität wider, sondern waren den spezifischen Bedingungen der Studienplanung und des Studienaufbaus unterworfen.

Man kann davon ausgehen, dass die Fehlerhäufigkeit, unabhängig von den studientechnischen Gegebenheiten, unter den Realbedingungen eines Notfalleinsatzes deutlich höher ist, als bisher angenommen. Den Zusammenhang zwischen Prozessqualität durchgeführter Reanimationsmaßnahmen unter Simulationsbedingungen gegenüber der Einsatzrealität zeigt anschaulich die bereits dargestellte Arbeit von WIK aus dem Jahre 2005 (siehe Kap. 5.1.4).¹¹⁸ In der Diskussion der Ergebnisse vorliegender Studie, welche unter Simulationsbedingungen durchgeführt wurde, muss man die tatsächlichen Schwierigkeiten eines Notfalls in der Realsituation, insbesondere durch beispielsweise Lärm, beengte Verhältnisse und unübersichtliche Lage berücksichtigen. Allerdings ist gerade dieser Zusammenhang bei Helfern mit einem geringen Ausbildungsniveau ein Argument für die Anwendung von Handlungsablauf [DABC], weil durch die vorangestellte AED-Anwendung ein zusätzliche Orientierungsphase und potentielle Handlungssicherheit geschaffen wird.

Insgesamt resultiert die Anzahl ausgeschlossener Testabläufe aus der Tatsache, dass strenge Studienkriterien definiert wurden und die Durchführung der Testabläufe eine Stresssituation für die Teilnehmer im Sinne einer prüfungsähnlichen Situation generierte. Unter den Realbedingungen eines Notfalleinsatzes ist die Fehlerhäufigkeit potentiell deutlich höher, als bisher angenommen. Für AED-Anwender mit einem geringen Ausbildungsniveau lässt sich mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Vorteil für die Anwenderperformanz bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] annehmen.

5.2.3 Handlungsabläufe

Zur besseren Übersicht für die Diskussion sind nochmals die wichtigsten Ergebnisse aus Kapitel 4.4 für beide Handlungsabläufe und die einzelnen Testszenarien zusammen gefasst in Abbildung 21 grafisch dargestellt.

Es zeigt sich, dass unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] die therapeutischen Maßnahmen Defibrillation und erste Thoraxkompression insgesamt früher durchgeführt wurden als im Vergleich dazu bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] (Testszenario Kammerflimmern (VF) und Testszenario Asystolie (ASYS)). Therapeutische Maßnahmen wie die Bolusentfernung, die Beatmung nach Bolusentfernung (Testszenario Bolus (BOL)) und das Einlegen des Guedeltubus (Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW)) erfolgten bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] später im Vergleich zur Anwendung von Handlungsablauf [ABCD].

Diese Ergebnisse ergeben sich konsequenterweise aus der Konfiguration der Handlungsabläufe und zeigen, dass die intendierten Abfolgen der therapeutischen Schritte auch tatsächlich so erfolgten.

Wesentliche Konsequenzen für die einzelnen Notfallsituationen ergeben sich erst aus der Betrachtung der einzelnen Testszenarien und werden daher im Folgenden diskutiert (siehe Kap. 5.2.4).

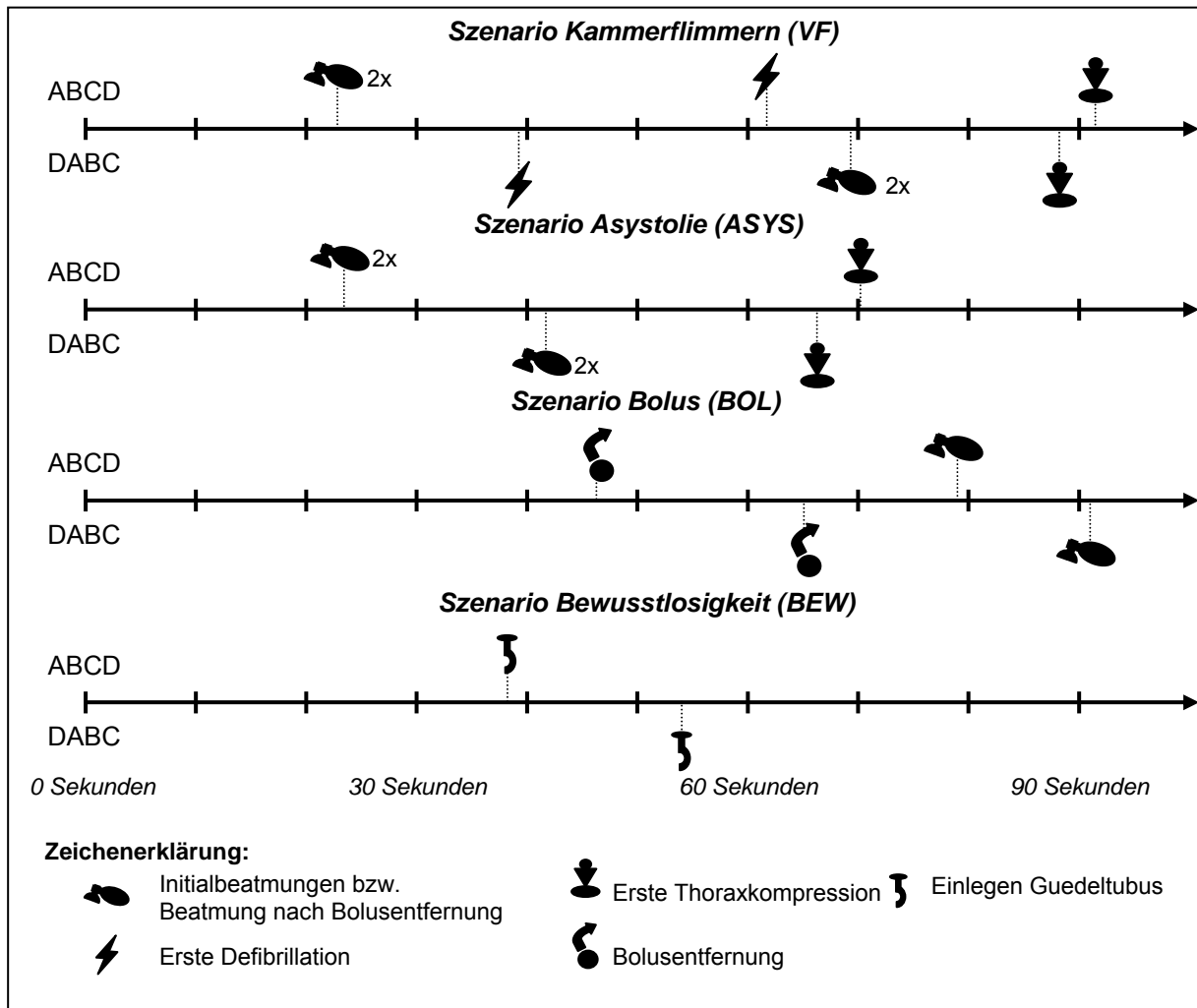


Abbildung 21: Entscheidende therapeutische Maßnahmen unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] für alle vier Testszenarien

5.2.4 Testszenarien

Kammerflimmern (VF)

Analysiert man die Ergebnisse für das Testszenario Kammerflimmern (VF), so sieht man deutlich, dass die erste Defibrillation mit einer Differenz der Zeitintervalle von 23 Sekunden deutlich früher unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] erfolgte. Für die ersten 2 Initialbeatmungen beträgt die Differenz der Zeitintervalle 46 Sekunden, und damit erfolgen die ersten 2 Initialbeatmungen deutlich später unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC]. Für den Beginn der ersten Thoraxkompression ergibt sich bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] eine Differenz von nur 4 Sekunden. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend, da dies der Konzeption und Konfiguration des Handlungsablaufs [DABC] mit einer initialen Herz-Rhythmusanalyse und damit möglichst frühzeitigen Defibrillation entspricht. Die Tatsache, dass die ersten Thoraxkompression im Vergleich der beiden Handlungsabläufe im Prinzip zum gleichen Zeitpunkt stattfindet, ist

nachvollziehbar, da letztendlich für beide Handlungsabläufe die gleichen Arbeitsschritte zu erfüllen waren.

Wie bereits beschrieben, sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit für einen Patient mit Kammerflimmern ohne Durchführung einer Defibrillation um bis zu 10% pro Minute (siehe Kap. 2.2.6).⁶⁷ Dies würde theoretisch bedeuten, wenn man diese Abhängigkeit von Überlebensrate und Zeit ohne durchgeführte Defibrillation zugrunde legt, dass die Abgabe einer Defibrillation rund eine halbe Minute früher, allein durch Änderung der Vorgehensweise im Sinne von Handlungsablauf [DABC] die Überlebenschance um bis zu 5% verändern würde. Dies ist natürlich eine hypothetische Abschätzung, da zum einen der tatsächliche zeitliche Verlauf der Überlebensrate nicht abschließend geklärt ist (siehe Kap. 2.3), und zum anderen, wie ausführlich dargestellt, die Parameter unter Versuchsbedingungen erhoben wurden, und im Vergleich zum realen Notfallgeschehen deutlich abweichend davon sein könnten. Der Zusammenhang zwischen unterschiedlicher Ergebnisqualität unter Simulationsbedingungen und realen Einsatzbedingungen gilt insbesondere für AED-Anwender mit einem geringen Ausbildungsniveau. Deren Anwenderperformanz scheint in einer Realsituation deutlich schlechter zu sein, als bisher angenommen. Man kann davon ausgehen, dass bei diesem Anwenderkreis die Zeitdifferenzen für diagnostische Befunde und therapeutische Maßnahmen unter den Realbedingungen eines Notfalleinsatzes deutlich höher ausfallen, als unter den Simulationsbedingungen einer Studie. Dennoch lässt sich aufgrund der Studienergebnisse, auch bei einem zunächst gering erscheinenden Zeitunterschied von 23 Sekunden, ein deutlicher Einfluss auf die Überlebenschance postulieren.

Der Rekrutierung erweiterter Anwenderkreise des AED kommt im Rahmen von Strategien gegen den plötzlichen Herztod eine zentrale Rolle zu. Insbesondere in strukturschwachen Regionen ist es mit der Strategie von „First-Responder“- bzw. „Helfer-vor-Ort“-Programmen gelungen, die Reaktionsintervalle des Rettungsdienstes deutlich messbar zu optimieren, und damit die Überlebensraten von Patienten mit einem plötzlichen Herztodereignis potentiell zu verbessern.¹⁰⁷ Eine Reihe publizierter Arbeiten konnte, wie bereits in Kapitel 2.3 dargestellt, einen positiven Effekt auf die Überlebensraten bei außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand durch Implementierung von strukturierten AED-Programmen nachweisen. Anschaulich gezeigt werden konnte der Zusammenhang zwischen hohen Überlebensraten und Erweiterung der Anwenderkreise von AED auf beispielsweise Polizeibeamte wie in der Arbeit von WHITE oder auf Sicherheitspersonal in amerikanischen Spielcasinos von VALENZUELA, um nur einige zu nennen.^{116,75,109}

Darüber hinaus hat im Rahmen von Strategien gegen den plötzlichen Herztod die Erweiterung der Anwenderkreise auf medizinische Laien im Sinne der „Public Access Defibrillation“ in den letzten Jahren ebenfalls einen erheblichen Stellenwert gewonnen (siehe Kap. 2.3). So zeigte eine groß angelegte, prospektive Multicenterstudie von HALLSTROM aus dem Jahre 2004, eine deutliche Erhöhung der Überlebensrate bei außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand durch Implementierung einer „Public Access Defibrillation“ unter Rekrutierung von 19.000 Laien aus 24 verschiedenen nordamerikanischen Regionen.⁵¹ Aus dieser Untersuchung lässt sich ableiten, dass allein durch Verkürzung des therapiefreien Intervalls eine potentielle Erhöhung der Überlebensraten resultiert und damit der möglichst frühzeitige Einsatz eines AED oberste Priorität hat.

Im Folgenden wird diskutiert, ob die möglichst frühzeitige Defibrillation für alle bewusstlos erscheinenden Notfallpatienten eine verbesserte Vorgehensweise für das Überleben impliziert. Der Stellenwert einer sofortigen Defibrillation bei länger bestehendem Kammerflimmern wird durchaus kritisch diskutiert. Es gibt neuere Erkenntnisse, welche alternativ dazu für die

initiale Durchführung von Basisreanimationsmaßnahmen vor einer Defibrillation über einen limitierten Zeitraum (siehe Kap. 2.2.4) sprechen.^{113,4,24} So häufen sich in den vergangenen drei Jahren Publikationen, die in einer bestimmten Zeitphase nach Eintritt von Kammerflimmern einen positiven Effekt von Basisreanimationsmaßnahmen nachweisen, die der Defibrillation vorangestellt werden.^{4,16,24,113,117} Dies ist konträr zum gegenwärtig verfolgten Konzept, die Defibrillation möglichst frühzeitig zur Anwendung zu bringen. Diese neueren Erkenntnisse wurden anschaulich in einem Editorial von WEISFELDT aus dem Jahre 2002 als sog. 3-Phasen-Modell des Herzstillstandes dargestellt. In der ersten, so genannten „elektrischen Phase“, liegt ein Kammerflimmern bei noch bestehenden Energiereserven des Herzmuskels vor. In dieser Phase, deren Dauer auf vier Minuten geschätzt wird, erscheint weiterhin eine schnellstmögliche Defibrillation die Maßnahme höchster Priorität, da sich in dieser Phase noch ausreichend Energiesubstrat am Herzen befindet, um nach erfolgreicher Termination des Kammerflimmerns, die Schrittmacherzellen des Herzens zu aktivieren.

Darauf folgt die so genannte „zirkulatorische Phase“, die sich von der vierten bis zur zehnten Minute erstreckt. Hier wird nun im Gegensatz zur elektrischen Phase postuliert, dass sich der energetische Zustand des Herzmuskels mittlerweile so weit verschlechtert hat, dass die Aussichten auf das Einsetzen eines suffizienten, Kreislauf induzierenden Herzrhythmus deutlich geringer geworden sind. Durch die Durchführung einer Basisreanimation soll in dieser Phase durch den entstehenden Minimalkreislauf neues Energiesubstrat an den Herzmuskel geliefert werden, so dass dieser in die Lage versetzt wird, nach erfolgreicher Defibrillation seine Pumpfunktion wieder aufzunehmen.

Nach der zehnten Minute beginnt die so genannte „metabolische Phase“. Hier muss angemerkt werden, dass sich in dieser Phase die Überlebensraten auf einem sehr geringen Niveau bewegen. Das Hauptproblem dieser Phase wird in den toxischen Stoffwechselprodukten vermutet, die aus der langen Zeit der Minderdurchblutung resultieren. Da hier weder die Defibrillation noch die Cardiopulmonale Reanimation alleine zielführend sind, wird vorgeschlagen, dass für diese Phase therapeutische Methoden zur Korrektur der metabolischen Entgleisung oder zum Schutz des Körpers vor dieser entwickelt werden sollten. Diskutiert werden hierfür Maßnahmen wie die protektive Senkung der Körperkerntemperatur oder die Etablierung eines extrakorporalen Kreislaufes zur Eliminierung potentiell anfallender toxischer Stoffwechselprodukte.

Aufgrund dieser Annahme lässt sich für den Patienten mit schon länger bestehendem Kammerflimmern vermuten, dass dieses Patientenkollektiv der so genannten zirkulatorischen Phase zugerechnet werden muss. Damit könnte durch eine vorgeschobene Basisreanimation im Sinne von Handlungsablauf [ABCD] mit anschließender konsekutiver Defibrillation die Überlebenschance potentiell erhöht werden. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ebenfalls ableiten, dass der professionelle Rettungsdienst, mit in aller Regel längeren Reaktionsintervallen, im Rahmen eines plötzlichen Herztodereignisses in der Regel mit Patienten konfrontiert wird, welche sich in der so genannten zirkulatorischen Phase oder bereits in der metabolischen Phase befinden.

Diesem Umstand wurde in den derzeit gültigen Leitlinien des ERC bereits Rechnung getragen. Es wird empfohlen, dass medizinisches Fachpersonal bei jedem nicht selbst beobachteten außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand mit einer zweiminütigen Sequenz Basisreanimationsmaßnahmen beginnen soll.⁴⁴

AED-Anwender aus strukturierten Programmen mit kurzen Reaktionsintervallen werden die Chance haben, Patienten eher in der elektrischen Phase vorzufinden. Damit ist für diese Anwendergruppen die möglichst frühzeitige Defibrillation im Sinne von Handlungsablauf [DABC] die Therapie der Wahl.

Es kann konstatiert werden, dass die Entscheidung für die Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] oder für Handlungsablauf [DABC] abhängig davon ist, nach welchem Zeitintervall ein initial bewusstloser Notfallpatient aufgefunden wird. Dabei spielt die Verkürzung des therapiefreien Intervalls bis zum Eintreffen von professioneller Hilfeleistung bei zeitkritischen Notfallereignissen eine entscheidende Rolle für das Überleben eines Patienten mit Kammerflimmern. Es kann postuliert werden, dass Handlungsablauf [DABC] im Rahmen gestaffelter Hilfeleistungssysteme mit kurzen Reaktionsintervallen für einen Patienten mit Kammerflimmern eine patientenorientierte Vorgehensweise darstellt und damit potentiell höhere Überlebenschancen impliziert. Insbesondere für AED-Anwender aus strukturierten Programmen mit einem geringeren Ausbildungsniveau und mit in aller Regel kurzen Reaktionsintervallen, bietet Handlungsablauf [DABC] den potentiellen Vorteil erhöhter Handlungssicherheit sowie einen positiven Einfluss auf die Überlebensrate bei einem plötzlichen Herztodereignis.

Für den professionellen Rettungsdienst, der in aller Regel deutlich längere Reaktionsintervalle aufweist, ist Handlungsablauf [ABCD] entsprechend den derzeit gültigen Leitlinien zu empfehlen.

Zusammengefasst lässt sich anhand dem Studienergebnis für einen Patient mit Kammerflimmern, der frühzeitig aufgefunden wird ableiten, dass die Anwendung von Handlungsablauf [DABC] die bessere Vorgehensweise ist, da er rund eine halbe Minute früher eine Herz-Rhythmusanalyse und dadurch eine potentiell lebensrettende Defibrillation erfährt. Für Patienten mit länger bestehendem Kammerflimmern, mit denen in aller Regel der professionelle Rettungsdienst konfrontiert wird, sind Handlungsablauf [ABCD] und vorgeschobene Basismaßnahmen zu empfehlen.

Asystolie (ASYS)

Bei Betrachtung der Ergebnisse für das Testszenario Asystolie (ASYS) fällt auf, dass die Differenz der Zeitintervalle für die Durchführung der ersten Thoraxkompression nur 3 Sekunden bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] beträgt. Für die Durchführung der ersten 2 Initialbeatmungen beträgt die Differenz der Zeitintervalle 18 Sekunden.

Das Testszenario Asystolie (ASYS) stellt den Fall des typischerweise schon länger bestehenden Herz-Kreislaufstillstandes dar. Wie bereits in Kapitel 5.1.2 dargestellt, besteht ein Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt des Auffindens eines Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand und dem initial diagnostizierten Herzrhythmus. So betrug beispielsweise in einer prospektiven Studie von WIK et al. das Reaktionsintervall des professionellen Rettungsdienstes während der Erhebung dieser Studie rund 12 Minuten. Dabei lag der Anteil von Asystolie als initial diagnostiziertem Herzrhythmus bei 59,7%.¹¹⁷ In der bereits beschriebenen sog. OPALS-Studie aus Kanada wurde, bei einem Reaktionsintervall von mehr als 8 Minuten, in 47,0% der Fälle eine Asystolie als EKG-Erstbefund dokumentiert (siehe Kap. 5.1.2).³⁸ Aus diesen Erkenntnissen lässt sich ableiten, dass ein Zusammenhang zwischen verlängertem Reaktionsintervall und der Wahrscheinlichkeit einer Asystolie als EKG-Erstbefund besteht.

Allerdings gibt es derzeit keine verfügbaren Daten, vergleichbar der Situation bei einem Patienten mit Kammerflimmern, die für eine Asystolie als EKG-Erstbefund einen detaillierten kausal begründeten Zusammenhang zwischen zeitlichem Verlauf und Überlebensrate beschreiben. Aufgrund dessen ist es schwierig zu beurteilen, ob und inwieweit eine Änderung des Handlungsablaufes potentiell einen Einfluss auf die Überlebensrate eines Patienten mit initialer Asystolie haben könnte.

Insgesamt ist die Überlebenschance eines Patienten mit Asystolie als EKG-Erstbefund vergleichsweise schlecht. So ergaben sich beispielsweise Überlebensraten von 1% in einer Multicenterstudie von WEAVER et al. aus dem Jahre 1986 sowie 2% in einer prospektiven Kohortenstudie von ENGDAHL et al. aus dem Jahre 2000, wenn der EKG-Erstbefund eine Asystolie war.^{111,43} In einer retrospektiven Arbeit von HOLMBERG aus dem Jahre 2005 ergab sich eine Überlebensrate (mindestens ein Monat nach Ereignis) von lediglich 1,6%, wenn bei Patienten mit außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand initial eine Asystolie analysiert wurde.⁵⁸

Selbst unter Optimierung der Therapiestrategien, beispielsweise durch Einsatz mechanischer Geräte zur Optimierung der Thoraxkompression⁸¹ oder alternativer Vasopressoren wie in der vielfach zitierten Studie von WENZEL et al., blieb die Überlebensrate bei 4,7% für Patienten mit einer initialen Asystolie.¹¹⁵

Betrachtet man Patienten in einer frühen Phase nach Herz-Kreislaufstillstand und damit mit Kammerflimmern als EKG-Erstbefund und einem steilen Abfall der Überlebenschance pro Zeitintervall, ist auch eine kurze Zeitdifferenz für die Durchführung unterschiedlicher Maßnahmen von hoher Bedeutung. Bei Betrachtung von Patienten in einer späten Phase nach Herz-Kreislaufstillstand und damit anzunehmenderweise mit Asystolie, ist auch ein längeres Zeitintervall für die Durchführung von Maßnahmen potentiell mit einer geringeren Auswirkung auf die Überlebenschance behaftet.

Zusammengefasst muss bei einem Patienten mit einer Asystolie als EKG-Erstbefund und damit verbundenen schlechten Überlebenschance angenommen werden, dass sich durch eine minimale Verzögerung des Beginns der Basisreanimationsmaßnahmen im Sinne von Handlungsablauf [DABC] ein höchstens marginaler Unterschied für das Überleben ergibt.

Bolus (BOL)

Bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] ergeben sich für das Testszenario Bolus (BOL) Differenzen der Zeitintervalle für die Bolusentfernung von 18 Sekunden und für die Beatmung nach Bolusentfernung von 12 Sekunden.

Dieses Ergebnis gibt zumindest Anhalt dafür, dass die initiale Zeitverzögerung bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] auch nutzbar ist für eine Orientierungsphase. Interessant ist dabei, dass sich das Zeitintervall zwischen Bolusentfernung und Beatmung nach Bolusentfernung verkürzt, da schneller realisiert wird, dass beatmet werden muss.

Allerdings bringt der frühe Einsatz des AED und damit die frühzeitige Herz-Rhythmusanalyse im Sinne von Handlungsablauf [DABC] für diesen Patienten keine Verbesserung, da die Durchführung der kausalen Therapie durch die Bolusentfernung und Therapie des primären Atemstillstandes später erfolgt.

Bei Analyse der aktuell gültigen Leitlinien aus dem Jahr 2005 ergeben sich in diesem Zusammenhang Problemstellungen aufgrund unterschiedlicher Aussagen der Resuscitation Councils. Die AHA empfiehlt nach wie vor zwei Initialbeatmung im Rahmen der initialen Befunderhebung, wohingegen in den Leitlinien des ERC die Initialbeatmungen nicht mehr gefordert werden. Da den Initialbeatmungen ebenso eine diagnostische Komponente zugeordnet wird, bleibt abzuwarten, ob dieses Vorgehen nicht eine erhebliche Anzahl falsch-positiver Reanimationsentscheidungen generiert.

Somit ist es in der Konstellation des Handlungsablaufes [DABC] durchaus vorstellbar, dass diese Vorgehensweise eine negative Konsequenz für einen Patienten haben könnte, da eine Verzögerung der Therapie eine Progredienz der Organhypoxie und –ischämie bedeutet.

Dies kann beispielsweise übertragen werden auf eine in manchen Bereichen nicht untypische Notfallsituation eines Patienten mit einer Opiat- bzw. Heroinintoxikation, welcher in der Regel durch die sofortige Maskenbeatmung zunächst therapiert werden kann. Verzögert sich hingegen diese Therapiemaßnahme, mündet diese Notfallsituation einer initialen Atemstörung und Hypoxie zwangsläufig in einen Herz-Kreislaufstillstand. Zum Zeitpunkt des Auffindens dieses Patientenkollektivs durch professionelle Helfer kann der Anteil von Patienten mit einer initialen Atemfunktionsstörung deutlich höher sein als der Anteil einer primären Reanimationssituation.

So untersuchte beispielsweise eine Studie von BERTINI den Einfluss eines professionellen arztbesetzten Rettungsdienstes auf heroininduzierte Todesfälle. Eingeschlossen in die Studie waren alle Patienten mit einer Heroinüberdosis, welche vom professionellen Rettungsdienst behandelt wurden. Dabei machte bei Auffinden durch den professionellen Rettungsdienst der Anteil von Patienten mit respiratorischer Insuffizienz 41,3% gegenüber anteilig 5,6% von Patienten mit einem Herz-Kreislaufstillstand aus.²⁶

Unter Berücksichtigung dieser Ergebnisse lässt sich die Hypothese generieren, dass die Anwendung von Handlungsablauf [DABC] eine Diagnoseerhebung sowie den Beginn einer notwendigen Beatmung verzögert, und damit in dieser Extremsituation, ein initial bradyasystoler Herzrhythmus zur völligen Asystolie potentiell degenerieren könnte.

Insgesamt gibt es wenige Untersuchungen, die den Stellenwert von primär respiratorischen Störungen im außerklinischen Bereich zum Gegenstand haben. Es gibt lediglich Hinweise, dass eine respiratorische Insuffizienz bei einem jungen Patientenkollektiv vergleichsweise öfter auftritt als ein Herz-Kreislaufstillstand, und damit die Anwendung eines Handlungsablaufs mit Priorität auf die initiale Herz-Rhythmusanalyse kritisch zu sehen ist (siehe Kap. 5.1.1).¹¹² Inwieweit die Anwendung eines Handlungsablaufes mit verzögerter Diagnose und Therapie einen Einfluss auf einen Patienten mit einer Atemwegsverlegung oder einem initialen Atemstillstand hat, kann anhand der momentanen verfügbaren Daten nicht sicher beurteilt werden.

Wie bereits diskutiert, kann die Zeitdifferenz zur Durchführung einzelner Maßnahmen unter den Bedingungen eines realen Notfallgeschehens deutlich ausgeprägter als unter den Simulationsbedingungen einer Versuchsreihe sein.

Ein Testszenarioablauf wird niemals allen Einsatzsituationen gerecht werden können, da die eine oder andere Vitalstörung im Vordergrund stehen kann.

Es kann jedoch für ein normales Einsatzspektrum davon ausgegangen werden, dass der initiale Atemstillstand bzw. die Atemwegsverlegung ein vergleichsweise seltenes Ereignis gegenüber der Reanimationssituation mit Kammerflimmern und / oder Asystolie ist.

Zusammengefasst ist für Patienten mit einer vergleichsweise seltenen initialen Atemwegs- und Atemfunktionsstörung Handlungsablauf [ABCD] zu empfehlen. Inwieweit ein alternatives Vorgehen im Sinne von Handlungsablauf [DABC] diesen Patienten schadet, kann nicht abgeschätzt werden.

Bewusstlosigkeit (BEW)

Ein bewusstloser Patient war als eines der möglichen Testszenarien definiert worden, um die Anwendung eines alternativen Handlungsablaufes an einem Patient mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion zu beurteilen. Bei Betrachtung der Ergebnisse sieht man, dass die Differenz der Zeitintervalle bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Vergleich zur Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] für die Durchführung der Einlage des

Guedeltubus 16 Sekunden beträgt. Auch hier bedeutet die Anwendung von Handlungsablauf [DABC] eine Verzögerung der therapeutischen Maßnahmen.

Es gibt keine validen Daten, welche ein therapiefreies Intervall in Zusammenhang mit der Therapie eines bewusstlosen Patienten bei kompensierter cardiopulmonaler Funktion setzen.

Aufgrund pathophysiologischer Überlegungen kann man aber annehmen, dass es bei einem Patienten mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion, der lediglich bewusstlos ist, von untergeordneter Bedeutung ist, ob die Befunde zur Atemfunktion 22 Sekunden sowie zur Herz-Kreislauffunktion 21 Sekunden später erhoben und die Durchführung therapeutischer Maßnahmen lediglich 16 Sekunden später durchgeführt werden.

Insgesamt kann angenommen werden, dass die Anwendung von Handlungsablauf [DABC] für dieses Patientenkollektiv keinen relevanten Nachteil bedeutet.

Zusammengefasst lässt sich für bewusstlose Patienten mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion kein Vorteil bzw. Nachteil für eine Vorgehensweise im Sinne von Handlungsablauf [ABCD] oder Handlungsablauf [DABC] ableiten.

5.2.5 Diagnostische Sicherheit

Bei insgesamt 172 in die Auswertung einbezogenen Testabläufen wurden, unabhängig von der Anwendung des Handlungsablaufes und Testszenarios, in 85,5% der Fälle die Befunde zur Atem- und Herz-Kreislauffunktion richtig erhoben. In 2,9% der Fälle wurde der Befund zur Atemfunktion und in 11,6% zur Herz-Kreislauffunktion falsch erhoben.

Bei der bereits mehrfach zitierten Arbeit von RUPPERT et al. zur Prozess- und Ergebnisqualität der Atemkontrolle aus dem Jahre 1999 wurde die Diagnose der Atemfunktion in der Gruppe des Rettungsdienstpersonals in 89,7% der Fälle richtig erhoben und damit ein vergleichsweise höherer Wert erzielt.⁸⁷ Allerdings wurde in dieser Arbeit nur ein Parameter (Atemfunktion) erhoben. Bei genauerer Betrachtung fällt auf, dass der Befund zur Atemfunktion in vorliegender Studie nur in 2,9% falsch erhoben, und damit ein vergleichsweise deutlich besseres Ergebnis erzielt wurde. Dieses vergleichsweise gute Abschneiden der Teilnehmer aus vorliegender Studie könnte auf die Anwendung von zwei stringenten Handlungsabläufen sowie den Einsatz eines AED und damit die potentielle Verbesserung der Anwenderperformanz zurückzuführen sein.

Darüber hinaus besteht eine Diskrepanz zwischen falscher Befunderhebung der Atemfunktion sowie der Herz-Kreislauffunktion und zeigt sich noch deutlicher bei Betrachtung der Ergebnisse für die einzelnen Handlungsabläufe, und wird daher im Folgenden anhand der beiden Handlungsabläufe diskutiert.

Unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] lag der Anteil falsch erhobener Befunde (falsch positiv und falsch negativ) zur Atemfunktion bei 4,8%. Der Anteil falsch erhobener Befunde zur Herz-Kreislauffunktion lag bei 13,1% und war damit mehr als doppelt so hoch im Vergleich zur Befunderhebung der Atemfunktion. Eine potentiell hohe diagnostische Unsicherheit im Rahmen der Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion belegt die bereits mehrfach zitierte Arbeit von EBERLE et al. aus dem Jahre 1996 (siehe Kap. 2.2.2 und 5.1.3).⁴⁰ Bei detaillierter Betrachtung der Ergebnisse anhand der einzelnen Testszenarien zeigt sich, dass in der Mehrzahl der Fälle im Rahmen des Testszenarios Bolus (BOL) der Befund zur Herz-Kreislauffunktion mit einem Anteil von 55,6% (n = 10) falsch erhoben wurde. Dieses Ergebnis gibt Anhalt dafür, dass dieses Testszenario besonders problematisch ist. Eine Ursache für die verhältnismäßig hohe Anzahl von Fehldiagnosen innerhalb dieses

Testszenarios könnte die Simulation einer Herz-Kreislauffunktion mit einer niedrigen Pulsfrequenz (30/min) gewesen sein. Wenn man die Forderung der derzeit gültigen Leitlinien zur Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion mit einem Zeitbedarf von maximal 10 Sekunden zugrunde legt, kann ein Helfer bei einer simulierten Herzfrequenz von 30/min und maximaler Ausschöpfung des geforderten Zeitbedarfs für die Maßnahme der Pulsüberprüfung potentiell 5 Pulsschläge/min dedektieren.⁵ Möglicherweise wurden die geforderten 10 Sekunden für die Überprüfung der Herz-Kreislauffunktion nicht maximal ausgenutzt, und damit noch weniger als die potentiell möglichen 5 Pulswellen/min wahrgenommen. Darüber hinaus besteht eine Diskrepanz der zu überprüfenden Vitalparameter, da ein Vitalparameter vorhanden ist (Herz-Kreislauffunktion) und der andere (Atemfunktion) nicht.

Wie bereits mehrfach ausgeführt, bietet eine innovative Vorgehensweise im Sinne von Handlungsablauf [DABC] mit Priorität auf die initiale Durchführung einer Herzrhythmus-Kontrolle, eine potentielle Verbesserung der Diagnose- und Handlungssicherheit (siehe Kap. 5.1 und 5.2). Bei Betrachtung der Ergebnisse zur diagnostischen Sicherheit im Vergleich der beiden Handlungsabläufe zeigt sich, unabhängig vom simulierten Testszenario eine verbesserte diagnostische Sicherheit unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] mit einem Anteil von 88,6% gegenüber 82,1% unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD]. Im Vergleich der Ergebnisse ergab sich unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] (vs. Handlungsablauf [ABCD]) eine Erhöhung der diagnostischen Sicherheit mit einem Anteil falscher Befunderhebungen der Atemfunktion 1,1% (vs. 4,8%) sowie falscher Befunderhebungen der Herz-Kreislauffunktion 10,3% (vs. 13,1%).

Bei genauer Betrachtung der Testszenarien ergab sich unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] für alle vier Testszenarien eine identische oder verbesserte diagnostische Sicherheit im Vergleich zu Handlungsablauf [ABCD]. Im Rahmen des Testszenarios Bolus (BOL), welches unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] die höchste diagnostische Unsicherheit für die Befunderhebung der Herz-Kreislauffunktion mit einem Anteil von 55,6% ergab, betrug dieser Wert unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] 40,9%. Hierbei fällt auf, dass Handlungsablauf [DABC] für die Befunderhebung der Herz-Kreislauffunktion vergleichsweise besser abgeschnitten hat, obwohl in diesem Testszenario initial kein Schock durch den AED empfohlen wurde und damit potentiell die Situation eines Herz-Kreislaufstillstands angenommen werden könnte.

Insgesamt zeigen diese Ergebnisse wie bereits angenommen und mehrfach diskutiert, dass Handlungsablauf [DABC] eine potentiell verbesserte Anwenderperformanz und Handlungssicherheit aufgrund einer zusätzlichen Orientierungsphase, insbesondere für AED-Anwender mit einem geringen Ausbildungsniveau, generiert (siehe Kap. 3.2, 5.1.1 und 5.2.3).

5.3 Schlussfolgerungen

Der professionelle Rettungsdienst ist auch in seiner gut strukturierten Form in der Bundesrepublik Deutschland für die besondere Situation des Patienten mit akutem Herz-Kreislaufstillstand in aller Regel nicht ausreichend schnell genug am Einsatzort. Um Therapieerfolge im Rahmen von Strategien gegen den plötzlichen Herztod zu erzielen, sind bestehende strukturierte Programme von AED-Anwendern im Sinne der Frühdefibrillation weiter auszubauen und Anwenderkreise für AED bis hin zum medizinischen Laien im Sinne der „Public Access Defibrillation“ (PAD) zu erweitern.

Im Folgenden werden die Vorteile einer alternativen Vorgehensweise für primär leblos erscheinende Personen im Sinne von Handlungsablauf [DABC] aufgeführt, die einen Einfluss auf das Überleben solcher Patienten haben können:

- ▶ Für Patienten, die in einer frühen Phase eines plötzlichen Herztodereignisses aufgefunden werden und damit zu einem hohen Anteil Kammerflimmern als EKG-Erstbefund aufweisen, ergibt sich eine potentielle Verbesserung der Überlebenschance, da im Vergleich zum klassischen Ablaufverfahren frühzeitiger eine Defibrillation durchgeführt werden kann.
- ▶ Aufgrund der initialen Durchführung einer Herz-Rhythmusanalyse ergibt sich potentiell eine Verbesserung der Handlungs- und Diagnosesicherheit. Dies gilt insbesondere für Anwender mit einem geringem Ausbildungsniveau, da durch diese Vorgehensweise ein zusätzliches Zeitfenster für Orientierungsmaßnahmen während der Eintreffphase am Patienten geschaffen wird.

Im Folgenden sind die Vorteile eines klassischen Vorgehens im Sinne von Handlungsablauf [ABCD] für bewusstlose Notfallpatienten aufgeführt:

- ▶ Patienten, welche kein plötzliches Herztodereignis sondern beispielsweise eine primäre Atemwegs- bzw. Atemfunktionsstörung aufweisen, profitieren von einer möglichst frühzeitigen Therapie dieser vitalbedrohlichen Störung.
- ▶ Patientenkollektive, die ein längeres therapiefreies Intervall haben, und damit eher der professionelle Rettungsdienst mit diesen Patienten konfrontiert wird, profitieren nicht von einer frühzeitigen Herz-Rhythmusanalyse.
- ▶ Nach derzeitigem Erkenntnisstand profitieren Patienten im Rahmen plötzlicher Herztodereignisse mit längerem therapiefreiem Intervall von der klassischen Vorgehensweise und vorangestellten Basisreanimationsmaßnahmen über einen limitierten Zeitraum.

Zusammengefasst können aufgrund der Studienergebnisse und dem derzeitigen Erkenntnisstand folgende Schlussfolgerungen aufgestellt werden:

Für AED-Anwender aus strukturierten Programmen, welche Patienten mit einem anzunehmenden hohen Anteil kardialer Ereignisse innerhalb eines kurzen therapiefreien Intervalls erreichen, ist Handlungsablauf [DABC] zu empfehlen. Darüber hinaus schafft Handlungsablauf [DABC] eine potentiell verbesserte Anwenderperformanz und Handlungssicherheit, insbesondere für AED-Anwender mit einem geringen

Ausbildungsniveau, aufgrund einer zusätzlichen Orientierungsphase bei Eintreffen am Patienten.

Um die streng zeitabhängige Überlebenschance eines außerklinischen Patientengutes mit einem hohen Anteil plötzlicher Herztodereignisse zu verbessern, sollten Reaktionsintervalle von AED-Anwendern aus strukturierten Programmen unter vier Minuten angestrebt werden. Für diese Anwenderkreise ist Handlungsablauf [DABC] die richtige Vorgehensweise, und sollte entsprechend in die Ausbildungskonzepte für Frühdefibrillationsprogramme übernommen werden.

Für den professionellen Rettungsdienst, der in aller Regel deutlich längere Reaktionsintervalle aufweist und damit Patienten antrifft, welche ein längeres therapiefreies Intervall aufweisen, ist die klassische Vorgehensweise mit einer vorgeschobenen Sequenz von Basisreanimationsmaßnahmen, entsprechend den derzeit gültigen Leitlinien, zu empfehlen.

Darüber hinaus zeichnet sich im Rahmen plötzlicher Herztodereignisse für diese Patienten wahrscheinlich ein Vorteil ab, wenn zunächst Basisreanimationsmaßnahmen über einen limitierten Zeitraum durchgeführt werden, bevor eine Herz-Rhythmusanalyse und gegebenenfalls eine Defibrillation initiiert werden.

Insgesamt kommt bei der Konzeption von Strategien gegen den plötzlichen Herztod unter Rekrutierung erweiterter Anwenderkreise bis hin zum medizinisch Laien, der Implementierung von „Frühdefibrillations“- und „Public Access Defibrillation“- Programmen ein erheblicher Stellenwert zu. Eine Verbesserung der Überlebensraten durch diese Vorgehensweisen bedarf einer weiteren Verifizierung durch entsprechende Studien, um einen potentiellen Vorteil untermauern zu können.

6 Zusammenfassung und Fazit

GRUNDLAGEN

Die Maßnahmen der cardiopulmonalen Reanimation und die Abfolge der einzelnen Therapieschritte wurden erstmals 1974 von der *American Heart Association* (AHA) standardisiert und publiziert.

Im Jahre 2000 haben die AHA in Zusammenarbeit mit der *International Liaison Committee on Resuscitation* (ILCOR) die „Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac Care“ veröffentlicht. Parallel dazu wurden diese Empfehlungen vom *European Resuscitation Council* (ERC) in seinem Publikationsorgan „*Resuscitation*“ veröffentlicht. Somit standen erstmals international einheitliche Empfehlungen für die cardiopulmonale Reanimation zur Verfügung, die in weiten Teilen auf erkenntnisbasierten Grundlagen beruhen.

In den darauf folgenden Jahren wurde unter der Leitung des ILCOR ein wissenschaftliches Grundlagenpapier erarbeitet, mit dem Ergebnis des „*Consensus on Science and Treatment Recommendations*“ (CoSTR), welches im Jahr 2005 in den Publikationsorganen von ERC (*Resuscitation*) und AHA (*Circulation*) veröffentlicht wurde. Allerdings stellt der CoSTR lediglich einen erkenntnisbasierten, internationalen Konsens im Sinne einer wissenschaftlichen Grundlage dar. Die konkreten Leitlinien wurden individuell von den jeweils zuständigen einzelnen *Resuscitation Councils* formuliert.

Der plötzliche Herztod ist die häufigste außerklinische Todesursache in der westlichen Welt. In einer großen Anzahl der Fälle von plötzlichen Herztodereignissen liegt zunächst ein Kammerflimmern vor. Die Defibrillation ist die derzeit einzige ursächliche und effektive Therapie des Kammerflimmerns.

Erstmals wurde im Jahr 2000 neben der Durchführung von Beatmung und Thoraxkompression die Anwendung eines AED (automatisierter externer Defibrillator) als fester Bestandteil der Basismaßnahmen in die Leitlinien integriert.

Der herausragende Stellenwert der Defibrillation für die Therapie von Patienten mit einem Kammerflimmern wird in den derzeit gültigen Leitlinien ausdrücklich betont, und als „key link in the chain of survival“ bezeichnet. Dies ermöglichte die Verbreitung der AED im Sinne von Frühdefibrillationsprogrammen auf neue Anwenderkreise, und neben nicht-ärztlichem medizinischem Personal auch medizinischen Laien, subsumiert unter dem Begriff der „Public Access Defibrillation“ (PAD).

Es ist durch eine Vielzahl von Studien untersucht und bewiesen, dass mit jeder Zeitverzögerung bis zur Defibrillation die Überlebenschance eines Patienten mit Kammerflimmern drastisch sinkt. Das Ausmaß dieser Abnahme der Überlebenschance wird in der Literatur mit einem Absinken der Erfolgsaussichten von 3-10% pro verstreichender Minute ohne Defibrillation angegeben. Der genaue Verlauf ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. Insgesamt wird in den Leitlinien der herausragende Stellenwert der möglichst frühzeitigen Defibrillation für Patienten mit plötzlichem Herztod bei Auffinden innerhalb der ersten Minuten nach Ereignis betont.

Die derzeit gültigen Handlungsabläufe zur Cardiopulmonalen Reanimation bezogen auf die Reihenfolge der zu erhebenden Befunde Bewusstsein, Atemwege, Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion basieren nur teilweise auf erkenntnisbasierten Grundlagen. Darüber hinaus sind die Vorgaben zur Reihenfolge der einzelnen Befunderhebungen innerhalb der Handlungsabläufe in erster Linie historisch bedingt oder beruhen auf didaktischen Überlegungen.

Aufgrund pathophysiologischer Überlegungen und der zugrunde liegenden Mechanismen, insbesondere beim plötzlichen Herztodereignis, gibt es Argumente für eine andere

Reihenfolge diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen. Um sich diesem Thema anzunähern, wurde das etablierte und der gängigen Praxis entsprechende Verfahren zur Initialbehandlung von bewusstlosen Notfallpatienten einer alternativen Vorgehensweise gegenübergestellt.

MATERIAL UND METHODIK

Die vorliegende Arbeit ist eine experimentelle, prospektiv-kontrollierte Vergleichsstudie zur Evaluation von zwei verschiedenen, standardisierten Handlungsabläufen für die Erhebung diagnostischer Befunde und die Durchführung therapeutischer Maßnahmen am bewusstlosen Notfallpatient. Die zwei Handlungsabläufe verfolgen eine unterschiedliche Prioritätensetzung und wurden anhand von vier unterschiedlichen definierten und simulierten Testszenarien untersucht. Handlungsablauf [ABCD] orientiert sich an den Leitlinien von ILCOR, AHA und ERC mit konsekutiver Verfolgung der Kontrolle von Bewusstsein, Atemwegen / Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion. Bei Konzeption und Anwendung des zweiten Handlungsablaufes [DABC] wurde die Priorität auf die initiale Durchführung einer Herzrhythmus-Kontrolle und gegebenenfalls einer möglichst frühzeitigen Defibrillationstherapie gesetzt. Die beiden Handlungsabläufe wurden anhand von vier unterschiedlichen, definierten Testszenarien evaluiert: Reanimationssituation mit Herz-Kreislauf- und Atemstillstand bei initial vorhandenem Kammerflimmern, Reanimationssituation mit Herz-Kreislauf- und Atemstillstand bei initial vorhandener Asystolie, Atemwegsverlegung mit Bolusgeschehen und initialem Atemstillstand sowie vorhandener Herz-Kreislauffunktion und Bewusstlosigkeit mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion. Zur Simulation der Testszenarien sowie zur Schaffung standardisierter und reproduzierbarer Bedingungen wurde ein Mega-Code-Manikin, welches üblicherweise im Rahmen der Ausbildung zur cardiopulmonalen Reanimation eingesetzt wird, entsprechend der Aufgabenstellung modifiziert. Hierdurch konnten am Manikin Befunde über Pulsfunktion, Herzrhythmus, Atemwegssituation und Atemfunktion erhoben werden, sowie therapeutische Schritte wie Atemwegssicherung, Beatmung, Thoraxkompression und Defibrillation durchgeführt werden. Teilnehmer der Studie waren medizinisches Fach- und Hilfspersonal, eingeteilt in Teams von jeweils zwei Helfern und mit einem AED sowie einem Notfallkoffer ausgestattet. Die Testabläufe wurden unter Anwendung der beiden Handlungsabläufe an einer randomisierten Auswahl der vier möglichen Testszenarien unter standardisierten Bedingungen durchgeführt. Alle erhobenen Befunde und ersten therapeutischen Maßnahmen wurden mittels standardisierter digitaler audio-visueller Aufnahmetechnik aufgezeichnet, dokumentiert und ausgewertet. Folgende Zeitpunkte wurden als primäre Endpunkte der Datenerhebung festgelegt: Erhebung und Mitteilung eines Befundes bezüglich Bewusstsein, Atemwegen, Atemfunktion, Herz-Kreislauffunktion, Herzrhythmusanalyse sowie Einleitung einer Therapie für Atemwege, Atemfunktion und Herz-Kreislauffunktion.

ERGEBNISSE

Insgesamt haben an der Studie 108 Personen des medizinischen Fach- und Hilfspersonals der verschiedenen Hilfsorganisationen und Feuerwehren teilgenommen. Daraus ergaben sich 54 Teams, welche jeweils 4 Testabläufe absolvierten. Es resultierte eine Gesamtanzahl von 216 Testabläufen. Von insgesamt 216 durchgeführten Testabläufen wurden 44 aufgrund einer Handlungsablaufverletzung oder fehlenden Datendokumentation ausgeschlossen, so dass endgültig 172 Testabläufe (79,6%) in die Auswertung eingegangen sind. Evaluiert wurden

alle definierten Zeitparameter bei Anwendung der Handlungsabläufe [ABCD] und [DABC] an den simulierten Testszenarien.

Für das Testszenario Kammerflimmern (VF) betrug das Zeitintervall bis zur Mitteilung des Befundes Atemfunktion bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] im Median 16 Sekunden. Im Vergleich dazu dauerte es bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] im Median rund eine Minute (64 Sekunden) bis zur Erhebung. Das Ergebnis der Herzrhythmusanalyse durch den AED wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] 24 Sekunden früher als bei Handlungsablauf [ABCD] ermittelt. Die erste Defibrillation und damit die erste Durchführung einer therapeutischen Maßnahme bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] wurde im Median nach 39 Sekunden durchgeführt. Im Vergleich dazu wurde die erste Defibrillation bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] im Median nach 62 Sekunden abgegeben. Die erste Thoraxkompression wurde bei Anwendung beider Handlungsabläufe nach einem Zeitintervall von rund 90 Sekunden im Median durchgeführt.

Bei Testszenario Asystolie (ASYS) wurde der Befund Atemfunktion unter Anwendung des Handlungsablaufes [ABCD] und Handlungsablaufes [DABC] nach 17 vs. 38 Sekunden und der Befund Herz-Kreislauffunktion nach 41 vs. 57 Sekunden im Median erhoben. Die erste Thoraxkompression wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] im Median nahezu identisch nach einem Zeitintervall von 70 bzw. 67 Sekunden durchgeführt.

Im Vergleich der Zeitparameter für das Testszenario Bolus (BOL) wurde der Befund Atemfunktion 24 Sekunden früher bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] erhoben.

Die geforderte Therapiemaßnahme „Beatmung nach Bolusentfernung“ wurde bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] bei 79 Sekunden versus 91 Sekunden bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] durchgeführt.

Die Therapiemaßnahme bei Testszenario Bewusstlosigkeit (BEW), entsprechend „Einlegen des Guedeltubus“, erfolgte bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] bei 38 Sekunden und bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] bei 54 Sekunden.

In 92,7% der Fälle wurde der richtige Befund zur Atem- und Herz-Kreislauffunktion erhoben. Der niedrigste Anteil korrekt erhobener Befunde betraf bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] mit 69,4% das Testszenario Bolus (BOL) und bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] mit 79,5% ebenfalls das Testszenario Bolus (BOL).

DISKUSSION

Zusammengefasst lässt sich anhand dem Studienergebnis für einen Patient mit Kammerflimmern, der frühzeitig aufgefunden wird ableiten, dass die Anwendung von Handlungsablauf [DABC] die bessere Vorgehensweise ist, da er rund eine halbe Minute früher eine Herz-Rhythmusanalyse und dadurch eine potentiell lebensrettende Defibrillation erfährt. Für Patienten mit länger bestehendem Kammerflimmern, mit denen in aller Regel der professionelle Rettungsdienst konfrontiert wird, sind Handlungsablauf [ABCD] und vorgeschobene Basismaßnahmen zu empfehlen. Diesem Umstand wurde in den aktuellen Leitlinien 2005 Rechnung getragen mit der Empfehlung für medizinisches Fachpersonal bei jedem nicht selbst beobachteten außerklinischem Herz-Kreislaufstillstand mit einer zweiminütigen Sequenz Basisreanimationsmaßnahmen zu beginnen. Bei einem Patienten mit einer Asystolie als EKG-Erstbefund und damit verbundenen schlechten Überlebenschance, muss angenommen werden, dass sich durch eine minimale Verzögerung des Beginns der Basisreanimationsmaßnahmen im Sinne von Handlungsablauf [DABC] ein höchstens marginaler Unterschied für das Überleben ergibt. Für Patienten mit einer vergleichsweise seltenen initialen Atemwegs- und Atemfunktionsstörung ist Handlungsablauf [ABCD] zu empfehlen, da unter Anwendung von Handlungsablauf [DABC] die einzelnen

Befunderhebungen insbesondere zur Atemfunktion und damit die erforderliche Therapie der Beatmung zeitlich verzögert stattfindet. Inwieweit ein alternatives Vorgehen im Sinne von Handlungsablauf [DABC] diesen Patienten schadet, kann nicht abgeschätzt werden. Für bewusstlose Patienten mit erhaltener Atem- und Herz-Kreislauffunktion lässt sich aus den Studienergebnissen kein Vorteil bzw. Nachteil für eine Vorgehensweise im Sinne von Handlungsablauf [ABCD] oder Handlungsablauf [DABC] ableiten.

SCHLUSSFOLGERUNG UND FAZIT

Für AED-Anwender aus strukturierten Programmen, welche Patienten mit einem anzunehmenden hohen Anteil kardialer Ereignisse innerhalb eines kurzen therapiefreien Intervalls erreichen, ist Handlungsablauf [DABC] zu empfehlen. Darüber hinaus schafft Handlungsablauf [DABC] eine potentiell verbesserte Anwenderperformanz und Handlungssicherheit aufgrund einer zusätzlichen Orientierungsphase, insbesondere für AED-Anwender mit einem geringen Ausbildungsniveau. Für den professionellen Rettungsdienst, der in aller Regel deutlich längere Reaktionsintervalle aufweist und damit Patienten antrifft, welche ein längeres therapiefreies Intervall aufweisen, ist die Vorgehensweise mit einer vorgeschobenen Sequenz von Basisreanimationsmaßnahmen, entsprechend den derzeit gültigen Leitlinien, zu empfehlen.

Insgesamt kommt bei der Konzeption von Strategien gegen den plötzlichen Herztod unter Rekrutierung erweiterter Anwenderkreise bis hin zum medizinisch Laien, der Implementierung von „Frühdefibrillations“- und „Public Access Defibrillation“- Programmen ein erheblicher Stellenwert zu. Eine Verbesserung der Überlebensraten durch diese Vorgehensweisen bedarf einer weiteren Verifizierung durch entsprechende Studien, um einen potentiellen Vorteil untermauern zu können.

7 Anhang

7.1 Glossar

Begriff	Erklärung
AED (automatisierter externer Defibrillator), engl.: automated external defibrillator	Gerät, das den Herzrhythmus eines Patienten selbstständig analysiert und angibt, ob ein Elektroschock verabreicht werden soll.
Algorithmus	Methode, ein Problem durch eine Folge von Anweisungen, die nacheinander ausgeführt werden, zu lösen
American Heart Association (AHA)	Amerikanische Institution des Gesundheitswesens, die als Ziel definiert hat, die Invalidität und Sterblichkeit aufgrund von kardiovaskulären Erkrankungen zu reduzieren.
Anamnese	Krankengeschichte
Applikationsweg	Verabreichungsform eines Arzneimittels
Asystolie	erloschene elektrische und damit auch funktionelle Herzstätigkeit, „Null-Linie“ im EKG
Basisreanimation	Maßnahmen bei der Herz-Lungen-Wiederbelebung wie Mund-zu-Mund-Beatmung und Herzdruckmassage, die vor Eintreffen des Rettungsdienstes vom Laien eingeleitet werden
biphasisch	Wechsel der Stromrichtung während der Abgabe eines Elektroschocks
Cardiopulmonale Reanimation (engl. cardiopulmonary resuscitation, CPR)	Herz-Lungen-Wiederbelebung, Reanimationssituation
Defibrillation	Elektroschock bei Kammerflimmern zur Wiederherstellung eines funktionalen Herzrhythmus
EKG	Elektrokardiogramm
endotracheal	in der Luftröhre
European Resuscitation Council (ERC)	Organisation, in der nationale Fachleute für Herz-Lungen-Wiederbelebung auf europäischer Ebene zusammengeschlossen sind
First Responder	Mitglieder von Feuerwehren und Hilfsorganisationen mit unterschiedlicher medizinischer Qualifikation (von erweiterten Erste-Hilfe-Kenntnissen bis zum Rettungsassistenten), die unter anderem mit einem AED ausgestattet sind. Sie werden bei zeitkritischen Notfallereignissen in der Regel von der Rettungsleitstelle alarmiert und den regulären Rettungsmitteln vorausgeschickt (vgl. Helfer vor Ort).
Helfer vor Ort	HvO; vom Bayerischen Roten Kreuz eingeführtes deutsches Synonym für „First Responder“ (s. dort).
Frühdefibrillation	Durchführen der Defibrillation (s. dort) durch Rettungsdienstpersonal vor Eintreffen des Notarztes, im weiteren Sinn auch durch medizinische Laien
Intubation	Einführen eines flexiblen Beatmungsschlauches (Tubus) in die Luftröhre zur künstlichen Beatmung
Inzidenz	Anzahl der Neuerkrankungen in einem Kollektiv/in einer Population während eines bestimmten Zeitraums
Ischämie	Minderdurchblutung
Kammerflimmern	unkoordinierte elektrische Aktivität des Herzens ohne eigentliche Herzstätigkeit und damit funktioneller Herzstillstand
kardial	vom Herzen ausgehend, Herz-
Koronare Herzkrankheit (KHK)	Verengung der Herzkranzgefäße mit folgender Minderdurchblutung des Herzmuskels, kann zum Herzinfarkt führen und Herzrhythmusstörungen, z. B. Kammerflimmern (s. dort), auslösen
Metaanalyse	statistisches Verfahren, um die Resultate aus verschiedenen, aber vergleichbaren Studien zu vereinen und synoptisch darzustellen

Begriff	Erklärung
Metabolismus/Metaboliten	Stoffwechsel/Stoffwechselprodukte
monophasisch	Abgabe eines Elektroschocks ohne Wechsel der Stromrichtung
Myokard, myokardial	Herzmuskel, den Herzmuskel betreffend
plötzlicher Herztod	Nicht einheitlich definierter Begriff. Nach Definition der WHO Tod innerhalb von 24 Stunden nach Beginn der Erkrankung oder Schädigung des Herzens.
prospektiv	Festlegung der in eine Studie einzubeziehenden Faktoren und Zielkriterien <u>vor</u> Studienbeginn
Public Access Defibrillation (PAD)	Strategie zur Verbesserung der Überlebensraten bei plötzlichen Herztodereignissen. Durch Erweiterung der AED-Anwenderkreise auf medizinische Laien soll die Defibrillation zu einem frühest möglichen Zeitpunkt erfolgen.
Randomisierung	zufällige Auswahl und Zuweisung von Personen zu einer definierten Therapie- und einer Kontrollgruppe
Reaktionsintervall	Zeitintervall zwischen Notrufeingang in der Leitstelle bis zum Fahrzeugstopp am Notfallort
Reanimatologie	Lehre /Forschung der Wiederbelebungsmaßnahmen
RTW	Rettungstransportwagen
Sensitivität	Wahrscheinlichkeit eines positiven Testbefundes bei erkrankten Personen
Spezifität	Wahrscheinlichkeit eines negativen Testbefundes bei nicht erkrankten Personen
Tachykardie	schneller Herzschlag (>100/min)
Thoraxkompression	Maßnahme bei der Herz-Lungen-Wiederbelebung: durch Druck auf den Brustkorb (Brustbein) wird ein Minimalkreislauf aufrechterhalten
Tidalvolumen	Beatmungshub
toxisch	giftig
Überlebenskette, engl. Chain of Survival	besteht aus mehreren Gliedern, 1. Absetzen Notruf, 2. Durchführen von Basismaßnahmen, 3. Frühzeitige Verabreichung eines Elektroschocks (Defibrillation, s. dort), 4. Versorgung durch Rettungsdienst
Utstein-Style	Konsensus-Empfehlung zur einheitlichen Definition und Dokumentation von Herzstillstandsereignissen, soll weltweit Vergleichbarkeit der erhobenen Daten ermöglichen
Vitalfunktionen	Überbegriff für Atmung und Herz-Kreislauffunktion

7.2 Literaturverzeichnis

- 1 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiovascular Care (ECC). *Circulation*, 2005; 112 (suppl): IV 51-IV 56.
- 2 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiovascular Care (ECC). *Circulation*, 2005; 112 (suppl): IV 1-IV 211.
- 3 Abella S., Sandbo N., Vassilatos P., Alvarado J.P., O'Hearn N., Wigder H.N., Hoffman P., Tynus K., Vanden Hoek T.L., Becker L.B.: Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal. A prospective study during in-hospital cardiac arrest. *Circulation*, 2005; 111: 428-434.
- 4 Achleitner U., Wenzel V., Strohmenger H.U., Lindner K.H., Baubin M.A., Krismer A.C., Mayr V.D., Amann A.: The beneficial effect of basic life support on ventricular fibrillation mean frequency and coronary perfusion pressure. *Resuscitation*, 2001; 51 (2): 151-8.
- 5 AHA/ILCOR: Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation - Part 1-6. *Circulation*, 2000; 102 (8 Suppl): I 86-1.
- 6 AHA/ILCOR: Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation - Part 4. *Circulation*, 2000; 102 (8 Suppl): I60-76.
- 7 AHA/NAS: Standards and guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). *Jama*, 1980; 244 (5): 453-509.
- 8 AHA/NAS: Standards for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). *Jama*, 1974; 227 (7 Suppl): 837-40.
- 9 Ahnefeld F.W., Altemeyer K.H., Dick W.F., Dirks B., Lackner C.K., Stratmann D.: Die personelle Situation im Rettungsdienst, Versuch einer Bestandsaufnahme. *Notfall & Rettungsmedizin*, 2003; 6: 526-532.
- 10 Akhtar M., Jazayeri M.R., Jasbir S.S., Dhala A.A., Deshpande S.S., Niazi I.: Role of electrical triggers in the causation of sudden cardiac death, in: *Sudden Cardiac Death*. Akhtar M., Myerburg R.J., Ruskin J.N., (Hrsg.). Williams & Wilkins, Malvern, PA/USA; 1994: 385.
- 11 Akhtar M., Myerburg R.J., Ruskin J.N.: *Sudden Cardiac Death*. Williams & Wilkins, Malvern, PA/USA; 1994.
- 12 American College of Surgeons Committee on Trauma: *Advanced Trauma Life Support Program for Doctors, Seventh Edition*. Chicago, 2004.
- 13 American Heart Association, Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees: Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. *Jama*, 1992; 268: 2171-2302.
- 14 Anding K., Ruppert M.: Konzept für die automatisierte externe Defibrillation im Rettungsdienst in Bayern. *Bayerisches Ärzteblatt*, 2001; 10: 502.
- 15 Anding K.: Konzept für die automatisierte externe Defibrillation (AED) im Rettungsdienst in Bayern. Bayerisches Staatsministerium des Inneren, 2001.
- 16 Angelos M.G., Stoner J.D.: Cardiopulmonary resuscitation, ventilation, defibrillation: in what order? *Ann Emerg Med*, 2002; 40 (6): 571-4.
- 17 ANR: Farbcodierter modularer Algorithmus zur cardiopulmonalen Reanimation.

- 18 Arlt R., Neumann E., Bayerisches Rotes Kreuz, Landesgeschäftsstelle, Bereich Rettungsdienst, Abteilung: Finanzen & Controlling. Persönliche Mitteilung. 19.07.2004.
- 19 Arntz H.R., Stern R.: Epidemiologie des plötzlichen Herztodes, in: Frühdefibrillation durch qualifiziertes nichtärztliches Personal. Koch B., Pohl-Meuthen U., (Hrsg.) Verlags- und Vertriebsgesellschaft des DRK, Landesverband Westfalen-Lippe, Nottuln; 1997.
- 20 Atkinson E., Mikysa B., Conway J.A., Parker M., Christian K., Deshpande J., Knilans T.K., Smith J., Walker C., Stickney R.E., Hampton D.R., Hazinski M.F.: Specificity and sensitivity of automated external defibrillator rhythm analysis in infants and children. *Ann Emerg Med*, 2003; 42 (2): 185-96.
- 21 Bayerisches_Rotes_Kreuz_BRK: Statistik der BRK Bereitschaften 2004. <http://www.eis.brk.de/>, 2005.
- 22 Bayes de Luna A., Coumel P., Leclercq J.F.: Ambulatory sudden cardiac death: mechanisms of production of fatal arrhythmia on the basis of data from 157 cases. *Am Heart J*, 1989; 117 (1): 151-9.
- 23 Beck C.S., Pritchard W.H.: Ventricular fibrillation of long duration abolished by electric shock. *Jama*, 1947; 135: 985- 986.
- 24 Berg R.A., Hilwig R.W., Kern K.B., Ewy G.A.: Precountershock cardiopulmonary resuscitation improves ventricular fibrillation median frequency and myocardial readiness for successful defibrillation from prolonged ventricular fibrillation: a randomized, controlled swine study. *Ann Emerg Med*, 2002; 40 (6): 563-70.
- 25 Berg R.A., Sanders A.B., Kern K.B., Hilwig R.W., Heidenreich J.W., Porter M.E., Ewy G.A.: Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation*, 2001; 104 (20): 2465-70.
- 26 Bertini G., Russo L., Cricelli F., Daraio A., Giglioli C., Pini C., Poli C., Taddei T., Taiti A., Terni G.: Role of a prehospital medical system in reducing heroin-related deaths. *Crit Care Med.*, 1992; 20 (4): 493-8.
- 27 Brandt L., Ahnefeld F.W.: Notfallmedizin – Historisches und Aktuelles. Hrsg. Ahnefeld F.W., Brandt L., Safar P., Fa. Laerdal.
- 28 Bund/Länder-Ausschuß „Rettungswesen“. Grundsätze zur Ausbildung im Rettungsdienst. Handbuch des Rettungswesens, 1977; D IV. 2.1.
- 29 Bundesärztekammer: Grundlagen und Grundsätze zur Weiterentwicklung der Rettungsdienste und der notfallmedizinischen Versorgung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland 1997.
- 30 Bundesärztekammer: Musterweiterbildungsordnung gemäß Beschluß 107. Deutscher Ärztetag 2004 Bremen.
- 31 Bundesärztekammer: Stellungnahme der Bundesärztekammer zur ärztlichen Verantwortung für die Aus- und Fortbildung von Nichtärzten in der Frühdefibrillation. *Deutsches Ärzteblatt*, 2003; 100: 51-52.
- 32 Caffrey S.L., Willoughby P.J., Pepe P.E., Becker L.B.: Public use of automated external defibrillators. *N Engl J Med*, 2002; 347 (16): 1242-7.
- 33 Cobb L.A., Baum R.S., Alvarez H., Schaffer W.A.: Resuscitation from out-of-hospital ventricular fibrillation: 4 years follow-up. *Circulation*, 1975; 52 (6 Suppl): III 223-35.
- 34 Culley L., Rea T., Murray J., Welles B., Fahrenbruch C., Olsufka M., Eisenberg M., Copass M.: Public Access Defibrillation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest, A Community-Based Study. *Circulation*, 2004; 109: 1859-1863.

- 35 Cummins R.O., Chamberlain D.A., Abramson N.S., Allen M., Baskett P., Becker L., Bossaert L., Deloof H., Dick W., Eisenberg M.S.: Recommended guidelines for uniform reporting of data from out-of-hospital cardiac arrest: the Utstein Style. A statement for health professionals from a task force of the American Heart Association, the European Resuscitation Council, the Heart and Stroke Foundation of Canada and the Australian Resuscitation Council. *Circulation*, 1991; 84 (2): 960-75.
- 36 Cummins R.O., Ornato J.P., Thies W.H., Pepe P.E.: Improving survival from sudden cardiac arrest: the "chain of survival" concept. A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association. *Circulation*, 1991; 83 (5): 1832-47.
- 37 Cummins R.O.: The "chain of survival" concept: how it can save lives. *Heart Dis Stroke*, 1992; 1 (1): 43-5.
- 38 De Maio V.J., Stiell I.G., Wells G.A., Spaite D.W.: Optimal defibrillation response intervals for maximum out-of-hospital cardiac arrest survival rates. *Ann Emerg Med*, 2003; 42 (2): 242-50.
- 39 Dorph E., Wik L., Steen P.A.: Effectiveness of ventilation-compression ratios 1:5 and 2:15 in simulated single rescuer paediatric. *Resuscitation*, 2002; 54 (3): 259-64.
- 40 Eberle B., Dick W.F., Schneider T., Wisser G., Doetsch S., Tzanova I.: Checking the carotid pulse check – diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation*, 1996; 33: 107-116.
- 41 Eisenberg M.S., Hallstrom A.P., Copass M.K., Bergner L., Short F., Pierce J.: Treatment of ventricular fibrillation. Emergency medical technician defibrillation and paramedic services. *Jama*, 1984; 251 (13): 1723-6.
- 42 Eisenberg M.S., Horwood B.T., Cummins R.O., Reynolds-Haertle R., Hearne T.R.: Cardiac arrest and resuscitation: a tale of 29 cities. *Ann Emerg Med*, 1990; 19 (2): 179-84.
- 43 Engdahl J., Bang A., Lindqvist J., Herlitz J.: Can we define patients with no and those with some chance of survival when found in asystole out of hospital? *Am J Cardiol*, 2000; 86 (6): 610-4.
- 44 European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005. *Resuscitation*, 2005; 67 (suppl): S 1-189.
- 45 European Resuscitation Council (ERC): The 1998 Basic Life Support Working Group of the European Resuscitation Council – European Resuscitation Council guidelines for adult single rescuer basic life support. *Resuscitation*, 1998; 37: 67-80.
- 46 Flesche C.W., Noetges P., Schlack W., Zucker T.P., Tarnow J.: Quality of lay public cardiopulmonary resuscitation (CPR) after standard first aid training courses. *Resuscitation*, 1994; 28: S25.
- 47 Golenhofen K.: *Physiologie*; Urban & Schwarzenberg 1997, München Wien Baltimore.
- 48 Gries A. : Notfallmanagement bei Beinahe-Ertrinken und akzidenteller Hypothermie. *Notfall & Rettungsmedizin*, 2001; 4: 529-541.
- 49 Gundry J.W., Comess K.A., DeRook F.A., Jorgenson D., Bardy G.H.: Comparison of naive sixth-grade children with trained professionals in the use of an automated external defibrillator. *Circulation*, 1999; 100 (16): 1703-7.
- 50 Hallstrom A., Cobb L., Johnson E., Copass M.: Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med*, 2000; 342 (21): 1546-53.
- 51 Hallstrom A.P., Ornato J.P., Weisfeldt M., Travers A., Christenson J., McBurnie M.A., Zalenski R., Becker L.B., Schron E.B., Proschan M.: Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. The public access defibrillation trial investigators. *N Engl J Med*, 2004; 351: 637-46.

- 52 Hasibeder W.: Beinaheertrinken: Epidemiologie – Pathophysiologie – Therapie. *Ains*, 2003; 38: 333-340.
- 53 Hazinski M.F. et al.: Controversial Topics From the 2005 International Consensus Conference on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation*, 2005; 67: 175-179.
- 54 Heart Disease and Stroke Statistics – 2004 Update, Dallas, Texas: American Heart Association, 2003.
- 55 Herlitz J., Bahr J., Fischer M., Kuisma M., Lexow K., Thorgeirsson G.: Resuscitation in Europe: a tale of five European regions. *Resuscitation*, 1999; 41 (2): 121-31.
- 56 Herold G., Leiter Rettungsdienst, Bayerisches Rotes Kreuz (BRK), Kreisverband Ostallgäu, persönliche Mitteilung vom 29.08.2004.
- 57 Holle F. Einführungsreferat: Erstversorgung im Notarzdienst. Urban und Schwarzenberg München, 1985.
- 58 Holmberg M., Holmberg S., Herlitz J.: Incidence, duration and survival of ventricular fibrillation in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Am J Prev Med*, 2005 Jan; 28 (1): 65-9.
- 59 International Liaison Committee on Resuscitation: 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Circulation*, 2005; 112: III 5-16.
- 60 International Liaison Committee on Resuscitation: 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Circulation*, 2005; 112: III 1-136.
- 61 Jacobs I., Callanan V., Nichol G., Valenzuela T., Mason P., Jaffe A.S., Landau W., Vetter N.: The chain of survival. *Ann Emerg Med*, 2001; 37 (4 Suppl): S 5-16.
- 62 Kerber R.E., Becker L.B., Bourland J.D., Cummins R.O., Hallstrom A.P., Michos M.B., Nichol G., Ornato J.P., Thies W.H., White R.D., Zuckerman B.D.: Automatic external defibrillators for public access defibrillation: recommendations for specifying and reporting arrhythmia analysis algorithm performance, incorporating new waveforms, and enhancing safety. A statement for health professionals from the American Heart Association Task Force on Automatic External Defibrillation, Subcommittee on AED Safety and Efficacy. *Circulation*, 1997; 95 (6): 1677-82.
- 63 Kern K.B., Heidenreich J.H., Higdon T.A., Berg R.A., Hilwig R.W., Sanders A.B., Anavy N., Ewy G.A.: Effect of vasopressin on postresuscitation ventricular function: unknown consequences of the recent Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Critical Care Medicine*, 2004; 32 (9): S 393-7.
- 64 Kouwenhoven W.B., Milnor W.R., Chesnut W.R.: Closed chest defibrillation of the heart. *Surgery*, 1957; 42: 550-561.
- 65 Lackner C.K., Hoffmann G., Ruppert M., Urban B.: Die neuen Leitlinien 2005 für die Cardiopulmonale Reanimation. <http://www.inm-online.de> (Stand 02.03.2006) Abfrage 16.10.2006.
- 66 Landes-Feuerwehr-Verband-Bayern e.V.: Die Feuerwehren Bayerns im Zahlenspiegel 2003. <http://www.lfv-bayern.de/>, 2005.
- 67 Larsen M.P., Eisenberg M.S., Cummins R.O., Hallstrom A.P.: Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. *Ann Emerg Med*, 1993; 22 (11): 1652-8.
- 68 Lerner E.B., Billittier A.J. 4th, Shah M.N., Newman M.M., Groh W.J.: A comparison of first-responder automated external defibrillator (AED) application rates and characteristics of AED training. *Prehosp Emerg Care*, 2003; 7 (4): 453-7.
- 69 Lippert H.: Lehrbuch Anatomie. Urban und Schwarzenberg, München Wien Baltimore 1993

- 70 Locke C.J., Berg R.A., Sanders A.B., Davis M.F., Milander M.M., Kern K.B., Ewy G.A.: Bystander cardiopulmonary resuscitation. Concerns about mouth-to-mouth contact. *Arch Intern Med*, 1995; 155 (9): 938-43.
- 71 Macdonald R.D., Swanson J.M., Mottley J.L., Weinstein C.: Performance and error analysis of automated external defibrillator use in the out-of-hospital setting. *Ann Emerg Med*, 2001; 38 (3): 262-7.
- 72 Markstaller K., Eberle B., Dick W.F.: Kardiopulmonale Reanimation „oben ohne“. *Der Anaesthesist*, 2004. 53; 927-936.
- 73 Melanson S.W., O’Gara K.: EMS provider reluctance to perform mouth-to-mouth resuscitation. *Prehosp Emerg Care*, 2000; 4 (1): 48-52.
- 74 Muggenthaler K.H., Neuf M., Medau H.J., Probst S., Brachmann J.: Public Access Defibrillation, ein Projekt in Coburg/Bayern. *Notfall & Rettungsmedizin*, 2004; 7: 29-31.
- 75 Myerburg R.J., Fenster J., Velez M., Rosenberg D., Lai S., Kurlansky P., Newton S., Knox M., Castellano A.: Impact of community-wide police car deployment of automated external defibrillators on survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*, 2002; 106: 1058-1064.
- 76 Myerburgh R, Castellanos A. Cardiac arrest and sudden death. Braunwald E (ed) *heart disease*, 1997; Saunders, Philadelphia: 742-779.
- 77 National Safety Council, 2003.
- 78 Nichol G., Stiell I.G., Laupacis A., Pham B., De Maio V.J., Wells G.A.: A cumulative meta-analysis of the effectiveness of defibrillator-capable emergency medical services for victims of out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med*, 1999; 34 (4 Pt.1): 517-25.
- 79 Noc M., Weil M.H., Tang W., Turner T., Fukui M.: Mechanical ventilation may not be essential for initial cardiopulmonary resuscitation. *Chest*, 1995; 108 (3): 821-7.
- 80 Nolan J. P., Nadkarni V., Montgomery W. H., Alvarez G. F., Bihari D., Ballew K. A., Abernethy S. K., Wenzel V., Arntz H. R., Lindner K. H., Sharma G.V.R.K., McIntyre K. M.: Vasopressin versus Epinephrine for Cardiopulmonary Resuscitation. *N Engl J Med* 2004, 350: 2206-2209.
- 81 Plaisance P., Lurie K.G., Vicaut E., Adnet F., Petit J.L., Epain D., Ecollan P., Gruat R., Cavagna P., Biens J., Payen D.: A comparison of standard cardiopulmonary resuscitation and active compression-decompression resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med*, 1999; 341 (8): 569-575.
- 82 Pschyrembel, 258. Auflage, Version 1, 1997 Walter de Gruyter & Co, Berlin.
- 83 Rea T.D., Crouthamel M., Eisenberg M.S., Becker L.J., Lima A.R.: Temporal patterns in long-term survival after resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*, 2003; 108: 1196-1201.
- 84 Rea TD.: Agonal respirations during cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care*, 2005; 11: 188-191.
- 85 Rothenberger S.: Evaluation der Anwender-Performanz von Laien- und Ersthelfern beim Einsatz automatisierter externer Defibrillatoren (AED). Dissertation LMU München, 2001.
- 86 Ruppert M., Hoffmann G., Lackner C.K.: Stellenwert der Beatmung im Rahmen der Ersthelferanimation. *Notfall Rettungsmedizin*, 2007; 10: 293-296.
- 87 Ruppert M., Reith M.W., Widmann J.H., Lackner C.K., Kerkmann R., Schweiberer L., Peter K.: Checking for Breathing: Evaluation of the Diagnostic Capability of Emergency Medical Services Personnel, Physicians, Medical Students, and Medical Laypersons. *Annals of Emergency Medicine*, 1999; 34 (6): 720-729.

- 88 Ruppert M.: Frühdefibrillation und Public Access Defibrillation. Notfall & Rettungsmedizin, 2004; 7: 5-6.
- 89 Sanders A.B., Kern K.B., Berg R.A., Hilwig R.W., Heidenrich J., Ewy G.A.: Survival and neurologic outcome after cardiopulmonary resuscitation with four different chest compression-ventilation ratios. Ann Emerg Med, 2002; 40 (6): 553-62.
- 90 Schlechtriemen et al.: Flächendeckende Notfallversorgung in Deutschland. 8. Leinsweiler Gespräche. Der Notarzt 2004, 20: 20-29. Thieme Verlag Stuttgart New York.
- 91 Schmiedel R., Behrendt H.: Ausgewählte Ergebnisse der Leistungsanalyse 2000/2001. Bundesanstalt für Straßenwesen BAST. Handbuch des Rettungswesen, 2003; A 6.1.
- 92 Schmiedel R., Behrendt H.: Die notärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland. Bundesanstalt für Straßenwesen BAST. Handbuch des Rettungswesen, 2000; A 1.8.2.
- 93 Schneider T., Martens P.R., Paschen H. et al.: Multicenter, randomized, controlled trial of 150-J biphasic shocks compared with 200- to 360-J monophasic shocks in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest victims. Optimized Response to Cardiac Arrest (ORCA) Investigators. Circulation, 2000; 102: 1780–1787.
- 94 Schneider T., Mauer D., Diehl P., Dick W., Brehmer F., Juchems R., Kettler D., Kleine-Zander R., Klingler H., Rossi R.: Early defibrillation by emergency physicians or emergency medical technicians? A controlled, prospective multi-centre study. Resuscitation, 1994; 27 (3): 197-206.
- 95 Schulte am Esch J, Kochs E., Bause H.: Anästhesie und Intensivmedizin. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2002.
- 96 Sefrin P.: Geschichte der Notfallmedizin in Deutschland – unter besonderer Berücksichtigung des Notarztdienstes. Handbuch des Rettungswesens, 2003; A I.I.
- 97 SOS-KANTO Study Group; Nagao K. et al. (2007): Cardiopulmonary resuscitation by bystanders with chest compression only (SOS-KANTO), an observational study. Lancet, 369: 920-926.
- 98 Statistisches Bundesamt: Gesundheitsbericht für Deutschland 1998. <http://www.gbe-bund.de/>, 2004.
- 99 Statistisches Bundesamt: Gesundheitsbericht für Deutschland 2004. <http://www.gbe-bund.de/>, 2004: KORA Herzinfarktregister Augsburg des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit. Stand 15.11. 2004.
- 100 Statistisches Bundesamt Deutschland: Todesursachen, Anzahl der Gestorbenen nach Kapiteln der ICD-10. <http://www.destatis.de> (Stand 14.05.2007) Abfrage 19.08.2007.
- 101 Stevenson A.G., McGowan J., Evans A.L., Graham C.A.: CPR for children: one hand or two? Resuscitation, 2005; 64 (2): 205-8.
- 102 Stiell I.G., Wells G.A., Field B., Spaite D.W., Nesbitt L.P., DeMaio V.J., Nichol G., Cousineau D., Blackburn J., Munkley D., Luinstra-Toohey L., Campeau T., Dagnone E., Lyver M. for the Ontario Prehospital Advanced Life Support Study Group: Advanced Cardiac Life Support in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. N Engl J Med, 2004; 351: 647-56.
- 103 Stratmann, D., Sefrin, P., Wirtz S., Bartsch A., Rosolski T.: Stellungnahme zu aktuellen Problemen des Notarztdienstes (Ärztmangel, Arbeitszeitgesetz, DRG), Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands (BAND) e. V. Der Notarzt, 03; 2004.
- 104 Stratton S., Niemann J.T.: Effects of adding links to "the chain of survival" for prehospital cardiac arrest: a contrast in outcomes in 1975 and 1995 at a single institution. Ann Emerg Med, 1998; 31 (4): 471-7.

- 105 Swor R., Fahoome G., Compton S.: Potential impact of a targeted cardiopulmonary resuscitation program for older adults on survival from private-residence cardiac arrest. *Acad Emerg Med*, 2005; 12: 7-12.
- 106 Topp S.: Referent für den Rettungsdienst, Deutsches Rotes Kreuz Persönliche Mitteilung; 2003.
- 107 Trend- und Strukturanalyse des Rettungsdienstes in Bayern, 1999-2004; INM.
- 108 Ufer M.R.: Nichtärztliches Personal im Rettungsdienst – Rechtliche Grundlagen. *Handbuch des Rettungswesens*, 1996; B II. 4.0.
- 109 Valenzuela T.D., Roe D.J., Nichol G., Clark L.L., Spaite D.W., Hardman R.G.: Outcomes of rapid defibrillation by security officers after cardiac arrest in casinos. *N Engl J Med*, 2000; 343 (17): 1206-9.
- 110 Varon J., Marik P.E., Fromm R.E.: Cardiopulmonary resuscitation: a review for clinicians. *Resuscitation*, 1998; 36 (2): 133-45.
- 111 Weaver W.D., Copass M.K., Hill D.L., Fahrenbruch C., Hallstrom A.P., Cobb L.A.: Cardiac arrest treated with a new automatic external defibrillator by out-of-hospital first responders. *Am J Cardiol*, 1986; 57 (13): 1017-21.
- 112 Weil M.H., Tang W., Bisera J.: Cardiopulmonary resuscitation: one size does not fit all. *Circulation*, 2003; 107 (6): 794.
- 113 Weisfeldt M.L., Becker L.B.: Resuscitation after cardiac arrest: a 3-phase time-sensitive model. *Jama*, 2002; 288 (23): 3035-8.
- 114 Weißmann A., Sefrin P.: Kardiopulmonale Reanimation, 2000. *Der Notarzt*; 01, 2000.
- 115 Wenzel V., Krismer A., Arntz H.R., Sitter H., Stadlbauer K.H., Lindner K.H., for the European Resuscitation Council Vasopressor during Cardiopulmonary Resuscitation Study Group: A Comparison of Vasopressin and Epinephrine for Out-of-Hospital Cardiopulmonary Resuscitation. *N Engl J Med*, 2004; 350: 105-13.
- 116 White R.D., Asplin B.R., Bugliosi T.F., Hankins D.G.: High discharge survival rate after out-of-hospital ventricular fibrillation with rapid defibrillation by police and paramedics. *Ann Emerg Med*, 1996; 28 (5): 480-5.
- 117 Wik L., Hansen T.B., Fylling F., Steen T., Vaagenes P., Auestad B.H., Steen P.A.: Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *Jama*, 2003; 289 (11): 1389-95.
- 118 Wik L., Kramer-Johansen J., Myklebust H., Sørebo H., Svensson L., Fellows B. Steen P.A.: Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*, 2005; 293: 299-304.
- 119 Williamson L.J., Larsen P.D., Tzeng Y.C., Galletly D.C.: Effect of automatic external defibrillator audio prompts on cardiopulmonary resuscitation performance. *Emerg Med J*, 2005; 22 (2): 140-3.
- 120 Zoll D.B., Linenthal A.J., Gibson W., Paul M.H.: Termination of ventricular fibrillation in man by externally applied electric countershock. *N Engl J Med*, 1956; 254: 726-732.

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kontrolle der Atmung (Quelle: AHA).....	5
Abbildung 2:	Differentialdiagnostische „HITS“ (Quelle: Lackner)	7
Abbildung 3:	Überlebenskette „chain-of-survival“ (Quelle: Cummins).....	9
Abbildung 4:	Algorithmus BLS (Quelle AHA/ILCOR).....	13
Abbildung 5:	AED-Algorithmus (Quelle: ERC).....	14
Abbildung 6:	3-Phasenmodell des Herzstillstandes (nach Weisfeldt)	17
Abbildung 7:	Exemplarische Darstellung möglicher Kurvenverläufe der Überlebensrate bei Patienten mit Kammerflimmern	19
Abbildung 8:	Reaktionsintervalle aller ausreichend dokumentierten Ereignisse des Datenkollektivs mit dem Meldebild „Bewusstlosigkeit“ für den Rettungsdienstbereich Bayern (ohne München) für das Jahr 2002 (Quelle: INM).	21
Abbildung 9:	Mega-Code-Manikin	29
Abbildung 10:	Handlungsablauf [ABCD].....	31
Abbildung 11:	Handlungsablauf [DABC].....	32
Abbildung 12:	Modifiziertes Mega-Code-Manikin	34
Abbildung 13:	Algorithmus [ABCD].....	39
Abbildung 14:	Algorithmus [DABC].....	40
Abbildung 15 :	Altersverteilung der Teilnehmer.....	46
Abbildung 16:	Kammerflimmern (VF)	58
Abbildung 17:	Asystolie (ASYS)	60
Abbildung 18:	Bolus (BOL)	62
Abbildung 19:	Bewusstlosigkeit (BEW).....	64
Abbildung 20:	Schematische Darstellung des außerklinischen Hilfeleistungssystems in Deutschland	82
Abbildung 21:	Entscheidende therapeutische Maßnahmen unter Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC] für alle vier Testszenarien	91

7.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Ausgewählte Ursachen bei Ateminsuffizienz / Atemstillstand	4
Tabelle 2:	Empfehlungen zur Defibrillationsenergie in Abhängigkeit der Schockform (Quelle: AHA/ERC)2,44.....	16
Tabelle 3:	Personalfunktion im Rettungsdienst der Bundesrepublik Deutschland.....	25
Tabelle 4:	standardisierte Testszenarien.....	33
Tabelle 5:	Teilnehmende Hilfsorganisationen und Feuerwehren	37
Tabelle 6:	Übersicht Zeitintervall bis zur Befunderhebung bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC].....	44
Tabelle 7:	Übersicht Zeitintervall bis zur Durchführung therapeutischer Maßnahmen bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] und Handlungsablauf [DABC]	44
Tabelle 8:	Teilnehmende Hilfsorganisationen und Feuerwehren	45
Tabelle 9:	Qualifikation der Teilnehmer	46
Tabelle 10:	Gewertete vs. ausgeschlossene Testabläufe bei Anwendung der Handlungsabläufe	47
Tabelle 11:	Ursachen, die zum Ausschluss führten (unabhängig von Anwendung des Handlungsablaufes und des Testszenarios)	48
Tabelle 12:	Ursachen, die zum Ausschluss führten bei Anwendung des Handlungsablaufes [ABCD]	49
Tabelle 13:	Ursachen, die zum Ausschluss führten bei Anwendung des Handlungsablaufes [DABC]	50
Tabelle 14:	Gegenüberstellung Qualifikation Teamleiter vs. fehlerlose Durchführung der Testabläufe	50
Tabelle 15:	Gegenüberstellung spezifische Trainingsmaßnahme der Teamleiter vs. fehlerlose Testabläufe	51
Tabelle 16:	Anwendung [ABCD] Befunderhebung unabhängig vom Testszenario	53
Tabelle 17:	Zeitintervall bis Beginn einzelner therapeutischer Maßnahmen für Handlungsablauf [ABCD]	54
Tabelle 18:	Anwendung [DABC] Befunderhebung unabhängig vom Testszenario	55
Tabelle 19:	Zeitintervall bis Beginn einzelner therapeutischer Maßnahmen für Handlungsablauf [DABC]	56
Tabelle 20:	Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario VF (Kammerflimmern).....	57
Tabelle 21:	Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario ASYS (Asystolie).....	59
Tabelle 22:	Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario BOL (Bolus).....	61
Tabelle 23:	Vergleich der Zeitparameter bei Anwendung beider Handlungsabläufe für das Testszenario BEW (Bewusstlosigkeit).....	63
Tabelle 24:	Diagnostische Sicherheit der Befunderhebung unabhängig von Anwendung des Handlungsablaufes und Testszenarios	65
Tabelle 25:	Diagnostische Sicherheit der Befunderhebung bei Anwendung von Handlungsablauf [ABCD] unabhängig von Testszenario	65
Tabelle 26:	Diagnostische Sicherheit der Befunderhebung bei Anwendung von Handlungsablauf [DABC] unabhängig von Testszenario	66
Tabelle 27 :	Übersicht diagnostische Sicherheit der Befunderhebungen abhängig von Handlungsablauf [ABCD] und Testszenarios	67

Tabelle 28:	Übersicht diagnostische Sicherheit der Befunderhebungen abhängig von Handlungsablauf [DABC] und Testszenarien	68
Tabelle 29:	Charakterisierung des Beurteilungskriteriums Merkmal Atemstillstand	69
Tabelle 30:	Charakterisierung des Beurteilungskriteriums Merkmal Herz-Kreislauffunktion	70

7.5 Fragebogen

Teilnehmer-Fragebogen Vergleichsstudie zur Evaluierung zweier Handlungsabläufe am reaktionslosen Notfallpatienten	
ID: ____ / ____	Datum: ____ . ____ . ____ (wird von Studienleitung ausgefüllt)
Wichtige Hinweise: <ul style="list-style-type: none"> Bitte füllen Sie den Fragebogen vollständig und wahrheitsgemäß aus! Alle Daten werden anonymisiert behandelt. Bitte merken Sie sich die eingetragene ID für den Versuchsablauf! 	
1. Alter: _____ Jahre	Geschlecht: <input type="checkbox"/> männl. <input type="checkbox"/> weibl.
2. Qualifikation/Berufsbezeichnung (Mehrfachnennungen erlaubt) <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rettungsassistent (RA), <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> examiniert, Jahr der Prüfung _____ <input type="checkbox"/> in Ausbildung, voraussichtliches Jahr der Prüfung _____ <input type="checkbox"/> anerkannt <input type="checkbox"/> Rettungsassistent (RS), Jahr der Prüfung _____ <input type="checkbox"/> Rettungsdiensthelfer (RDH), Jahr der Prüfung _____ <input type="checkbox"/> Sonstige Qualifikation: _____ 	
3. In welchem Tätigkeitsbereich arbeiten Sie zur Zeit? (Mehrfachnennungen erlaubt) <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Rettungsdienst <input type="checkbox"/> First Responder / Helfer-vor-Ort <input type="checkbox"/> Sanitätsdienst <input type="checkbox"/> anderer Bereich: _____ 	
4. Wie lange sind Sie insgesamt schon im Rettungsdienst / in dem oben genannten Bereich tätig? _____ Jahre	
5. Haben Sie eine fachspezifische Zusatzqualifikation? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Frühdefibrillations- / AED-Training, letztes Training: ____ / ____ (Monat/Jahr) <input type="checkbox"/> Reanimationstraining, letztes Training: ____ / ____ (Monat/Jahr) <input type="checkbox"/> sonstige Zusatzqualifikation: _____ 	
6. Haben oder machen Sie eine weitere Ausbildung in einem medizinischen Beruf? <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> Medizinstudium <input type="checkbox"/> Krankenpflege exam. <input type="checkbox"/> anderer Heilhilfsberuf / med. Assistenzberuf <input type="checkbox"/> sonstige Ausbildung: _____ 	
Vielen Dank für die Teilnahme an der Studie!	

7.6 Studieninformationsblatt



Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement
Klinikum der Universität München
Schillerstr. 53 - 80336 München
Tel. +49 - 89 - 5160 - 7100, Fax - 7102

Studien-Informationsblatt

Vergleichsstudie zur Evaluierung zweier Handlungsabläufe am reaktionslosen Notfallpatienten

Hintergrund:

- Lebensbedrohliche Notfallsituationen erfordern eine möglichst schnelle Diagnostik und Einschätzung des Patientenzustandes, um sofort entsprechende Therapiemaßnahmen ergreifen zu können. Zur Vorgehensweise in solchen Situationen hat sich seit langem die Ausbildung und Anwendung strenger Handlungsschemata (Algorithmen) bewährt.
- Alle publizierten Algorithmen zur Cardiopulmonalen Reanimation stellen die Überprüfung der Atemwege und Atmung der Überprüfung der Kreislauffunktion voran (sog. ABC-Schema). In der weit überwiegenden Zahl der Fälle liegt aber bei präklinischen Notfall- bzw. Reanimationsituationen ein primär kardiales Geschehen zugrunde, häufig eine Myokardischämie mit Kammerflimmern, und nicht ein primär respiratorisches Problem.

Fragestellungen:

1. Kann die Reihenfolge der empfohlenen diagnostischen Maßnahmen (sog. ABC-Schema) in Notfallsituationen heute noch als zielführend erachtet werden?
2. Stellt ein abgeänderter Algorithmus mit Prioritätensetzung auf die Prüfung von Herz- und Kreislauffunktion – sei es auch durch die Rhythmusanalyse des AED – eine der Pathogenese besser gerecht werdende Vorgehensweise dar und wird so früher mit der entsprechenden kausalen Therapie (z.B. Defibrillation) begonnen?
Welche Auswirkung hat ein solcher abgeänderter Algorithmus für Patienten mit einer Vitalbedrohung anderer Genese und wird er diesen Notfallsituationen ebenso gerecht?

Ziel der Studie:

Ziel dieser Studie ist die Evaluierung zweier diagnostischer Handlungsabläufe am reaktionslosen Notfallpatienten. Betrachtet werden die Zeitintervalle bis zu den einzelnen diagnostischen Befunden und bis zum Beginn einzelner Therapiemaßnahmen sowie die diagnostische Sicherheit der Helfer für einzelne Vitalparameter bei Anwendung unterschiedlicher Handlungsabläufe an definierten Patientenszenarien.

Material und Methode:

- Die Versuchsreihe wird an einer sog. modifizierten Mega-Code-Puppe durchgeführt. Neben der Pulsfunktion kann bei diesem Manikin angewärmte und angefeuchtete Atemluft aus Mund und Nase als auch eine dazu synchronisierte Thoraxexkursionen erzeugt werden.



Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement
Klinikum der Universität München
Schillerstr. 53 - 80336 München
Tel. +49 - 89 - 5160 - 7100, Fax – 7102

- Teilnehmer sind Rettungsdienstmitarbeiter verschiedener Organisationen. Die Qualifikation der Teilnehmer muss eine rettungsdienstliche Mindestausbildung im Sinne der 520-Stunden-Ausbildung umfassen.
- Die Teilnehmer durchlaufen die Versuchsreihen jeweils in Zwei-Helfer-Teams im Sinne einer RTW-Besatzung bzw. einer First-Responder- / Helfer-vor-Ort-Einheit. Die Teams sind jeweils mit einem AED und einem standardisierten Notfallkoffer ausgestattet.

Ablauf:

- Im Rahmen der Versuchsreihe werden zwei unterschiedliche diagnostische Handlungsabläufe [ABCD] vs. [DABC] anhand von vier verschiedenen Patientenszenarien verglichen. Algorithmus I [ABCD] orientiert sich an den klassischen *ILCOR*-Leitlinien mit konsequenter Verfolgung des sog. ABC-Schemas (Kontrolle von Bewusstsein, Atmung und Kreislauf). Algorithmus II [DABC] setzt die Priorität auf die Überprüfung der Kreislauffunktion bzw. auf die frühestmögliche Rhythmusanalyse und ggf. Defibrillation.
- Von den einzelnen Teams werden nacheinander je zwei Durchgänge mit beiden Handlungsabläufen absolviert (insg. 4 Versuche in randomisierter Reihenfolge).
- Die Auswahl eines der vier Szenarien erfolgt bei jedem Versuch mittels eines Zufallsgenerators.
- Die Szenarien werden durch digitale Videoaufnahmen zur späteren Auswertung der Zeitintervalle aufgezeichnet. Hierfür müssen die einzelnen Befunde der Teilnehmer jeweils laut und deutlich ausgesprochen werden.
- Bei Fehlern im Handlungsablauf oder technischen Problemen erfolgt der Abbruch des Versuchs durch den Studienleiter und es ist je eine Wiederholung möglich.

Standardisierte Szenarien:

- (1) Reanimationssituation (VF):
keine Atmung vorhanden, keine Kreislaufzeichen bzw. kein Puls vorhanden,
EKG: Kammerflimmern, AED: defibrillierbarer Rhythmus
- (2) Reanimationssituation (ASYS):
keine Atmung vorhanden, keine Kreislaufzeichen bzw. kein Puls vorhanden,
EKG: Asystolie, AED: nicht defibrillierbarer Rhythmus
- (3) Atemwegsverlegung mit Bolus (BOL):
keine Atmung vorhanden, Puls vorhanden (Frequenz: 30/min),
EKG: Sinusrhythmus, AED: nicht defibrillierbarer Rhythmus
- (4) Bewusstlosigkeit mit erhaltener Herz-/Kreislauf- und Atemfunktion (BEW):
Atmung vorhanden (Frequenz 15/min), Puls vorhanden (Frequenz 120/min),
EKG: Sinusrhythmus, AED: nicht defibrillierbarer Rhythmus

Vielen Dank für die Teilnahme an der Studie!

7.7 Dokumentationsprotokoll

ID:	Handlungsablauf		
Datum:	Szenario		
Startzeit = Absetzen d. Koffers <input type="checkbox"/>			
<u>Diagnose - Bewusstsein</u>			
Setzen d. Schmerzreizes	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Befund - Mitteilung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
<u>Diagnose - Atmung</u>			
Kopf überstrecken	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Überprüfung Atmung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Befund - Mitteilung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Initial 2 Beatmungen	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
<u>Diagnose - Kreislauf</u>			
Carotispuls tasten	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Befund - Mitteilung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
AED eingeschaltet	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Elektroden aufgeklebt	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Analyse gedrückt	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Befund - Mitteilung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
<u>Therapie - Atmung</u>			
Einlegen d. Guedeltubus	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
1. Maskenbeatmung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Laryngoskopie	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
Bolusentfernung	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
<u>Therapie - Kreislauf</u>			
1. Defibrillation	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
1. Thoraxkompression	<input type="checkbox"/>	Zeit	_____ sec.
<u>Diagnosen</u>		<u>Richtige Diagnosen</u>	
Atmung	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Atmung	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
Puls	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	Puls	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein
		Rhythmus	<input type="checkbox"/> Sinusr. <input type="checkbox"/> VF <input type="checkbox"/> Asystolie

7.8 Curriculum vitae

Lebenslauf Markus Peter Hartung

Persönliche Informationen

- Geburtsdatum/ -ort: 26.06.1971 in Füssen
- Staatsangehörigkeit: deutsch
- Familienstand: ledig
- Konfession: röm.-katholisch

Schullaufbahn / Berufsausbildung

- 1978 – 1982 Grundschule Schwangau
- 1982 – 1992 Gymnasium Füssen und Erlangung der allgemeinen Hochschulreife
- 1992 – 1995 Berufsausbildung zum Reiseverkehrskaufmann IHK
- 1995 – 1996 Ableistung Zivildienst im Bereich Rettungsdienst des Bayerischen Roten Kreuzes

Studium

- 1996 – 2004 Studium der Humanmedizin an der Universität Ulm, Abschluss mit der Note „gut“

Praktisches Jahr

- Innere Medizin: Klinikum Kempten-Oberallgäu, Med. III, PD. Dr. Prümmer: Hämatologie/ Onkologie
- Chirurgie: Klinikum Kempten-Oberallgäu, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Prof. Mischkowsky; 2 Monate Concord-Hospital Sydney/Australien, Viszeralchirurgie
- Anästhesie: 4 Monate Klinikum Kempten-Oberallgäu, PD. Dr. Haller (2 Monate Anästhesie / 2 Monate Intensivstation)

Berufserfahrung

- September 2005 bis Dezember 2006 Weiterbildungsassistent, Abteilung Chirurgie, Klinikum Kaufbeuren - Ostallgäu
- Seit Januar 2007 Weiterbildungsassistent, Abteilung Anästhesie & Intensivmedizin, Klinikum Kaufbeuren - Ostallgäu

Famulaturen

- Innere Medizin: Krankenhaus der Barmherzigen Schwestern in Wien / Österreich (1999)
- Anästhesie: OP-Zentrum und Tagesklinik Ulm – Söflingen
- Polyklinik und Ärztezentrum „Centro Medico“, Fuerteventura / Spanien
- Pädiatrie: Kinderklinik Garmisch-Partenkirchen
- Innere Medizin: Kreiskliniken Ostallgäu – Haus Füssen

Praktische Erfahrungen

- 1995 Ausbildung zum Rettungssanitäter beim Bayerischen Roten Kreuz
- 1995 – 2005 ehrenamtliche Tätigkeit beim Bayerischen Roten Kreuz in Rettungsdienst und Ausbildung
- 2003 Ausbilder für Polytrauma-Management für Rettungskräfte

Hopferau, den 06. August 2008

7.9 Danksagung

Mein herzlicher Dank geht an meinen Doktorvater, Herrn Professor C.K. Lackner, für die Möglichkeit meiner Dissertation am Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement der Ludwig-Maximilians-Universität München. Er und sein Team waren mir stets eine konstruktive und bereichernde Hilfe.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer, Herrn Dr. med. Matthias Ruppert bedanken. Sein Engagement und die überaus wertvolle Kritik haben diese Arbeit ermöglicht und voran getrieben. Ich danke meinem lieben Freund auf diesem Weg für die zahlreichen Stunden, welche er mir geopfert hat.

Danken möchte ich auch den Mitarbeitern der Berufsfeuerwehr München, der Flughafenfeuerwehr München, der Berufsfeuerwehr Augsburg, dem Maltheserhilfsdienst München und dem Bayerischen Roten Kreuz – Ostallgäu / Pfronten für die zahlreiche Teilnahme an dieser Studie.

Im Speziellen möchte ich mich auch bei den Studienassistenten und Freunden Max Spieß, Mario Breitkreuz und Gerd Benesch für Ihre tatkräftige und freundliche Unterstützung bedanken.

Abschließend möchte ich meiner geliebten Micha danken. Ihre ausserordentliche Geduld, liebevolle Mithilfe und ihr Verständnis waren für mich stets Ansporn diese Arbeit zu verfassen und zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen.

Markus Hartung

Hopferau, 18.08.2008