

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. Norbert Roewer

**Kardiopulmonale Reanimation mit dem ANIMAX-Hilfssystem –
Untersuchung am Reanimationsmodell**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Christoph Schmitt

aus Fulda

Würzburg, Dezember 2009

Referent: Prof. Dr. med. N. Roewer

Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. Sebastian Maier

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 19.08.2010

Der Promovend ist Arzt

Für meine Kinder Hanna und Moritz

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Problem Herztod.....	1
1.2	Einführung der CPR.....	3
1.3	Qualität der CPR.....	4
1.4	Laienreanimation.....	5
1.5	First Responder / Rettungskette.....	6
1.6	Stellungnahme berufspolitischer AGs.....	8
1.7	First-Responder-System.....	9
1.8	Fragestellung.....	11
2	Material und Methoden.....	14
2.1	Probanden.....	14
2.2	Reanimationsgerät.....	15
2.2.1	ANIMAX.....	15
2.2.2	Spiro-Set.....	17
2.3	Beatmungsbeutel /-maske.....	18
2.4	Ablauf der Untersuchung.....	19
2.4.1	Protokoll: ANIMAX.....	20
2.4.2	Protokoll: HDM und Beutel/Maske.....	21
2.4.3	Nachuntersuchung der körperlichen Anstrengung.....	22
2.5	BLS Trainingsgerät Ambu® Man.....	22
2.6	Datenerfassung.....	23
2.6.1	Erfassungsbogen.....	23
2.6.2	Auswertungssoftware Ambu® CPR Version 2.2.....	24
2.7	Datenauswertung / Statistik.....	24
3	Ergebnisse.....	26
3.1	Probanden.....	26
3.2	Aufbauzeit.....	28
3.3	Kompressionstiefe.....	28
3.4	Beatmung.....	29
3.5	Frequenz der HDM.....	30

3.6 Körperliche Anstrengung und subjektive Bewertung der Methoden.....	31
4 Diskussion.....	32
4.1 Einleitung.....	32
4.2 Untersuchung.....	37
4.2.1 Probanden.....	37
4.2.2 Beatmung.....	38
4.2.3 Aufbauzeit.....	39
4.2.4 Thoraxkompression.....	39
4.2.5 Körperliche Belastung.....	40
4.3 Abschließende Betrachtung.....	41
4.3.1 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Reanimation beim Menschen.....	43
5 Zusammenfassung.....	44
6 Literaturverzeichnis.....	45
7 Anhang.....	50
7.1 Erfassungsbogen.....	51
7.2 Ansicht aus dem Auswertungsprogramm.....	52
7.3 Hilfsfristen der Bundesländer.....	54

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rettungskette.....	6
Abbildung 2: ANIMAX.....	17
Abbildung 3: Spiro-Set.....	17
Abbildung 4: Ambu® Mark IV.....	18
Abbildung 5: Anlage Spiro-Set I.....	19
Abbildung 6: Anlage Spiro-Set II.....	19
Abbildung 7: Anbringen von ANIMAX.....	20
Abbildung 8: Reanimation mit dem ANIMAX.....	21
Abbildung 9: Reanimationsmodell Ambu® Man.....	23
Abbildung 10: Altersverteilung der Probanden.....	26
Abbildung 11: Vorerfahrung der Probanden.....	27
Abbildung 12: Ausbildungsgrad der Probanden.....	27
Abbildung 13: Schulungsverteilung.....	28
Abbildung 14: LUCAS CPR®.....	34
Abbildung 15: Autopulse™.....	36
Abbildung 16: HDM-Gruppe Beginn.....	52
Abbildung 17: HDM-Gruppe Ende.....	52
Abbildung 18: Konstante HDM durch ANIMAX.....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kompressionstiefe.....	29
Tabelle 2: Tidalvolumen.....	30
Tabelle 3: Kompressionsfrequenz.....	30

1 Einleitung

1.1 Problem Herztod

Etwa 100.000-150.000 Menschen erleiden in Deutschland jährlich einen plötzlichen Herztod [1]. Etwa alle vier Minuten stirbt in Deutschland daran ein Mensch! Der plötzliche Herztod - im Volksmund auch Herzschlag genannt - ist eine ernst zu nehmende Gefahr; er stellt die Todesursache Nummer 1 in der westlichen Welt dar. Die Inzidenzraten liegen zwischen 0,36 und 1,28 auf 1000 Einwohner pro Jahr [2][3][4][5], wobei lediglich der beobachtete Kollaps bzw. der reanimierte Patient in die Datensammlung eingegangen ist. Die Dunkelziffer dürfte also um einiges höher sein. Der plötzliche Herztod ist meist Folge mehrerer auslösender Faktoren wie Herzrhythmus- und Durchblutungsstörungen. Betroffen sind fast immer Menschen mit einem Lebensalter über 60 Jahren. 75 Prozent davon sind Männer.

Der Hauptanteil dieser Patienten leidet unter den Krankheitsbildern der ischämischen und nichtischämischen Kardiomyopathien. 80% der Patienten mit plötzlichem Herztod haben eine KHK¹ als Grunderkrankung. Die KHK gilt es in diesem Zusammenhang zu untergliedern in

1 Koronare Herzkrankheit

- Erstmanifestation einer KHK in Form pektanginöser Beschwerden,
- akuter Myokardinfarkt auf dem Boden einer KHK: Innerhalb der ersten 48 Stunden nach einem Infarkt besteht ein 15 prozentiges Risiko, einen plötzlichen Herztod zu erleiden. Dieses Risiko sinkt auf ca. 3% in den nächsten Tagen ab. 80% aller Episoden von Kammerflimmern ereignen sich in den ersten sechs Stunden nach Schmerzbeginn (Maximum in der ersten Stunde) bei akutem Herzinfarkt und
- chronische KHK: 50% der Patienten haben in der Vorgeschichte einen alten Infarkt. Ventrikuläre Tachykardien wie Kammerflimmern bzw. -flattern durch die alten Narbengebiete spielen eine entscheidende Rolle.

Nichtischämische Kardiomyopathien sind bei 10-15% der Patienten der Grund für einen plötzlichen Herztod. 30% der Patienten mit dilatativer Kardiomyopathie versterben plötzlich. Hypertrophe Kardiomyopathien sind die häufigste Ursache des plötzlichen Herztodes bei Sportlern. Die bis dahin meist klinisch unauffälligen Patienten sind jünger als 30 Jahre.

Weitere seltene (weniger als 5%) Ursachen für einen plötzlichen Herztod sind: arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie, Long-QT-Syndrom, Brugada-Syndrom, idiopathisches Kammerflimmern, Aortenstenose und einige noch seltenere Krankheitsbilder.

80% der plötzlichen Herztode werden durch ein primäres Kammerflimmern ohne ersichtlichen Auslöser verursacht [6]. Weitere Auslöser sind die oben genannte akute Ischämie, Elektrolytstörungen, Antiarrhythmika, Drogen und eine Vagus-Reizung.

Die Hypokaliämie erhöht die Wahrscheinlichkeit eines Kammerflimmerns im akuten Infarkt. Hypomagnesiämie kann als Ko-Faktor für den plötzlichen Herztod über Torsades-de-pointes-Tachykardien das Auslösen von Kammerflimmern begünstigen, ist aber nie alleine ein Grund für den plötzlichen Herztod. Medikamenteninduzierte Rhythmusstörungen und Drogen wie Kokain,

die einen Gefäßspasmus und damit eine Ischämie induzieren, sind weitere Gründe, einen plötzlichen Herztod zu erleiden.

Durch das Kammerflimmern werden die Herzkammern nicht mehr koordiniert stimuliert, so dass das Herz seine Pumpfunktion nicht mehr in vollem Umfang wahrnehmen kann. Der Herzmuskel kontrahiert zwar mit hoher Frequenz bis zu 350 mal in der Minute, kann aber kein Blut mehr in den Kreislauf pumpen. Es kommt zum Sauerstoffmangel im Gehirn und in den Organen. Unbehandelt führt dieser Zustand binnen Minuten zwangsläufig zum Tode.

Durch richtige und sofort angewandte Basismaßnahmen (BLS²) kann das Zeitfenster der Wiederbelebbarkeit des Organismus verlängert werden. Aus diesem Grund ist eine frühzeitige kardiopulmonale Reanimation (englisch: cardiopulmonary resuscitation; CPR³) zur Überbrückung der Zeit bis zum Eintreffen von professioneller Hilfe unerlässlich.

1.2 Einführung der CPR

Obwohl die Geschichte der Reanimation bereits 3.500 Jahre zu den alten Ägyptern zurückreicht, wurde die Reanimation erst zu Beginn der Sechziger Jahre revolutioniert.

Im Jahr 1958 publizierten Safar und Elam [7] die Effektivität der Mund zu Mund Beatmung bei Erwachsenen und 1960 erkannte man die Effektivität der äußeren Herzdruckmassage: Der erste Patient mit Herz-Kreislauf-Stillstand wurde erfolgreich gerettet [8]. Ab 1963 nannte man dies dann kardiopulmonale Reanimation oder CPR.

Für den Erfolg einer Reanimation spielt der Faktor Zeit die größte Rolle. Internationalen Empfehlungen nach sollten Basismaßnahmen innerhalb von 3 –

2 Basic Life Support

3 Cardiopulmonary Resuscitation (Kardiopulmonale Reanimation)

5 Minuten erfolgen. Wenn Rettungskette und frühzeitige Maßnahmen durch Ersthelfer noch effizienter wären, könnte man die Zahl der am plötzlichen Herztod verstorbenen Patienten möglicherweise weiter senken.

1.3 Qualität der CPR

In einer Metaanalyse von Callies [9] bei 55.961 Patienten mit präklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand wurde gezeigt, dass die Erfolge der Reanimation insgesamt schlecht sind; 27% der Patienten wurden primär reanimiert. Nur 7,4% der Patienten konnten nach oft lang dauernder, aufwändiger und meistens kostenintensiver Behandlung aus der Klinik entlassen werden.

Die wichtigste Determinante der Prognose für Patienten mit prähospitalen Herz-Kreislauf-Stillstand stellt der frühest mögliche Zeitpunkt einer effektiven CPR dar. Von ebenfalls entscheidender Bedeutung sind Notruf, Basis-Maßnahmen (Kardiokompression), schnelle Defibrillation durch Notärzte oder Ersthelfer und erweiterte Maßnahmen mit Applikation von vasoaktiven Substanzen und/oder von Antiarrhythmika durch Notärzte.

Mohr et al. werteten in den Rettungsdienstbezirken Göttingen und Hannoversch-Münden über einen Zeitraum von einem Jahr 170 Fälle von präklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand aus [10]. Bei 123 Patienten wurde ein Reanimationsversuch unternommen; bei 72 Patienten gelang keine Wiederherstellung eines Spontankreislaufs, und die Notärzte trafen die Entscheidung, die Reanimationsmaßnahmen einzustellen. Die Hilfsfrist betrug 12 Minuten in den Fällen mit erfolglosen Maßnahmen und 9 Minuten in den Fällen mit Wiederherstellung der Kreislauffunktion. Bei den erfolglosen Reanimationsversuchen wurde in 22% der Fälle von Ersthelfern mit der Reanimation begonnen; bei den erfolgreichen lag der Anteil bei 33%.

Die Entscheidung der Notärzte nicht mit Reanimationsmaßnahmen zu beginnen

oder diese frühzeitig zu beenden, wurde durch Vorerkrankungen, Alter, Pupillenstatus, aber auch durch eine lange Hilfsfrist geprägt.

Bei einer Hilfsfrist von 10 oder mehr Minuten wurde die Hilfsfrist in nahezu jedem dritten Fall als ein Terminationskriterium für die Reanimation gesehen, bei einem beobachteten Kollaps sogar in 40% der Fälle.

1.4 Laienreanimation

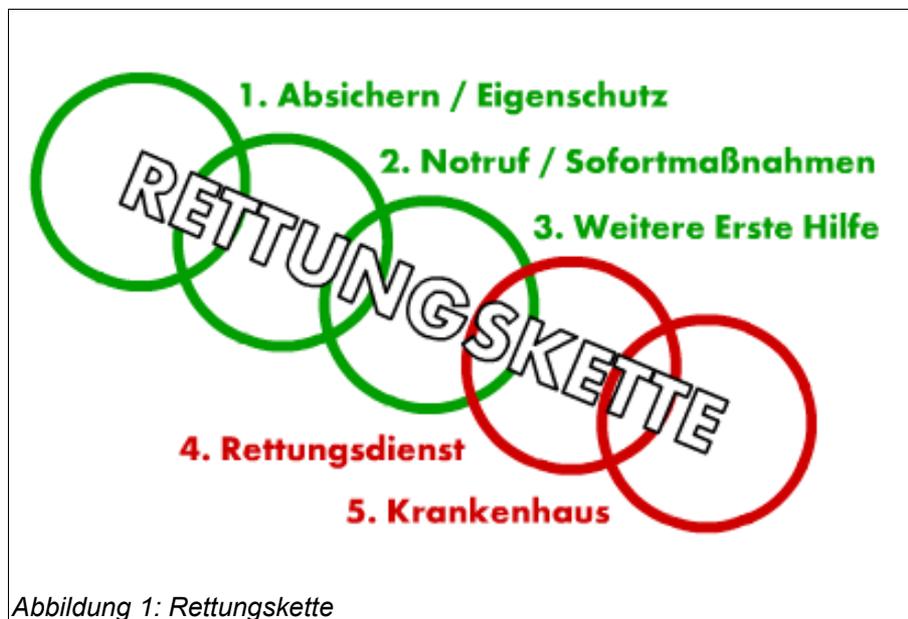
Der überwiegende Teil der Menschen kommt mindestens einmal in seinem Leben in unmittelbare Nähe einer schwerverletzten oder erkrankten Person. Somit kommt dem Laien bei der Reanimation eine große Bedeutung zu, da er durch seine Aktivität maßgeblich zu einer Verbesserung der ohnehin schlechten Prognose von Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand beitragen kann. Um so erschreckender ist, dass bis zum Jahre 2000 nur ca. 23% der Deutschen einen Erste-Hilfe-Kurs absolviert hatten; dieser lag im Schnitt 15 Jahre zurück [11]. 1991 konnte bereits durch Moeschler [12] herausgearbeitet werden, dass durch eine gute Ausbildung der breiten Masse und jener Menschen, die bei einer Rettungsaktion eingreifen sollen, die Mortalität und Morbidität verringert wurden. Weitere Studien zur CPR haben den positiven Effekt der von Laien richtig durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen auf die Überlebenschancen bestätigt [9] [13][14].

Während beispielsweise die anfängliche Überlebensrate bei Kammerflimmern 90% beträgt, fällt sie mit jeder weiteren Minute dieser Rhythmusstörung um etwa 10%. Ab der 4. Minute nach Herz-Kreislauf-Stillstand ist mit gravierenden neurologischen Schäden zu rechnen. Nach ca. 10 Minuten ist nicht mehr von einer erfolgreichen Reanimation auszugehen. Ersthelfer haben demnach eine gute Chance, dem Patienten ausreichend zu helfen. Der später eintreffende Rettungsdienst und der Notarzt haben eine deutlich schlechtere

Ausgangsposition. Die Bedeutung des schnellen Ablaufs der Rettungskette für den Reanimationserfolg wurde wiederholt nachgewiesen [15][16].

1.5 First Responder / Rettungskette

Mit dem Begriff „Rettungskette“ kann man die Bedeutung der Laienhilfe in der Ersten Hilfe sehr gut beschreiben. Die Kette setzt sich aus folgenden Gliedern zusammen: Absichern / Eigenschutz, Notruf / Lebensrettende Sofortmaßnahmen, weitere Erste Hilfe, Rettungsdienst, Krankenhaus.



Jedes Glied der Rettungskette ist auf die Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit des nächsten abgestimmt; kommt es zu einer Versorgungslücke, bricht die Kette und damit das System zusammen.

Den Eigenschutz zu beachten soll vermeiden, dass sich der Hilfeleistende selbst in Situationen bringt, die er nicht überschauen kann und die ihn in Gefahr bringen. Das Prinzip des Eigenschutzes gilt für jede Art von Helfer, Laie oder Profi, über den ganzen Einsatz hindurch und beschreibt zum einen den Schutz

durch die Notfallsituation an sich (Straßenverkehr, Brände, Gifteinwirkungen, Stromunfälle, etc.), aber auch den Selbstschutz bei der Anwendung von Hilfsmaßnahmen (Handschuhe, Mundschutz, Beatmungshilfen, etc.).

Durch Absetzen des Notrufs nach Erkennen der vorliegenden Situation werden die professionellen Hilfen wie Rettungsdienst, Feuerwehr oder Polizei alarmiert. Der Notruf soll die Antworten auf folgende Fragen beinhalten:

- **Wo** geschah es?
- **Was** geschah?
- **Wie viele** Personen sind betroffen?
- **Welche** Art der Erkrankung/Verletzung liegt vor?
- **Warten** auf Rückfragen!

Die Angabe einer Rückrufnummer im Zeitalter der Handyvernetzung kann vieles für die professionellen Retter erleichtern. Ein Ziel der Sofortmaßnahmen ist die Erhaltung bzw. die Wiedererlangung der Vitalfunktionen. Die Maßnahmen setzen sich wie folgt zusammen: stabile Seitenlage, Herzdruckmassage, Beatmung, Defibrillation, Blutstillung und Schockbekämpfung.

Der Übergang in die weiteren Erste Hilfe Maßnahmen bis zum Eintreffen der professionellen Hilfe ist fließend. Der Rettungsdienst hat länderabhängig eine sog. gesetzliche Hilfsfrist, innerhalb der dieser nach Eingang des Notrufs die Notfallstelle erreicht haben muss. Die Definition der Hilfsfristen reicht von „bedarfsgerecht“ bis hin zu 17 Minuten in ländlichen Bereichen (Tabelle der Hilfsfristen siehe hinten).

Suffiziente Laienhilfe und ein strukturiertes Ersthelferkonzept können das therapiefreie Intervall bis zum Eintreffen der professionellen Hilfe also durchaus sinnvoll verkürzen. Ein Problem bei der klassischen Betrachtung der Rettungskette stellt jedoch die Ausbildung der Laienhelfer dar. Fundierte Kenntnisse über Erste Hilfe wurden ihnen zwar z.B. beim Ablegen des Führerscheins vermittelt, jedoch später in der Regel nicht mehr aktualisiert. Im

Bedarfsfall sind sie daher oftmals nur noch rudimentär und entsprechen nicht mehr den Erfordernissen.

1.6 Stellungnahme berufspolitischer AGs

Anlässlich ihrer 8. berufspolitischen Tagung im Juli 2003 beschäftigte sich die Arbeitsgemeinschaft Südwestdeutscher Notärzte (agswn⁴ e.V.) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement (INM⁵) des Klinikums der Universität München, dem Institut für Notfallmedizin (IfN⁶) Hamburg und der Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschland (BAND e.V.⁷) mit den Möglichkeiten der Verkürzung des therapiefreien Intervalls. Das Fazit der 8. Leinsweiler Gespräche zum Thema „Laienhelfer“, auch First-Responder genannt, lautete:

1. „Zur Verkürzung des therapiefreien Intervalls ist eine breite Ausbildung der Laien in Erster Hilfe essenziell. Diese Ausbildung sollte sich inhaltlich auf Maßnahmen zur Stabilisierung der Vitalfunktionen (Notruf, stabile Seitenlage, Basisreanimation inklusive AED⁸ und Schockbekämpfung) beschränken. Mit Erste-Hilfe-Unterricht sollte in Kindergarten und Schule früh begonnen werden, häufige Wiederholungen sind wichtig. Die Ausbildungskonzepte müssen ideenreich die Bedürfnisse unterschiedlicher Zielgruppen berücksichtigen. [...]“
2. „Die regionalen rettungsdienstlichen Strukturen und die Prozessqualität müssen von dem verantwortlichen ÄLRD⁹ untersucht werden, um auf der Basis dieser Ergebnisse die Notwendigkeit und den Nutzen einer

4 Arbeitsgemeinschaft südwestdeutscher Notärzte e.V.

5 Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement

6 Institut für Notfallmedizin

7 Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschland e.V.

8 Automatisierter externer Defibrillator

9 Ärztlicher Leiter Rettungsdienst

Ergänzung des Rettungsdienstes durch First-Responder-System zu identifizieren. Hieraus ergeben sich das Einsatzspektrum und die Einsatzindikation für das örtliche First-Responder-System [...]. Insbesondere ist die Optimierung vorhandener Strukturen und der Rückgriff auf kompetente Partner in Betracht zu ziehen. First-Responder-Systeme ergänzen den Rettungsdienst, können ihn jedoch keinesfalls ersetzen und verändert die Verpflichtung zur Einhaltung der gesetzlich vorgegebenen Hilfsfrist durch den Rettungsdienst nicht.“

Als Konsequenz der 8. Leinsweiler Gespräche wäre eine frühzeitige Ausbildung in Erste-Hilfe bereits im Kindesalter mit regelmäßigen Wiederholungen und später aufbauendem Reanimationskurs wünschenswert. Zudem sollen vorhandene regionale Strukturen wie freiwillige Feuerwehren, Vereine, o.ä. identifiziert, akquiriert und ausgebildet werden, um den Rettungsdienst zu unterstützen.

1.7 First-Responder-System

Der Terminus „First-Responder“ kommt aus dem Englischen. Die wörtliche Übersetzung „Erst-Antwortender“ verdeutlicht bereits die Rolle der Person, die einem akut Hilfsbedürftigen am nächsten ist. In den USA werden schon über eine längere Zeit erfolgreich Feuerwehrleute, Privatpersonen oder in Nachbarschaftshilfen organisierte Gruppen als Erst-Helfer eingesetzt, um die Zeit bis zur professionellen Hilfe zu überbrücken. In Australien konnte die Überlebensrate bei Herz-Kreislauf-Stillstand außerhalb des Krankenhauses durch den Einsatz von Feuerwehrleuten, die in BLS geschult und mit AED ausgestattet parallel zum Rettungsdienst alarmiert wurden, um 10% gesteigert werden. Zuvor überlebten bis zur Krankenhausentlassung nur 3% der Patienten insgesamt und 9% der Patienten mit Kammerflimmern. Das therapiefreie

Intervall konnte so von 10,1 Minuten auf 8,6 Minuten verkürzt werden [17][18]. Auch in Deutschland konnte bereits ein positiver Effekt seit der Einrichtung von First-Responder-Systemen nachgewiesen werden [19]. Der durchschnittliche Zeitvorteil vor dem professionellen Rettungsdienst betrug 7,2 Minuten \pm 3,2 Minuten. Eine Ausrückzeit von 2,5 Minuten \pm 1,5 Minuten wurde erreicht; die Anfahrtszeit betrug durchschnittlich 3,6 Minuten \pm 2,5 Minuten.

In den vorangegangenen Jahren bis 2008/09 wurden vermehrt solche Ersthelfersysteme konzipiert, die je nach Organisation und Region „First-Responder“, „Helfer-vor-Ort“ (HVO¹⁰) oder „Voraus-Helfer“ genannt werden.

Bei all diesen Gruppen handelt es sich um ehrenamtliche Einsatzkräfte der Hilfsorganisationen bzw. der Feuerwehren, die bei einem Notfall parallel zum hauptamtlichen Rettungsdienst alarmiert werden, um das therapiefreie Intervall innerhalb ihres Einsatzgebietes meist einem Ortsteil oder einer Gemeinde zu überbrücken [20][21][22][23][24].

Im Falle des plötzlichen Herztods erreichen First-Responder Einheiten bei Parallelalarmierung in der Regel den Einsatzort nach 4 Minuten; das ist mehr als 5 Minuten schneller als der hauptamtliche Rettungsdienst. Nach den im Jahre 2005 überarbeiteten Richtlinien des ERC kann dann sofort mit dem Basic-Life-Support begonnen werden, bevor der Patient einer erweiterten Therapie zugeführt wird [25].

Um einer Ermüdung und damit einer insuffizienten Herzdruckmassage vorzubeugen, sollten die Positionen innerhalb des Reanimationsteams spätestens nach 2 Minuten gewechselt werden. Der Wechsel sollte aber nicht länger als 5 Sekunden dauern, da durch das Sistieren der Thoraxkompression der koronare Blutfluss sofort abnimmt; mehrere Kompressionen sind dann nötig, um einen erneuten adäquaten Fluss aufzubauen [26].

10 Helfer-vor-Ort

1.8 Fragestellung

Der erste Helfer, Laie oder First-Responder spielt in der Rettungskette eine wichtige Rolle. Von seinem Eingreifen hängt oft das Endergebnis bzw. die spätere Lebensqualität des Notfallpatienten ab. Was können wir tun, um die Notfallversorgung von Patienten zu verbessern?

First-Responder-Gruppen bestehen aus ehrenamtlichen Helfern, die, wenn nicht bereits im Rentenalter, einem Beruf bzw. einer (Schul-)ausbildung nachgehen. So gibt es während der Kernarbeitszeiten Probleme mit einer lückenlosen personellen Versorgung dieser Einsatzgruppen.

Der Vorteil der frühen Alarmierung könnte unter Umständen durch das Eintreffen nur eines einzelnen oder keines First-Responders bei der Reanimation nicht mehr zur Geltung kommen. Den aktuellen Empfehlungen des ERC zu Folge sollte der Helfer, der die Herzdruckmassage durchführt, nach spätestens 2 Minuten ausgetauscht werden, da eine physische Ermüdung zu erwarten ist und die Qualität der Reanimation abnimmt und das Outcome verschlechtert.

Was kann der First-Responder tun, wenn er die Einsatzstelle alleine erreicht, und wie kann er das therapiefreie Intervall im Falle der Reanimation optimal überbrücken?

In der Vergangenheit gab es stets Bemühungen, mechanische Arbeit durch die Einführung von Maschinen zu erleichtern, die zudem den Vorteil haben, konstante und präzise Leistungen zu erbringen. Darüber hinaus erhöhen sie die Sicherheit für den Menschen und reduzieren meist die körperliche Belastung. Ein Beispiel aus der Notfallmedizin sind die öffentlich aufgestellten Defibrillatoren (Public Access Defibrillators, PAD), deren Nutzen in einer Studie aus den USA eindrücklich belegt wurde [27]. Kann man dem First-Responder ein ähnliches Hilfsmittel an die Hand geben, um die einsetzende Ermüdung bei einer Reanimation hinaus zu zögern? Könnte ein solches Werkzeug an

Bahnhöfen, Schulen, Ämtern oder anderen öffentlichen Gebäuden dem Laien zur Verfügung gestellt werden, um einen beobachteten Herz-Kreislauf-Stillstand therapeutisch zu überbrücken, bis der hauptamtliche Rettungsdienst vor Ort ist?

Schlägt man die Bedeutung des Wortes „Hilfsmittel“ in gängigen Enzyklopädien nach, so kommen folgende Definitionen zum Vorschein: „Ein Hilfsmittel ist ein Objekt, das benutzt wird, um ein bestimmtes Ziel schneller oder besser zu erreichen als es ohne dieses möglich wäre.“ Eine exaktere Definition aus der Technik lautet: „Etwas, das hinzugezogen / verwendet wird, um eine Sache leichter / schneller / besser erledigen zu können.“

In der Medizin gibt es ständig Neu- und Weiterentwicklungen von Hilfsmitteln, die diagnostische und therapeutische Maßnahmen erleichtern. Sie helfen vorhandene menschliche und finanzielle Ressourcen einzusparen und verbessern das Outcome des Patienten.

Zur Unterstützung bei der Reanimation befinden sich verschiedene Modelle auf dem Markt, die von manuellem Antrieb über elektrisch angetriebene Mechanik bis hin zum druckluftgesteuerten Antrieb reichen und den Helfer bei der Herzdruckmassage entlasten.

In der vorliegenden Arbeit wird das über eine manuelle Mechanik betriebene Gerät ANIMAX der Firma AAT¹¹ Alber Antriebstechnik GmbH mit der konventionellen Reanimation verglichen. ANIMAX wurde entwickelt, um allen Helfern vom Ersthelfer bis zum Rettungsdienst ein bedienungsfreundliches, wartungsarmes Gerät für eine optimierte Reanimation anbieten zu können. Die Bedienung erfolgt durch einen Helfer, der kräfteschonend nur einen Hebel bedienen muss.

ANIMAX geht gegenüber anderen Modellen einen Schritt weiter und übernimmt neben der Herzdruckmassage noch die Beatmung des Patienten. Das Gerät

11 Alber Antriebstechnik

erlaubt somit einem einzigen Helfer die Durchführung der kardiopulmonalen Reanimation durch Betätigung nur eines einzigen Hebels. Theoretisch sollte dadurch die physische Ermüdung des Helfers bei der kardiopulmonalen Reanimation herausgezögert werden.

Wir fragten uns, ob sich bei der Laien- bzw. First-Responder-Reanimation mit dem ANIMAX-System inklusive Spiro-Set, einer beatmungsunterstützenden Systemkomponente des ANIMAX, ähnliche Ermüdungserscheinungen einstellen wie bei der konventionellen Reanimation mit Beutel-/Maskenbeatmung und Herzdruckmassage.

2 Material und Methoden

Um die oben genannte Fragestellung bearbeiten zu können, wurden in der vorliegenden Untersuchung zwei verschiedene Reanimationsmethoden an Reanimationspuppen standardisiert durchgeführt und verglichen. Bei den Methoden handelte es sich um die konventionelle manuelle Herzdruckmassage (HDM) mit Beutel-/Maskenbeatmung sowie um die halbautomatische kardiopulmonale Wiederbelebensmaßnahme mit Unterstützung des ANIMAX. Reanimiert wurde nach den aktuellen Reanimationsrichtlinien [28].

2.1 Probanden

In die Untersuchung wurden 102 Teilnehmer eines Sanitätswettbewerbs aufgenommen, der 2007 in der Nähe von Stuttgart durchgeführt wurde.

Um hinsichtlich der Reanimationserfahrungen ein möglichst homogenes Probandenkollektiv zusammenzustellen, wurden Mitarbeiter des hauptamtlichen Rettungsdienstes mit mehr als 5 Jahren Erfahrung sowie First-Responder mit weniger als 6 Monaten Erfahrung von der Datenerhebung ausgeschlossen; ebenso Probanden, die bereits mit dem ANIMAX Erfahrung gesammelt hatten.

Alle Probanden hatten regelmäßig aktiv an Sanitätsdiensten teilgenommen und waren mit der Reanimation und den aktuellen ERC-Richtlinien vertraut. Die Ausbildung zum Sanitätshelfer war von allen erfolgreich abgeschlossen worden. Der Sanitätshelfer ist eine organisationsspezifische Bezeichnung und siedelt sich vom Ausbildungsgrad zwischen den Laienhelfern (Erste-Hilfe-Kurs) und dem Rettungsdienstpersonal an. Neben geringfügiger Unterschiede zwischen

den einzelnen Hilfsorganisationen (ASB¹², DRK¹³, Johanniter-Unfall-Hilfe, MHD¹⁴, THW¹⁵, DLRG¹⁶, u.a.) behandeln aber alle die folgenden Schwerpunkte identisch:

- Atmung und Herz-Kreislaufsystem
- Verletzungen
- Spezielle Notfälle
- Einsatzorganisation und Fahrzeuge
- Rechtliche Aspekte
- Hygiene
- Wiederbelebung

Die Probanden wurden mittels einfacher, nicht eingeschränkter Randomisierung einer von zwei Gruppen zugewiesen. In der ANIMAX-Gruppe erfolgte die Untersuchung unter Einsatz des gleichnamigen Geräts, in der HDM-Gruppe auf die konventionelle Art der kardiopulmonalen Reanimation (siehe unten).

2.2 Reanimationsgerät

2.2.1 ANIMAX

Der von der Firma AAT Alber Antriebstechnik GmbH entwickelte ANIMAX steht seit 2006 zur Verfügung. Hier wurde ein Konzept verwirklicht, das dem Helfer ein anwendungsfreundliches Gerät für eine optimale Reanimation anbietet.

12 Arbeiter-Samariter-Bund

13 Deutsches Rotes Kreuz

14 Malteser Hilfsdienst

15 Technisches Hilfswerk

16 Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft

ANIMAX kann von nur einem Anwender betrieben werden, der an der Seite des Patienten kniet und lediglich einen Hebel bedienen muss. Der Hebel ist über 360° drehbar gelagert, so dass der Anwender eine optimale Position neben dem Patienten einnehmen kann.

Der ANIMAX arbeitet halbautomatisch nach den aktuellen Reanimationsrichtlinien [28] und verwendet einen Zyklus von 30 Herzdruckmassagen gefolgt von 2 Beatmungen, die durch die Anlage eines sogenannten Spiro-Set appliziert werden. Die Kompressionstiefe für die Herzdruckmassage passt sich automatisch an die Breite des Brustkorbs an. Das Beatmungsvolumen beträgt 750ml entsprechend der neuen ILCOR¹⁷-Empfehlung. Zum Schutz vor einer Überblähung des Patienten ist eine Drosselung des Beatmungsdruckes integriert. Um einen mobilen Einsatz unabhängig von einer Energiequelle zu ermöglichen, arbeitet ANIMAX ausschließlich mit einer präzisen, wartungsfreien Mechanik. Diese Mechanik steuert sowohl die HDM als auch die Beatmung zuverlässig im Rhythmus 30:2.

Beim Anlegen von ANIMAX stellt sich das Gerät selbstständig auf die richtige Kompressionstiefe der Herzdruckmassage ein. Je nach Brustkorbgröße (Brustkorbbreite) wird die Einstellung der Kompressionstiefe über einen Taststab automatisch verändert. Für das Auffinden des Druckpunktes ist am Gerät werkseitig eine Schablone angebracht. Durch die symmetrische Breitenverstellung des ANIMAX wird eine mittige Position auf dem Thorax gewährleistet. Zudem ist der Druckstempel von ANIMAX entlang der Längsachse schwenkbar gelagert. Der Aufpresspunkt passt sich somit dem Thorax noch an.

17 International Liaison Committee on Resuscitation

Technische Daten

Patientengruppe: Erwachsene

Betätigung durch eine Person

Gewicht: ANIMAX 9,3 kg

Gewicht: ANIMAX mit Tasche und Zubehör 13,5 kg

Aufbauzeit: ca. 20 Sekunden

Kombitasche mit Rucksackfunktion

Automatische Umschaltung 30:2

Beatmungsvolumen: 0,75 l

Tasche: (H /B /T) 39 cm/ 52 cm/ 19 cm



Abbildung 2: ANIMAX

2.2.2 Spiro-Set

Um eine optimale Beatmung mit dem ANIMAX zu ermöglichen, wird ANIMAX zusammen mit einem sogenannten Spiro-Set verwendet. Beim Spiro-Set handelt es sich um eine Maskenfixierung, bei der der Kopf mittels eines Überstreckkissens überstreckt und die Gesichtsmaske unabhängig von der Lage des Kopfes gleichmäßig und selbst ausgleichend angedrückt wird.

Technische Daten

Gesichtsmaske: Anästhesiemaske (VBM) Gr.4

Aufbauzeit: ca. 10 Sekunden

Material: Spannzüge Lycra (latexfrei)

Gewicht mit Maske: ca. 400g



Abbildung 3: Spiro-Set

Für die Beatmung verwendet ANIMAX Umgebungsluft. Über einen Anschluss am Reservoirbeutel kann dem Luftgemisch reiner Sauerstoff zugeführt werden.

2.3 Beatmungsbeutel /-maske

Als Beatmungsbeutel kam der Ambu® Mark IV zum Einsatz. Ambu® Mark IV verfügt über das bewährte Doppelkammerprinzip. Der Innenkörper des Beatmungsbeutels ist mit einer elastischen Außenhülle versehen. Dadurch wird die Beatmung durch den gut fühlbaren Beatmungsdruck für den Anwender leichter durchführbar und für den Patienten sicherer, da Spitzendrücke effektiv verhindert werden; ein Überblähen des Magens kommt nur noch selten vor.

Technische Daten

Max. Hubvolumen: 1300 ml
Abmessungen (L x D): 275 x 135 mm
Patientenventil: 22/15 mm (ISO)
Volumen O₂-Reservoir: 1500 ml
Gewicht ohne Maske: 415 g
Expirationskonnektor: 30 mm (ISO)



In Kombination mit dem Ambu® Mark IV wurde die passende Ambu® Transparente Silikon-Gesichtsmaske Gr. 4 gewählt. Diese gewährleistet durch ihre anatomische Form und den selbst füllenden Wulst eine optimale Abdichtung.

2.4 Ablauf der Untersuchung

Nach dem Ausfüllen des Erfassungsbogens bekam jeder Proband eine 5-minütige Einweisung inkl. einer Aufbauvorführung des ANIMAX. Zu diesem Zeitpunkt erhielt der Proband noch keine Gelegenheit, mit dem Gerät zu arbeiten, um später eine Aussage über die Effektivität einer Reanimation mit einem nicht eingeübten Hilfsmittel treffen zu können.

Im Anschluss daran startete die Untersuchung. Mit dem Eintreffen an der Einsatzstelle begann die Zeitmessung. Nach Feststellung des Herz-Kreislauf-Stillstands reanimierte der Proband entweder nach dem Protokoll ANIMAX oder mittels der konventionellen Methode mit HDM und Beutel-/Maskenbeatmung. Zum direkten Vergleich der Ausübung beider Methoden wurden 11 Probanden beiden Protokollen zugeordnet, mussten zwischen den Untersuchungen aber eine Ruhepause von wenigstens 15 Minuten einlegen.

Das in der Untersuchung eingesetzte BLS Trainingsmanikin Ambu® Man wurde zur Reanimationsdatenerfassung an einen Computer angeschlossen und via Software Ambu® CPR Version 2.2 erfasst und später ausgewertet.

Neben der Zeit vom Entschluss zur Reanimation bis zum eigentlichen Beginn der Reanimation, lieferten die erfassten Daten auch Rückschlüsse über die Effektivität der Reanimation mit ANIMAX als Ein-Helfer-Methode im Vergleich zur konventionellen Reanimation mit Beutel/Maske und HDM.

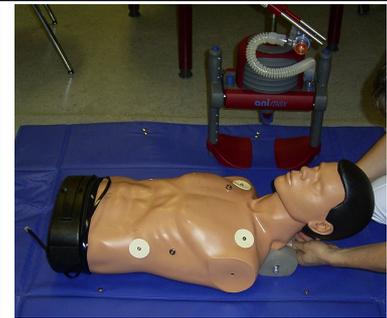


Abbildung 5: Anlage Spiro-Set I

Die Abbildung zeigt die Positionierung des Nackenkissens als Vorbereitung für das Anbringen des Spiro-Set.

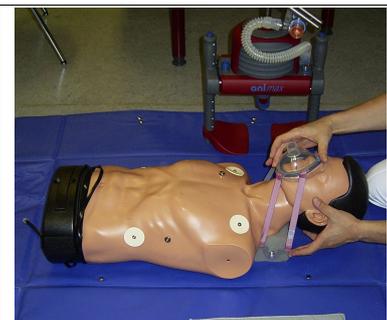


Abbildung 6: Anlage Spiro-Set II

Die Abbildung zeigt die Anlage der Beatmungsmaske des Spiro-Set.

Insgesamt wurden pro Methode 3 Messpunkte festgelegt.

- Messpunkt 1: Eintreffen an der Einsatzstelle
- Messpunkt 2: Beginn der Reanimation
- Messpunkt 3: Ende der Reanimation

Der Zeitraum zwischen Messpunkt 1 und Messpunkt 2 wurde als Aufbauzeit definiert; die Zeit zwischen Messpunkt 2 und Messpunkt 3 wurde auf 5 Minuten festgelegt.



Abbildung 7: Anbringen von ANIMAX

Die Abbildung zeigt die automatische Positionierung von ANIMAX in der Thoraxmitte des Modells.

2.4.1 Protokoll: ANIMAX

In der ANIMAX-Gruppe wurde nach der Feststellung des Herz-Kreislauf-Stillstands und der Entscheidung zur kardiopulmonalen Reanimation zunächst der im Transportrucksack eingepackte, an die „Einsatzstelle“ mitgeführte ANIMAX aufgebaut. Nachdem der ANIMAX aus dem Rucksack entpackt war, legte der Proband zunächst das Spiro-Set an die Puppe an. Dazu wurde das Überstreckkissen in den Nacken der Puppe gelegt. Dabei war zu beachten, dass das Kissen möglichst weit im Nacken Richtung Schultern lag, damit eine optimale Reklinationshaltung eingenommen wurde und die Beatmung suffizient ablaufen konnte. Die Maske wurde dann mit der Fixierung und dem durch einen Haken drehbar gelagerten Maskenspanner am Überstreckkissen angebracht.

Um eine optimale Abdichtung des Spiro-Set zu gewährleisten, wurde vom Anwender gemäß der Bedienungsanleitung mit der linken Hand ein leichter Druck auf die Maske und damit eine Unterstützung der Reklination ausgeübt, während der Anwender mit der rechten Hand den ANIMAX bediente.

Anschließend wurde die Reanimation über 5 Minuten durchgeführt und folgende Parameter von der Auswertungssoftware aufgezeichnet:

1. Kompressionstiefe
2. Tidalvolumen
3. Kompressionsfrequenz

ANIMAX wird nach den aktuellen Reanimationsrichtlinien [28] mit einem Zyklus von 30/2 betrieben, wobei nach 30 HDM automatisch 2 Beatmungen über das Spiro-Set initiiert werden. Nach 5 Minuten Reanimation endete die Untersuchung mit dem Messpunkt 3.

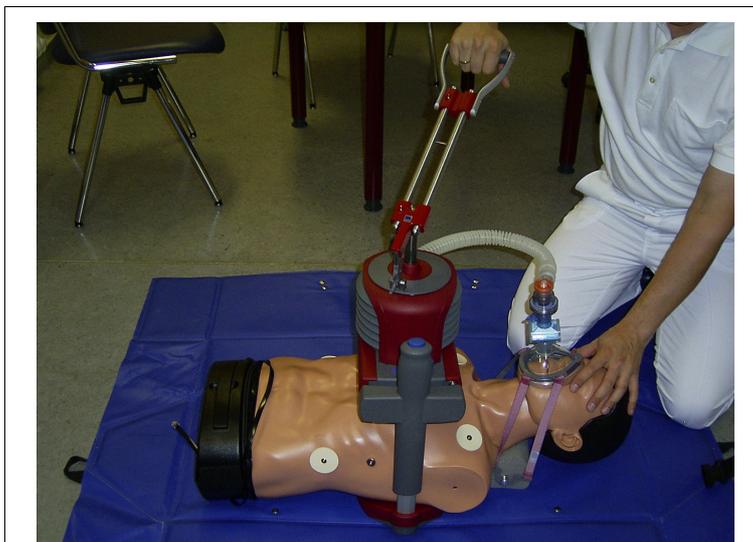


Abbildung 8: Reanimation mit dem ANIMAX

Die Abbildung zeigt die Reanimation mit ANIMAX am Modell.

2.4.2 Protokoll: HDM und Beutel/Maske

In der HDM-Gruppe begann die Zeitmessung ebenfalls mit dem Herantreten des Probanden an das Manikin. Nach der Feststellung des Herz-Kreislauf-Stillstands wurde die Reanimation mit manueller HDM und Beutel-/Maskenbeatmung eingeleitet; die Zeit bis zum Beginn wurde als Aufbauzeit erfasst.

Reanimiert wurde nach den aktuellen Reanimationsrichtlinien [28]; d.h. auf 30 HDM folgten 2 Beatmungen. Die Reanimation wurde über einen Zeitraum von 5 Minuten mit der Auswertungssoftware aufgezeichnet.

2.4.3 Nachuntersuchung der körperlichen Anstrengung

Um den Aspekt der körperlichen Anstrengung qualitativ zu erfassen, wurde bei 10 Probanden eine weitere Untersuchung durchgeführt. Bei diesen Probanden wurden vor und nach der Reanimation mit HDM und Beutel/Maske bzw. mit ANIMAX der Puls und der Blutdruck gemessen.

2.5 BLS Trainingsgerät Ambu® Man

Gemäß einer Studie zum Verhalten von CPR Manikins von Baubin et al. [29] wählten wir den Ambu® Man zur Erfassung der Reanimationsdaten. Es handelte sich dabei um einen männlichen Manikin mit Kopf, Torso und Armen.

Der a.-p. Durchmesser beträgt 19cm. Der Ambu® Man enthält zwei Federn im Thorax. Mit der einen wird der Widerstand des Thorax bestimmt, mit der anderen die Expiration nach erfolgter Ventilation durchgeführt. Ambu® Man ermöglicht eine Variation der Brustkorbsteifigkeit, um Patienten vom Jugendlichen mit einem flexibleren bis hin zum Senioren mit einem steiferen Thorax zu simulieren.

Die Messung der Kompressionstiefe erfolgt über eine Mechanik, die beim Eindrücken des Brustkorb ein Potentiometer antreibt, welches ein elektrisches Signal über den Datenausgang an den Computer ausgibt. Ebenso wird die Verdrängung der Luft bei der Beatmung über einen vergleichbaren Mechanismus an den Computer weitergegeben. Die Umrechnung in Zahlenwerte erfolgt dann durch die Software.

In Anlehnung an die oben genannte Studie wählten wir die hohe Brustkorbsteifigkeit als Voreinstellung, um einen zu Beginn annähernd linearen Verlauf von 93N-103N (in der Originalarbeit: 9,5-10,5kp) Kraftaufwand pro cm Kompressionstiefe zu haben. Ab 5cm Kompressionstiefe steigt dann der Kraftaufwand bei den folgenden Zentimetern auf 108-118N/cm (11-12kp/cm) leicht an. Selbst nach einem Dauerstress von 8h Reanimation [29] (ca. 27000 Kompressionszyklen) gab es keine Änderungen im Kompressionsverhalten.

Tsitlik et al. [30] und Bankman et al. [31] zufolge beschreibt dieser Kompressionscharakter am ehesten den des intakten menschlichen Thorax (Rippen- oder Sternumfrakturen ausgenommen).



Abbildung 9: Reanimationsmodell
Ambu® Man

2.6 Datenerfassung

2.6.1 Erfassungsbogen

Dokumentiert wurden Name, Alter, Geschlecht und Dienstalter der Probanden. Ferner wurden der Ausbildungsgrad und die Anzahl an durchgeführten Reanimationen am Menschen erfasst. Ebenfalls protokolliert wurden die Gerätekenntnis und die Anzahl der Auffrischungstrainings. Außerdem wurde die Zugehörigkeit der Probanden zu den Ortsverbänden bzw. Ausbildungsorganisationen und HVO-Gruppen abgefragt.

Nach der abgeschlossenen Reanimation wurden die Probanden um eine grob

qualitative Aussage über die bevorzugte Methode im Bezug auf die körperliche Anstrengung gebeten.

2.6.2 Auswertungssoftware Ambu® CPR Version 2.2

Zur Erfassung und Auswertung der Reanimationen verwendeten wir die von der Firma Ambu® passend zum Manikin Ambu® Man mitgelieferte Software CPR in der Version 2.2.

In der Software wurden zunächst die von der ERC im Jahre 2005 überarbeiteten Reanimationsrichtlinien parametrisiert, um dann im Anschluss die für unsere Messungen erforderlichen Untersuchungseinheiten anzulegen.

Die Probanden füllten vor der Messung den oben genannten Erfassungsbogen aus, der mit einer fortlaufenden Nummer für jeden Teilnehmer versehen wurde. Diese Nummer wurde anstatt des Teilnehmernamens in die Software Ambu® CPR eingegeben.

2.7 Datenauswertung / Statistik

Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte über den exportierten Datensatz mit OpenOffice.org Calc®, einer kostenlosen Tabellenkalkulationssoftware ähnlich dem bekannten Excel® (Fa. Microsoft, USA) und dem kostenfreien Statistikprogramm „R“ vom R Development Core Team.

Die Ergebnisse für die konventionelle HDM mit Beatmung wurden als Daten der HDM-Gruppe zusammengefasst, diejenigen der ANIMAX-Anwender als Daten der ANIMAX-Gruppe.

Zur Prüfung auf Normalverteilung der erhobenen Daten kam der Kolmogorov-

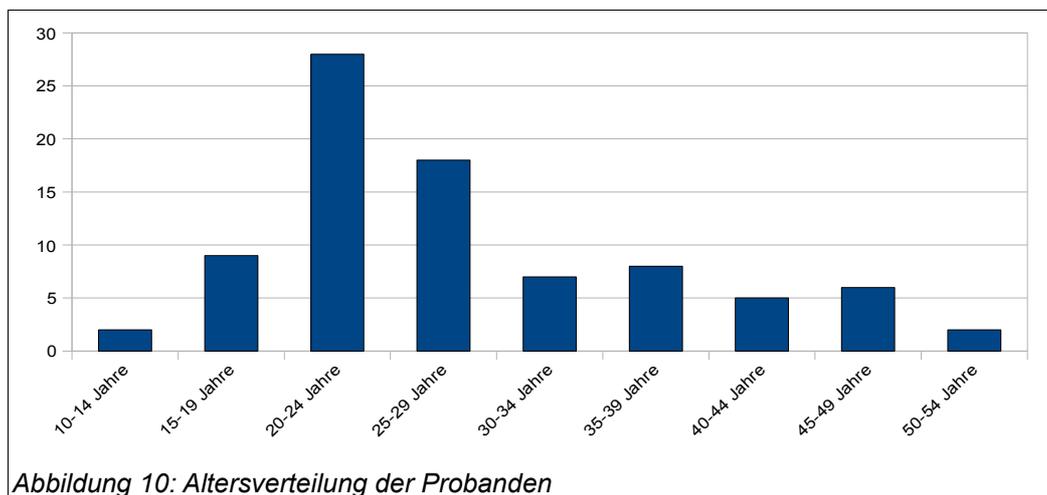
Smirnov-Test zum Einsatz. Mit dem Student-T-Test wurden die erfassten Daten von Messpunkt 2 und Messpunkt 3 innerhalb der Gruppen untereinander verglichen. Um die Ermüdungserscheinungen auf signifikante Unterschiede zu prüfen, wurde der T-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Ein $p < 0,05$ wurde als signifikant angenommen. Die Datenangabe erfolgte in Mittelwert \pm Standardabweichung ($m \pm SD$). Die Ergebnisse für die konventionelle HDM mit Beatmung wurden als Daten der HDM-Gruppe zusammengefasst, diejenigen der ANIMAX-Anwender als Daten der ANIMAX-Gruppe.

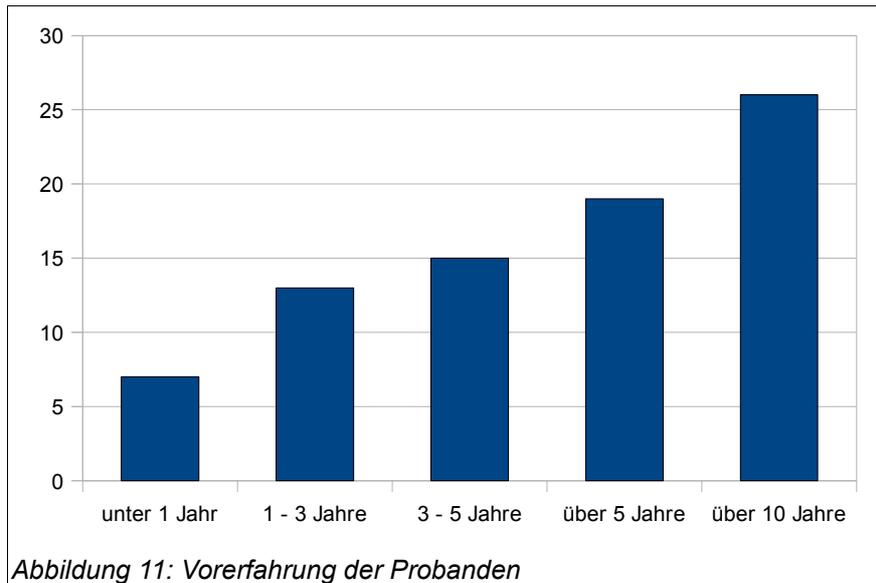
3 Ergebnisse

3.1 Probanden

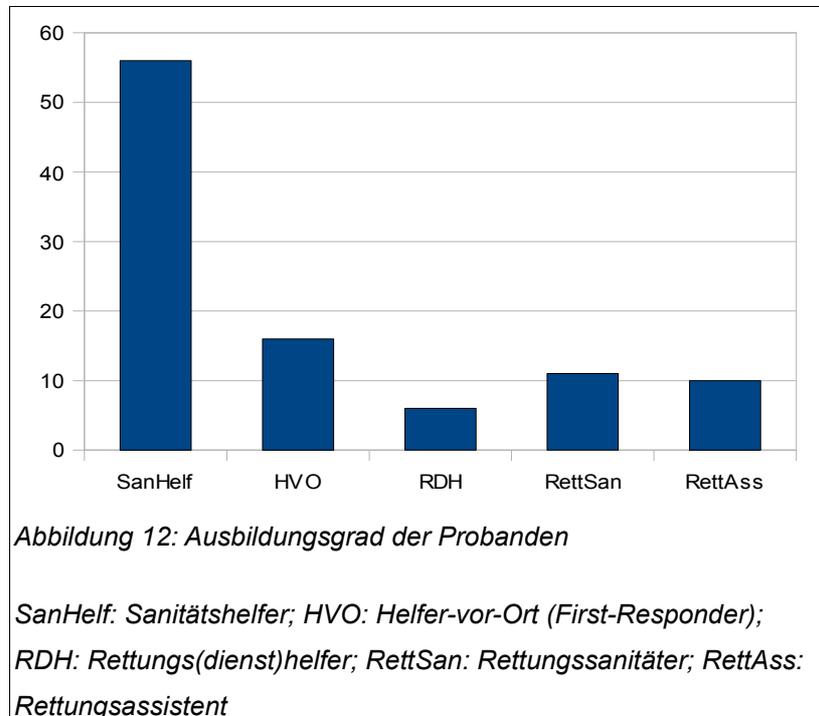
An der Untersuchung beteiligten sich 49 männliche und 53 weibliche Probanden unterschiedlichen Ausbildungsgrads und unterschiedlicher Berufsgruppen. Die HDM-Gruppe umfasste 45 Probanden, die ANIMAX-Gruppe 57 Probanden.

Der Altersdurchschnitt der Probanden betrug 28 ± 8 Jahre. Die Altersverteilung ist der Abbildung 11 zu entnehmen.

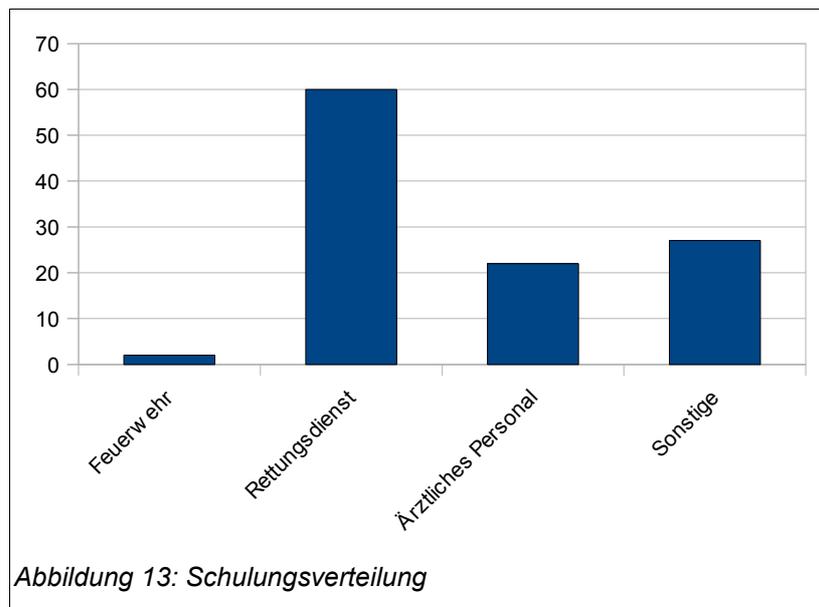




Die Probanden waren in beiden Gruppen in Bezug auf Alter, Geschlecht, Körpergröße und -gewicht normalverteilt. Der Abbildung 12 ist die Vorerfahrung der Probanden zu entnehmen. 69% der Teilnehmer waren Mitglieder in First-Responder-Einheiten. Abbildung 13 spiegelt den Ausbildungsgrad der Probanden wieder.



Die Ausbildung der Probanden war zum größten Teil durch die ortsansässigen Rettungsdienstorganisationen erfolgt. Ein kleinerer Teil war durch ärztliches Personal geschult worden. Die Ausbildung durch Feuerwehren ließ sich vernachlässigen (siehe Abbildung 14).



3.2 Aufbauzeit

Nachdem die Entscheidung zur kardiopulmonalen Reanimation gefallen war, wurde in der HDM-Gruppe nach 3 ± 2 s mit der Reanimation begonnen. Die Aufbauzeit in der ANIMAX-Gruppe betrug 51 ± 16 s.

Die Umsetzung der in 2005 geänderten Reanimationsrichtlinien wurde in allen aufgezeichneten Untersuchungen erreicht.

3.3 Kompressionstiefe

In der HDM-Gruppe zeigte sich innerhalb der gemessenen 5 Minuten eine

deutliche Ermüdung anhand der abnehmenden Kompressionstiefe von zu Beginn 46 ± 4 mm auf 41 ± 4 mm (siehe Abbildungen 15 u. 16). Die Änderung war signifikant. Mit dem ANIMAX wurde dagegen konstant reanimiert; die Kompressionstiefe blieb statistisch unverändert bei 38 ± 6 mm bzw. 38 ± 7 mm (siehe Abbildung 17).

Tabelle 1: Kompressionstiefe

	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 3	p
HDM-Gruppe n=45	∅	46 ± 4 mm	41 ± 4 mm	<0,05
ANIMAX-Gruppe n=57	∅	38 ± 6 mm	38 ± 7 mm	nicht signifikant

m ± SD

3.4 Beatmung

In der HDM-Gruppe fanden sich 2 ± 4 Magenbeatmungen; mit ANIMAX wurde der Magen in keinem Fall akzidentell beatmet. Das Ventilationsvolumen betrug bei der Beutel/Maske-Beatmung $0,40 \pm 0,10$ l. Mit dem ANIMAX erreichten die Probanden ein Beatmungsvolumen von $0,32 \pm 0,10$ l.

Das Tidalvolumen änderte sich signifikant in der HDM-Gruppe von der ersten Minute bis zur letzten Minute von $0,44 \pm 0,19$ l auf $0,38 \pm 0,20$ l; mit ANIMAX und Spiro-Set gab es lediglich eine Änderung von $0,33 \pm 0,14$ l auf $0,31 \pm 0,15$ l und diese war nicht signifikant.

Tabelle 2: Tidalvolumen

	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 3	p
HDM-Gruppe	∅	0,44 ± 0,19 l	0,38 ± 0,20 l	<0,05
ANIMAX-Gruppe	∅	0,33 ± 0,14 l	0,31 ± 0,15 l	nicht signifikant

m ± SD

3.5 Frequenz der HDM

Die Herzdruckfrequenz der HDM-Gruppe lag während der Reanimationszeit im Mittel bei 115 ± 14/min, während die ANIMAX-Gruppe mit einer durchschnittlichen Frequenz von 86 ± 16/min reanimierte. Auch hier zeigte sich wie bei der Kompressionstiefe eine Abnahme der Frequenz bei der konventionellen Reanimation: Die Anfangsfrequenz von 117 ± 14/min war nach 5 Minuten auf 113 ± 15/min abgesunken, während der Proband mit ANIMAX kontinuierlich mit einer Frequenz zu Beginn von 86 ± 15/min und nach 5 Minuten von 85 ± 17/min reanimierte.

Tabelle 3: Kompressionsfrequenz

	Messpunkt 1	Messpunkt 2	Messpunkt 3	p
HDM-Gruppe	∅	117 ± 14/min	113 ± 15/min	<0,05
ANIMAX-Gruppe	∅	86 ± 15/min	85 ± 17/min	nicht signifikant

m ± SD

Das Verhältnis Kompression zu Dekompression lag bei beiden Reanimationstechniken zwischen den von der ERC geforderten 40%-60%.

3.6 Körperliche Anstrengung und subjektive Bewertung der Methoden

Alle Beteiligten lobten die einfache Anwendung des ANIMAX, obgleich auch die Unhandlichkeit beim Transport bzw. das große Gewicht bei der Anlage des ANIMAX für schwächere Teilnehmer zunächst ein Problem darstellte. Einen Transport über weitere Wege konnten sich trotz integriertem Rucksacksystem wegen des großen Gewichtes nur 17% der Probanden vorstellen.

Die Reanimation mit ANIMAX wurde von 49 der 89 Probanden (55%) als körperlich schonender aufgefasst.

In einer Nachuntersuchung betrachteten wir die Änderung der Herzfrequenz und des Blutdrucks beider Methoden mit einem $n=10$.

Die Herzfrequenz der Probanden betrug vor der Reanimation $75 \pm 9/\text{min}$. Nach der Reanimation mit HDM und Beutel/Maske lag die Herzfrequenz bei $131 \pm 17/\text{min}$; mit ANIMAX auf $130 \pm 16/\text{min}$ ($p>0,05$). Der systolische Blutdruck stieg von $128 \pm 8 \text{ mmHg}$ auf $152 \pm 14 \text{ mmHg}$ bei der manuellen Reanimation und auf $152 \pm 14 \text{ mmHg}$ bei der Reanimation mit ANIMAX.

Ein signifikanter Unterschied im Bezug auf die körperliche Anstrengung beider Reanimationsverfahren gemessen an Puls und Blutdruck ließ sich nicht erkennen.

4 Diskussion

4.1 Einleitung

Der unbehandelte Herz-Kreislauf-Stillstand führt zwangsläufig zum Tod des Patienten. Die anfängliche Überlebensrate von 90% fällt mit jeder weiteren Minute um 10%. Von neurologischen Schäden ist ab der 4. Minute eines Herz-Kreislauf-Stillstands auszugehen. Nach 10 Minuten kann man schon nicht mehr von einer erfolgreichen Reanimation ausgehen.

Der hauptamtliche Rettungsdienst erreicht im Durchschnitt nach 9 Minuten die Einsatzstelle [25]; ein First-Responder nach 4 Minuten.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit dem Problem, das sich dem First-Responder bei Eintreffen am Einsatzort stellt. Um die Chancen auf eine langfristig erfolgreiche Reanimation des Patienten zu optimieren, ist es wichtig, dass der einzelne First-Responder in der Lage ist, den Zeitvorteil von 5 Minuten vor Eintreffen weiterer professioneller Hilfe mit einer hochwertigen und vor allem gleichmäßigen Reanimation zu überbrücken.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, inwieweit der First-Responder hierbei durch den Einsatz eines halbautomatischen Hilfsgeräts unterstützt wird.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass über einen Zeitraum von 5 Minuten

1. eine manuelle Herzdruckmassage durchgeführt von einer einzelnen Person an Kompressionstiefe und damit Effizienz abnimmt,
2. eine einzelne Person mit ANIMAX eine anhaltend suffiziente Herzdruckmassage gemessen an der Kompressionstiefe durchführen kann,
3. eine durch eine Person durchgeführte manuelle Beutel-/Maskenbeatmung bei der Reanimation in der Intensität gemessen am Tidalvolumen abnimmt,
4. eine einzelne Person mit ANIMAX eine anhaltend suffiziente Beatmung gemessen am Tidalvolumen durchführen kann,
5. bei der manuellen Reanimation die Frequenz der Herzdruckmassage signifikant abnimmt,
6. eine Person mit ANIMAX eine Reanimation mit einer kontinuierlichen Frequenz der Herzdruckmassage durchführen kann,
7. die körperliche Anstrengung sowohl bei der manuellen Reanimation als auch bei der geräteunterstützten Reanimation mit Animax gemessen an Herzfrequenz und Blutdruck des Probanden keine Unterschiede aufweist.

In der Medizin gibt es viele Beispiele für Hilfsmittel, die zum einen die Arbeit des Personals effektiver und konstanter gestaltet haben, aber vor allem auch die Sicherheit für den Patienten und das Behandlungsergebnis verbessert haben.

Bei der Reanimation kommen einige solcher Hilfsmittel bereits heute schon ganz selbstverständlich zum Einsatz. So werden die Atemwege durch *Guedel-* bzw. *Wendl-Tubus* offen gehalten, um Zeit und Ressourcen nicht permanent mit dem Esmarch – Handgriffs zu binden. Der *Endotrachealtubus* wird verwendet, um die Beatmung zunächst durchgeführt mit *Beutel und Maske* noch effektiver und sicherer zu gestalten. *Beatmungsgeräte* kommen ebenso selbstverständlich wie *das EKG* oder der Defibrillator zum Einsatz.

Der Einsatz von Hilfsmitteln bei der Reanimation, die den Helfer bei der physisch höchst belastenden Kardiokompression unterstützen und ihn körperlich entlasten, ist jedoch keinesfalls so verbreitet wie der Einsatz der oben bereits angesprochenen Hilfsmittel.

Dabei liegt der Vorteil für die Verwendung von Maschinen bzw. Halbautomaten auch bei der Reanimation auf der Hand. Eine Definition von Maschinen lautet: *„Maschinen werden von Menschen als technische Arbeits- bzw. Hilfsmittel vor allem für mechanische Einwirkung verwendet. Dabei steht der Energie- und/oder Stofffluss im Vordergrund. Der Informationsfluss spielt nur eine untergeordnete Rolle. Meist werden von ihnen eine Verstärkung der eigenen Kräfte und Fähigkeiten, ein gezielter Krafteinsatz, Steigerung der Transportmöglichkeiten und die bequemere Erledigung von Routinearbeiten erwartet.“*

Neben dem hier untersuchten ANIMAX, ein mit nur einem Hebel manuell betriebenes Reanimationsgerät, das automatisch die Thoraxkompression und Beatmung im Verhältnis 30:2 durchführt, gibt es noch weitere Geräte wie den pneumatisch betriebenen LUCAS CPR®(siehe



Abbildung 14: LUCAS CPR®

Abbildung 14) oder den elektrisch betriebenen AutoPulse™(siehe Abbildung 15).

In einer Veröffentlichung von Bonnemeier et al.[32] wurde LUCAS CPR® vor allem für den Einsatz bei der In-Krankenhaus-Reanimation und insbesondere für die prolongierte Reanimation auf der Intensivstation bzw. während der Herzkatheteruntersuchung empfohlen.

LUCAS CPR® ist zudem auf eine Versorgung mit Druckluft bzw. Sauerstoff angewiesen. Der Verbrauch beläuft sich auf 70 l/min. Eine 2 l-Sauerstoffflasche würde ohne Reserven innerhalb von 5 Minuten aufgebraucht.

AutoPulse™ besteht aus einem Rückenbrett als Widerlager, welches gleichzeitig die Energieversorgung, Mechanik und Steuerungseinheit enthält und einem zirkulär angelegten Thoraxband, dass sich mit einer Frequenz von 80/Minuten zusammenzieht, um die HDM durchzuführen.

Eine Studie mit AutoPulse™ [33], einem elektrisch angetriebenen Gerät zur automatischen HDM, zeigten anhand von 53 Fällen, dass die HDM nach ≤ 2 min in 67% der Fälle mit der HDM begonnen werden konnte. Der Mittelwert lag allerdings bei $4,7 \pm 5,9$ Minuten.

Diese Studie erfolgte am Menschen und wurde durch professionelles Personal durchgeführt.

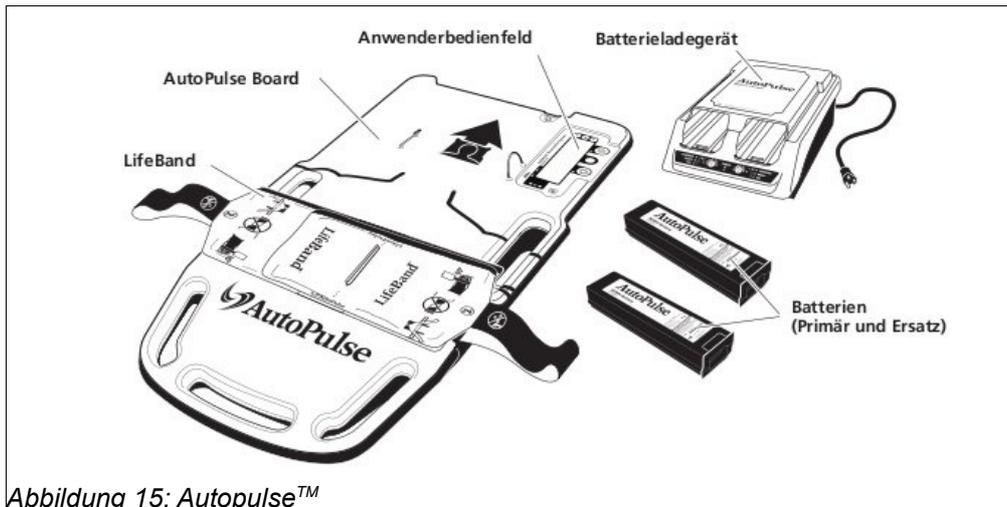


Abbildung 15: Autopulse™

Da First-Responder-Gruppen die Einsatzstelle im Durchschnitt 5 Minuten früher als der hauptamtliche Rettungsdienst erreichen und nicht jede dieser Gruppen transportablen Sauerstoff mit sich führen, fiel die Wahl in unserer Untersuchung auf den energieunabhängigen ANIMAX.

- LUCAS CPR® verbraucht 70 l O₂/min, das heißt, dass eine 2 l-Sauerstoffflasche mit 200 bar Druck nach 5:43 Minuten aufgebraucht wäre.
- Mit einer studienseitig ermittelten Aufbauzeit von 4,7 ± 5,9 Minuten bei AutoPulse™ wären die 5 Minuten Zeitvorteil des First-Responders verstrichen, ehe dem Patienten überhaupt eine Therapie zugeführt werden könnte.

4.2 Untersuchung

4.2.1 Probanden

Unsere Probanden waren alle ehrenamtliche Helfer im Sanitätsdienst. Die Probanden waren entweder schon in einem First-Responder-System etabliert oder in naher Zukunft dafür vorgesehen. Wir untersuchten die von den Probanden durchgeführten Reanimationen entweder nach der konventionellen Methode mit Beutel-/Maskenbeatmung und HDM, oder als geräteunterstützte Reanimation mit dem Hilfsgerät ANIMAX.

Mit einem $n=102$ wurde ein Mix an Probanden erreicht, wie er in vielen First-Responder-Einheiten zu finden ist: Einige Helfer entstammten einem Berufsfeld mit medizinischem Hintergrund, die meisten waren rettungsmedizinisch aber nur nicht-professionell vorgebildet. Hauptamtliches Rettungsdienstpersonal mit mehr als 5 Jahren Erfahrung sowie First-Responder mit weniger als 6 Monaten Erfahrung waren von der Untersuchung ausgeschlossen worden.

Die Probanden waren in beiden Gruppen in Bezug auf Alter, Geschlecht, Körpergröße und -gewicht normalverteilt. Hinsichtlich der möglichen physikalischen Einflussgrößen auf die Ergebnisse der Untersuchung verglichen wir die Verteilung des Geschlechts und des BMI und fanden zwischen den Gruppen keinen signifikanten Unterschied. Für First-Responder-Gruppen gibt es keine Richtlinie, die die körperliche Fitness des Helfers vorgibt. Auf eine Erfassung der körperlichen Fitness haben wir folglich in der vorliegenden Untersuchung verzichtet; eine Aussage über den Trainingsgrad des einzelnen Probanden und damit eine Aussage über einen Zusammenhang zu besonders guten bzw. schlechten Ergebnissen wurde nicht getroffen werden.

Keiner der Probanden hatte Vorerfahrung mit dem ANIMAX. Nach einer kurzen für alle identischen Einweisung in das Gerät konnten wir direkt mit der

Datenerhebung beginnen.

4.2.2 *Beatmung*

Die Reanimation mit HDM und Beutel-/Maskenbeatmung war allen Teilnehmern bekannt und wurde nach Erkennen der Situation erwartungsgemäß nach wenigen Sekunden begonnen. Die Handhabung der Geräte (Standardbeatmungsbeutel Ambu® Mark IV) zur konventionellen Reanimation wurde vorausgesetzt, da jeder Teilnehmer während seiner vorangegangenen ehrenamtlichen Ausbildung die konventionelle Reanimation trainiert hatte.

Die gemessenen Tidalvolumina lagen in der HDM-Gruppe im Mittel mit $0,40 \pm 0,13$ l zwar unter den geforderten $0,5-0,6$ l, waren aber deutlich höher, als die Volumina, die mit dem Spiro-Set erreicht wurden. Die Qualität der Beatmungen bei der konventionellen Reanimation vom 1. Zyklus zum letzten Zyklus nahm jedoch signifikant ab.

Mit dem Hilfsmittel ANIMAX und dem integrierten Spiro-Set erreichten die Teilnehmer nur ein Tidalvolumen von $0,31 \pm 0,11$ l. Die Änderungen vollzogen sich von $0,33 \pm 0,14$ l im 1. Zyklus auf $0,31 \pm 0,15$ l im letzten Zyklus. Der Unterschied zur HDM-Gruppe könnte sich mit den technischen Problemen in der ANIMAX-Gruppe erklären.

Bei der Reanimation mit ANIMAX war zu beobachten, dass ein Teil der Inspirationsluft an der Maske vorbeiströmte. Durch leichten Anpressdruck mit der freien Hand auf das Spiro-Set erhielten einige der Probanden eine bessere Abdichtung; zudem nahm durch den Anpressdruck auch die Reklination automatisch zu. Das beschriebene technische Problem könnte auf das leichte Gewicht des Manikinkopfes zurückzuführen sein. Anders als beim Menschen verbessert das Gewicht des Manikinkopfes nicht „aktiv“ die Reklination.

Das reduzierte Beatmungsvolumen könnte also am ehesten auf die

Besonderheit der Manikinbeschaffenheit zurückzuführen sein. Dafür spricht, dass in einer Nachuntersuchung ein Tidalvolumen von $0,44 \pm 0,08$ l erreicht werden.

4.2.3 *Aufbauzeit*

Im Vergleich der HDM- mit der ANIMAX-Gruppe war die Zeit bis zur ersten erfolgreichen Thoraxkompression bei Verwendung des ANIMAX mit Spiro-Set deutlich länger. Nach Erkennen der Situation dauerte es etwa 1 Minute, bis in der ANIMAX-Gruppe mit der Reanimation begonnen wurde.

Diese Zeit kommt vermutlich durch die erste Anwendung des ANIMAX-Systems durch den Probanden zustande; bereits nach dreimaliger Nutzung konnte diese Zeit halbiert werden. Folglich sollte man die Verzögerung bei der ersten Anwendung vielmehr als positives Kriterium für die Einfachheit der Anwendung des Systems werten.

4.2.4 *Thoraxkompression*

In der HDM-Gruppe nahm die Thoraxkompression über den gemessenen Zeitraum von 5 Minuten von 46 ± 5 mm auf 41 ± 5 mm ebenso wie die Beatmung kontinuierlich ab. Auch hierbei war eine Signifikanz nachzuweisen.

Nach den Änderungen der Reanimationsrichtlinien des ERC im Jahre 2005 fällt während der Reanimation die Gewichtung auf die Thoraxkompression. Die Empfehlungen der American Heart Association gehen sogar soweit, diejenigen Notfallzeugen, die sich der Reanimation unsicher sind, lediglich die Herzdruckmassage abzufordern [34]. Die Ermüdung und damit die Ineffektivität der HDM steht auf der einen, die Entstehung der No-Flow (kein Fluss, keine Zirkulation)-Time bzw. der Hands-Off-Time, die beim Wechsel der Position von

Beatmung zu HDM auftritt, auf der anderen Seite.

Mit ANIMAX wird die Zeit des Wechsels von HDM zu Beatmung und damit die Zeit, in der die Zirkulation des Kreislaufs sistiert auf ein Minimum reduziert. Außerdem ist eine Neupositionierung über dem Kompressionspunkt bzw. die Abdichtung der Beatmungsmaske mit dem C-Griff mit dem ANIMAX-System nicht vonnöten: Nach der Aufbauzeit bleibt das System unverändert am Patienten und schaltet automatisch zwischen Herzdruckmassage und Beatmung um.

Hinzu kommt das Problem, dass First-Responder-Systeme zwar immer weiter verbreitet sind, es sich bei solchen aber nicht um hauptamtliche Helfer handelt und diese im Alltag einem normalen Berufsleben nachgehen. Somit ist die Situation, dass nur ein First-Responder die Einsatzstelle 5 Minuten vor dem Eintreffen des Rettungsdienstes erreicht keine Seltenheit. Dieser First-Responder muss dann das therapiefreie Intervall sinnvoll überbrücken.

Bei der Reanimation mit dem ANIMAX konnte keine Ermüdung nachgewiesen werden. Die zu Beginn erfasste Thoraxkompression von 38 ± 6 mm blieb während der fünfminütigen Reanimation beinahe konstant. Der ANIMAX ist zwar ein manuell geführtes Gerät, sein Einsatz gewährleistet jedoch eine nahezu gleichbleibende Kompressionstiefe. Geringe Änderungen in der Kompressionstiefe ließen sich durch Positionsänderungen des ANIMAX während der Anwendung erklären.

4.2.5 Körperliche Belastung

Die körperliche Belastung bei der Reanimation mit dem ANIMAX wurde von 55% der Probanden bei der Befragung als nicht geringer im Vergleich zur konventionellen HDM eingeschätzt. In der Nachuntersuchung konnte gemessen an Puls und Blutdruck kein signifikanter Unterschied zwischen beiden

Reanimationsverfahren nachgewiesen werden. Vorstellbar ist jedoch, dass es bei einer länger währenden Reanimation von 20-30 Minuten durch die einseitige Belastung des Armes auch bei ANIMAX zu Ermüdungserscheinungen gemessen an der Frequenz der HDM kommen könnte. Die Kompressionstiefe hingegen wäre bei korrekt angelegtem ANIMAX immer gleich.

4.3 Abschließende Betrachtung

Der ungeübte First-Responder ist mit dem ANIMAX-System und Spiro-Set nach einer Aufbauzeit von ca. 1 Minute in der Lage, eine Reanimation zu starten und kontinuierlich über einen Zeitraum von 5 Minuten durchzuführen. Dieses kann als Überbrückung des therapiefreien Intervalls angesehen werden. Bereits nach kurzer Einweisung ist der First-Responder in der Lage, mit dem Gerät konstant zu arbeiten. Durch eine Anschlussuntersuchung konnten wir nach dreimaliger Anwendung von ANIMAX bereits eine Verkürzung der Aufbauzeit auf 33 ± 8 s erfassen. Regelmäßige Benutzung des Gerätes dürfte diese Zeit noch weiter verkürzen.

Der First-Responder ist aber nicht nur in der Lage mit dem Gerät konstant zu arbeiten; er ist sogar vielmehr in der Lage, die Reanimation ohne fremde Hilfe über 5 Minuten konstant durchzuführen. Ein Ermüdungseffekt konnte in dem gewählten Modell nicht nachgewiesen werden.

Zudem verringert die Anwendung von ANIMAX mit Spiro-Set die No-Flow-Time; ein Positionswechsel von HDM zu Beatmung und damit das Sistieren des Kreislaufs wird bei der Verwendung von ANIMAX auf ein Minimum reduziert, da ANIMAX automatisch zwischen HDM und Beatmung umschaltet.

Ein eintreffendes First-Responder-Team hätte zudem auch noch einen Helfer frei, um weiterführende Maßnahmen durchzuführen bzw. für den eintreffenden Rettungsdienst/Notarzt vorzubereiten.

ANIMAX ist aufgrund seines energie- und sauerstoffunabhängigen Antriebs gerade für kleine First-Responder-Gruppen als Reanimationsdevice grundsätzlich zu empfehlen. Unsere Untersuchungsergebnisse unterstreichen, dass der Einsatz des Systems im Vergleich zur konventionellen Herzdruckmassage effektiver und mit höherer Konstanz erfolgt. Sie belegen zudem, dass auch ein einzelner Ersthelfer im Falle einer Reanimation mit gleichbleibender Qualität über einen Zeitraum von 5 Minuten bis zum Eintreffen des Rettungsdienstes reanimieren kann.

Eine Verbreitung von ANIMAX als universelles Tool ähnlich der Anwendung von automatisierten externen Defibrillatoren wäre möglicherweise sinnvoll, würde aber ein noch unbekanntes Maß an Ausbildung erfordern. Das Training mit ANIMAX innerhalb des zum Führerschein vorgeschriebenen Kurses in Erste Hilfe wäre ohne regelmäßige Wiederholung der Anwendung vermutlich nicht ausreichend. Die Verwendung von ANIMAX mit Spiro-Set ist durch den Laien ohne Einweisung und ohne notfallmedizinische Qualifikation nicht ohne weiteres durchzuführen.

Durch eine bessere Ausbildung der sog. „Breiten Masse“ (siehe [12]) könnte durch ANIMAX mit Spiro-Set möglicherweise ein Tool zur Verfügung gestellt werden, das bei Vorhandensein in öffentlichen Gebäuden, Schulen, Ämtern oder ähnlichen Einrichtungen im Fall des plötzlichen Herztods Leben retten kann; zudem hätte der Ersthelfer auch ein hohes Maß an Selbstschutz, da er am Patient nicht Hand anlegen muss. Dieser Umstand könnte die Hemmschwelle, einem Menschen in Not zu helfen für einen Laien auch weiter senken.

4.3.1 Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Reanimation beim Menschen

Wir wissen durch die Arbeit von Baubin et al. [29] zwar einiges über das Verhalten von BLS Manikins unter der Reanimation; eine Übertragung der vorliegenden an diesem Modell erhobenen Ergebnisse auf den Menschen kann jedoch nur eingeschränkt erfolgen. Unsere Daten zeigen die Konstanz der Reanimation mit ANIMAX im Vergleich zur Reanimation mit konventioneller HDM und liefern den Hinweis, dass der akut reanimationspflichtige Patient von dem Einsatz des ANIMAX-Systems durch den Ersthelfer profitieren könnte.

Der Nachweis dessen muss jedoch an Studien erfolgen, die die Anwendung des Systems am Menschen beinhalten.

5 Zusammenfassung

ANIMAX mit Spiro-Set ermöglicht es einem einzelnen Helfer, HDM mit konstanter Frequenz, Kompressionstiefe und Beatmungsvolumen durchzuführen wie es sonst nur einem geschulten Team möglich ist.

Im Gegensatz zu der guten kardiopulmonalen Reanimation steht die längere Aufbauzeit im Vergleich zur konventionellen Reanimation, die als Konsequenz eine Verlängerung der initialen No-Flow-Time zur Folge hat; aber bereits bei der Nachuntersuchung ließ sich eine Verkürzung der Aufbauzeit bei dreimaliger Anwendung aufzeichnen. Bei regelmäßigem Training dürfte die Aufbauzeit ähnlich der bei der Reanimation mit manueller HDM und Beutel-/Maskenbeatmung liegen. Zudem entfällt bei der Verwendung von ANIMAX ein Helferwechsel; die No-Flow-Time wird also auf ein Minimum bei der Beatmung reduziert.

Ein Vorteil in der körperlichen Belastung bei der Reanimation mit ANIMAX im Vergleich zur manuellen HDM mit Beutel-/Maskenbeatmung ließ sich nicht nachweisen.

Effektive Trainingsmethoden müssen entwickelt und untersucht werden. Bei guter Schulung und weiter Verbreitung zum Beispiel in öffentlichen Gebäuden, Bahnhöfen, Schwimmbädern, etc. könnte ANIMAX einen großen Vorteil für Patienten bedeuten. Weitere Studien sind nötig, um die Effektivität der HDM am Menschen nachweisen zu können.

6 *Literaturverzeichnis*

1. Zheng Z J, Croft J B, Giles W H, et al. (2001) Sudden cardiac death in the United States, 1989 to 1998. *Circulation* 104: 2158-2163

2. Carveth SW, Olson D, Bechtel J (1974) Proceedings: Emergency medical care system. Lincoln (Beb) mobile heart team. *Arch Surg* 108: 528-530

3. Vertesi L (1978) The paramedic ambulance: a Canadian experience. *Can Med Assoc J* 119: 25-29

4. Bachman JW, McDonald GS, O'Brien PC (1986) A study of out-of-hospital cardiac arrests in northeastern Minnesota. *JAMA* 256: 477-483

5. Becker LB, Smith DW, Rhodes KV (1993) Incidence of cardiac arrest: a neglected factor in evaluating survival rates. *AnnEmerg Med* 22: 86-91

6. Priori SG, Aliot E, Blomstrom-Lundqvist C, Bossaert L, Breithardt G, Brugada P, Camm AJ, Cappato R, Cobbe SM, Di Mario C, Maron BJ, McKenna WJ, Pedersen AK, Ravens U, Schwartz PJ, Trusz-Gluza M, Vardas P, Wellens HJJ and Zipes DP (2001) Task Force on Sudden Cardiac Death of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal* 22: 1374–1450

7. Safar P, Escarraga L, Elam JO (1958) A comparison of the mouth-to-mouth and mouth-to-airway methods of artificial respiration with the chest-pressure arm-lift methods. *N Engl J Med* 258: 671

8. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG (1960) Closed chest cardiac massage. *JAMA* 173: 1064-1067

9. Callies A et al. (2000) Laienreanimation: notwendige Ergänzung eines effektiven Rettungsdienstes. Rettungsdienst 23: 46-51

10. Mohr M, Busch M, Bahr J, Kettler D (2003) To Resuscitate or Not? The Emergency Physician's Decision in the Prehospital Setting. AINS - Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 38: 341-348

11. Schäfer S, Pohl-Meuthen U (2001) „Erste Hilfe Kenntnisse in der Bevölkerung“, in Schriftenreihe zum Rettungswesen. DRK, Nottuln Band 25:

12. Moeschler O et al. (1991) Secours médical hélicoptéré. CHUV :

13. Gallagher EJ, Lombardi G, Gennis P (1995) Effectiveness of bystander cardiopulmonary resuscitation and survival following out-of-hospital cardiac arrest. Journal of the American Medical Association 274: 1922-1925

14. Wik L, Steen PA, Bircher NG (1994) Quality of bystander cardiopulmonary resuscitation influences outcome after prehospital cardiac arrests. Resuscitation 28: 195-203

15. Eisenberg M, Cummins RO, Larsen MP (1991) Numerators, denominators, and survival rates: reporting survival from out-of-hospital cardiac arrest. Am J Emerg Med 9: 544-546

16. Pell JP, Sirel JM, Marsden AK, Ford I (2001) Effect of reducing ambulance response times on deaths from out of hospital cardiac arrest: cohort study. BMJ 322: 1385-1388

17. Smith KL, McNeil JJ (2002) Cardiac arrest treated by ambulance paramedics and fire fighters; The Emergency Medical Response program. The Medical Journal of Australia 177: 305-309
18. Smith KL, Peeters A, McNeil JJ (2001) Results from the first 12 months of a fire first-responder program in Australia. Resuscitation 49: 143-150
19. Naths G, Jürgens C, Peter A (2007) First Responder als Ergänzung des Rettungsdienstes. Notfall & Rettungsmedizin 10: 350-356
20. Altemeyer KH, Schlechtriemen T, Reeb R (2001) Rettungsdienst in Deutschland: Bestandsaufnahme und Perspektiven. Notfall & Rettungsmedizin 4: 477-481
21. Hörner R (2000) Helfer vor Ort - landesweite Einführung in Hessen. Rettungsdienst 23: 862-864
22. Jocham N, Nadler G, Schmitz N (1994) Feuerwehr-Erste-Hilfe-Trupps: Eine Strategie gegen das therapiefreie Intervall. 112 - Zeitschrift für die Feuerwehr : 492-495
23. Lechleuthner A, Fehn K (2000) Der Einsatz von "First respondern" im öffentlichen Rettungsdienst - eine Analyse. Med Dialog 10: 1-6
24. Lev A, Rückert P (1994) Bekommt die Rettungskette ein neues Glied?. Rettungsdienst 17: 326-330

25. Anthony J. Handley, Rudolph Koster, Koen Monsieurs, Gavin D. Perkins, Sian Davies, Leo Bossaert (2005) Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 67: 7-23
26. Jerry Nolan (2005) Section 1. Introduction. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 67: 3-6
27. Sherry L. Caffrey, Paula J. Willoughby, Paul E. Pepe, Lance B. Becker (2002) Public use of automated external defibrillators. New England Journal of Medicine 347: 1242-1247
28. Anthony J. Handley, Rudolph Koster, Koen Monsieurs, Gavin D. Perkins, Sian Davies, Leo Bossaert (2005) Adult basic life support and use of automated external defibrillators. Resuscitation 67: 7-23
29. Baubin MA, Gilly H, Posch A, Schinnerl A, Kroesen GA (1995) Compression characteristics of CPR manikins. Resuscitation 30: 117-126
30. Tsitlik JA, Weisfeldt ML, Chandra N, Effron MB, Halperin HR, Levin HR (1983) Elastic properties of the human chest during cardiopulmonary resuscitation. Crit Care Med 11: 685-692
31. Bankman IN, Gruben KG, Halperin HR, Popel AS, Guerci AD, Tsitlik JE (1990) Identification of dynamic mechanical parameters of the human chest during manual cardiopulmonary resuscitation. IEEE Trans Biomed Eng 37: 211-217

32. Bonnemeier et al. (2008) Kardiopulmonale Reanimation: Bessere Überlebenschancen durch mechanische Herzdruckmassage. *Cardiovasc* 941: 2-6
33. H . Krep , M . Mamier , M . Breil , U . Heister , M . Fischer , A . Hoefft (2006) Out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with the AutoPulse™ system: A prospective observational study with a new load-distributing band chest compression device. *Resuscitation* 80: 86-95
34. Sayre MR, Berg RA, Cave DM, Page RL, Potts J, White RD (2008) Hands-Only (Compression-Only) Cardiopulmonary Resuscitation: A call to action for bystander response to adults who experience out-of-hospital sudden cardiac arrest. A science advisory for the public from the american heart association emergency cardiovascular care committee. *Circulation* 117: 2162-2167

7 Anhang

7.1 Erfassungsbogen

Datenblatt "First-Responder"

interne Nummer: _____

Name (Vor- und Nachname): _____

Alter: _____

Dienstalter (Rettungsdienst):

<input type="checkbox"/>	unter 1 Jahr	<input type="checkbox"/>	Beatmung
<input type="checkbox"/>	1 - 3 Jahre	<input type="checkbox"/>	HDM
<input type="checkbox"/>	3 - 5 Jahre		
<input type="checkbox"/>	über 5 Jahre		
<input type="checkbox"/>	über 10 Jahre		

Rettungsverband / Wache: _____

Ausbildungsgrad

<input type="checkbox"/>	SanHelf
<input type="checkbox"/>	HVO
<input type="checkbox"/>	RDH
<input type="checkbox"/>	RettSan
<input type="checkbox"/>	RettAss

Ausbildung der HVO durch

<input type="checkbox"/>	Feuerwehr
<input type="checkbox"/>	Rettungsdienst
<input type="checkbox"/>	Ärztliches Personal
<input type="checkbox"/>	Sonstige

Wie lange schon HVO-System etabliert _____

Wie zahlenstark HVO-Gruppe _____

An wievielen Reanimationen mitgewirkt _____

Schon gearbeitet mit

<input type="checkbox"/>	Maske
<input type="checkbox"/>	Medumat Easy
<input type="checkbox"/>	Oxylator
<input type="checkbox"/>	Animax

Training / Auffrischung

<input type="checkbox"/>	1 x pro Jahr
<input type="checkbox"/>	2 x pro Jahr
<input type="checkbox"/>	3 x pro Jahr
<input type="checkbox"/>	4 x pro Jahr und öfter

Schulbildung

<input type="checkbox"/>	Förderschule	
<input type="checkbox"/>	Hauptschule	körperlich anstrengender
<input type="checkbox"/>	Realschule	konventionell <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	Gymnasium	Animax <input type="checkbox"/>

7.2 Ansicht aus dem Auswertungsprogramm

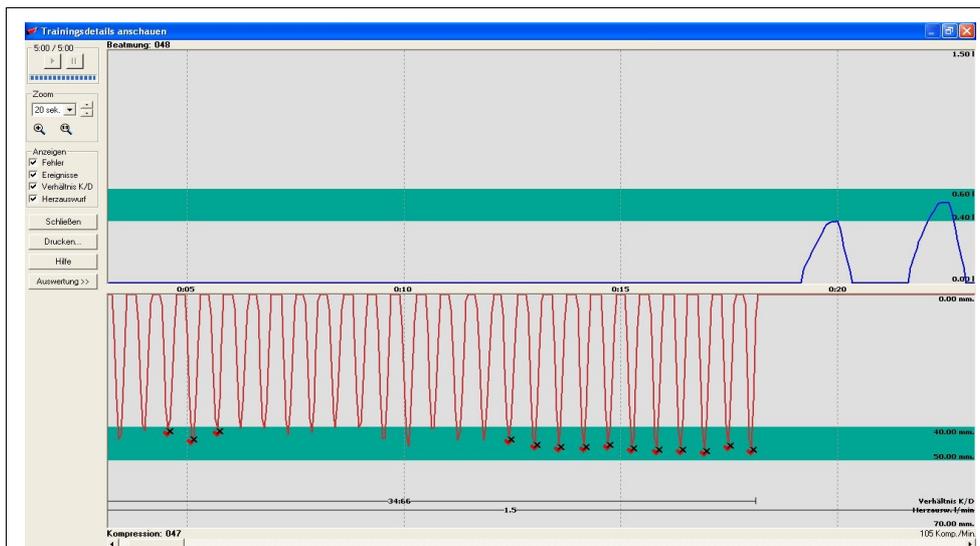


Abbildung 16: HDM-Gruppe Beginn

Aufzeichnung der Kompressionstiefe und des Tidalvolumens bei konventioneller Reanimation durch einen Probanden der HDM-Gruppe zu Beginn der Untersuchung

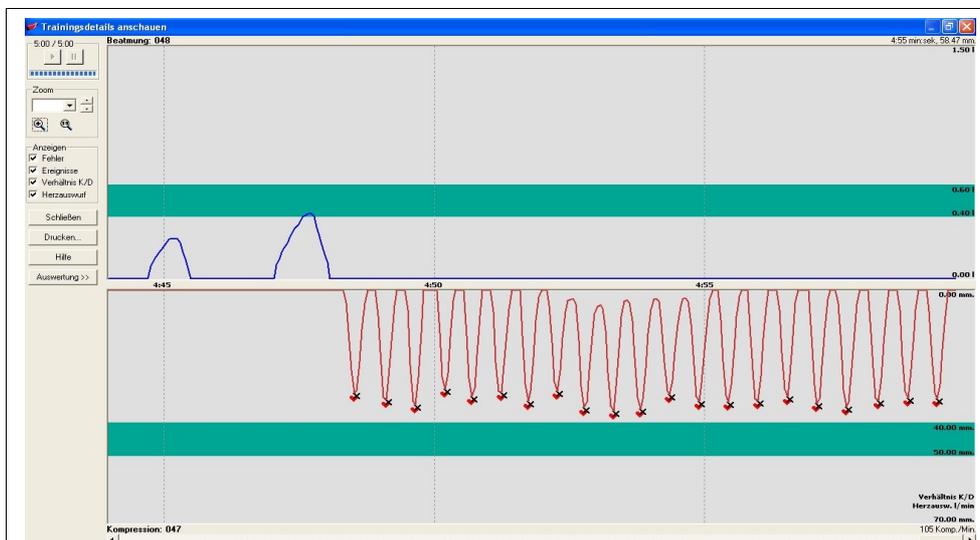


Abbildung 17: HDM-Gruppe Ende

Aufzeichnung der Kompressionstiefe und des Tidalvolumens bei konventioneller Reanimation durch einen Probanden der HDM-Gruppe am Ende der Untersuchung

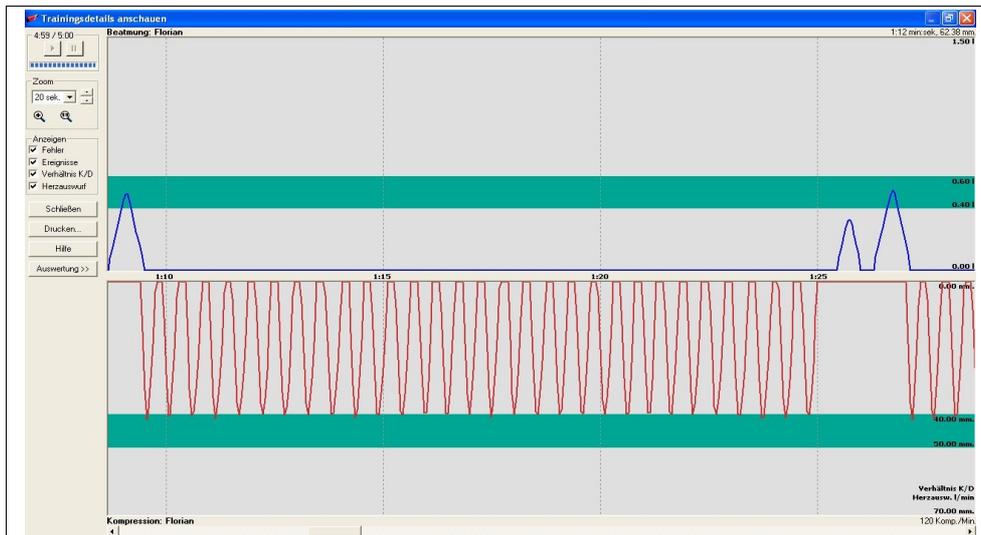


Abbildung 18: Konstante HDM durch ANIMAX

Aufzeichnung der Kompressionstiefe und des Tidalvolumens bei konventioneller Reanimation durch einen Probanden der ANIMAX-Gruppe

7.3 Hilfsfristen der Bundesländer

Bundesland Quelle	gemessener Zeitabschnitt nach Landesnorm	Höchstwert zur Einhaltung der Landesnorm bei Notfällen
Baden-Württemberg Rettungsdienstplan 1994, Kap. III 2. / Allgemeine Grundsätze des Landesausschusses für den Rettungsdienst v.10.12.1985, Abs. 2.2	von Eingang der Meldung bis Ankunft am Notfallort an Straßen	Hilfsfrist 95 % in 15 Minuten
Bayern 2. AVBayRDG vom 13.08.1975 geändert durch Verordnung vom 11.12.1991 (GVBl. S. 511) und Verordnung vom 13.09.1993 (GVBl. S. 736), § 1 Abs. 1	von Fahrtbeginn bis Ankunft am an einer Straße liegenden Einsatzort	Hilfsfrist(=Fahrzeit) 12 Minuten in der Regel; 15 Minuten in dünn besiedelten Gebieten
Berlin Rettungsdienstgesetz, § 2 Abs. 1 (GVBl. v. 08.07.1993, S. 313)	---	---
Brandenburg Verordnung über den Landesrettungsdienstplan des Landes Brandenburg vom 24.02.1997, § 7 Abs. 1, GVBl. Teil II v. 08.04.1997, -S. 106 ff	von Eingang der Meldung bis Ankunft Notfallort	Hilfsfrist 15 Minuten in der Regel
Bremen Bremisches Hilfeleistungsgesetz, § 28 (Brem. GBl. Nr. 25 v. 21.06.2002, S. 189)	von Eröffnung des Einsatzes bis Ankunft am Einsatzort an befestigter Straße	Eintreffzeit 95 % in 10 Minuten
Hamburg Rettungsdienstgesetz, § 6 Abs. 2 (GVBl. Nr. 27 v. 16.06.1992, S. 117)	---	--- flächendeckend und bedarfsgerecht
Hessen Rettungsdienstgesetz, § 22 Abs. 2 (GVBl., Teil I, v. 30.11.1998, S. 499 / Vorläufiger Rettungsdienstplan, Kap. 2.2.1 (1. Fortschreibung, Staatsanzeiger Hessen Nr. 22 vom 28.05.2001, S. 1926)	von nach Eingang der Meldung bis Ankunft am an einer Straße gelegenen Notfallort	Hilfsfrist 95 % in 10 Minuten
Mecklenburg-Vorpommern Rettungsdienstplan Mecklenburg-Vorpommern in der Fassung von 22.02.2000	von Eingang der Meldung bis Ankunft am an einer Straße gelegenen Notfallort	Hilfsfrist 10 Minuten im Jahresdurchschnitt aller Einsätze
Niedersachsen BedarfVO-RettD vom 04.01.1993, § 2 Abs. 2 und 3 (GVBl., Nr. 1 v. 07.01.1993, S. 1)	von Beginn der Einsatzentscheidung bis Ankunft am Einsatzort (an einer öffentlichen Straße)	Eintreffzeit 95% in 15 Minuten

Bundesland Quelle	gemessener Zeitabschnitt nach Landesnorm	Höchstwert zur Einhaltung der Landesnorm bei Notfällen
Nordrhein-Westfalen Erläuterung zum Rettungsdienstgesetz, Landtag Nordrhein-Westfalen Drucksache 11/31 81 vom 06.02.1992	von Eingang der Meldung bis Ankunft am an einer Straße gelegenen Notfallort	Hilfsfrist 5 - 8 Minuten; 12 Minuten im ländlichen Raum
Rheinland-Pfalz Rettungsdienstgesetz, § 8 Abs. 2 (GVBl. v. 22.04.1991, S. 217)	von nach Eingang des Hilfeersuchens bis Ankunft am an einer öffentlichen Straße gelegenen Einsatzort	Hilfeleistungsfrist (= Fahrzeit) in der Regel maximal 15 Minuten
Saarland Landtag des Saarlandes Drucksache 10/1339 vom 27.01.1993	von Fahrtbeginn bis Ankunft am potentiellen Notfallort	Fahrzeit unter 10 Minuten
Sachsen 2 Minuten Rettungsdienstgesetz (SächsGVBl. S. 9), geändert durch Art. 11 des Gesetzes v. 04.07.1994 (SächsGVBl. S. 1261), § 2 Abs. 2 Landesrettungsdienstplan v. 30.11.1994 (Sächs. Amtblatt Nr. 67 v. 22.12.1994, S. 1526), Abs. 5.2	von Eingang der Meldung bis Ankunft am Notfallort	Hilfsfrist 95 % in 12 Minuten
Sachsen-Anhalt Rettungsdienstgesetz, § 7 Abs. 2 (GVBl. LSA 1993, S. 699)	von Eingang der Meldung bis Ankunft am an einer Straße gelegenen Notfallort	Hilfsfrist 95 % in 12 Minuten
Schleswig-Holstein DVO-RDG vom 22.11.1993, § 7 Abs. 2 /Konsenspapier zum Landesgutachten Schleswig-Holstein vom 27.01.1995	von nach Eingang der Meldung bis Ankunft am ausschließlich über eine Straße erreichbaren möglichen Einsatzort	Hilfsfrist 90 % in 12 Minuten
Thüringen Landesrettungsdienstplan vom 29.08.2000, Nr. 4.1 Thüringer Staatsanzeiger Nr. 39/2000, S. 1891)	von Eingang der Meldung bis Ankunft am Notfallort	Hilfsfrist 14 Minuten in dicht besiedelten Gebieten; 17 Minuten in dünn besiedelten Gebieten; 95 % in 12 Minuten Fahrzeit in dicht besiedelten Gebieten bzw. 95 % in 15 Minuten Fahrzeit in dünn besiedelten Gebieten

Danksagung

Für meine Doktorarbeit schulde ich sehr vielen Menschen einen herzlichen Dank.

Allen voran bin ich den Studienteilnehmern zu großem Dank verpflichtet, ohne die es nie möglich gewesen wäre, diese Studie überhaupt durchzuführen. Jeder einzelne stand gerne zur Verfügung und hat dazu beigetragen, dass wir eine doch beachtliche Menge an Daten zusammentragen konnten.

Bedanken möchte mich bei Herrn Dr. med. Th. Plappert für die Hilfe bei der Sammlung der Daten sowie der Ausarbeitung.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Th. Wurmb für die Betreuung der Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. C.-A. Greim für die administrative Unterstützung. Ohne Ihr Wissen, Ihre Ideen und Ihre Kritik wäre mein Forschungsprojekt niemals soweit gekommen. Sie haben nicht nur in fachspezifischen, sondern auch in privaten Gesprächen immer dafür gesorgt, dass diese Arbeit zu einem erfolgreichen Abschluss gebracht werden konnte.

Mein großer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. N. Roewer für die Überlassung des Themas.