

Aus der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin  
Akademischer Vertreter: Prof. Dr. N. Weiler  
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

---

# **Basisreanimation mit einem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät und Metronom-Unterstützung**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde  
der Medizinischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

**PHILIP STROHWALD**

**aus Hamburg**

**Kiel 2016**

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Jan-Thorsten Gräsner,  
Institut für Rettungs- und Notfallmedizin

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Andreas Seekamp,  
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

Tag der mündlichen Prüfung: 29.05.2017

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 23.03.2017

gez.: Prof. Dr. Johann Roider  
(Vorsitzender der Prüfungskommission)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	6
1.1 Die Reanimation- ein aktuelles Thema .....	6
1.2 Neue Beatmungsgeräte .....	7
1.2.1 Medumat Easy CPR.....	7
1.2.1.1 Technische Details.....	10
1.3 Aufbau des Rettungsdienstes in Deutschland.....	10
1.4 ERC-Leitlinien .....	10
1.5 Basic-Life-Support.....	11
1.6 Ziele und Fragestellung der Studie .....	12
<b>2. Material und Methoden</b> .....	14
2.1 Übersicht und Gegenstand der Studie .....	14
2.1.1 Einschlusskriterien.....	14
2.1.2 Ausschlusskriterien.....	14
2.2 Messwerte.....	14
2.2.1 Thoraxkompression .....	15
2.2.2 Hands-Off-Zeit .....	15
2.2.3 Ventilation.....	15
2.2.4 Latenzzeit .....	16
2.2.5 Fragebögen .....	16
2.3 Verwendete Geräte .....	17
2.3.1 Beatmungsmaske/-beutel.....	17
2.3.2 Reanimationsphantom und Software.....	17
2.4 Datenerhebung .....	18
2.4.1 Vorbereitung .....	18
2.4.2 Aufbau .....	19
2.4.3 Ablauf .....	19
2.5 Datenauswertung .....	23
2.6 Statistische Analyse .....	24

<b>3. Ergebnisse</b> .....	25
3.1 Studienpopulation .....	25
3.2 Beobachtete Messwerte.....	26
3.2.1 Vergleich der Beatmung .....	28
3.2.2 Vergleich der Herzdruckmassage.....	30
3.2.3 Vergleich der Hands-Off-Zeit .....	32
3.2.4 Vergleich der Latenzzeit .....	32
3.2.5 Vergleich der Team-Zusammensetzungen bei MEC-Szenarien.....	32
3.3 Meinungen der Probanden.....	33
3.3.1 Videofragebogen .....	34
3.3.2 Evaluierungsfragebogen.....	34
3.3.2.1 Herzdruckmassage .....	34
3.3.2.2 Beutelbeatmung.....	35
3.3.2.3 Medumat Easy CPR .....	35
<b>4. Diskussion</b> .....	37
4.1 Auswahl der Studienpopulation.....	37
4.2 Auswahl des Studiendesigns .....	38
4.3 Unterschiede in der Ventilation .....	38
4.3.1 Unterschiede der Tidalvolumina .....	38
4.3.2 Unterschiede in der Inspirationszeit.....	40
4.3.3. Magenblähung nur mit Beutel-Maskenbeatmung .....	41
4.4 Unterschiede in der Herzdruckmassage .....	41
4.4.1 Unterschiede in der Drucktiefe und Druckposition.....	43
4.5 Unterschiede in der Hands-Off-Zeit.....	44
4.6 Unterschiede in der Latenzzeit.....	45
4.7 Unterschiede in Team-Kombinationen in MEC-Szenarien .....	46
4.8 Analyse der Fragebögen.....	46
4.8.1 Videofragebogen .....	46
4.8.2 Evaluierungsfragebogen.....	47
4.9 Der Medumat Easy CPR als Alternative zur Beutel-Maskenbeatmung.....	48
4.9.1 Preis und Gerätegröße .....	49

4.10 Limitationen der Studie .....	50
4.11 Gesamtfazit: Der Vergleich einer Basisreanimation zwischen einem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät und Beutel-Maskenbeatmung .....	51
<b>5. Zusammenfassung der Arbeit .....</b>	<b>53</b>
<b>6. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>55</b>
<b>7. Anhänge .....</b>	<b>61</b>
7.1 Unbedenklichkeitsbescheinigung der Feuerwehr Dortmund .....	61
7.2 Fragebögen.....	62
7.3 Poster- DIVI 2012.....	64
<b>8. Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>65</b>
<b>9. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>66</b>
<b>10. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>67</b>
<b>11. Materialverzeichnis.....</b>	<b>68</b>
<b>12. Danksagungen .....</b>	<b>69</b>
<b>13. Publikationsverzeichnis .....</b>	<b>70</b>
<b>14. Lebenslauf.....</b>	<b>71</b>

# 1. Einleitung

## 1.1 Die Reanimation- ein aktuelles Thema

Die Verbesserung der Reanimationsmaßnahmen von Patienten mit präklinischem Herzkreislaufstillstand unterliegt wie auch andere Bereiche der Medizin der fortlaufenden wissenschaftlichen Betrachtung [1].

Der plötzliche Herzkreislaufstillstand als Folge kardiovaskulärer Erkrankungen stellt in Europa eine der Haupttodesursachen dar. Ein plötzlicher Herzkreislaufstillstand als eigenes Krankheitsbild betrifft jährlich zwischen 350.000 und 700.000 Menschen [2-4].

Jährlich wird präklinisch bei über 75.000 Menschen alleine in Deutschland mit Wiederbelebungsmaßnahmen begonnen [1]. Obwohl dabei die Herzdruckmassage den wichtigsten Teil für den Erfolg der Wiederbelebungsmaßnahmen darstellt [5, 6], bleibt die Beatmung weiterhin ein zentraler Bestandteil für den Reanimationserfolg. Die Ventilation und Oxygenierung und das damit einhergehende Airway-Management bei der Reanimation ist von großer Bedeutung und beeinflusst das primäre Reanimationsergebnis [7, 8]. In einer Studie mit einem Patientenkollektiv mit  $n = 52$  wurde eine erwartete ROSC-Rate (RACA) von 43 % berechnet. Die tatsächliche ROSC-Rate betrug aufgrund von Schwierigkeiten im Atemwegsmanagement nur 28,8 %. Die Schwierigkeiten in der Ventilation haben damit einen negativen Einfluss auf die Reanimationsleistung. Der RACA- (=ROSC after cardiac arrest) Score ist ein einfacher Score, welcher anhand bestimmter Variablen eines Patientenkollektivs, die erwartete ROSC-Rate des untersuchten Kollektivs vorhersagen kann. Eine Verbesserung und Vereinfachung der Maßnahmen, vor allem der Ventilation und der Herzdruckmassage, sind ein ständiges Anliegen der Wissenschaft und der Industrie. Neue Beatmungssysteme und sprachunterstützte Geräte zur Reanimation drängen zunehmend auf den Markt für Medizinprodukte, um die Reanimationsmaßnahmen zu optimieren [9, 10].

Ziel dieser Geräte ist es, unter anderem die von Laien durchgeführte Reanimation zu verbessern [11]. Untrainierte Laien zeigen in einer Studie, dass Hilfsgeräte für die Reanimation positive Effekte auf die korrekte und schnelle Ausführung der richtigen Maßnahmen haben [12]. Ein schnelles Eingreifen und Handeln von Laien im Falle eines beobachteten Herzkreislaufstillstandes erhöht die Überlebenschance eines

Patienten wesentlich [13].

Die Reanimationsmaßnahmen des professionellen Rettungsdienstes zu verbessern und somit die Qualität der Reanimation zu steigern, ist ebenso ein großes Anliegen von Wissenschaft und Politik. Experten für Wiederbelebung aus Rettungsdienst, klinischer Versorgung, Wissenschaft und Politik formulierten in aktuellen Gesprächen (2014, Bad Boll, Deutschland) zehn Thesen [14] zur Verbesserung der Reanimationsversorgung in Deutschland und des Überlebens nach präklinischem Herzkreislaufstillstand. Dabei wird vor allem für medizinisches Personal eine hohe Qualität der Reanimation gefordert. Regelmäßiges und zertifiziertes Training soll eine beständige Qualität gewährleisten [15].

## **1.2 Neue Beatmungsgeräte**

Im deutschen Rettungsdienst werden initiale Beatmungen zu Beginn einer Reanimation fast ausschließlich konventionell mit der Beutel-Maskenbeatmung durchgeführt. Die anschließende Atemwegssicherung erfolgt daraufhin optimalerweise durch eine endotracheale Intubation. Diese soll jedoch nur von professionellem Personal durchgeführt werden, welches darin stets trainiert ist und ausreichend Erfahrung hat [16].

Die Beatmung mithilfe von Beutel und Maske bereitet gerade ungeübtem Personal häufig Schwierigkeiten [17]. Neue technische Hilfsgeräte drängen zunehmend auf den Markt, um den Benutzer bei den Reanimationsmaßnahmen zu unterstützen und diese zu optimieren. Eine solche technische Unterstützung soll unter anderem durch den Medumat Easy CPR (MEC) der Firma Weinmann geleistet werden.

### **1.2.1 Medumat Easy CPR**

In der vorliegenden Studie wird die Anwendbarkeit des Medumat Easy CPR (Weinmann, Hamburg, Deutschland) im Vergleich zur konventionellen Beutel-Maskenbeatmung untersucht. Der Medumat Easy CPR ist ein manuell auslösbares-automatisches Beatmungsgerät mit integrierter Metronom-Unterstützung zur Herzdruckmassage.

Der Medumat Easy CPR bietet sowohl eine sprachgesteuerte Benutzerführung als auch die Abgabe von manuell auslösbaren automatischen Beatmungen mittels Beatmungsgerät. Zur Unterstützung bei der Herzdruckmassage gibt ein integriertes

Metronom eine Frequenz von 100 Schlägen pro Minute vor. Es stehen dem Anwender zwei Benutzermodi zur Verfügung. Der für diese Studie verwendete CPR-Modus wird mit einem separaten Knopf aktiviert. In dem CPR-Modus ist ein manuelles Auslösen der Ventilationen möglich. Dafür drückt der Helfer auf einen über der Beatmungsmaske lokalisierten Auslöseknopf. Außerdem assistiert in dem Modus das integrierte Metronom bei der Herzdruckmassage.

Der voreingestellte Grundmodus mit IPPV-Beatmung (intermittent positive pressure ventilation), welche zeitgesteuert und volumenkonstant erfolgt, wird nach Betätigen des CPR-Knopfes unterbrochen und wurde für diese Studie nicht verwendet.

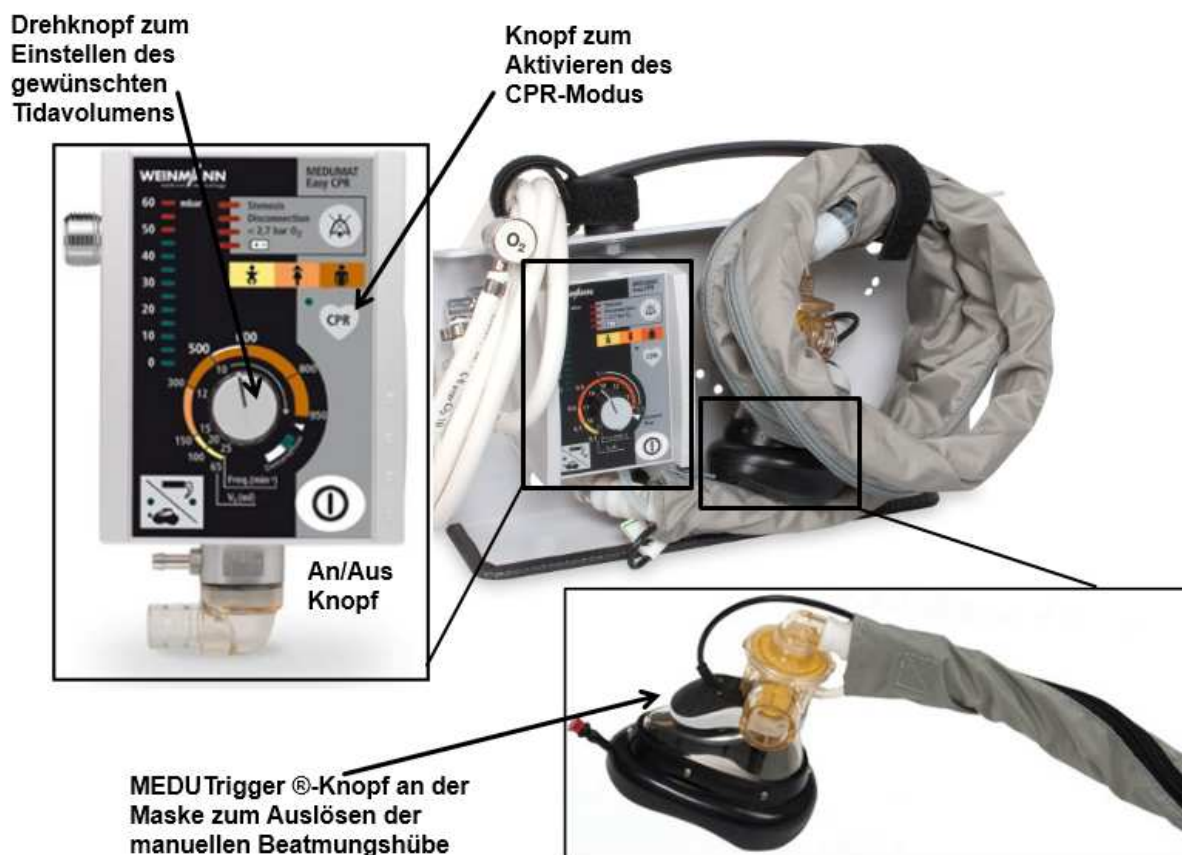
Nach Einschalten des Gerätes erhält der Benutzer Sprachhinweise zur Durchführung der Herzlungenwiederbelebung. Der Benutzer wird verbal aufgefordert, die Sauerstoffzufuhr aufzudrehen und das gewünschte Beatmungsvolumen (Tidalvolumen) einzustellen. Ein Drehknopf auf dem Gerät ermöglicht dem Benutzer die Volumeneinstellung vorzunehmen. Das Tidalvolumen ist einer festen Beatmungsfrequenz zugeordnet. Das Volumen kann zwischen 100 ml und 1100 ml stufenlos festgelegt werden. Die im CPR-Modus manuell ausgelösten Beatmungshübe erreichen Flussraten von  $> 40$  l/min. Sollte sich die Resistance bzw. Compliance in der Lunge ändern, passt das Gerät den Druck so an, dass das eingestellte Tidalvolumen erreicht wird.

Im Anschluss an die Aktivierung des CPR-Modus bestätigt das Gerät die Aktivierung verbal. Das Metronom startet. Das Einsetzen des Metronoms signalisiert den Beginn der Herzdruckmassage. 30 Metronomschläge erklingen, wobei die letzten drei Töne höher werden, um die folgenden zwei Beatmungen anzukündigen. Es werden daraufhin mittels Sprachanweisung zwei Beatmungen gefordert. Es findet nun eine manuell auslösbare Volumen-kontrollierte Beatmung statt. Der für die Beatmung zuständige Helfer gibt zwei Beatmungen ab, indem er den Auslöseknopf am oberen Rand der Maske (MeduTrigger®) gedrückt hält bis die zweite Beatmung beendet ist. Zwei komplette Beatmungen (Inspiration und Expiration) werden somit fortlaufend vom Gerät ausgeführt. Es ist nicht möglich, eine weitere Ventilation durchzuführen, bevor die Expiration der zuvor ausgelösten Beatmung nicht vollständig beendet ist. Die Inspirationszeit eines Beatmungshubes beträgt 1,5 Sekunden. Im CPR-Modus ist das Inspiration-Expiration-Verhältnis 1:1. Bei zwei Beatmungen fällt die Expiration der zweiten Beatmung auf die erste Thoraxkompression des neuen Zyklus.



Es kann mit einem separaten Schalter zwischen zwei Beatmungsdrücken gewählt werden. Je nach Beatmungsform (Maske oder Tubus) ist ein maximaler Beatmungsdruck von 20 mbar oder 45 mbar möglich. In der hier vorliegenden Arbeit wurde die Beatmungsform für eine Maske angewendet.

Als Handlungshilfen besitzt der Medumat Easy CPR sowohl akustische als auch optische Signale, die den Benutzer auf Fehler während der Reanimationsdurchführung hinweisen sollen. Stenosen im Schlauchsystem oder im Respirationstrakt des Patienten, Diskonnektion, Abfall des Versorgungsdrucks unter 2,7 bar (normaler Betriebsdruck: 2,7 bis 6 bar), oder eine leere Batterie bzw. ein Geräteausfall können mögliche Ursachen für die Alarmierung sein.



**Abbildung 1:** Medumat Easy CPR Steuerelement mit dazugehörigem Atemhubauslöser und Beatmungsmaske. (Foto Weinmann); CPR-Modus= cardiopulmonary resuscitation- Modus. Es werden bei Aktivierung des CPR-Modus keine automatischen Beatmungen mehr abgegeben. Die Beatmungen werden manuell über den MEDUTrigger® ausgelöst. Sprachanweisungen und Alarmierungen sind aktiviert.

### **1.2.1.1 Technische Details**

Der Medumat Easy CPR (BxHxT in mm: 100x145x90 inkl. Anschlüsse) wiegt ca. 0,6 kg (inkl. Zubehör).

Als Betriebsgas dient medizinischer Sauerstoff. Dieser wird über einen Druckminderer in einem Druckschlauch dem Gerät zugeführt. Von dort wird der Sauerstoff in den Patientenschlauch und somit zur Maske geleitet.

Eine ausreichende Stromversorgung wird durch eine Lithiumbatterie (3,6 V; 5,2 Ah) mit einer erwarteten Lebensdauer von über 2 Jahren gewährleistet. Der Medumat Easy CPR befand sich während der gesamten Messung auf einem von Weinmann vorgesehenem Tragesystem (Life Base III, Weinmann) und konnte so von den Probanden bewegt und positioniert werden.

## **1.3 Aufbau des Rettungsdienstes in Deutschland**

Aus einem Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen des Jahres 2015 geht hervor, dass der Großteil der Einsätze im deutschen Rettungsdienst von Rettungsassistenten bzw. Rettungssanitätern abgedeckt wird [18]. 57% des bundesweiten Einsatzfahrtaufkommens im Zeitraum 2012/13 wird durch Rettungswagen (RTW) abgedeckt; 18% durch NEFs. Bundesweit wurden jährlich rund 12,0 Mio. Einsätze erfasst. Mehr als Zwei Fünftel aller Einsätze werden unter Hinzunahme eines Notarztes durchgeführt. Notärzte werden in Situationen dazu gerufen, in denen die ärztliche Tätigkeit und Kompetenz im Vordergrund steht. Dabei ist der präklinische Herzkreislaufstillstand im Rahmen eines kardialen Geschehens führend [19, 20]. Im Falle eines Einsatzes kommt in Deutschland das sogenannte „Rendezvous-System“ zum Tragen [21]. Bei dieser Einsatztaktik treffen der mit Rettungsassistenten bzw. Rettungssanitätern besetzte Rettungswagen (RTW) und der mit dem Notarzt besetzten Notarzteinsatzwagen (NEF) unabhängig voneinander am Einsatzort ein.

## **1.4 ERC-Leitlinien**

Alle fünf Jahre veröffentlicht das European Resuscitation Council (ERC) die Leitlinien zur Reanimation für Europa. Viele internationale Experten aus Wissenschaft und Rettungsdienst präsentieren detailliert Therapie- und Ablaufempfehlungen zur Wiederbelebung bei Patienten mit Herzkreislaufstillständen. Seit 2000 stützen sich

die Leitlinien auf den „Consensus on CPR Science with Treatment Recommendations (CoSTR)“, welcher die Resultate aus wissenschaftlichen Fragestellungen über die Reanimation einbezieht.

Die ERC-Leitlinien stellen eine orientierende Hilfestellung für eine wirkungsvolle und sicher durchgeführte Reanimation dar; definieren jedoch nicht die einzige Möglichkeit zu reanimieren.

Die ERC-Leitlinien 2010 werden in zehn Kapitel gegliedert. Neben Reanimationsmaßnahmen bei Kindern und Neugeborenen, Trainingsprinzipien der Wiederbelebung, Ethik der Reanimation oder Management des akuten Koronarsyndroms, wird in den ersten Kapiteln zwischen Basismaßnahmen zur Wiederbelebung bei Erwachsenen und erweiterten Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene unterschieden. Die erweiterten Reanimationsmaßnahmen (Advanced-Life-Support=ALS) beinhalten den Gebrauch von kreislaufwirksamen und herzfrequenzregulierenden Medikamenten, sowie die Verwendung eines Defibrillators.

Die hier vorliegende Arbeit bezieht sich hauptsächlich auf die Sektion der Basismaßnahmen zur Wiederbelebung (Basis-Life-Support) für Erwachsene der ERC-Leitlinien des Jahres 2010.

## **1.5 Basic-Life-Support**

Im Falle einer Reanimation kommen vor dem Eintreffen des Notarztes die Basismaßnahmen zur Wiederbelebung („basic-life-support“, BLS) zum Tragen. Die dafür festgelegten Algorithmen werden alle fünf Jahre durch das European Resuscitation Council festgelegt und veröffentlicht. Die Maßnahmen des BLS beinhalten das Prüfen der Atmung des Patienten, das Freimachen der Atemwege sowie die Aufrechterhaltung des Kreislaufs durch Herzdruckmassage und das Beatmen des Patienten [22]. Die Basismaßnahmen zur Beatmung (BLS) sollen laut ERC Leitlinien 2010 von Laien als Ersthelfer mit der Mund-zu-Mund-Beatmung durchgeführt werden. Professionelle Helfer hingegen verwenden für die initialen Beatmungen, vor der Sicherung der Atemwege, die Beutel-Maskenbeatmung. Durch manuell auslösbare-automatische Beatmungsgeräte wie den Medumat Easy CPR soll die Ventilation verbessert und eine konstant hohe Qualität für Beatmungen gewährleistet werden.

## 1.6 Ziele und Fragestellung der Studie

In dieser Arbeit wird untersucht, ob technische Geräte wie der Medumat Easy CPR mit automatisierten Beatmungsfunktionen im Vergleich zur Beutel-Maskenbeatmung einen Vorteil für Patienten mit präklinischem Herz-Kreislaufstillstand haben können. In dieser Studie wird in festgelegten BLS-Reanimationsszenarien (siehe 2. Material und Methoden) anhand eines Reanimationsphantoms untersucht, ob insbesondere die Beatmung und die Qualität der Herzdruckmassage durch den Medumat Easy CPR zu verbessern sind. Die zwei BLS-Szenarien (Beutel-Maske vs. Medumat Easy CPR) werden als crossover in Zwei-Helfer-Teams durchgeführt.

Mithilfe des Reanimationsphantoms sollen Rückschlüsse auf die Qualität der Wiederbelebungsmaßnahmen und den Einfluss eines automatischen manuell-auslösbaren Beatmungsgeräts im Vergleich zur Beutel-Maskenbeatmung gemacht werden.

Die Erkenntnisse aus der Studie sollen helfen, die Überlebenschance von Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand zu verbessern und die Qualität der Maßnahmen zur Wiederbelebung zu steigern.

In der hier vorliegenden Arbeit wird analysiert, ob durch Geräte wie den Medumat Easy CPR hinsichtlich des Atemminutenvolumens, des Tidalvolumens, und der Inspirationszeit suffizientere und effektivere Beatmungen ermöglicht werden können. Auch das integrierte Metronom zur Unterstützung der Herzdruckmassage wird hinsichtlich der Wirkung und des Einflusses untersucht. Dabei stehen die Frequenz der Thoraxkompressionen, die Drucktiefe und Thoraxentlastungen im Vordergrund der hiesigen Untersuchung. Durch die in dieser Studie erhobenen Messwerte können Rückschlüsse auf die Wirkung einer optimal ausgeführten Herzdruckmassage bei Patienten mit Herzstillstand gemacht werden. Die Erhaltung des Kreislaufs und eine suffiziente Perfusion des Herzens und Gehirns stehen dabei im Mittelpunkt.

Der zeitliche Aspekt bzw. das therapiefreie Intervall, welches vor und innerhalb der Reanimationsmaßnahmen hinsichtlich der Überlebenschance und des neurologischen Outcomes eine bedeutende Rolle spielt [23], wird anhand der Latenzzeit (=Zeit zwischen Start der Zeitmessung und Erfassung der ersten Herzdruckmassage) und der Hands-Off-Zeit (=Zeit zwischen der letzten Kompression eines 30:2 Zyklus und der ersten Kompression des nächsten Zyklus; Zeit ohne Thoraxkompressionen) untersucht. Das frühe Erkennen eines Herz-Kreislaufstillstandes und eine unmittelbare schnelle Einleitung der

Herzdruckmassage verbessert die Überlebenschancen um ein Vielfaches [24-26]. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit die Latenzzeit als Parameter für den Beginn der Herzdruckmassage verwendet. Als Messwert für den Stillstand der zerebralen Blutzirkulation stellt die Hands-Off-Zeit einen wichtigen Faktor für die Überlebenschancen dar. Lange Unterbrechungen bedeuten demnach sinkende Überlebenschancen und weniger Reanimationserfolg [27].

Zusätzlich erfasst diese Studie mithilfe eines Fragebogens, inwieweit sich ein kurzes Einweisungs-Video mit abschließendem Übungsabschnitt hinsichtlich der Effektivität und Didaktik zur Geräteeinweisung eignet. Die Selbsteinschätzung bezüglich der Qualität der Herzdruckmassage, der Beatmung mit Beutel-Maske sowie mit dem Medumat Easy CPR, und die Bedienbarkeit des MEC werden ebenfalls mit den Fragebögen erfasst.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1 Übersicht und Gegenstand der Studie**

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine prospektive und randomisierte Simulationsstudie.

Das Studiendesign wurde durch die Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel erstellt. Bei der Planung der Studie hatte die Firma Weinmann eine beratende Funktion. Im Rahmen eines Crossover-Designs durchliefen zwei Probandengruppen sowohl ein Basic-Life-Support(BLS)-Szenario mit Beutel-Maskenbeatmung (Kontroll-Gruppe) als auch ein BLS-Szenario mit dem Medumat Easy CPR (siehe 1.2.1 Medumat Easy CPR).

#### **2.1.1 Einschlusskriterien**

Voraussetzung zur Teilnahme an dieser Studie war die Berufsbezeichnung als Rettungsassistent oder Rettungssanitäter. Jeder Teilnehmer stimmte vor der Durchführung der Studie zu, seine angegebenen Daten auf den Fragebögen (siehe 2.2.5 Fragebögen und 7.2 Fragebögen; Anhänge) sowie die zugehörig erhobenen Reanimationsdaten in der Studie zur anonymisierten Auswertung und statistischen Nutzung zur Verfügung zu stellen.

#### **2.1.2 Ausschlusskriterien**

Von der Studie ausgeschlossen wurden Ärzte und Personen mit der Fachqualifikation für Intensiv- bzw. Anästhesiefachpflegekraft. Außerdem führte jegliche zuvor erlernte praktische Erfahrung mit dem Medumat Easy CPR zum Ausschluss von der Studie.

### **2.2 Messwerte**

Die folgenden untersuchten Messwerte orientieren sich an den Basic-Life-Support ERC-Guidelines des Jahres 2010/ 2015 [22, 28].

Als Messwerte für diese Arbeit wurden die Parameter Thoraxkompression, Hands-Off-Zeit, Ventilation, Latenzzeit und die Daten aus den Fragebögen herangezogen.

Diese Größen werden in dieser Studie zum Vergleich der Beutel-Maskenbeatmung und des Medumat Easy CPR angewendet.

### **2.2.1 Thoraxkompression**

Anhand der gemessenen Kompressionsrate, Kompressionstiefe, der falschen Druckposition, der fehlenden Entlastung bei der Herzdruckmassage und der Hands-Off-Zeit wurden Rückschlüsse auf die Qualität der Herzdruckmassage gemacht.

Eine ausreichende Kompressionsrate der Herzdruckmassage wurden mit 100- 120 Thoraxkompressionen pro Minute definiert. Der Zielbereich der Kompressionstiefe der Herzdruckmassage betrug 50-60 mm. Der Druckpunkt der Thoraxkompression befand sich gemäß der ERC-Guidelines 2010 auf der unteren Hälfte des Sternums. Es wurde mit dem Handballen gedrückt werden. Das zeitliche Verhältnis zwischen Kompression und Dekompression sollte 1:1 betragen [22].

### **2.2.2 Hands-Off-Zeit**

Die Hands-Off-Zeit ist definiert als die Zeit zwischen der letzten Kompression eines 30:2 Zyklus und der ersten Kompression des nächsten Zyklus. In dieser Zeit gab der Helfer, der sich am Kopf des Reanimationsphantoms befand, zwei Beatmungshübe ab. Es fand dabei keine Thoraxkompression statt. Der Helfer, der für die Kompression des Thorax zuständig war, durfte seine Hände während der Beatmung auf dem Druckpunkt am Thorax liegen lassen. Die Hands-Off-Zeit soll laut Leitlinien nicht mehr als fünf Sekunden überschreiten [22]. Der Wechsel zwischen der für die Beatmung und der für die Herzdruckmassage zuständigen Person nach jeweils zwei Minuten wurde ebenfalls im Rahmen der Hands-Off-Zeit erfasst.

### **2.2.3 Ventilation**

Der Beatmungserfolg wurde anhand folgender Parameter gemessen: dem Tidalvolumen, dem aus der Beatmungsfrequenz und Tidalvolumen berechnetem Atemminutenvolumen (AMV), der Inspirationszeit und bei den Beatmungen eventuell entstandenen Magenblähungen.

Der Bereich für das zu erreichende Tidalvolumen pro abgegebene Beatmung wurde auf 450-600 ml (6–7 ml/kgKG) festgelegt. Je nach Kompressionsrate ergab sich eine Beatmungsfrequenz von 4-6 Beatmungen pro Minute. Bezogen auf das

Atemminutenvolumen bedeutete das Sollwerte zwischen 1,8 und 3,6 Liter pro Minute.

Die gemessene Inspirationszeit wurde festgelegt als Zeitraum zwischen dem Start der Inspiration und Beginn der Expiration. Als Zielwert sollte die Inspirationszeit eine Sekunde betragen. Für zwei Beatmungshübe sollten maximal 5 Sekunden aufgewendet werden [22] .

Wenn bei der Ventilation ein Beatmungsdruckwert von mehr als 30 cmWS (H<sub>2</sub>O) überschritten wurde, wurde dies von der Software als Magenblähung registriert (siehe 2.3.2 Reanimationsphantom und Software).

#### **2.2.4 Latenzzeit**

Als Latenzzeit wurde die Zeit definiert, die das Team vom Starten der Messung auf dem Computer bis hin zur ersten Thoraxkompression benötigte. Die Messung startete nach Ansage des Messleiters. Die Probanden befanden sich zu diesem Zeitpunkt an der Tür des jeweiligen Messraumes und somit in gleichem Abstand zum Manikin. Dadurch wurde eine Vergleichbarkeit der Messräume (siehe 2.4.2 Aufbau) gewährleistet. Die Latenzzeit beinhaltet das kurze simulierte Prüfen der Vitalparameter (siehe 2.4.3 Ablauf) und das Öffnen des Reißverschlusses der Jacke des Manikins (siehe 2.3.2 Reanimationsphantom und Software). Im Rahmen des Simulationsszenarios mit dem Medumat Easy CPR wurde auch die Vorbereitung und das Einschalten und Vornehmen der Einstellungen (siehe 1.2.1 Medumat Easy CPR und 2.4.3 Ablauf) an dem Gerät mit in die Latenzzeit eingeschlossen.

#### **2.2.5 Fragebögen**

Die für die Studie verwendeten Fragebögen bestanden aus drei unterschiedlichen Teilen (Videofragebogen, Fragebogen zur Person, Evaluierungsfragebogen (siehe 7.2 Fragebögen; Anhänge)). Alle Fragen wurden mit den Schulnoten 1 bis 6 bewertet.

Der Videofragebogen zum Einweisungsvideo des Medumat Easy CPR erfragte sowohl Verständlichkeit, Darstellung und Aufmachung des Videos als auch die durch das Video vermittelte Bediensicherheit des Gerätes.

Der Personenfragebogen erfasste Angaben zur Person (Alter, Geschlecht, Berufserfahrung, Ausbildung).



Der Evaluierungsfragebogen beinhaltete allgemeine Fragen zur Beurteilung und Selbsteinschätzung der eigenen Reanimationsleistung der Herzdruckmassage beider Szenarien, zur konventionellen Beutel-Masken-Beatmung sowie zur Beatmung und Handhabung des Medumat Easy CPR.

## **2.3 Verwendete Geräte**

Mit Hilfe folgender Geräte wurden die Messungen durchgeführt und die Daten erfasst: Beatmungsmaske/-beutel, der Medumat Easy CPR, Manikin mit dazugehöriger Computersoftware.

### **2.3.1 Beatmungsmaske/-beutel**

Zur Beatmung der Reanimationspuppe wurden identische Beatmungsmasken benutzt. Sowohl beim Beutel-Masken-Beatmen als auch beim Einsatz des Medumat Easy CPR wurde eine Silikon-Maske der Firma Laerdal verwendet (Laerdal Adult Mask 4-5+, Laerdal, Puchheim, Deutschland).

Der für die Beutel-Maskenbeatmung verwendete Beatmungsbeutel, welcher ein maximales Volumen von 1300 ml besitzt, stammte von der Firma Ambu (Ambu Mark III, Ambu, Bad Nauheim, Deutschland).

### **2.3.2 Reanimationsphantom und Software**

Das für die Messungen verwendete Reanimationsphantom (Manikin) war der Ambu Mini MegaCode Trainer (Ambu, Bad Nauheim, Deutschland). Alle in dem Manikin vorinstallierten Werkseinstellungen und Sensoren waren gemäß den ERC-Leitlinien 2010 konform. Das Manikin und die zugehörige Computer-Software ermöglichten das exakte Erfassen und Messen folgender Punkte: die Frequenz der Thoraxkompressionen, die Drucktiefe in den Thorax, die Druckposition auf dem Brustbein, Magenblähungen, Hands-Off-Zeit sowie das Verhältnis von Kompression und Dekompression des Thorax. Zur Bestimmung der Magenblähungen diente ein integriertes Magenventil, welches sich automatisch ab einem Beatmungsdruck von über 30 +/- 1 cmWS öffnete und eine Mageninsufflation in der Software registrierte.

Zur realistischeren Darstellung des Szenarios trug die Puppe eine Trainingsjacke, die zum Durchführen der Herzlungenwiederbelebung über einen Reißverschluss an der Vorderseite der Puppe geöffnet werden musste. Ein für Trainingszwecke verfügbares

Anzeigeeinstrument für die Drucktiefe der Herzdruckmassage sowie für das Beatmungsvolumen, welches sich am Fußende der Puppe befindet, wurde in dieser Studie verdeckt und nicht verwendet.

Für die Erfassung, Speicherung und Messung der oben genannten Punkte wurde die Software Ambu CPR Software Version 3.1.1 (Ambu, Bad Nauheim, Deutschland) genutzt.

Das durchgeführte Reanimationsszenario wurde in der Software in Form von zwei Graphen dargestellt. Der obere Graph zeigt das Beatmungsvolumen (Ordinate), der untere die Drucktiefe der Herzdruckmassage (Ordinate) an. Die Abszissen wurden durch die Zeit abgebildet. Jeder Peak im Graphen stand für das erreichte Maximum der jeweiligen Größe und Zeiteinheit.

Jedes Szenario wurde separat gespeichert und jedem Team zugeordnet. Zum Auswerten jedes einzelnen Reanimationsszenarios konnte die entsprechende gespeicherte Session als Graph und Tabelle geladen werden.

## **2.4 Datenerhebung**

### **2.4.1 Vorbereitung**

Im Rahmen einer Jahresfortbildung der Rettungsdienstschule der Feuerwehr Dortmund wurde diese Studie durchgeführt. Dazu stimmte die Leitung der Rettungsdienstschule Dortmund schriftlich zu und bestätigte die Unbedenklichkeit des Personalrates (siehe 7.1 Unbedenklichkeitsbescheinigung der Feuerwehr Dortmund).

Die Messungen der Studie fanden in einem Zeitraum von drei Monaten statt.

Die Reanimationsszenarien wurden in Zwei-Helfer-Teams durchgeführt.

An den Tagen der Messungen wurden diese Zweier-Teams mit Hilfe des Lotterieverfahrens randomisiert. Hierfür wurden die Zahlen 1- 34 zweifach auf Zettel niedergeschrieben. Die Zettel wurden gefaltem und durchmischt. Daraufhin zog jeder Proband einen Zettel. Die beiden Probanden, welche die gleiche Zahl gezogen hatten, bildeten ein Zweier-Team. Jedes dieser Zwei-Helfer-Teams wurde auf einen der zwei Messräume verteilt.

Um einen Reihenfolgeeffekt auszuschließen, durchliefen alle Teams im Rahmen eines Crossover-Designs beide Szenarien (siehe 2.4.3 Ablauf).

## 2.4.2 Aufbau

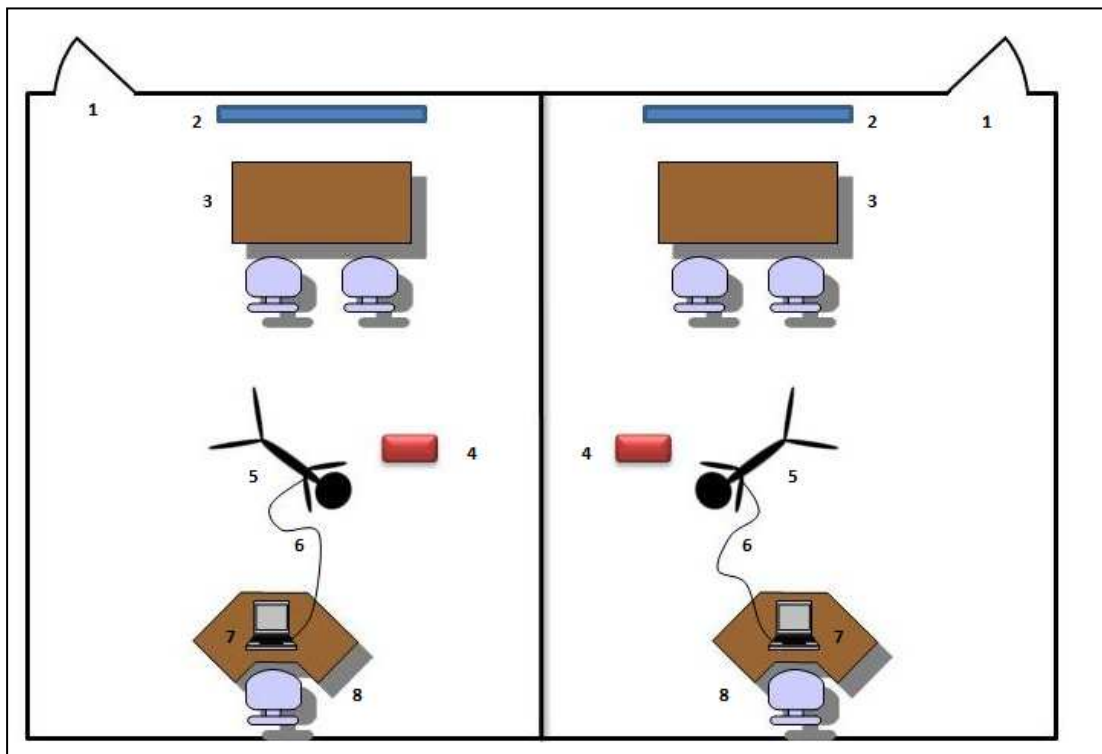
Beide Szenarien wurden in einem Messraum durchlaufen, sodass die Teams den Raum nicht wechseln mussten.

Die beiden Messräume waren identisch aufgebaut.

Für die Messung wurde das Manikin (Ambu Mini MegaCode Trainer) auf dem Boden platziert. Die zu testenden Geräte (Maske-Beutel oder Medumat Easy CPR) lagen am Kopf der Puppe platziert.

Es war den Probanden zu keiner Zeit möglich den Bildschirm des Messcomputers zu sehen.

Der Abstand zwischen Tür und Manikin war in allen Szenarien gleich.



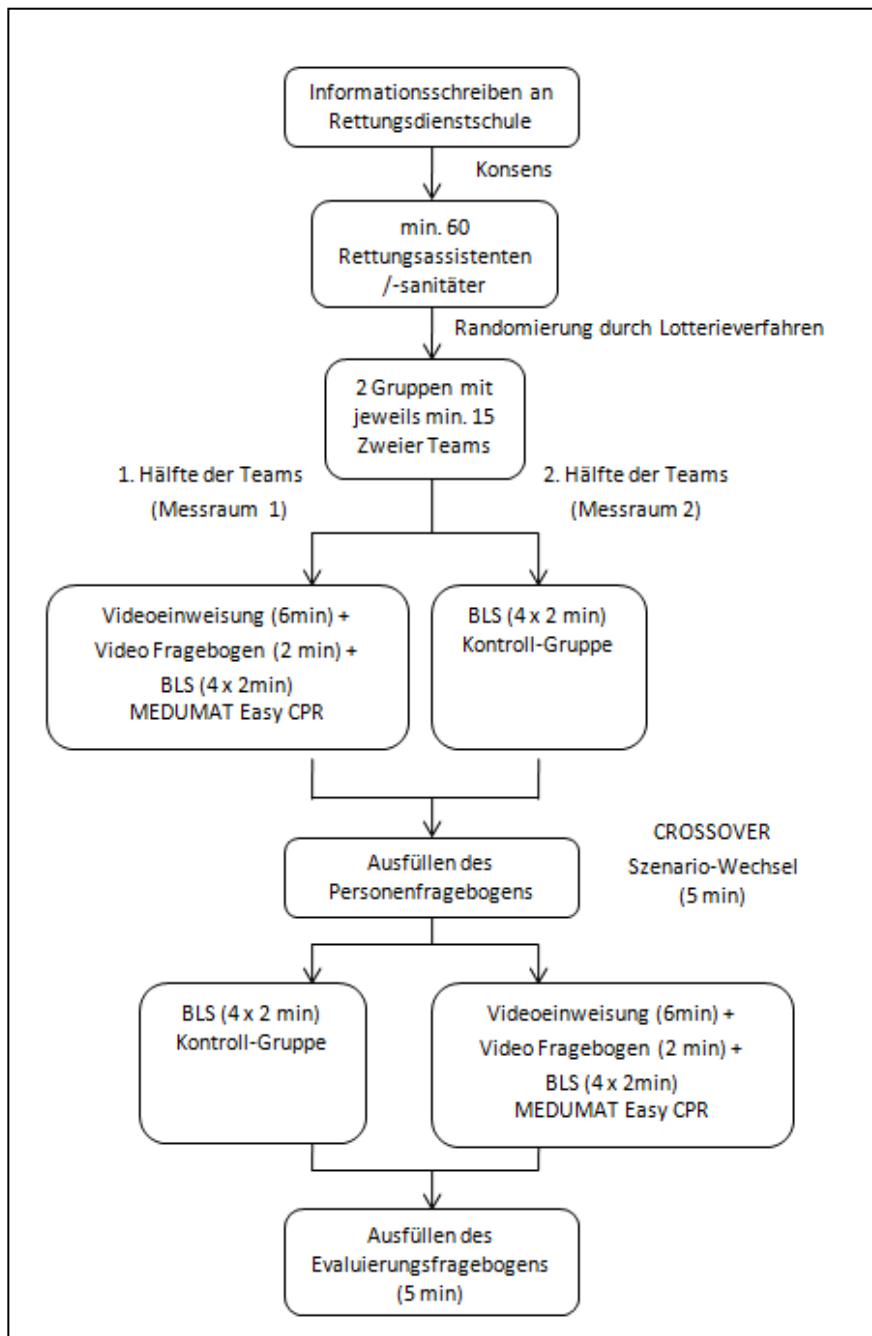
**Abbildung 2:** Aufbau der Messräume (Messraum 1 und 2); (1) Tür, (2) Videoleinwand, (3) Tisch zum Schauen des Videos und Bearbeiten der Fragebögen, (4) Medumat Easy CPR od. Beatmungsbeutel/-maske, (5) Manikin, (6) Verbindungskabel, (7) Computer, (8) Tisch des Messleiters

## 2.4.3 Ablauf

Die Zweier-Teams betraten zeitgleich jeweils den Messraum 1 und Messraum 2.

Der Proband, der als erster den Messraum betrat (Person 1), begann in beiden Szenarien zunächst mit der Herzdruckmassage. Der andere Proband (Person 2) war demnach zunächst für die Abgabe der Beatmungshübe zuständig.

Der weitere Ablauf wird nachfolgend exemplarisch für Messraum 1 beschrieben.



**Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung des Studienaufbaus und des Ablaufs der Messung**

Bevor die Testpersonen die BLS-Simulation mit dem Medumat Easy CPR beginnen konnten, erhielt jedes Paar eine 6-minütige Videoeinweisung für das Gerät. Die Bedienung des Gerätes wurde den Teilnehmern im Rahmen der Studie erstmalig gezeigt. Die letzten zwei Minuten des Videos ermöglichten jedem Probanden das An- und Einstellen des Gerätes sowie die Auslösung der Beatmungen zu üben. Nach

einer Minute wurde innerhalb des Teams gewechselt. Anschließend wurden den Probanden die Videofragebögen zum Einweisungsvideo ausgeteilt (siehe 2.2.5 Fragebögen). Für das Ausfüllen standen den Probanden zwei Minuten zur Verfügung.

Beide Probanden mussten für den Start der Messung direkt an der Tür des Raumes stehen (siehe Abbildung 2: Aufbau der Messräume). Der Instrukteur forderte das Team auf, mit dem Szenario zu beginnen und startete gleichzeitig am Computer die Aufzeichnung der Reanimationsleistung und somit auch die Zeitmessung.

Eine ERC- Leitlinien 2010/ 2015 [22, 28] konforme Vitalparameter-Prüfung wurde bei Erreichen der Puppe durchgeführt. Dabei wurde das Manikin angesprochen, es wurde ein Schmerzreiz gesetzt und die Atmung nicht länger als 10 Sekunden überprüft.

Während Person 2 dazu angehalten war sofort den Medumat Easy CPR anzuschalten, öffnete Person 1 die Jacke des Manikins. Person 2 nahm alle sprachlich vom Gerät geforderten Einstellungen (siehe 1.2.1 Medumat Easy CPR) vor und es wurde mit der Herzdruckmassage begonnen. Dabei wurde darauf geachtet, dass erst mit der Herzdruckmassage begonnen wurde, nachdem der Sprachhinweis des Gerätes dafür gegeben war. Der Drehknopf für die Beatmungsvolumeneinstellungen stand vor Beginn der Messung auf Minimum und musste aktiv von dem Probanden auf das gewünschte Volumen reguliert werden. Im Einweisungsvideo wurde für die Einstellung des Tidalvolumens von 500 ml vorgegeben. Für die weitere Bedienung und Einstellung des Medumat Easy CPR wurden die Sprachanweisungen des Gerätes befolgt. Missachtung der geforderten Einstellungen wie z.B. das Nicht-Aktivieren des CPR-Modus oder der Auswahl eines falschen Druckpunktes bei der Herzdruckmassage wurde vom Instrukteur nicht korrigiert.

Während der gesamten Messung kündigte dieser lediglich den Wechsel zwischen den Probanden jeweils nach zwei Minuten bzw. fünf Zyklen an.

Ein Zyklus bestand aus einem Algorithmus von 30 Thoraxkompressionen zu zwei Beatmungen (30:2). Durch das Studiendesign war im Voraus festgelegt, dass nach fünf dieser Zyklen ein Wechsel der Positionen der beiden Probanden stattzufinden hat. Fünf Zyklen dauerten ca. zwei Minuten. So führte Person 1 fünf Zyklen lang die Thoraxkompressionen durch und Person 2 fünf Zyklen lang die Beatmung. Anschließend übernahm Person 1 für fünf Zyklen die Beatmung und Person 2 die

Thoraxkompression. Dieser Ablauf wurde noch einmal wiederholt, so dass insgesamt jeder Proband zehn Zyklen beatmete und zehn Zyklen die Thoraxkompressionen durchführte. Jedes Teammitglied hatte pro BLS-Simulation 20 Beatmungen abzugeben. Im Rahmen des Medumat Easy CPR Szenarios wurde die Maske mit Hilfe eines doppelten C-Griffs auf dem Gesicht des Manikins fixiert, wohingegen bei der konventionellen Beutel- Maskenbeatmung ein einfacher C-Griff angewendet wurde. Die Länge eines Basic-Life-Support-Szenarios definierte sich nach der Anzahl von 20 CPR- Zyklen (4x 5 Zyklen à 2 Minuten).

Die Messung wurde nach der letzten Expiration durch den Instrukteur beendet. Im Anschluss daran erhielten die Testpersonen den Personenfragebogen, wobei fünf Minuten zum Ausfüllen vorgesehen waren.

In dieser Zeit wechselte der Instrukteur den Medumat Easy CPR gegen einen Beatmungsbeutel mit Beatmungsmaske aus. Die Jacke des Manikins wurde wieder geschlossen. Der restliche Aufbau blieb identisch zum vorherigen Szenario.

Nachfolgend wurde die Messung auf gleiche Weise mit der Masken-Beutelbeatmung wiederholt. Nachdem auch im Beutel-Masken-Szenario 4x 5 Zyklen à 2 Minuten durchgeführt waren, wurde die Messung durch den Messleiter gestoppt.

Im Gegensatz zum Medumat Easy CPR-Szenario, in dem das Team dazu angehalten war, den Sprachhinweisen des Gerätes zu folgen, sollten die Probanden im Beutel-Masken-Szenario nach Vitalparameter-Check direkt mit den Reanimationsmaßnahmen beginnen.

Im Anschluss erhielten beide Probanden den Evaluierungsfragebogen. Zum Ausfüllen standen ihnen 5 Minuten zur Verfügung. Mit Abgabe des Fragebogens verließ das Team zusammen den Raum.

Im Rahmen der Messungstage wurde strikt darauf geachtet, dass diejenigen Probanden, welche die Szenarien bereits durchlaufen hatten, keinen Kontakt zu denjenigen hatten, welche die Szenarien noch durchlaufen würden.

In Messraum 2 wurden die Messungen mit dem Unterschied durchgeführt, dass hier zuerst das Beutel-Masken-Szenario und anschließend das Szenario mit Medumat Easy CPR durchgeführt wurde (siehe Abbildung 3).

## 2.5 Datenauswertung

Die gemessenen Daten wurden von der Computer-Software (siehe 2.3.2 Reanimationsphantom und Software) ausgewertet. Dabei wurde das Atemminutenvolumen, die Beatmungsfrequenz, das Tidalvolumen, die Thoraxkompressionsfrequenz sowie die Kompressionstiefe als Durchschnittswert pro Szenario automatisch berechnet und angegeben.

Alle durchgeführten Kompressionen, Beatmungen sowie eventuell dabei aufgetretenen Magenblähungen wurden von der Software gezählt und als absolute Zahl aufgeführt. Kompressionen und Ventilationen, die den vorgegebenen Referenzbereich (siehe 2.2 Messwerte) nicht erreicht haben, wurden ebenfalls in die Analyse eingeschlossen. Außerdem wurde als „Pausen zwischen zwei Kompressionszyklen“ die entstandenen Hands-Off-Zeiten gemessen (siehe 2.2.2 Hands-Off-Zeit). Falsche Druckpositionen und fehlenden Entlastungen bei der Thoraxkompression sind ebenso als absolute Zahl angegeben worden.

Alle vom Programm automatisch gezählten Beatmungen sowie Hands-Off-Zeiten wurden manuell nachgezählt und in den Graphen (siehe 2.3.2 Reanimationsphantom und Software) abgemessen und gegebenenfalls korrigiert.

Des Weiteren vermerkte die Software jede Kompression bezüglich ihrer Kompressionstiefe und teilte jede Thoraxkompression in „OK“, „tief“, oder „oberflächlich“ ein. Diese Einteilung bezog sich auf den zuvor aus den ERC-Richtlinien 2010/ 2015 [22, 28] festgelegten Bereich von 50-60 mm Kompressionstiefe. Die in die drei Kategorien eingeordneten Häufigkeitswerte wurden vom Programm als absolute Zahlen angegeben.

Die Tidalvolumina wurden in „OK“, „hoch“ oder „niedrig“ eingeteilt. Diese Einordnung orientierte sich an dem in den Messwerten festgelegten Bereich von 450-600 ml (6–7 ml/kgKG) pro abgegebene Beatmung (siehe 2.2.3 Ventilation). Die in die drei Einteilungen eingeordneten Häufigkeitswerte wurden ebenfalls vom Programm als absolute Zahlen angegeben.

Da das Aufzeichnen der Messung den Anfang des Szenarios kennzeichnete, wurde die Latenzzeit manuell abgemessen. Dies entsprach der Zeit zwischen dem Beginn der Aufzeichnung der Graphen (Start der Messung) und dem Anfang der ersten abgebildeten Thoraxkompression.

Alle in den Fragebögen beantworteten Fragen wurden manuell ausgezählt.

Die ausgewerteten Fragen und deren Verteilung nach Schulnoten wurden in Form

von einer Tabelle als Prozentzahlen angegeben (siehe Tabelle 4).

## **2.6 Statistische Analyse**

Alle untersuchten Messwerte sind quantitativ stetige und gepaarte Variablen. Für die deskriptive Darstellung dieser Werte wurde der Wilcoxon-Rangsummen-Test verwendet. Die Ergebnisse wurden mit einem Konfidenzintervall von 95% dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde auf 5% festgelegt. P-Werte von  $p \leq 0,05$  wurden somit als statistisch signifikant definiert.

Die Daten der Fragebögen wurden mittels Häufigkeitsberechnungen analysiert.

Alle statistischen Berechnungen wurden mit dem Programm IBM SPSS Statistics Version 20 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) durchgeführt.

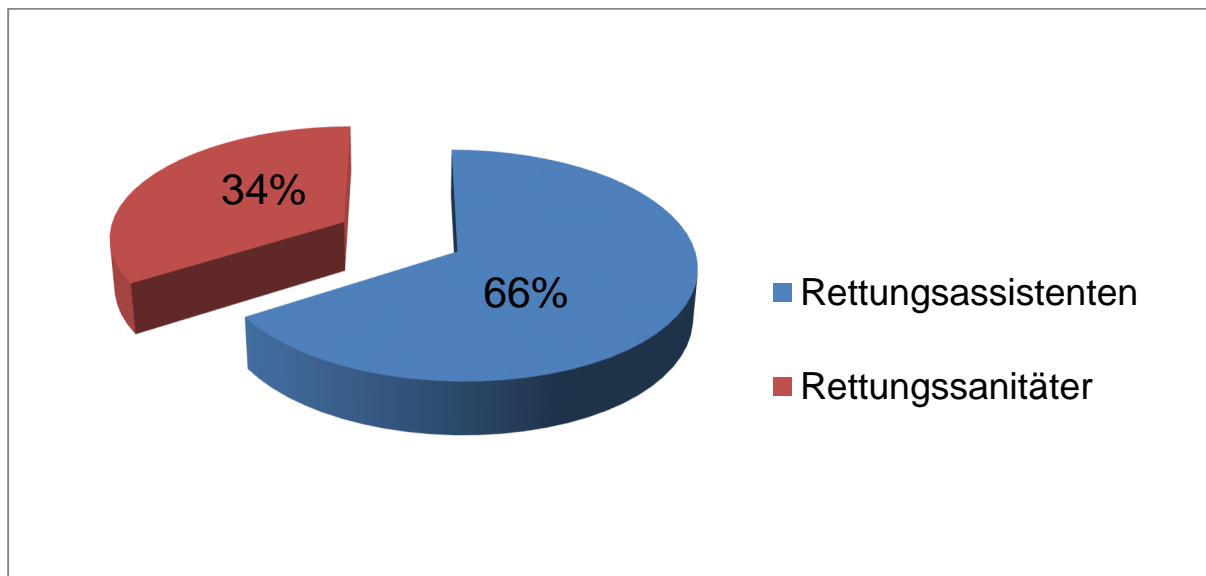


### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Studienpopulation

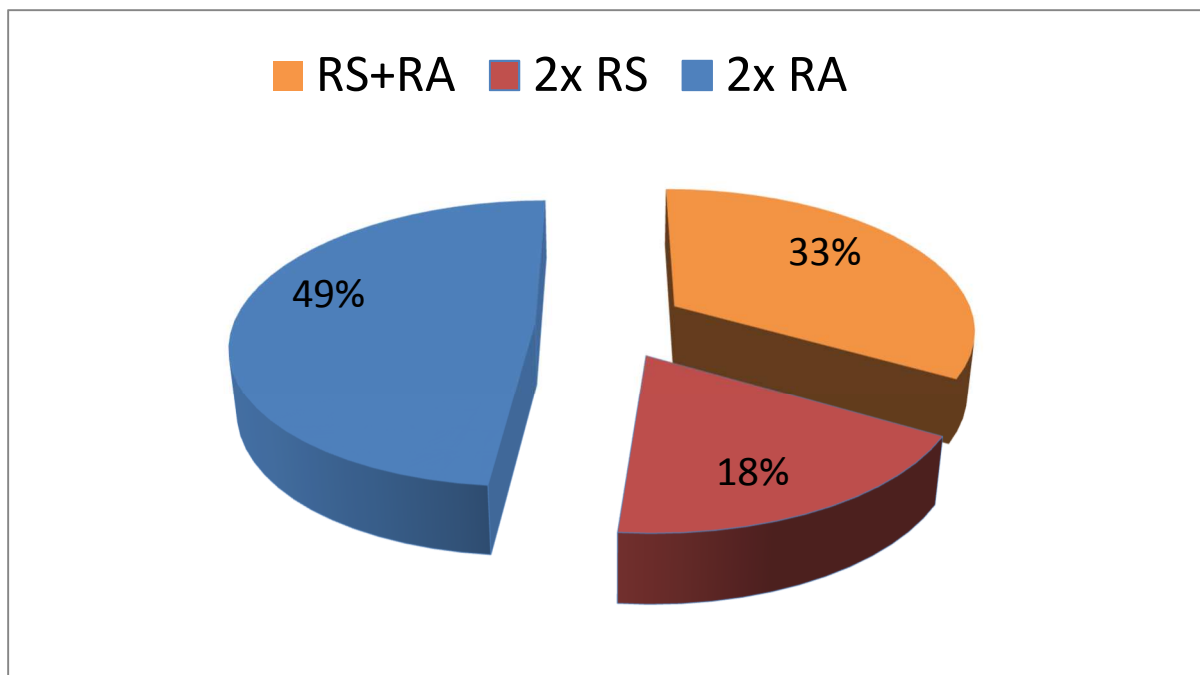
An dieser Studie nahmen 68 Rettungssanitäter/-assistenten als Probanden teil. Nach Auswertung der Fragebögen wurden zwei der Probanden aus der Studie ausgeschlossen. Ein Proband aufgrund einer abgeschlossenen ärztlichen Ausbildung. Das Nicht-Einreichen der Fragebögen eines anderen Probanden führte ebenfalls zum Ausschluss von der Studie.

In die untersuchte Probandengruppe von 66 Teilnehmern wurden sowohl Rettungssanitäter als auch Rettungsassistenten eingeschlossen. 44 Probanden (66%) waren dabei Rettungsassistenten. 22 Teilnehmer (34%) hatten eine Ausbildung als Rettungssanitäter inne. (siehe Abbildung 4)



**Abbildung 4:** Prozentuale Verteilung der Studienteilnehmer nach ihrem Ausbildungsstand

Von den 33 Zwei-Helfer-Teams konnten bezogen auf den Ausbildungsstand (Rettungsassistent und/oder Rettungssanitäter) drei mögliche Kombinationen entstehen. So hatten 11 Teams (33%) die Kombination aus Rettungsassistent und Rettungssanitäter, 6 Teams bestanden nur aus Rettungssanitätern (18%) und 16 Teams aus nur Rettungsassistenten (49%).



**Abbildung 5:** Prozentuale Verteilung der Team-Zusammensetzungen; RS= Rettungssanitäter, RA= Rettungsassistent

Das Durchschnittsalter der Probanden betrug im Mittel  $32,9 \pm 7,6$  Jahre (Minimum: 21 Jahre, Maximum: 56 Jahre).

61 der Teilnehmer waren männlich (94%) und 5 weiblich (6%).

Die durchschnittliche Berufserfahrung der Probanden lag bei  $7,3 \pm 6,7$  Jahren (Minimum: 4,3 Wochen; Maximum: 28 Jahre).

	Einheit	Mittelwert (SD)
<b>Berufserfahrung</b>	Jahre	7,3 (6,7)
<b>Alter</b>	Jahre	32,9 (7,6)

**Tabelle 1:** Berufserfahrung und Alter der Studienteilnehmer

### 3.2 Beobachtete Messwerte

Alle in der Studie untersuchten Messwerte wurden als eine Team-Arbeit bewertet und analysiert, da die Leistungen jedes einzelnen Team-Mitglieds nicht unabhängig voneinander durchgeführt wurden. Die erhobenen Mittelwerte der einzelnen Parameter wurden pro Szenario von der Computer-Software (siehe 2.3.2 Reanimationsphantom und Software) als Gesamtleistung berechnet.

Es wurden alle Messwerte (siehe 2.2 Messwerte) zwischen dem Medumat Easy CPR und der konventionellen Beutel-Maskenbeatmung verglichen.

Alle untersuchten Parameter der beobachteten Messwerte, außer den Fragebögen, sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

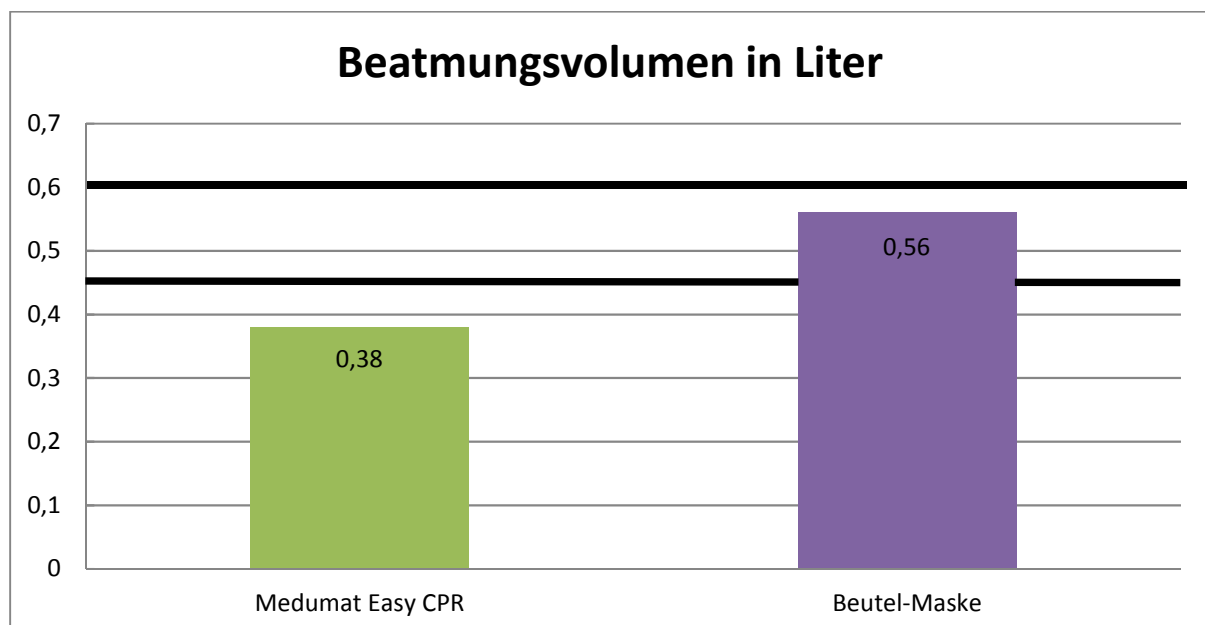
	<b>Einheit</b>	<b>Medumat Easy CPR</b>	<b>Konventionell Beutel-Maske</b>	<b>p-Wert</b>	<b>Test-Verfahren</b>
<b><u>Ventilation</u></b>					
<b>AMV MW (SD)</b>	l/min	1,7 (0,3)	3,2 (0,7)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Beatmungsvolumen MW (SD)</b>	l	0,38 (0,05)	0,56 (0,1)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Volumen OK MW (SD)</b>	%	25 (18)	41 (20)	0,004	Wilcoxon
<b>Volumen niedrig MW (SD)</b>	%	74 (18)	25 (19)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Volumen hoch MW (SD)</b>	%	0 (0)	34 (27)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Atemfrequenz AF MW (SD)</b>	/min	4,7 (0,4)	5,9 (0,4)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Inspirationszeit MW (SD)</b>	sec	0,9 (0,2)	0,7 (0,1)	p<0,001	gepaarter T-Test
<b>Magenüberblähungen MW (SD)</b>	%	0,08 (0,5)	6,9 (13,9)	0,003	Wilcoxon
<b><u>Herzdruckmassage</u></b>					
<b>Kompressionsfrequenz MW (SD)</b>	/min	101 (5)	117 (8)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Drucktiefe Durchschnitt MW (SD)</b>	mm	62 (7)	62 (7)	0,381	Wilcoxon
<b>Drucktiefe OK MW (SD)</b>	%	23 (23)	25 (24)	0,627	Wilcoxon
<b>Drucktiefe oberfl. MW (SD)</b>	%	8 (17)	7 (15)	0,470	Wilcoxon

<b>Drucktiefe tief MW (SD)</b>	%	69 (30)	67 (33)	0,322	Wilcoxon
<b>Falsche Druckposition MW (SD)</b>	%	3 (7)	3 (9)	0,722	Wilcoxon
<b>Fehlende Entlastungen MW (SD)</b>	%	19 (21)	13 (16)	0,009	Wilcoxon
<b>Hands-Off-Zeit (SD)</b>	<b>MW</b> sec	6,1 (0,5)	4,7 (0,7)	p< 0,001	Wilcoxon
<b>Latenzzeit MW (SD)</b>	sec	24,5 (4,5)	14,0 (3,8)	p< 0,001	Wilcoxon

**Tabelle 2:** Vergleich der erreichten Messwerte zwischen dem Medumat Easy CPR und des konventionellen Beutel-Masken-Szenarios

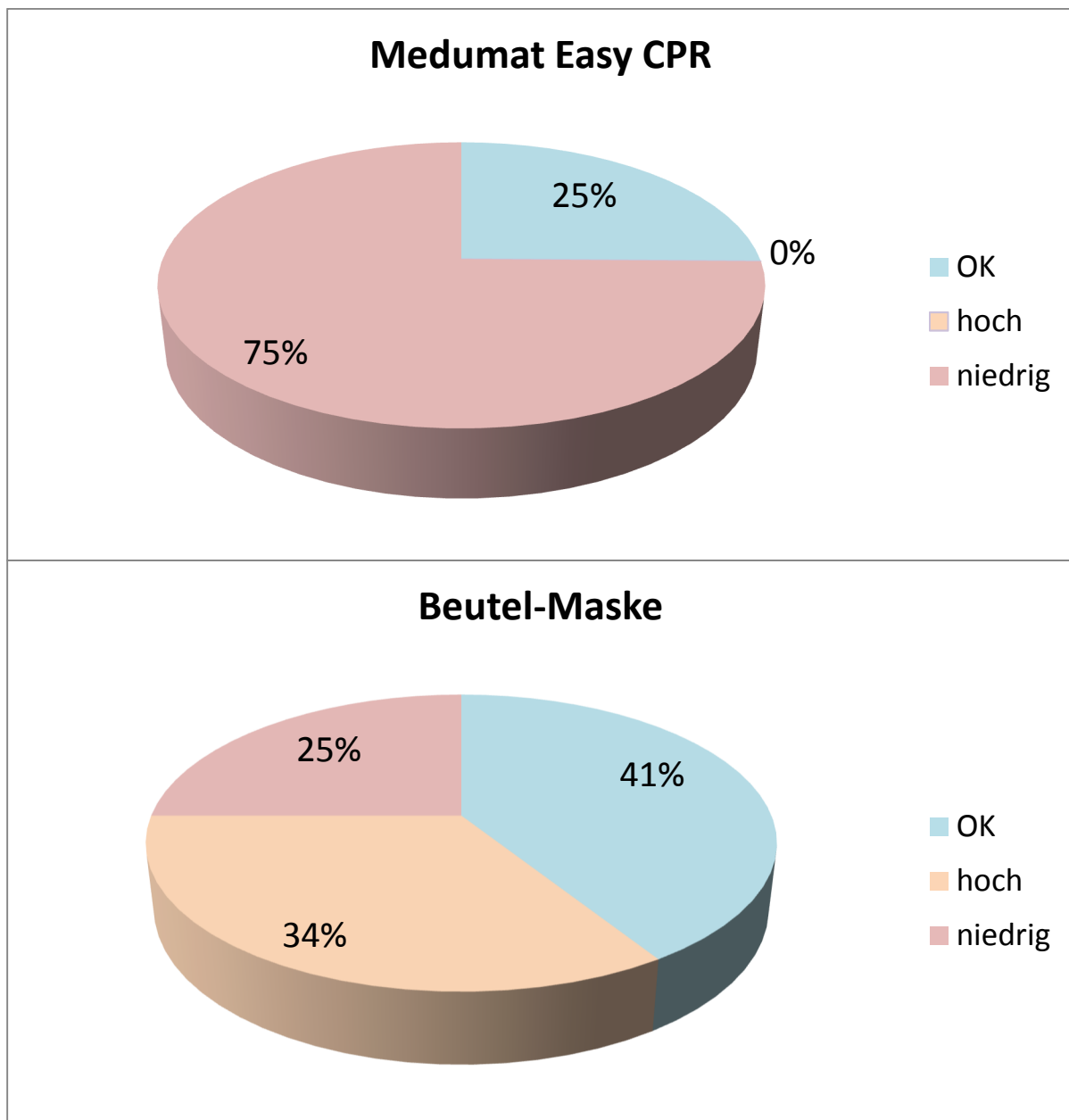
### 3.2.1 Vergleich der Beatmung

Bei der Durchführung der Beutel-Maskenbeatmung wurden im Vergleich zum Medumat Easy CPR durchschnittlich höhere Beatmungsvolumina erreicht. Während bei der Beutel-Maskenbeatmung im Mittel  $560 \pm 100$  ml abgegeben wurden, erreichten die Probanden mit dem Medumat Easy CPR durchschnittlich  $380 \pm 50$  ml ( $p < 0,001$ ).



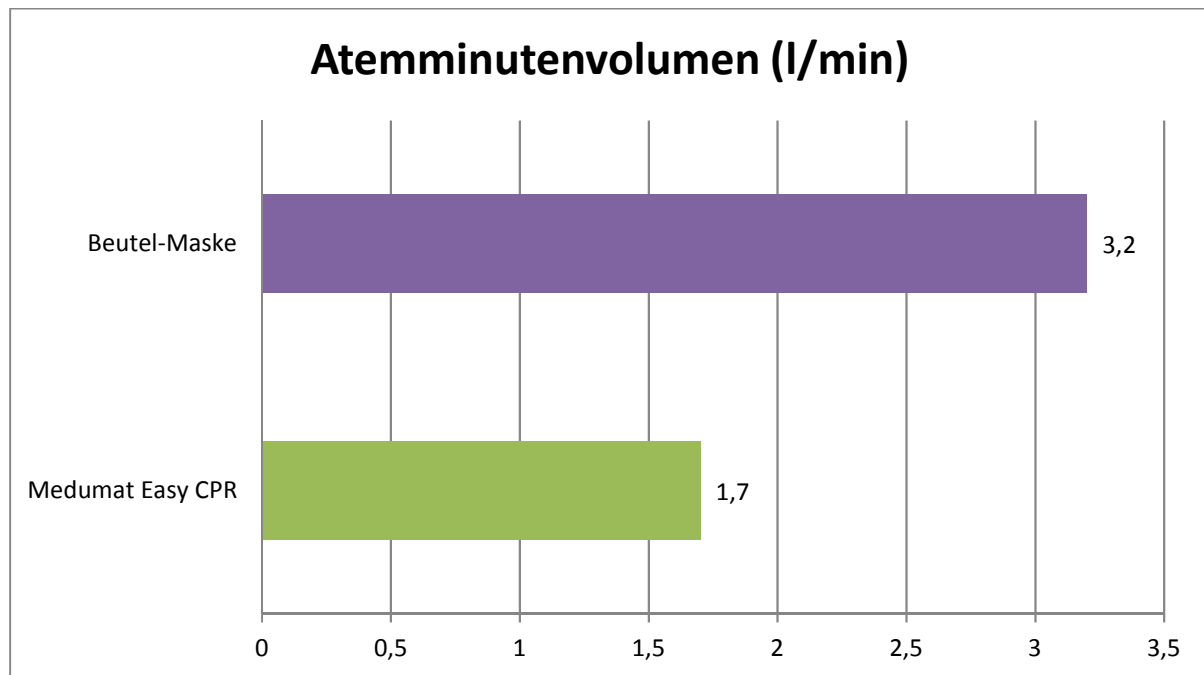
**Abbildung 6:** Vergleich der durchschnittlich erreichten Beatmungsvolumina zwischen Medumat Easy CPR und Beutel-Maskenbeatmung. Der Bereich zwischen den beiden dickeren Linien stellt den Referenzbereich dar (450-600ml).

Durchschnittlich waren 41% der Tidalvolumina der Beutel-Maskenbeatmung „OK“, d.h. im festgelegten Bereich von 450-600 ml (siehe 2.2.3 Ventilation) pro abgegebener Ventilation. Dahingegen waren 25% der im MEC-Szenario abgegebenen Beatmungen im Referenzbereich ( $p=0,004$ ). 75% aller Beatmungsvolumina mit dem Medumat Easy CPR und 25% mit der Beutel-Maskenbeatmung waren niedriger als der Referenzbereich ( $p<0,001$ ). Als höher gemessene Beatmungsvolumina wurden durchschnittlich 0% mit dem Medumat und 34% mit Beutel-Maske registriert ( $p<0,001$ ).



**Abbildung 7:** Prozentuale Einteilung der Beatmungsvolumina in drei Kategorien (OK, hoch, niedrig) aller Beatmungen im Vergleich zwischen Medumat Easy CPR und Beutel-Maskenbeatmung. Der festgelegte Referenzbereich des Tidalvolumens betrug 450-600ml (OK).

Die durchschnittliche Atemfrequenz betrug bei der Beutel-Maskenbeatmung  $5,9 \pm 0,4$  Beatmungen pro Minute. Bei Benutzung des Medumat wurden  $4,7 \pm 0,4$  Beatmungen pro Minute ( $p < 0,001$ ) gemessen. Das Atemminutenvolumen, berechnet aus dem Tidalvolumen und der Atemfrequenz, fiel mit dem Medumat Easy CPR geringer als mit der Beutel-Maskenbeatmung aus. Die Messung ergab bei der Kontrollgruppe im Mittel  $3,2 \pm 0,7$  l/min und beim Medumat  $1,7 \pm 0,3$  l/min ( $p < 0,001$ ).



**Abbildung 8:** Vergleich der durchschnittlich erreichten Atemminutenvolumina zwischen Medumat Easy CPR und Beutel-Maskenbeatmung

Die Inspirationszeit der Szenarien mit MEC war im Durchschnitt 0,2 Sekunden signifikant länger als im Kontroll-Szenario (MEC:  $0,9 \pm 0,2$  sec; Beutel-Maske:  $0,7 \pm 0,1$  sec;  $p < 0,001$ ).

Entstandene Magenblähungen kamen bei Benutzung des Beatmungsbeutels bei 6,9% aller Ventilationen vor. Mit Einsatz des MEC waren es hingegen 0,08% aller Ventilationen ( $p = 0,003$ ).

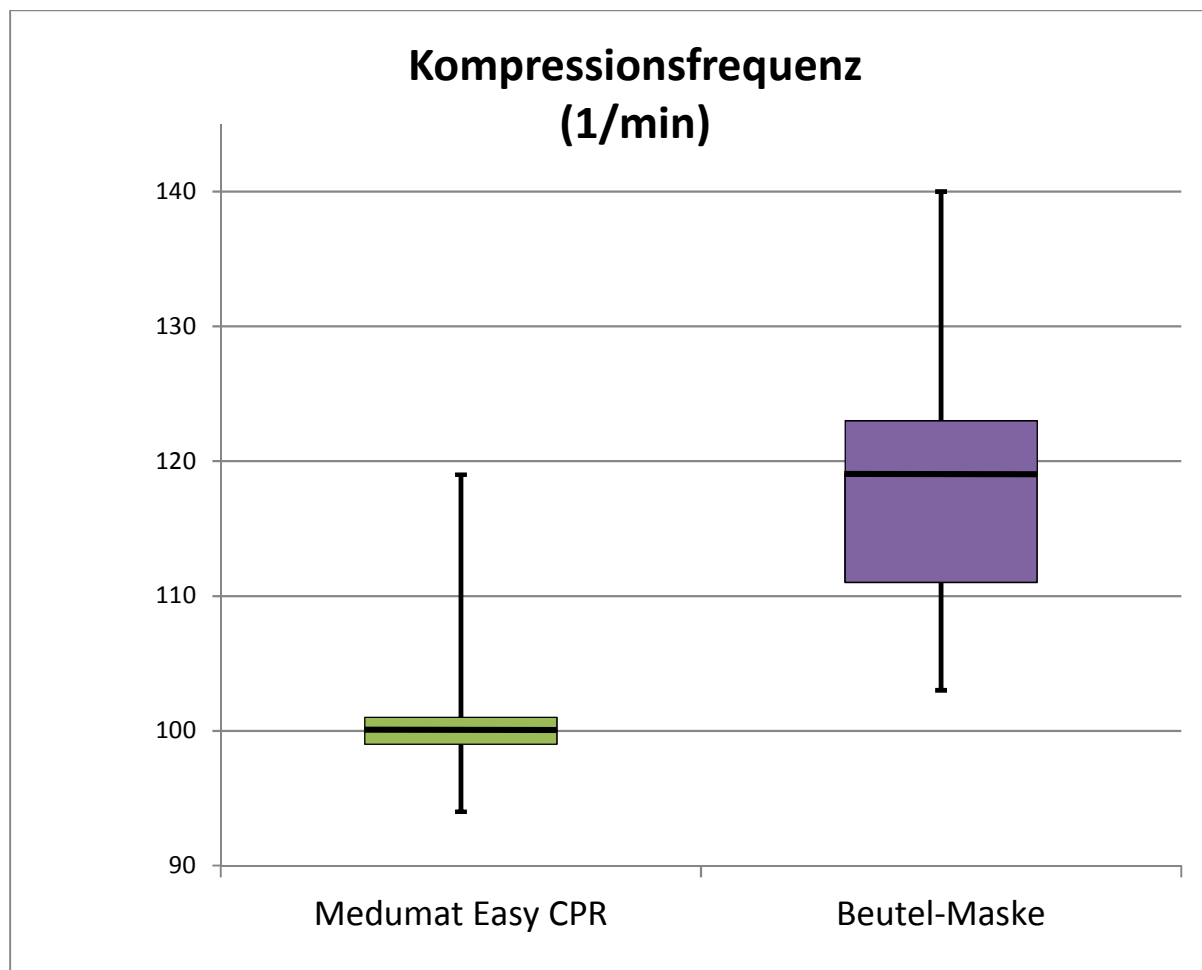
### 3.2.2 Vergleich der Herzdruckmassage

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Frequenz der Herzdruckmassage zwischen beiden Szenarien (siehe Abbildung 9: Streuung der Kompressionsfrequenz im Vergleich). Herzdruckmassageraten von durchschnittlich  $101 \pm 5$  /min

(MEC) und  $117 \pm 8$  /min (Kontrolle) ( $p < 0,001$ ) wurden aufgezeichnet.

Für die Drucktiefe der Thoraxkompressionen zeigte sich im Mittel keine signifikante Differenz. In beiden Szenarien wurde während der Herzdruckmassage durchschnittlich  $62 \pm 7$  mm ( $p = 0,381$ ) tief in den Thorax gedrückt. 7-8% der Thoraxkompressionen ( $p = 0,470$ ) beider Szenarien sind dabei im Vergleich zum festgelegten Referenzbereich von 50-60mm oberflächlicher ausgefallen, 69% mit MEC und 67% mit Beutel-Maske zu tief ( $p = 0,322$ ) und insgesamt 23% (MEC) und 25% (Beutel-Maske) ( $p = 0,627$ ) wurden von der Computer-Software als „OK“ eingestuft und somit im festgelegten Bereich von 50-60 mm Drucktiefe.

Die von der Computer-Software registrierten falschen Druckpositionen bei der Thoraxkompression sind in beiden Szenarien mit durchschnittlich 3% aller Kompressionen ohne signifikanten Unterschied erfasst worden ( $p = 0,722$ ). Fehlende Entlastungen des Thorax waren bei den Szenarien mit dem Medumat Easy CPR mit 19% und bei Beutel-Maske mit 13% gemessen worden ( $p = 0,009$ ).



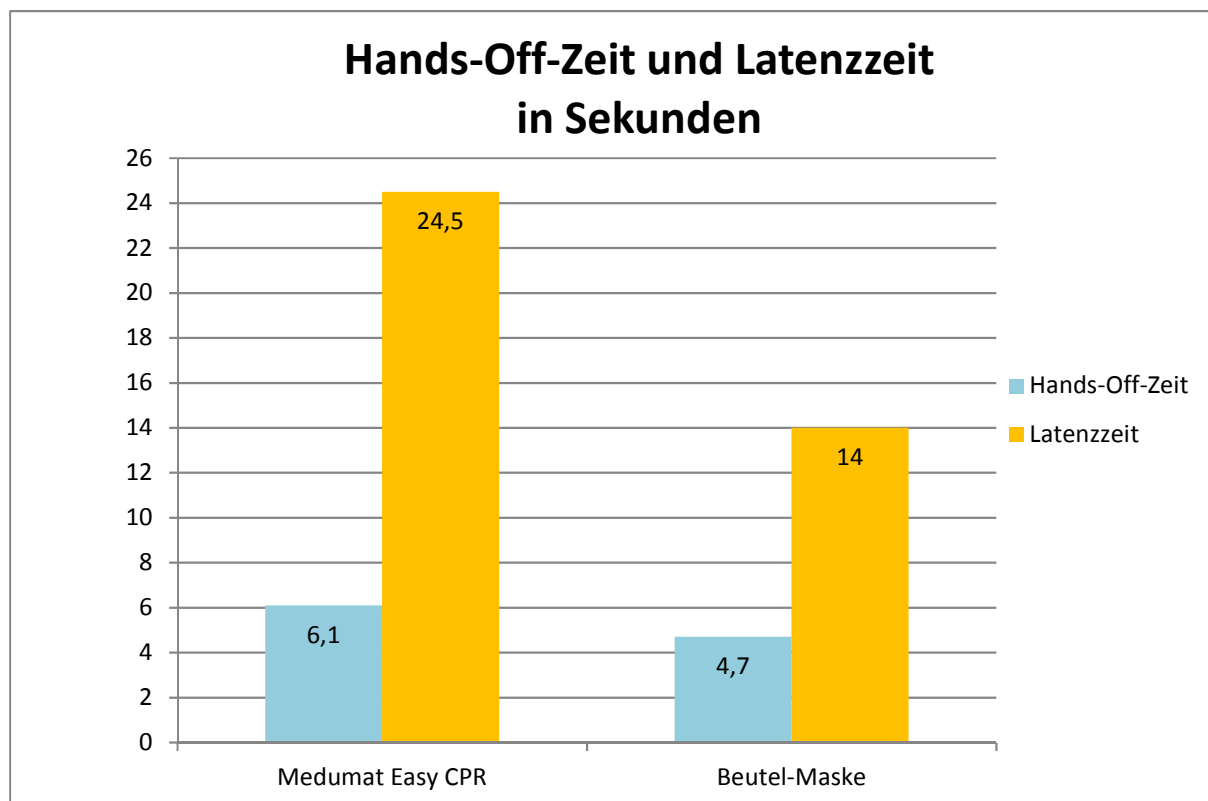
**Abbildung 9:** Streuung der Kompressionsfrequenz im Vergleich zwischen Medumat Easy CPR und der Kontrollgruppe (Beutel-Maske)

### 3.2.3 Vergleich der Hands-Off-Zeit

Die Pausen zwischen zwei Kompressionszyklen (Hands-Off-Zeit) waren bei Durchführung der Szenarien mit Beatmungsbeutel signifikant kürzer (siehe Abbildung 10). Hands-Off-Zeiten von durchschnittlich  $4,7 \pm 0,7$  Sekunden mit Beutel-Maske und  $6,1 \pm 0,5$  Sekunden mit MEC wurden gemessen ( $p < 0,001$ ).

### 3.2.4 Vergleich der Latenzzeit

Die Latenzzeit bei dem Medumat Easy CPR Szenario war signifikant länger als bei dem Szenario mit der Beutel-Maskenbeatmung. Im Durchschnitt wurden  $24,5 \pm 4,5$  Sekunden (MEC) und  $14,0 \pm 3,8$  Sekunden (Kontrolle) ( $p < 0,001$ ) erreicht.



**Abbildung 10:** Vergleich der durchschnittlich erreichten Hands-Off-Zeit (Pausen zwischen zwei Kompressionszyklen) und Latenzzeit zwischen Medumat Easy CPR-Szenario und Beutel-Masken-Szenario

### 3.2.5 Vergleich der Team-Zusammensetzungen bei MEC-Szenarien

Das durchschnittliche Beatmungsvolumen fiel bei der Kombination RS+RA mit  $0,42 \pm 0,04$  Liter im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen (2x RS:  $0,37 \pm 0,05$  Liter und 2x RA:  $0,36 \pm 0,05$  Liter) höher aus ( $p = 0,02$ ).



Bei der Kompressionsfrequenz ergaben sich Werte im Durchschnitt zwischen  $99 \pm 3$ /min (2x RS) und  $102 \pm 6$ /min (2x RA). Die Team-Kombination RS+RA erreichte durchschnittliche Kompressionsfrequenzen von  $101 \pm 5$ /min ( $p=0,435$ ).

Die Hands-Off-Zeit wurde bei der Kombination RS+RA mit  $6,2 \pm 0,4$  Sekunden gemessen. Die anderen beiden Kombinationen ergaben niedrigere Werte (2x RS: 6 Sekunden; 2x RA:  $6,1 \pm 0,6$  Sekunden ( $p=0,709$ )). Hinsichtlich der Drucktiefe erreichten die Kombinationen 2x RS mit durchschnittlich  $66 \pm 6$  mm die höchsten Werte. Die anderen beiden Team-Zusammensetzungen lagen darunter (RS+RA:  $63 \pm 3$  mm; 2x RA:  $61 \pm 8$  mm ( $p=0,194$ )). Bei 27% aller Kompressionen wurden bei der Team-Kombination RS+RA fehlende Entlastungen gemessen, 13 % bei 2x RS und 16% bei 2x RA ( $p=0,266$ ). Die gemessene Latenzzeit lag bei der Kombination 2x RS bei durchschnittlich  $21,6 \pm 5,3$  Sekunden. Die anderen beiden Kombinationen zeigten durchschnittlich gleiche Latenzzeiten: RS+RA:  $25,1 \pm 5,5$  Sekunden und 2x RA:  $25,1 \pm 3,3$  Sekunden ( $p=0,315$ ).

	Einheit	2x RS	RS+RA	2x RA	p-Wert	Testverfahren
<b>Beatmungsvolumen (SD)</b>	l	0,37 (0,05)	0,42 (0,04)	0,36 (0,05)	0,02	Kruskal-Wallis-Test
<b>Kompressionsfrequenz (SD)</b>	/min	99 (3)	101 (5)	102 (6)	0,435	Kruskal-Wallis-Test
<b>Hands-Off-Zeit(SD)</b>	sec	6 (0)	6,2 (0,4)	6,1 (0,6)	0,709	Kruskal-Wallis-Test
<b>Drucktiefe (SD)</b>	mm	66 (6)	63 (3)	61 (8)	0,194	Kruskal-Wallis-Test
<b>Fehlende Entlastungen (SD)</b>	%	13 (21)	27 (25)	16 (18)	0,266	Kruskal-Wallis-Test
<b>Latenzzeit (SD)</b>	sec	21,6 (5,3)	25,1 (5,5)	25,1 (3,3)	0,315	Kruskal-Wallis-Test

**Tabelle 3:** Vergleich der durchschnittlichen Messwerte zwischen den drei unterschiedlichen Team-Kombinationen bei Medumat Easy CPR-Szenario; RS = Rettungssanitäter, RA= Rettungsassistent

### 3.3 Meinungen der Probanden

Zur Analyse und Erfassung der Meinungen und subjektiven Eindrücke der

Probanden wurden die in Material und Methoden beschriebenen Fragebögen (siehe 2.2.5 Fragebögen und 7.2 Fragebögen; Anhänge) verwendet. Dazu diente ein Benotungssystem mit den Schulnoten 1-6, wobei die Note 1 die positivste (sehr gut; sehr; JA) und Note 6 die negativste (ungenügend; sehr wenig; NEIN) Bewertung darstellte. Dabei wurden die Noten 1-3 in dieser Arbeit als positive Antwort, die Noten 4-6 als negative Antwort gewertet.

Im Anhang dieser Arbeit sind die Fragebögen- Vorlagen zu finden.

### **3.3.1 Videofragebogen**

Drei Viertel der Probanden fühlte sich nach der Videoeinweisung insgesamt genügend auf den Medumat Easy CPR eingewiesen (Note 1: 26%; Note 2: 50%). Insgesamt 4% sahen das Video als nicht genügend einweisend an (Note 5: 2%; Note 6: 2%).

Alle Probanden gaben eine positive Antwort auf die Frage, ob sie es sich zutrauen würden, nach abgeschlossener Videoeinweisung, den Medumat Easy CPR bei einer Reanimation einzusetzen (Note 1: 40%; Note 2: 45%; Note 3: 15%).

Die Bedienung des Medumat Easy CPR wurde durch die Videoeinweisung bei 63% der Probanden mit der Note 1 und 34% mit der Note 2 als verständlich empfunden. Keiner der Probanden empfand die Bedienung des MEC durch das Video undeutlich dargestellt (Note 4-6: 0%). 32% aller Probanden bewerteten den praktischen Übungsabschnitt (siehe 2.4.3 Ablauf) am Ende des Videos mit der Schulnote 1, 52% mit der Note 2 und 16% mit der Note 3.

### **3.3.2 Evaluierungsfragebogen**

#### **3.3.2.1 Herzdruckmassage**

Bezüglich der Herzdruckmassage in beiden Szenarien empfanden 77% der Probanden diese als anstrengend (Note 1: 6%, Note 2: 46%, Note 3: 25%). 96% aller Probanden war der Meinung eine Mindestkompressionsfrequenz von 100 /min eingehalten zu haben (Note 1: 29%, Note: 45%, Note 3: 22%). Insgesamt gaben 92% der Probanden an, den festgelegten Bereich der Drucktiefe der Thoraxkompressionen von 5-6 cm eingehalten zu haben (Note 1: 16%, Note: 57%, Note 3: 19%).

### **3.3.2.2 Beutelbeatmung**

In Bezug auf die Beutel-Maskenbeatmung gaben 16% mit der Note 1 und 48% mit der Note 2 an, eine Inspirationszeit von einer Sekunde eingehalten zu haben. Lediglich 2% nahmen an, dieses nicht geschafft zu haben (Note 6). 78% der Probanden (Note 1: 19%; Note 2: 38%; Note 3: 21%) war der Ansicht, die Maske während der Beutelbeatmung gut auf dem Gesicht des Manikins abdichten zu können. 22% aller war der gegenteiligen Meinung (Note 4: 12%; Note 5: 4%; Note 6: 6%).

61% aller Probanden gab an, dass die aufgetretenen Pausen-Zeiten (Zeiten ohne Herzdruckmassage) bei Masken-Beutelbeatmung insgesamt groß gewesen waren (Note 1: 10%; Note 2: 31%; Note 3: 20%). 39% aller Probanden sah die Pausen-Zeiten als insgesamt nicht groß an (Note 4: 6%; Note 5: 12%; Note 6: 21%).

### **3.3.2.3 Medumat Easy CPR**

Der dritte Teil des Evaluierungsbogens bezog sich ausschließlich auf das Szenario mit Medumat Easy CPR. Hier beurteilten alle Probanden die Bedienbarkeit des Gerätes zur korrekten Einstellung als positiv (Note 1: 35%; Note 2: 59%; Note 3: 6%). Die Bedeutung des integrierten Metronoms war für 98% aller Probanden verständlich (Note 1: 47%; Note 2: 44%; Note 3: 7%). Die drei letzten Metronomschläge, welche zur Ankündigung der anstehenden Beatmungen höher erklangen, bewerteten insgesamt 90% als verständlich (Note 1: 49%; Note 2: 37%; Note 3: 4%). 10% aller Probanden beurteilte diese Eigenschaft des MEC als weniger verständlich (Note 4: 3%; Note 5: 3%, Note 6: 4%). Eine gute Verständlichkeit zur Handhabung der Maske mit daran befestigtem Auslöseknopf (MEDUTrigger®) zur Beatmung bestand bei 98% der Probanden (Note 1: 47%; Note 2: 44%; Note 3: 6%). Keiner bewertete diese Frage mit der Note 5 oder 6. Die Mehrheit der Probanden (Note 1: 12%; Note 2: 41%; Note 3: 17%) war der Ansicht, die Maske während der Beatmung mit dem Medumat Easy CPR gut auf dem Gesicht des Manikins abdichten zu können. 30% aller Probanden war nicht der Meinung (Note 4: 9%; Note 5: 12%; Note 6: 9%). Ob die Nutzbarkeit des MEDUTrigger® zur Auslösung der Beatmungshübe einfach sei, beantwortete der Großteil mit „Ja“ (Note 1: 37%; Note 2: 49%; Note 3: 10%). Die Minderheit mit 4% verneinte dieses (Note 5: 2%; Note 6: 2%). Die Frage, ob die aufgetretenen Pausen-Zeiten (Zeiten ohne Herzdruckmassage) groß gewesen seien, bewerteten 75% als positiv (Note 1: 15%; Note 2: 32%; Note 3: 28%) und 25% als

negativ (Note 4: 4%; Note 5: 12%; Note 6: 9%).

Fragen-Nr.	Note 1	Note 2	Note 3	Note 4	Note 5	Note 6	Keine Angaben
<b>Videofragebogen</b>							
1	63	34	3	0	0	0	1
2	32	52	16	0	0	0	0
3	39	50	9	0	0	2	1
4	50	44	6	0	0	0	0
5	26	50	20	0	2	2	0
6	40	45	15	0	0	0	0
<b>Evaluierungsbogen</b>							
1	6	46	25	7	7	9	0
2	29	45	22	2	0	2	0
3	16	57	19	3	0	5	1
4	16	48	29	3	2	2	0
5	19	38	21	12	4	6	0
6	10	31	20	6	12	21	0
7	35	59	6	0	0	0	0
8	47	44	7	0	2	0	0
9	49	37	4	3	3	4	0
10	47	44	6	3	0	0	0
11	12	41	17	9	12	9	0
12	37	49	10	0	2	2	1
13	15	32	28	4	12	9	0

**Tabelle 4: Prozentuale Verteilung der auf den Fragebögen beantworteten Fragen**

## 4. Diskussion

Es hat sich in der vorliegenden Studie gezeigt, dass der Medumat Easy CPR der Beutel-Maskenbeatmung nicht überlegen ist. Die Kontrollgruppe (Beutel-Maske) konnte in den Basic-Life-Support-Szenarien bezüglich Tidalvolumen, Atemfrequenz und Atemminutenvolumen eine effektivere und suffizientere Ventilation erbringen (siehe 2.2 Messwerte). Die festgelegten Referenzbereiche wurden mit dem MEC durchschnittlich unterschritten. Pausen-Zeiten ohne Herzdruckmassage fielen bei Benutzung des Medumat Easy CPR länger aus. Sowohl die Latenzzeit als auch die gemessenen Hands-Off-Zeit waren mit Beutel-Maskenbeatmung durchschnittlich kürzer. Es kann somit angenommen werden, dass der Einsatz eines manuell automatisch-auslösbaren Beatmungsgerätes den Start von Reanimationsmaßnahmen verzögern und den Zeitraum ohne Herzdruckmassage verlängern könnte.

### 4.1 Auswahl der Studienpopulation

Rettungsassistenten bzw. Rettungssanitäter stellen im deutschen Rettungsdienst die Ersthelfer in der Rettungskette dar. Sie sind die Rettungskräfte, die als erste an einem Einsatzort eintreffen und die ersten wichtigen Schritte einer notfallmäßigen medizinischen Versorgung an einem Patienten vornehmen. Außerklinische Herzkreislaufstillstände (Out-of-Hospital Cardiac Arrest, OHCA) stellen eine häufige Ursache eines Notfalls dar und werden oft vor dem Eintreffen des Notarztes von den Rettungsassistenten bzw. Rettungssanitäter versorgt. Ungefähr 275,000 Menschen in Europa erleiden jährlich einen OHCA, welcher von den jeweiligen Rettungsdiensten (Emergency medical services, EMS) behandelt wird [3]. Dabei stehen zunächst die Basic Life Support– Reanimationsmaßnahmen (siehe 1.5 Basic-Life-Support) im Vordergrund. Um eine repräsentative Studie entstehen zu lassen, wurde das Szenario mit dem Medumat Easy CPR mit der konventionellen Beutel-Maskenbeatmung verglichen. Die Beatmung mit einem Beutel und einer Maske kommt im deutschen Rettungsdienst vor einer Atemwegsicherung zum Beatmen des Patienten zum Tragen. Aktuell ist diese Studie, neben einer weiteren Studie der Universitätsklinik Aachen [29], die einzige, welche ein BLS-Szenario mit einer Beutel-Maskenbeatmung und einem Gerät mit manuell automatisch-auslösbaren druck-

limitierten Ventilationen vergleicht.

## **4.2 Auswahl des Studiendesigns**

Im Rahmen der Team-Zuteilungen der Probanden wurde mittels Lotterieverfahren randomisiert. Jedoch kam es durch das angewendete Randomisierungsverfahren zu Teambildungen, die so im deutschen Rettungsdienst gar nicht vorkommen würden. So wurden unter anderem Zweier-Teams gebildet, in denen beide Probanden den Ausbildungsstand eines Rettungssanitäters hatten. Im deutschen Rettungsdienst muss jedoch mindestens ein Rettungsassistent in der Notfallrettung bzw. auf einem Rettungswagen vorhanden sein [30]. Die Teams durchliefen im Rahmen eines Crossover- Designs die Szenarien. Dadurch konnte ein direkter Vergleich zwischen den zu untersuchenden Messwerten erreicht werden. Im Vergleich zu der in Aachen durchgeführten Studie [29], bei der kein Crossover- Design zur Anwendung kam, ist aufgrund der geringen Fallzahl von Probanden (66 Probanden) in der hier vorliegenden Studie, die Vergleichbarkeit stärker gewährleistet [31, 32]. Außerdem wird durch die Anwendung ein Reihenfolgeeffekt ausgeschlossen.

## **4.3 Unterschiede in der Ventilation**

Aus den für die Ventilation festgelegten Parametern und den damit entstandenen Ergebnissen wird ersichtlich, dass sich in dieser Studie die Beatmung mittels Beutel-Maskenbeatmung im Vergleich zum MEC hinsichtlich der festgelegten Messwerte (siehe 2.2.3 Ventilation) als besser darstellt.

### **4.3.1 Unterschiede der Tidalvolumina**

Der Vergleich zwischen den beiden Szenarien zeigt wesentliche Unterschiede bei der Ventilation.

Im Durchschnitt konnten mit dem Medumat Easy CPR Tidalvolumina von  $0,38 \pm 0,05$  l ( $p < 0,001$ ) pro abgegebenen Beatmungshub erreicht werden. Das entspricht nicht den in den ERC- Leitlinien 2010 vorgegebenen Referenzbereich von mind. 500 ml [22]. Auch der in dieser Studie (siehe 2.2.3 Ventilation) festgelegte Bereich von 450-600 ml konnte durchschnittlich nicht erreicht werden.

Vergleichbare Studien wie die Studie aus Aachen [29], zeigten ähnliche Ergebnisse.

Auch hier wies das automatische Beatmungsgerät geringere Beatmungsvolumina auf als das konventionelle Beutel-Maskensystem. Durchschnittliche Tidalvolumina von  $315 \pm 165$  ml (Medumat Easy CPR) und  $408 \pm 164$  ml (Beutel-Maske) wurden gemessen ( $p=0,10$ ) [29]. Insuffiziente Beatmungsvolumina können für reanimationspflichtige Patienten dazu führen, dass ihre Wahrscheinlichkeit einen ROSC (Return of spontaneous circulation), d.h. einen Spontankreislauf wiederzuerlangen, sinkt [8]. Durch ungenügende Oxidation des Blutes und unzureichende Elimination von CO<sub>2</sub> (Kohlenstoffdioxid) aus dem Körper, sinkt die Chance einen Spontankreislauf zu erlangen. Zusätzliche kann dadurch das neurologische Outcome negativ beeinflusst werden. Es konnte somit in einer Tier-Studie festgestellt werden, dass verglichene Gruppen in Reanimationsszenarien mit unterschiedlichen Kompressions/Ventilations-Verhältnissen signifikante Unterschiede im neurologischen Outcome, gemessen anhand der swine cerebral performance category scale, aufwiesen. Die Tiergruppe mit einer Ratio von 100:2 hatte im Vergleich zu der Gruppe mit nur Kompressionen ohne Ventilationen ein besseres neurologisches Outcome (Swine cerebral performance category scale 1.5 vs. 2.3;  $p = 0.027$ ) [33].

Im Vergleich dazu wurde mit der Beutel- Maskenbeatmung in der hier vorliegenden Arbeit durchschnittlich ein Tidalvolumen von  $0,56 \pm 0,1$  l ( $p<0,001$ ) erreicht. Diese gemessenen Werte fallen sowohl in den von den ERC-Guidelines 2010/2015 [22, 28] empfohlenen als auch in den in der hiesigen Studie festgelegten Referenzbereich.

Die Diskrepanzen der in den unterschiedlichen Szenarien gemessenen Tidalvolumina können mehrere Ursachen haben.

Es erscheint offensichtlich, dass die Handhabung und Benutzung des Beutel-Maskensystems, so wie es im deutschen Rettungsdienst verwendet wird, routinierten Rettungsassistenten bzw. Rettungssanitäter wenige Probleme bereitet. Sie sind es im alltäglichen Rettungsdienst gewohnt, bei einer Reanimation dieses System zu benutzen und werden im Rahmen von Fortbildungen und Übungen darauf trainiert und damit vertraut gemacht.

Im Gegensatz dazu war die Benutzung des Auslöseknopfes an der Maske des Medumat Easy CPR (MeduTrigger®) für alle Teams ungewohnt. Vor den Messungen konnte jeder Proband im Rahmen der Videoeinweisung für eine Minute die Ventilation mit dem MEC üben. Der im Rettungsdienst geläufige aber seltener benutzte Doppel-C-Griff, welcher vor allem bei schwieriger Maskenbeatmung

angewendet wird, sollte während der Auslösung einer Beatmung durch den MeduTrigger® zu einer besseren Abdichtung der Maske auf dem Gesicht des Manikins und zu besseren Tidalvolumina führen. Tatsächlich wurden im Vergleich zur Beutel-Maskenbeatmung aber geringere Volumina gemessen. Hinzu kommt eine im Einweisungsvideo festgelegte Einstellung des Beatmungsvolumens von 500 ml. Es bestand somit nur eine Toleranz von 50 ml bezüglich des Minimalwertes des Referenzbereichs von 450-600 ml, die durch unzureichende Abdichtung oder ungeübte Handhabung verloren gehen konnten. Eine kurze Übungseinheit mit einer Videogeräteeinweisung, wie es hier in der Studie angewendet wurde, kann somit im Vergleich zu einem routinierten Einsatz mit Beutel-Maske zu solch unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Insgesamt kam es mit dem Medumat Easy CPR zu keinen gemessenen Hyperventilationen, d.h. Werte über 600 ml pro Beatmungshub. Hyperventilationen können für Patienten negative Auswirkungen haben. Durch zu hohe Beatmungsdrücke kann es zur Aspiration von Mageninhalt kommen [36]. Zusätzlich kann durch eine Hyperventilation der intrathorakale Druck steigen. Konsekutiv führt dies zu einem verminderten venösen Rückfluss zum Herzen und damit zu einer geringeren Ejektionsfraktion [37].

#### **4.3.2 Unterschiede in der Inspirationszeit**

In beiden Szenarien fallen die Inspirationszeiten unter die in den Messwerten festgelegte Dauer von einer Sekunde. Dabei unterscheiden sich die durchschnittlichen Zeiten um 0,2 Sekunden und waren damit zu kurz (Medumat:  $0,9 \pm 0,2$  Sekunden vs. Beutel- Maske:  $0,7 \pm 0,1$  Sekunden ( $p < 0,001$ )). Ein Grund für den Unterschied in der Inspirationszeit kann die Geschwindigkeit des Beuteldrückens darstellen. Das Drücken des Beutels mit einer Hand kann besser reguliert und beeinflusst werden. Im Gegensatz dazu wird die Inspirationszeit mit 1,5 Sekunden bei Aktivierung des CPR-Modus mit Medumat Easy CPR durch das Gerät festgelegt. Wie auch in der Aachener Studie [29], kann eine mögliche Ursache für den zeitlichen Unterschied eine unzureichende Maskenabdichtung bei der Abgabe der Beatmung sein. Während die Abdichtung bei beiden Szenarien gleichermaßen eine Rolle spielt, ist es naheliegend, dass der Unterschied wahrscheinlicher durch das Benutzen des Beatmungsbeutels zustande kommt. Aus einer Studie mit simulierter Beutel-Maskenbeatmung ist bekannt, dass zwar aus einer Verkürzung der Inspirationszeit



um die Hälfte (von 2 auf 1 Sekunde) ein erhöhter Atemweg-Spitzendruck und eine höhere inspiratorische Flussrate resultiert. Eine klinisch relevante Veränderung des Tidalvolumens oder einer Insufflation des Magens zwischen den unterschiedlichen Inspirationszeiten konnte dabei jedoch nicht festgestellt werden [38]. Durch die kürzere Inspirationszeit und der damit kürzeren Unterbrechungen der Herzdruckmassage kommt es laut von Goedecke, A., et al. Zu einer Zunahme der Anzahl von Thoraxkompressionen und damit zu einer Verbesserung der Herzdruckmassage.

#### **4.3.3. Magenblähung nur mit Beutel-Maskenbeatmung**

Vom Messsystem registrierte Magenblähungen entstanden fast ausschließlich bei Szenarien der Kontrollgruppe (Beutel-Maske) (MEC: 0,08% vs. Beutel-Maske: 6,9% aller Beatmungen). Notwendige Beatmungsdrücke von über 30 cmWS (~29 mbar) um das Magenventil beim Manikin zu öffnen und eine Mageninsufflation zu verzeichnen, wurden mit dem Medumat Easy CPR nicht gemessen. Im CPR- Modus des Medumat werden maximale Beatmungsdrücke von 20 mbar erreicht. Somit entstehen keine erforderlichen Mindestdrücke von über 30 cmWS (~29 mbar), die zum Öffnen des Magenventils führen. Mit der Beutel-Maskenbeatmung hingegen können durch vermehrten Druck beim Zusammendrücken des Beutels deutlich höhere Spitzen-Beatmungsdrücke entstehen und so zu einer Magenblähung führen. Transferiert auf Patienten, steigt das Risiko einer Aspiration von Mageninhalt oder oropharyngealen Sekreten an [39, 40].

#### **4.4 Unterschiede in der Herzdruckmassage**

Es zeigt sich in der vorliegenden Studie, dass der Einsatz eines Metronoms die Frequenz der Thoraxkompressionen optimieren kann, indem eine wie in dieser Studie verwendete auditive Unterstützung verwendet wird. In dem Szenario des MEC wurden durchschnittliche Werte von  $101 \pm 5$  Kompressionen pro Minute gemessen ( $101 \pm 5$  /min (MEC) und  $117 \pm 8$  /min (Kontrolle) ( $p < 0,001$ )). Es ist zu erkennen, dass in der Kontrollgruppe durchschnittlich 16 Kompressionen/ min mehr gemessen wurden. Ein Grund für die höhere Rate kann die in der Rettungsdienstausbildung gelehrt Herzdruckmassageraten von mindestens 100 Kompressionen/min sein.

Es könnte beim Einsatz eines Metronoms zu vermehrten fehlenden

Thoraxentlastungen bei der Herzdruckmassage kommen, da sich der Benutzer gegebenenfalls zu sehr auf die genaue Einhaltung der vorgegebenen Frequenz konzentriert und womöglich die Qualität der Herzdruckmassage darunter vernachlässigt wird.

Das Metronom wurde auf den Mindestwert der zu erreichenden Frequenz von 100 Schläge pro Minute voreingestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mehrheit der Probanden das Metronom beachtete und ihre Kompressionsfrequenz an dieses angepasst hat. Andere Studien zeigen ebenfalls positive Auswirkungen eines Metronoms auf die in den Richtlinien vorgegebene Kompressionsrate [41]. Laut einer amerikanischen Manikin- Studie verbesserte ein Metronom zudem nicht nur die Kompressions-, sondern auch die Ventilationsrate während eines Reanimations-Szenarios mit Beutelbeatmung [42].

Im Vergleich dazu wurden in der hier vorliegenden Studie höhere Durchschnittswerte bei dem Beutel-Masken-Szenario erreicht. Laut ERC- Leitlinien 2010/2015 [22, 28] sollte die Kompressionsfrequenz zwischen 100 und 120/ min liegen. In beide Gruppen wurde der Mindestwert von 100 Kompressionen pro Minute erreicht, wobei mit dem Medumat Easy CPR aufgrund des Metronoms auf den unteren Grenzwert abgezielt wurde. Das Kontrollscenario mit Beutel-Maske zeigte jedoch, dass der Rettungsdienst dazu angeleitet bzw. möglicherweise darauf trainiert wurde, im Durchschnitt deutlich schneller zu komprimieren und eher den oberen Grenzwert des vorgegebenen Zielbereichs anzustreben. Es ist anzunehmen, dass sich andere höhere Frequenzen, die sich an den aktuellen ERC Leitlinien orientieren, ebenfalls genauso einhalten lassen. Es würde sich also als optimal darstellen, das Metronom des MEC auf die Mitte des Zielbereichs einzustellen (110 /min). Somit würde man zum einen weniger Gefahr laufen, unter 100 Kompressionen/min zu fallen und so eine unzureichende Perfusion entstehen zu lassen. Zum anderen würde die obere Grenze von 120 Kompressionen/min nicht überschritten werden. Eine mangelhafte Qualität der Herzdruckmassage hinsichtlich der optimalen Drucktiefe, des Kompressions-/ Dekompressionsverhältnisses von 1:1 und der vollständigen Entlastung des Brustkorbs kann somit durch zu hohe Kompressionsraten verhindert werden.

Dessen ungeachtet treten in den Szenarien mit Beutel-Maske weniger fehlende Entlastungen während der Thoraxkompressionen auf, als bei den Szenarien mit dem

Medumat Easy CPR. Eine mögliche Ursache dafür kann die langsamere vom Metronom vorgegebene Kompressionsfrequenz sein. Fehlende Entlastungen und zu flache Kompressionen führen zu einer reduzierten Füllung des Herzens und konsekutiv zu einem verringerten Auswurfvolumen bei der Kompression, was die ausreichende Perfusion von Herz und Gehirn eines reanimationspflichtigen Patienten negativ beeinflusst [5, 6].

#### **4.4.1 Unterschiede in der Drucktiefe und Druckposition**

In beiden Szenarien unterscheiden sich die durchschnittlich gemessenen Werte für die Drucktiefe und Druckposition nur geringfügig. Wie zu erwarten und auch aus zwei Studien bekannt, scheint das Metronom auf diese Parameter keinen signifikanten Einfluss zu haben [41, 43].

Es wurde in beiden Szenarien der Thorax durchschnittlich um  $62 \pm 7$  mm ( $p=0,381$ ) komprimiert. Der von den ERC-Leitlinien 2010/2015 [22, 28] empfohlene Zielbereich von 50-60 mm wurde dabei in beiden Szenarien überschritten. Eine ausreichende Kompression gewährleistet bei Patienten die Entstehung einer Zirkulation und Aufrechterhaltung eines Blutdrucks, birgt jedoch auch die Gefahr Rippenserienfrakturen und damit einhergehende Verletzungen wie größere Blutungen zu verursachen [44]. Laut einer aktuellen Studie der Universität von Ljubljana entstehen bei mehr als einem Drittel reanimierter Personen Rippenfrakturen und bei mehr als einem Fünftel Sternumfrakturen [45].

Auch beim Vergleich der falschen Druckpositionen auf dem Thorax sind keine wesentlichen Unterschiede festzustellen (Medumat:  $3 \pm 7$  % vs.  $3 \pm 9$  % aller Kompressionen ( $p=0,722$ )). Daraus kann geschlossen werden, dass der Einsatz eines Metronoms erwartungsgemäß keinen Einfluss auf die Druckposition bei der Herzdruckmassage hat.

Lediglich die fehlenden Thoraxentlastungen divergieren um 6 % aller gemessenen Entlastungen (MEC: 19 % vs. Beutel-Maske: 13% aller Thoraxkompressionen ( $p=0,009$ )), obwohl im Vergleich zum MEC bei der Beutel-Maske-Gruppe signifikant höhere Kompressionsfrequenzen gemessen wurden. Es wird aus Studien ersichtlich, dass eine vollständige Entlastung des Brustkorbs nach einer Kompression den venösen Rückfluss zum Herzen und die Effektivität der Reanimationsmaßnahmen verbessern kann [46, 47].

#### 4.5 Unterschiede in der Hands-Off-Zeit

Die gemessene durchschnittliche Hands-Off-Zeit ist in den Szenarien mit dem Medumat Easy CPR signifikant länger, als bei der Benutzung der Beutel-Maskenbeatmung (Medumat:  $6,1 \pm 0,5$  Sekunden vs. Beutel-Maske  $4,7 \pm 0,7$  Sekunden ( $p < 0,001$ )). Dabei wurde der von den ERC-Leitlinien 2010 festgelegte Zeitraum für zwei Beatmungen von unter fünf Sekunden mit dem Medumat überschritten [22]. Zu lange Hands-Off-Zeiten können einen potentiellen Schaden für Patienten zur Folge haben. Im Rahmen des 30:2 Reanimationsalgorithmus werden zur Abgabe der Beatmungen die Thoraxkompressionen gestoppt. Es zeigt sich in Studien, dass eine erhöhte Fraktion an Herzdruckmassage und kurze Unterbrechungen für die Ventilation bei der Reanimation für das Überleben eines Patienten vorteilhaft ist [16, 34, 35]. Die bei der Kontrollgruppe (Beutel-Maske) kürzer gemessenen Hands-Off-Zeiten sind somit im Vergleich zum MEC besser. Eine prolongierte Hands-Off-Zeit ist auch aus einer anderen Manikin-Studie bekannt. Die Studie aus Aachen berichtet von vergleichbaren Hands-Off-Zeiten mit dem Medumat Easy CPR: Hierbei ist die durchschnittliche Hands-Off-Zeit mit  $6,8 \pm 0,9$  Sekunden ( $p < 0,001$ ) noch länger [29]. Allerdings überstieg in der Aachener Studie auch die Hands-Off-Zeit mit Beutel-Maskenbeatmung die Fünf-Sekunden-Grenze ( $5,5 \pm 1,1$  Sekunden ( $p < 0,001$ )). Gründe dafür können sein, dass Medizinstudenten als Probanden an der Aachener Studie teilnahmen, welche keine langjährige Erfahrung mit dem Reanimationsalgorithmus hatten und so die Handhabung und Bedienung der Beutel-Maske für sie noch unvertraut und ungewohnt erschien.

In der hier vorliegenden Arbeit führte möglicherweise der nach jeweils fünf Zyklen durchgeführte Positionswechsel zwischen den Team-Mitgliedern zu einem Anstieg der Hands-Off-Zeit in beiden Szenarien. Da dieser Positionswechsel in beiden Szenarien eingehalten wurde, ist dies jedoch eher kein Grund für eine verlängerte Hands-Off-Zeit im MEC-Szenario. Laut einer aktuellen Studie (Jahr 2015) koreanischer Wissenschaftler kann der Positionswechsel bei der Herzdruckmassage je nach Seite des Wechsels einen Einfluss auf eine verlängerte Hands-Off-Zeit haben. Somit können die Unterbrechungen der Herzdruckmassage bei einem Wechsel der Helfer, vorausgesetzt es handelt sich um ein 2-Helfer-Team, reduziert werden, indem auf die gegenüber liegende Seite gewechselt wird. Demnach kommt es zu längeren Unterbrechungen, wenn der Wechsel auf immer derselben Seite stattfindet [48]. In der hiesigen Studie fand der Wechsel ausschließlich auf einer

Seite statt.

Eine andere Möglichkeit, warum die Hands-Off-Zeit mit dem MEC prolongiert ist, könnten die Inspirationszeiten sein. Auch eine Re-Ventilation des Gerätes bei Alarmierung durch eine Stenose oder Obstruktion im Schlauchsystem (siehe 1.2.1 Medumat Easy CPR) stellt eine weitere denkbare Ursache dar. In solchen Fällen bricht der MEC eine angefangene Beatmung ab und beginnt unmittelbar eine neue, sobald eine Obstruktion bzw. Stenose im Schlauchsystem oder im Manikin festgestellt wurde. Somit können sich die Unterbrechungen der Herzdruckmassage verlängern, indem der Helfer versucht zwei adäquate Beatmungshübe abzugeben ohne dass eine Alarmierung auftritt.

Die Tatsache, dass im deutschen Rettungsdienst alltäglich mit dem Beutel-Masken-System gearbeitet und trainiert wird, lässt die kürzeren Hands-Off-Zeiten in der Kontrollgruppe (Beutel-Maske) erklären. Weniger potentielle Fehlerquellen wie das Schlauchsystem oder die automatischen Alarmierungen beim MEC tragen ebenfalls zu den kürzeren Hands-Off-Zeiten bei.

#### **4.6 Unterschiede in der Latenzzeit**

Der Start der Herzdruckmassage wurde im Durchschnitt um 10,5 Sekunden bei Benutzung des MEC verzögert.

Es ist offensichtlich, dass die in der Einleitung dieser Arbeit beschriebenen Voreinstellungen und Sprachanweisungen (siehe 1.2.1 Medumat Easy CPR), die der Benutzer des Medumat Easy CPR vornehmen bzw. beachten musste, zeitaufwendiger sind, als die Vorbereitung des Beutel-Maskensystems, welche sehr geringer Vorbereitung bedarf. Mögliche Fehleinstellungen oder Missachtungen der Sprachhinweise, welche zu einer Verzögerung der Reanimation führten, wurden durch den Messleiter nicht korrigiert und resultierten dadurch in einer verlängerten Latenzzeit bis die Probanden das Problem behoben hatten. Es ist aus Studien bekannt, dass frühzeitig eingeleitete Reanimationsmaßnahmen die Überlebenschance eines Patienten mit außerklinischem Herzkreislaufstillstand verdoppeln bis vervierfachen können [24, 26, 49, 50].

Die Zeit bzw. der genaue Ablauf des Vitalparameterchecks zu Beginn eines Szenarios wurde nicht festgelegt bzw. im Vorhinein definiert. Somit bestanden gleiche Bedingungen für beide Arten von Szenarien (MEC vs. Beutel-Maske). Der

Zeitaspekt des Vitalparameterchecks kann somit als Begründung der verlängerten durchschnittlichen Latenzzeit im MEC- Szenario vernachlässigt werden.

#### **4.7 Unterschiede in Team-Kombinationen in MEC-Szenarien**

Die Team-Kombination 2x RS wies sowohl in der Hands-Off-Zeit als auch in der Latenzzeit die kürzesten und somit besseren Zeiten auf (siehe 3.2.5 Vergleich der Team-Zusammensetzungen bei MEC-Szenarien). Jedoch waren die Ergebnisse nicht signifikant. Auch bei den fehlenden Entlastungen aller Kompressionen wurden bei dieser Kombination die niedrigsten Werte gemessen. Dies kann durch die zeitlich kürzer zurückliegende Ausbildung erklärt werden. Bei der Drucktiefe erreichte diese Team-Zusammensetzung (2x RS) jedoch höhere Werte als bei den anderen beiden Team-Zusammensetzungen. Somit überstieg der gemessene Durchschnittswert den festgelegten Referenzbereich. Bei Betrachtung der durchschnittlich gemessenen Tidalvolumina erreichte die Team-Kombination RS+RA die höchsten Werte, welche allerdings unter dem Referenzbereich lagen.

#### **4.8 Analyse der Fragebögen**

##### **4.8.1 Videofragebogen**

Es ist aus zwei Studien bekannt [51, 52], dass sich ein Video als Einweisungsmedium als didaktisch sinnvoll zeigt. Nachdem in der hiesigen Studie die Demonstration des Einweisungsvideos erfolgte, gaben drei Viertel aller Probanden an, sich genügend eingewiesen zu fühlen und trauten sich eine Reanimation mit MEC nach der Videoeinweisung zu. Interessanterweise gab jedoch ein Drittel im Nachhinein an, dass das Abdichten der Maske mit Medumat Easy CPR nicht leicht gewesen war, obwohl zuvor keiner nach der praktischen Übung die Handhabung als undeutlich dargestellt empfand. In einer separaten Frage wurde von hundert Prozent aller Probanden der praktische Übungsteil am Ende der Einweisung als positiv bewertet. Um eine sichere und ausreichende Handhabung eines neuen, vorher noch nicht bekannten Gerätes sicherzustellen, bedarf es möglicherweise an mehr Übungszeit und weiteren Studien, die eine Übung hinsichtlich ihres Erfolges untersuchen.

#### 4.8.2 Evaluierungsfragebogen

Annähernd alle Probanden waren der Meinung, die Mindestfrequenz von 100 Kompressionen/ min eingehalten zu haben. Diese Annahme stimmte mit dem im Durchschnitt gemessenen Wert für das Medumat Easy CPR- Szenario für die Kompressionsfrequenz von  $101 \pm 5$  Kompressionen/ min und bei Beutel-Maske von  $117 \pm 8$  Kompressionen/min ( $p < 0,001$ ) überein.

Ähnlich zeigt sich die Selbsteinschätzung bezüglich der Drucktiefe der Thoraxkompressionen. 92% aller Probanden glaubten, den Bereich zwischen 50-60 mm Thoraxkompressionstiefe eingehalten zu haben. Hierbei schätzen sich die Probanden jedoch, bei Betrachten der ermittelten Durchschnittswerte beider Szenarien von 62 mm, zu gut ein.

Über 60% der Probanden gaben an, dass sie die Inspirationszeit von einer Sekunde eingehalten hätten. Den gemessenen Ergebnissen der beiden Szenarien nach zu urteilen, schätzte sich die Mehrheit dabei richtig ein.

Die Mehrheit der Probanden konnte laut Fragebögen die Maske mit Beutel gut auf dem Gesicht des Manikins abdichten. Betrachtet man die Differenzen in den Tidalvolumina beider Szenarien, fallen die signifikant höheren Beatmungsvolumina bei der Beutel-Maskenbeatmung auf. Gründe wie stärkeres und flächigeres Komprimieren des Beutels und die dadurch erzeugten höheren Volumina, gaben möglicherweise den meisten Probanden das Gefühl, sie hätten die Maske ausreichend abgedichtet und suffizient beatmet. Im Gegensatz dazu war dies bei dem Einsatz des Medumat Easy CPR nicht möglich, da dort ein Tidalvolumen von 500 ml voreingestellt wurde. Aus einer amerikanischen Manikin-Studie ist bekannt, dass eine 2-Hand-Ventilation (Doppel-C-Griff) höhere Tidalvolumina und eine bessere Abdichtung erbringt als eine Ein-Hand-Ventilation [53]. Laut der Ergebnisse von Otten et al hätte somit in der hiesigen MEC-Studie trotz fest voreingestelltem Tidalvolumen, höhere Volumina erreicht werden müssen. Trotzdem waren zwei Drittel der Probanden der Meinung, sie hätten mit der Maske gut abgedichtet, obwohl signifikant niedrigere Volumina zustande kamen.

Die Minderheit der Probanden hatte das Gefühl, dass die aufgetretenen Hands-Off-Zeiten mit Beutel-Maske insgesamt nicht groß gewesen seien. Damit bestätigten sie den durchschnittlichen Wert von 4,7 Sekunden Hands-Off-Zeit. Der Großteil schätze sich dabei jedoch falsch ein und nahm an, zu große Pausen zwischen zwei Kompressionszyklen gemacht zu haben.

Dahingegen empfanden ca. 75% aller Probanden, dass die Unterbrechungen zwischen den Kompressionszyklen mit dem Medumat Easy CPR zu groß gewesen waren. Diese Annahme stimmte mit der durchschnittlichen Hands-Off-Zeit von 6,1 Sekunden überein.

Die Bedienbarkeit des MEC zur korrekten Einstellung haben alle Probanden als positiv bewertet. Die Funktion des integrierten Metronoms waren für 98% aller Probanden verständlich, was sich auch in der durchschnittlichen Kompressionsfrequenz von 101/ min widerspiegelt. Studien zeigen, dass ein Metronom die Kompressionsrate und damit die Qualität der Herzdruckmassage verbessert [42]. Aus einer amerikanischen prospektiven Manikin-Studie ist bekannt, dass Probanden nach fünf wöchigem Training ein mentales Metronom mithilfe eines Liedes („Stayin´ Alive“, Bee Gees) verinnerlichten. Somit konnten die Probanden die Kompressionsrate von mindestens 109 Kompressionen/ min mit gespielter Musik und 113 Kompressionen/ min ohne Musik aufrecht erhalten [54].

#### **4.9 Der Medumat Easy CPR als Alternative zur Beutel-Maskenbeatmung**

Die Beutel-Maskenbeatmung wird im deutschen Rettungsdienst vorrangig im Falle einer Reanimation verwendet und stellt die bevorzugte im präklinischen Alltag verwendete Art der Beatmung dar [58]. Es wurde im Rahmen der Studie beobachtet, dass ältere Studienteilnehmer schlechter mit dem Medumat Easy CPR umgingen als jüngere, welche häufig der modernen Technik zugänglicher sind. Aus der Literatur ist bekannt, dass sich für Ungeübte die Beutel-Maskenbeatmung schwieriger gestaltet und daraus niedrige durchschnittliche Tidalvolumina resultieren [59], [60]. Es ist verständlich, dass somit jüngere und weniger erfahrene Probanden ein Gerät, welches genaue Anweisungen und Hilfestellungen zur Durchführung der Reanimationsmaßnahmen gibt, als leichter verständlich und eingängiger empfinden.

Es handelt sich bei dieser Studie um eine Studie mit routinierten und professionellen Rettungskräften, die im alltäglichen Rettungsdienst mit der Beutel-Maskenbeatmung zu tun und die Handhabung dieser häufig über mehrere Jahre verinnerlicht haben. Dies kann das insgesamt bessere Abschneiden des Beutel-Masken-Szenarios erklären. Die schon in 4.8.1 erläuterte Problematik des möglicherweise zu kurzen Übungsabschnitts des Einweisungsvideos, trägt sicherlich auch zu den Ergebnissen



hinsichtlich der Atemvolumina bei. Allerdings wurde in einer Studie von medizinisch-technischen Studenten ein Training auf Beutel-Maskenbeatmung von 20 Stunden angesetzt und dabei ein durchschnittliches Atemminutenvolumen von 2,6 l/min gemessen [61].

Verschiedene Autoren in drei Studien empfehlen supraglottische Atemwegshilfen [55-57] für die präklinische Notfallversorgung durch First-Responder und geben an, sie seien der Beutel-Maskenbeatmung überlegen. Es würde sich also anbieten, in einer weiteren Studie den Vergleich zwischen der Benutzung supraglottischer Atemwegshilfen mit bzw. ohne Medumat Easy CPR zu untersuchen.

#### **4.9.1 Preis und Gerätegröße**

Andere Aspekte, die für den Vergleich zwischen Beutel-Maskensystem und einem manuell automatisch-auslösbaren Beatmungsgerät mit integriertem Metronom nicht zu vernachlässigen sind, sind zum einen der Preis, die Größe und zum anderen die Wartung und Instandsetzung der unterschiedlichen Systeme.

Ein Beatmungsgerät wie der Medumat Easy CPR ist mit einem Preis zwischen 3000-4000 Euro deutlich teurer als ein konventionelles Beutel-Maskensystem, welches im Durchschnitt mit 60-100 Euro zu erwerben ist. Aufgrund der aufwendigen Technik und der Einstellungsmöglichkeiten des MEC und den damit einhergehenden potentiellen Fehlerquellen ist das Gerät für technische Fehler im Gegensatz zum Beutel-Maskensystem anfälliger.

Insgesamt bedarf der Einsatz des MEC zur korrekten Bedienung und sicheren Handhabung eine zeitintensivere Einführung und Einweisung als bei der Beutel-Maskenbeatmung. Allerdings kann bei Ungeübten für Reanimationsmaßnahmen mit dem Medumat Easy CPR eine konstantere Kompressionsfrequenz bei der Herzdruckmassage erreicht und das Risiko für eine Überventilation mit potentiell gefährlichen Magenblähungen gesenkt werden. Es konnte in einer Studie beobachtet werden, dass Rettungskräfte weniger Mageninsufflationen bei der Benutzung eines manuell auslösbaren Beatmungsgerätes bei anästhesierten Patienten verursachen als mit einem Beutel-Maskensystem [62].

#### **4.10 Limitationen der Studie**

Auch wenn die Probanden der Studie professionelle Rettungskräfte waren, wurden im Rahmen des Randomisierungsverfahrens Kombinationen von Paaren gebildet, die in dieser Konstellation im alltäglichen deutschen Rettungsdienst nicht vorkommen würden. Somit bestanden 18% der Teams aus 2 Rettungssanitätern (2xRA). Im Rettungsdienstgesetz Nordrhein-Westfalen muss ein Rettungswagen mit mindestens einem Rettungsassistenten besetzt sein [30]. Das bedeutet, dass im Alltag des deutschen Rettungsdienstes im Falle einer Reanimation zwei Rettungssanitäter nicht alleine zusammen reanimieren. Die Mehrheit der Probanden waren Rettungsassistenten (66%). 49 % aller Team-Zusammensetzungen bestanden aus Zwei-Helfer-Teams mit Rettungsassistenten (2x RA). Somit sind die Ausbildungsstände nicht gleichmäßig verteilt gewesen (siehe 3.1 Studienpopulation). Dies führte gegebenenfalls dazu, dass durch längere Erfahrung insgesamt gleichartigere Ergebnisse erzielt wurden als bei unerfahreneren Kollegen. Unter anderem führte diese Verteilung zu den für den MEC gemessenen Ergebnissen, da vor allem die jüngeren unerfahrenen Teilnehmer, häufig Rettungssanitäter, den Umgang mit dem Medumat Easy CPR schneller verinnerlichten und diese den geringsten Anteil der Studienpopulation ausmachten.

Es ist bekannt, dass die Reanimationsbedingungen im Vergleich zu einem Menschen bei einem Manikin anders sind und sich viele Unterschiede auf tun. Die Abdichtung der Maske auf dem Gesicht des Manikins stellt sich unter anderem häufig als schwieriger dar. Die Tatsache, dass bei der Beatmung das Material Gummi auf Gummi gedrückt wird, kann eine optimale Abdichtung erschweren. Kein Manikin kann die Anatomie und Gegebenheiten des Gesichts bzw. die Haut eines Menschen original und perfekt nachstellen. Dennoch ist aus der Literatur bekannt, dass sich eine gute Abdichtung bei anästhesierten Patienten mit einem Beutel-Maskensystem auch bei professionellen Rettungskräften als schwierig gestalten kann [63].

Weiterhin unterscheidet sich das Überstrecken des Kopfes beim Manikin mit der Reklination beim Menschen. Die oft beim Manikin erschwerte Reklination kann die Ventilation negativ beeinflussen und so ungewollt zu Obstruktionen im Schlauch-System des Manikins führen. Desweiteren weist ein Manikin eine geringere Lungen-Compliance als ein Mensch auf, welches einen weiteren Grund für eine schwierigere Ventilation darstellen könnte. Trotz der genannten Einschränkungen und Charakteristika eines Manikins, haben Studien die Benutzung eines Manikins

hinsichtlich der Beatmung und der Hands-Off-Zeit als gültig erklärt [64-66].

Das hinsichtlich der Beatmungsparameter schlechtere Abschneiden des Medumat Easy CPR kann durch das einzustellende Volumen bedingt sein. Das genau einzustellenden von 500 ml Tidalvolumen ließ den Probanden wenig Spielraum, bei einer unzureichenden Abdichtung der Maske oder unzureichenden Überstreckung des Kopfes trotzdem eine durch Varianz in den einzelnen Tidalvolumina suffiziente Beatmung zu erreichen. Weitere Studien mit anderen eingestellten Volumina wären dafür notwendig, um diese potentielle Limitation bewerten zu können.

#### **4.11 Gesamtfazit: Der Vergleich einer Basisreanimation zwischen einem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät und Beutel-Maskenbeatmung**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Vergleich zwischen einem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät mit integrierten Metronom und der konventionellen Beutel- Maskenbeatmung. Der Vergleich wurde im Rahmen eines BLS-Szenarios durchgeführt und hinsichtlich vieler, die Beatmung und Herzdruckmassage betreffende Parameter sowie auf zeitliche Aspekte untersucht.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass der Einsatz eines automatischen Beatmungsgerätes, wie dem Medumat Easy CPR, der Beutel-Maskenbeatmung nicht überlegen ist. In Bezug auf das durchschnittliche Tidalvolumen und das Atemminutenvolumen unterscheiden sich die gemessenen Durchschnittswerte in beiden Szenarien (MEC vs. Beutel-Maske). In den Szenarien mit der Beutel-Maskenbeatmung wurden hinsichtlich der für die Beatmung festgelegten Referenzwerte bessere Ergebnisse erzielt. Hinsichtlich der Inspirationszeit-Zeit zeigten sich im Vergleich beider Szenarien ähnliche Ergebnisse.

Es konnte durch die vorliegende Arbeit außerdem gezeigt werden, dass der Einsatz eines manuell auslösbarem-automatischem Beatmungsgerätes möglicherweise den Beginn der Reanimationsmaßnahmen zeitlich verspäten und die Unterbrechungen zwischen zwei Kompressionszyklen verlängern kann. Es kann auch festgestellt werden, dass der Gebrauch eines integrierten Metronoms eine konstante und zuverlässige Kompressionsfrequenz der Herzdruckmassage ermöglicht.

Es wären jedoch weitere Analysen zum Einsatz des MEC sowie die Ermittlung des

notwendigen Schulungs- und Trainingsaufwandes notwendig, um den Einsatz des Gerätes abschließend bewerten zu können.

Um die Beatmungsqualität anderweitig zu vergleichen, kann eine ähnlich aufgebaute Studie gestaltet werden, in der die gleichen Messwerte mit dem zusätzlichen Gebrauch von supraglottischen Atemwegshilfen (Larynxtubus, Larynxmaske) verglichen werden. Auf diese Weise könnte unter anderem die unzureichende Abdichtung einer Maske, welche niedrige Tidalvolumina zur Folge haben könnte, weitgehend vernachlässigt werden.

Bezüglich einer erfolgreichen Geräteeinweisung bzw. Übung ist besonders eine praktische Komponente, in der der Proband die zu messende Tätigkeit selbstständig trainiert, erforderlich [67]. Eine wie in dieser Studie verwendete Videoeinweisung mit kurzem praktischem Übungsabschnitt war für die Einweisung ausreichend und zielführend. Das richtige Maß von praktischer Schulung und der eventuelle Gebrauch von zusätzlicher Videoeinweisung müsste in weiteren Studien genauer untersucht werden, um einen optimalen und effizienten Aufwand evaluieren zu können.

## 5. Zusammenfassung der Arbeit

Der plötzliche Herz-Kreislauf-Stillstand stellt in Deutschland und in Europa eine der häufigsten Todesursachen dar. Mit einer Inzidenz von 50-70 Reanimationen pro 100.000 Einwohnern/ Jahr ist die Reanimation eine besondere Herausforderung für den Rettungsdienst.

In den Bereichen des Rettungsdienstes, der Wissenschaft aber auch in der Politik wird zunehmend daran gearbeitet, die Qualität der Reanimation zu verbessern. Die im Rahmen der Reanimation durchgeführte Beatmung vor der Atemwegsicherung wird im deutschen Rettungsdienst fast ausschließlich mit Beutel-Maskenbeatmung durchgeführt. Technische Hilfsgeräte versuchen jedoch verstärkt konventionelle Vorgehensweisen wie die Beutel-Maskenbeatmung oder die Herzdruckmassage (z.B. durch LUCAS™) abzulösen. Da ungeübtes Personal häufig Schwierigkeiten mit der Beutel-Maskenbeatmung aufweist, werden neue Geräte entwickelt, die diese erleichtern sollen. Eines dieser Geräte ist der Medumat Easy CPR (MEC) der Firma Weinmann (Hamburg). Als gemeinsame Ziele haben solche Hilfsgeräte eine Verbesserung der Qualität der Reanimationsmaßnahmen sowie eine erleichterte Durchführung und Handhabung dieser Maßnahmen.

Der Medumat Easy CPR ist ein mit Sprachhinweisen unterstütztes Beatmungsgerät, welches dem Benutzer ermöglicht, über einen Auslöseknopf an der Maske volumenkontrollierte Beatmungen abzugeben. Zusätzlich unterstützt eine Metronom-Funktion bei der Herzdruckmassage.

In der vorliegenden Arbeit sind der Medumat Easy CPR mit der konventionellen Beutel-Maskenbeatmung im Rahmen eines BLS (Basic Life Support)-Szenarios (30:2 Algorithmus) anhand eines Reanimationsphantoms (Mini MegaCode Trainer, Ambu) hinsichtlich ihrer Beatmungs-, Herdruckmassage-, und Zeitmanagementqualität miteinander verglichen worden. Hierzu wurde eine Gruppe von 66 Rettungsassistenten und Rettungssanitätern der Feuerwehr Dortmund im Rahmen eines Lotterieverfahrens in Zweier-Teams randomisiert eingeteilt. Alle Teams durchliefen jeweils ein 8 bis 10-minütiges BLS-Szenario mit Beutel-Maskenbeatmung (Kontroll-Gruppe) und ein weiteres BLS-Szenario mit dem Medumat Easy CPR. Die jeweiligen Durchgänge beinhalteten die Durchführung von 20 Zyklen BLS (4x 2 Minuten). Jeder der Probanden gab pro Szenario 20 Beatmungen ab. Zu Beginn des Medumat Easy CPR-Szenarios bekamen die Probanden eine sechs minütige Videoeinweisung für das Gerät. Nach dem Beenden eines Szenarios wurde im

Rahmen eines Crossover-Designs auf das jeweils andere Szenario gewechselt. Bei vielen Messwerten zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen der Kontroll-Gruppe und dem MEC. Insgesamt präsentierten sich im Vergleich zum Medumat Easy CPR bei den Kontroll-Gruppen mit Beutel-Maskenbeatmung höhere Tidalvolumina (MEC:  $380 \pm 50$  ml, Kontrolle:  $560 \pm 100$  ml ( $p < 0,001$ )). Die Inspirationszeit betrug durchschnittlich  $0,9 \pm 0,2$  Sekunden mit dem MEC und  $0,7 \pm 0,1$  Sekunden mit Beutel-Maske ( $p < 0,001$ ). Es zeigten sich Herzdruckmassagefrequenzen von durchschnittlich  $101 \pm 5$  /min (MEC) und  $117 \pm 8$  /min (Beutel-Maske) ( $p < 0,001$ ). Hinsichtlich der Hands-Off-Zeit (Unterbrechungen zwischen zwei Kompressionszyklen) konnten weitere signifikante Unterschiede festgestellt werden. Somit war die Hands-Off-Zeit in der Kontroll-Gruppe kürzer als mit dem MEC (Beutel-Maske:  $4,7 \pm 0,7$  Sekunden, MEC:  $6,1 \pm 0,5$  Sekunden ( $p < 0,001$ )). Die Latenzzeit (Zeit zwischen Start der Zeitmessung und Erfassung der ersten Herzdruckmassage) war mit dem MEC signifikant länger als in der Kontroll-Gruppe (MEC:  $24,5 \pm 4,5$  Sekunden, Beutel-Maske:  $14,0 \pm 3,8$  Sekunden ( $p < 0,001$ )). Es wird aus der hier vorliegenden Arbeit ersichtlich, dass der MEC der konventionellen Beutel-Maskenbeatmung hinsichtlich der Qualität der Beatmung und der zeitlichen Aspekte nicht überlegen ist. In den Beutel-Maske-Szenarien zeigten sich effizientere und suffizientere Ventilationen. Es hat sich ebenfalls gezeigt, dass der Start der Herzdruckmassage mit dem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät (MEC) verzögert und der Zeitraum ohne Thoraxkompressionen verlängert wird. Jedoch konnte durch den Einsatz eines Metronoms eine konstante Frequenz der Herzdruckmassage erreicht werden. Weitere Untersuchungen und Studien zu Geräten wie den MEC mit eventuellem Einsatz von supraglottischen Atemwegshilfen zur Verbesserung des Tidalvolumens und die Ermittlung des notwendigen Schulungs- und Trainingsaufwands sind erforderlich, um den Einsatz solcher technischen Hilfsmittel zur Reanimation abschließend bewerten zu können.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Gräsner, J.T., G. Geldner, and C. Werner, Optimierung der Reanimationsversorgung in Deutschland. Bad Boll - Reanimationsgespräche 2014 - 10 Thesen für 10.000 Leben. Notfall + Rettungsmedizin, 2014. 17(4).
2. Sans, S., H. Kesteloot, and D. Kromhout, The burden of cardiovascular diseases mortality in Europe. Task Force of the European Society of Cardiology on Cardiovascular Mortality and Morbidity Statistics in Europe. Eur Heart J, 1997. 18(12): p. 1231-48.
3. Atwood, C., et al., Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in Europe. Resuscitation, 2005. 67(1): p. 75-80.
4. Gräsner, J.T. and L. Bossaert, Epidemiology and management of cardiac arrest: what registries are revealing. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2013. 27(3): p. 293-306.
5. Kern, K.B., et al., Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. Circulation, 2002. 105(5): p. 645-9.
6. Bobrow, B.J., et al., Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. JAMA, 2008. 299(10): p. 1158-65.
7. Gräsner, J.T., et al., ROSC after cardiac arrest--the RACA score to predict outcome after out-of-hospital cardiac arrest. Eur Heart J, 2011. 32(13): p. 1649-56.
8. Becker, L.B., et al., A reappraisal of mouth-to-mouth ventilation during bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation: a statement for Healthcare Professionals from the Ventilation Working Group of the Basic Life Support and Pediatric Life Support Subcommittees, American Heart Association. Ann Emerg Med, 1997. 30(5): p. 654-66.
9. Taelman, D.G., et al., Quality of resuscitation by first responders using the 'public access resuscitator': a randomized manikin study. Eur J Emerg Med, 2014. 21(6): p. 409-17.
10. Yeung, J., et al., The use of CPR feedback/prompt devices during training and CPR performance: A systematic review. Resuscitation, 2009. 80(7): p. 743-51.

11. Bohn, A., H. Van Aken, and M. Müller, Jeder kann ein Leben retten. These 3 - Um das therapiefreie Intervall zu verkürzen, müssen alle Altersgruppen und gesellschaftlichen Gruppen für die Laienreanimation aktiviert werden. Notfall + Rettungsmedizin, 2014. 17(4).
12. Mosesso, V.N., Jr., et al., Effects of AED device features on performance by untrained laypersons. Resuscitation, 2009. 80(11): p. 1285-9.
13. Herlitz, J., et al., Efficacy of bystander CPR: intervention by lay people and by health care professionals. Resuscitation, 2005. 66(3): p. 291-5.
14. Gräsner, J.T., et al., 10 Thesen für 10.000 Leben. Bad Boller Reanimationsgespräche 2014. Notfall + Rettungsmedizin, 2014. 17(4).
15. Gliwitzky, B., S. Prückner, and C. Röhrenbeck, Regelmäßiges Training verbessert die Qualität der Reanimation. These 10 - Bad Boll - Ein interprofessionelles, interdisziplinäres Teamtraining in zertifizierten Kursen muss gewährleistet werden. Notfall + Rettungsmedizin, 2014. 17(4).
16. Deakin, C.D., et al., European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support. Resuscitation, 2010. 81(10): p. 1305-52.
17. Alexander, R., et al., A comparison of the laryngeal mask airway and Guedel airway, bag and facemask for manual ventilation following formal training. Anaesthesia, 1993. 48(3): p. 231-4.
18. Schmiedel, R., Leistungen des Rettungsdienstes 2012/13 : Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahre 2012 und 2013. 2015, Bergisch Gladbach: Bibliothek der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt).
19. Muller, D., R. Agrawal, and H.R. Arntz, How sudden is sudden cardiac death? Circulation, 2006. 114(11): p. 1146-50.
20. Lowel, H., M. Lewis, and A. Hormann, [Prognostic significance of prehospital phase in acute myocardial infarct. Results of the Augsburg Myocardial Infarct Registry, 1985-1988]. Dtsch Med Wochenschr, 1991. 116(19): p. 729-33.
21. Schmiedel, R., Leistungen des Rettungsdienstes 2008/09 : Analyse des Leistungsniveaus im Rettungsdienst für die Jahres 2008 und 2009. 2012, Bibliothek der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): Bergisch Gladbach.
22. Koster, R.W., et al., European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. Resuscitation, 2010. 81(10): p. 1277-92.



23. Gräsner, J.-T., Präklinische Reanimationen im Rettungsdienstbereich Münster- Eine Qualitätsanalyse der Jahre 1993 und 1995. (Mensch und Buch Verlag 2002).
24. Waalewijn, R.A., J.G. Tijssen, and R.W. Koster, Bystander initiated actions in out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: results from the Amsterdam Resuscitation Study (ARRESUST). *Resuscitation*, 2001. 50(3): p. 273-9.
25. Valenzuela, T.D., et al., Estimating effectiveness of cardiac arrest interventions: a logistic regression survival model. *Circulation*, 1997. 96(10): p. 3308-13.
26. Holmberg, M., et al., Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Eur Heart J*, 2001. 22(6): p. 511-9.
27. Eftestol, T., K. Sunde, and P.A. Steen, Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation*, 2002. 105(19): p. 2270-3.
28. Perkins, G.D., et al., European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation*, 2015. 95: p. 81-99.
29. Bergrath, S., et al., Comparison of manually triggered ventilation and bag-valve-mask ventilation during cardiopulmonary resuscitation in a manikin model. *Resuscitation*, 2012. 83(4): p. 488-93.
30. Nordrhein-Westfalen, M.f.l.u.K.d.L., Gesetz über den Rettungsdienst sowie die Notfallrettung und den Krankentransport durch Unternehmer (Rettungsgesetz NRW - RettG NRW) in § 4 (Fn 6) Besetzung von Rettungsmitteln. 2016.
31. Ratkowsky, D.A., M.A. Evans, and J.R. Alldredge, Cross-over experiments : design, analysis, and application. *Statistics, textbooks and monographs*. 1993, New York: Marcel Dekker. ix, 446 p.
32. Bose, M. and A. Dey, *Optimal crossover designs*. 2009, Singapore ; Hackensack, NJ: World Scientific. xii, 225 p.
33. Sanders, A.B., et al., Survival and neurologic outcome after cardiopulmonary resuscitation with four different chest compression-ventilation ratios. *Ann Emerg Med*, 2002. 40(6): p. 553-62.

34. Edelson, D.P., et al., Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation*, 2006. 71(2): p. 137-45.
35. Christenson, J., et al., Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation*, 2009. 120(13): p. 1241-7.
36. Keller, C., et al., Patient outcomes with positive pressure versus spontaneous ventilation in non-paralysed adults with the laryngeal mask. *Can J Anaesth*, 1998. 45(6): p. 564-7.
37. Aufderheide, T.P., et al., Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*, 2004. 109(16): p. 1960-5.
38. von Goedecke, A., et al., Effects of decreasing inspiratory times during simulated bag-valve-mask ventilation. *Resuscitation*, 2005. 64(3): p. 321-5.
39. Carron, M., et al., Complications of non-invasive ventilation techniques: a comprehensive qualitative review of randomized trials. *Br J Anaesth*, 2013. 110(6): p. 896-914.
40. Luria, O., L. Reshef, and O. Barnea, Analysis of non-invasive ventilation effects on gastric inflation using a non-linear mathematical model. *Resuscitation*, 2006. 71(3): p. 358-64.
41. Jantti, H., et al., Influence of chest compression rate guidance on the quality of cardiopulmonary resuscitation performed on manikins. *Resuscitation*, 2009. 80(4): p. 453-7.
42. Kern, K.B., et al., Metronome improves compression and ventilation rates during CPR on a manikin in a randomized trial. *Resuscitation*, 2010. 81(2): p. 206-10.
43. Zimmerman, E., et al., Use of a Metronome in Cardiopulmonary Resuscitation: A Simulation Study. *Pediatrics*, 2015. 136(5): p. 905-11.
44. Lederer, W., et al., Frequency of rib and sternum fractures associated with out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation is underestimated by conventional chest X-ray. *Resuscitation*, 2004. 60(2): p. 157-62.
45. Kralj, E., et al., Frequency and number of resuscitation related rib and sternum fractures are higher than generally considered. *Resuscitation*, 2015. 93: p. 136-141.

46. Aufderheide, T.P., et al., Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. *Resuscitation*, 2005. 64(3): p. 353-62.
47. Yannopoulos, D., et al., Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. *Resuscitation*, 2005. 64(3): p. 363-72.
48. Kim, Y.H., et al., Differences in Hands-off Time According to the Position of a Second Rescuer When Switching Compression in Pre-hospital Cardiopulmonary Resuscitation Provided by Two Bystanders: A Randomized, Controlled, Parallel Study. *J Korean Med Sci*, 2015. 30(9): p. 1347-53.
49. Holmberg, M., et al., Survival after cardiac arrest outside hospital in Sweden. Swedish Cardiac Arrest Registry. *Resuscitation*, 1998. 36(1): p. 29-36.
50. Hasselqvist-Ax, I., et al., Early cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med*, 2015. 372(24): p. 2307-15.
51. VanderWielen, B.A., et al., Teaching sonoanatomy to anesthesia faculty and residents: utility of hands-on gel phantom and instructional video training models. *J Clin Anesth*, 2014.
52. Deindl, P., et al., An instructional video enhanced bag-mask ventilation quality during simulated newborn resuscitation. *Acta Paediatr*, 2015. 104(1): p. e20-6.
53. Otten, D., et al., Comparison of bag-valve-mask hand-sealing techniques in a simulated model. *Ann Emerg Med*, 2014. 63(1): p. 6-12 e3.
54. Hafner, J.W., et al., "Stayin' alive": a novel mental metronome to maintain compression rates in simulated cardiac arrests. *J Emerg Med*, 2012. 43(5): p. e373-7.
55. Wharton, N.M., et al., I-gel insertion by novices in manikins and patients. *Anaesthesia*, 2008. 63(9): p. 991-5.
56. Howes, B.W., et al., LMA Supreme insertion by novices in manikins and patients. *Anaesthesia*, 2010. 65(4): p. 343-7.
57. Bickenbach, J., et al., The intuitive use of laryngeal airway tools by first year medical students. *BMC Emerg Med*, 2009. 9: p. 18.
58. Wang, H.E., et al., Out-of-hospital airway management in the United States. *Resuscitation*, 2011. 82(4): p. 378-85.

59. Alexander, R., et al., "Mouth to mouth ventilation": a comparison of the laryngeal mask airway with the Laerdal Pocket Facemask. *Resuscitation*, 2009. 80(11): p. 1240-3.
60. Adelborg, K., et al., Mouth-to-mouth ventilation is superior to mouth-to-pocket mask and bag-valve-mask ventilation during lifeguard CPR: a randomized study. *Resuscitation*, 2011. 82(5): p. 618-22.
61. Kurola, J., et al., Airway management in cardiac arrest--comparison of the laryngeal tube, tracheal intubation and bag-valve mask ventilation in emergency medical training. *Resuscitation*, 2004. 61(2): p. 149-53.
62. Noordergraaf, G.J., et al., Airway management by first responders when using a bag-valve device and two oxygen-driven resuscitators in 104 patients. *Eur J Anaesthesiol*, 2004. 21(5): p. 361-6.
63. Noordergraaf, G.J., et al., Efficacy and safety in patients on a resuscitator, Oxylator EM-100, in comparison with a bag-valve device. *Am J Emerg Med*, 2004. 22(7): p. 537-43.
64. Wiese, C.H., et al., [Reduction in no flow time using a laryngeal tube: comparison to bag-mask ventilation]. *Anaesthesist*, 2008. 57(6): p. 589-96.
65. Fischer, H., et al., Performance of supraglottic airway devices and 12 month skill retention: a randomized controlled study with manikins. *Resuscitation*, 2011. 82(3): p. 326-31.
66. Wiese, C.H., et al., Influence of airway management strategy on "no-flow-time" in a standardized single rescuer manikin scenario (a comparison between LTS-D and I-gel). *Resuscitation*, 2009. 80(1): p. 100-3.
67. Soleimanpour, H., et al., Role of anesthesiology curriculum in improving bag-mask ventilation and intubation success rates of emergency medicine residents: a prospective descriptive study. *BMC Emerg Med*, 2011. 11: p. 8.

# 7. Anhänge

## 7.1 Unbedenklichkeitsbescheinigung der Feuerwehr Dortmund

### Unbedenklichkeitsbescheinigung zur Durchführung einer Studie

Dortmund,  
01.11.2011

Sehr geehrter Herr Strohwald,

hiermit bestätige ich Ihnen als Leiter der Rettungsdienstschule der Feuerwehr Dortmund sowohl meine Unbedenklichkeit, als auch die Unbedenklichkeit des Personalrates zur Datenerfassung und Durchführung Ihrer Studie:

„Basisreanimation mit einem manuell auslösbaaren-automatischen Beatmungsgerät und Metronom-Unterstützung (Medumat Easy CPR)“.

Mit freundlichen Grüßen



Stadte Dortmund - Feuerwehr  
Bundeshochschule Rettungsdienst  
Salkstr. 19, 46147 Dortmund  
+49 23 1 845-5253

Markus Sulk  
Sachgruppenleiter Rettungsdienstschule  
Feuerwehr Dortmund

## 7.2 Fragebögen

**Evaluierungsbogen Reanimation mit Beutel / MEDUMAT Easy CPR  
Jahresfortbildung Rettungsdienst der Stadt Dortmund 2011**



Protokoll-Nummer: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

### Allgemeine Angaben

#### Ausbildung:

Welche professionelle Ausbildung haben Sie?  
(z.B. Rettungsassistent/ Rettungssanitäter)

Ihre Berufserfahrung in Jahren

#### Persönliche Angaben:

Wie alt sind Sie?

Welches ist Ihr Geschlecht?

#### Über den Fragebogen:

Die Benotung funktioniert nach dem Schulnotenprinzip. Ein Kreuz im entsprechenden Feld reicht. Ideen, Anregungen, Kritik bitte in das Freifeld rechts eintragen bzw. auf der Rückseite.

1= sehr gut / sehr / JA, 2= gut, 3= befriedigend, 4= ausreichend, 5= mangelhaft, 6= ungenügend / sehr wenig / NEIN

**Mit Rückgabe des ausgefüllten Fragebogens erklärt sich der Teilnehmer mit der anonymisierten Auswertung und statistischen Nutzung der Fragebogendaten sowie der zugehörig erhobenen Reanimationsdaten bereit.**

#### Videoeinweisung:

	1	2	3	4	5	6	Bitte eine Begründung, wenn schlechter als Note 3
1) Wurde durch das Video die Bedienung des Gerätes deutlich?							
2) Wie bewerten Sie den praktischen Übungsabschnitt am Ende des Videos?							
3) Wie bewerten Sie sprachliche Einweisung durch das Video?							
4) Wie bewerten Sie die bildliche Darstellung der Videoeinweisung?							
5) Fühlen Sie sich nach Anschauen des Videos insgesamt genügend eingewiesen?							
6) Inwiefern würden Sie es sich zutrauen, den MEDUMAT Easy CPR nach dieser Videoeinweisung bei einer Reanimation zu benutzen?							

**Über den Fragebogen:**

Die Benotung funktioniert nach dem Schulnotenprinzip. Ein Kreuz im entsprechenden Feld reicht. Ideen, Anregungen, Kritik bitte in das Freifeld rechts eintragen bzw. auf der Rückseite.

1= sehr gut / sehr / JA, 2= gut, 3= befriedigend, 4= ausreichend, 5= mangelhaft, 6= ungenügend / sehr wenig / NEIN

**Mit Rückgabe des ausgefüllten Fragebogens erklärt sich der Teilnehmer mit der anonymisierten Auswertung und statistischen Nutzung der Fragebogendaten sowie der zugehörig erhobenen Reanimationsdaten bereit.**

	Benotung						
	1	2	3	4	5	6	Bitte eine Begründung, wenn schlechter als Note 3
<b>Herzdruckmassage</b>							
1) Ist die <del>Thorax</del> <del>kompression</del> Ihrer Meinung nach anstrengend gewesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2) Konnten Sie Ihrer Meinung nach die Herzdruckfrequenz von mind. 100/min gut einhalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3) Konnten Sie die Drucktiefe von 5-6cm Ihrer Meinung nach gut einhalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Nur Beutelbeatmung</b>							
4) Haben Sie es Ihrer Meinung nach erreicht, eine Inspirationsdauer von 1sec einzuhalten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5) Konnten Sie die Maske bei der Beatmung mit dem Beutel Ihrer Meinung nach gut abdichten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6) Sind die bei Ihrer Reanimation insgesamt aufgetretenen Pausen-Zeiten (Zeiten ohne Herzdruckmassage) groß gewesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<b>Nur MEDUMAT Easy CPR</b>							
7) Wie beurteilen Sie die Bedienbarkeit des Gerätes zur korrekten Einstellung für die Reanimation?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8) Ist die Bedeutung des Metronoms als Vorgabe für die Herzdruckmassage verständlich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9) Ist der Zweck der letzten 3 Metronom-Schläge (höhere Töne) gut verständlich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10) Ist die Handhabung von Maske und <del>MEDU</del> <del>trigger</del> klar verständlich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11) Konnten Sie die Maske bei der Beatmung mit MEDUMAT Easy CPR Ihrer Meinung nach gut abdichten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12) Ist die Nutzbarkeit des <del>MEDU</del> <del>trigger</del> zur Auslösung der Beatmungshübe einfach?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13) Sind die bei Ihrer Reanimation insgesamt aufgetretenen Pausen-Zeiten (Zeiten ohne Herzdruckmassage) groß gewesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



## Basisreanimation mit einem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät und Metronom-Unterstützung (Medumat Easy CPR)

12. Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin, 05.-07. Dezember 2012, Hamburg

P. Strohwalde<sup>1</sup>, S. Seewald<sup>2</sup>, J. Lemke<sup>1</sup>, J. Wnent<sup>2</sup>, H. Lemke<sup>3</sup>,  
U. Schniedermeier<sup>3</sup>, J.W. Walther<sup>4</sup>, B.Bein<sup>1</sup>, J.-T. Gräsner<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin

<sup>2</sup>Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Lübeck, Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin

<sup>3</sup>Feuerwehr Dortmund, Rettungsdienst, <sup>4</sup>Medizinische Klinik III „Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil“



### Hintergrund

Die Ventilation und Oxygenierung ist bei der Reanimation von zentraler Bedeutung und beeinflusst das primäre Reanimationsergebnis (1). Häufig bereitet die Beatmung mithilfe von Beutel und Maske ungeübtem Personal Schwierigkeiten (2). Wir untersuchten die Anwendbarkeit eines manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerätes mit Sprachanweisung und Metronom (Medumat Easy CPR, Weinmann, Hamburg) (MEC) (Abb. 1) im Vergleich zur Beutel-Maskenbeatmung.



Abbildung 1: Medumat Easy CPR Steuerelement mit dazugehörigen Atemhubsäule und Beatmungsmaske. (Foto Weinmann)

### Material und Methodik

66 Rettungsassistenten/-sanitäter des Dortmunder Rettungsdienstes wurden im Rahmen einer Fortbildungsveranstaltung ohne praktische Erfahrung im Umgang mit dem MEC in 2er-Teams eingeteilt. Jedes Team durchlief im Rahmen eines cross-over Designs sowohl ein BLS-Szenario (30:2 Algorithmus) an einem Reanimationsphantom (Mini MegaCode Trainer, Ambu) mit Beutel-Maskenbeatmung (Kontrollgruppe) als auch mit dem MEC. Jeder der Durchgänge beinhaltete die Durchführung von 20 Zyklen BLS (4 x 2 Minuten), wobei jeder der Probanden pro Szenario 20 Beatmungen abgab (Abb. 2).

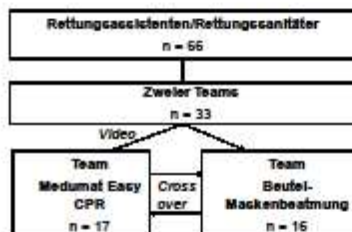


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Studiendesigns mit Verteilung der 66 Probanden auf die BLS-Szenarien.

Die Geräteeinweisung für den Medumat Easy CPR wurde mithilfe eines sechs minütigen Videos des Herstellers durchgeführt. Die statistischen Analysen erfolgten mittels SPSS 20.

### Ergebnisse

In die untersuchte Probandengruppe von 66 Teilnehmern wurden sowohl Rettungsassistenten als auch Rettungsassistenten eingeschlossen (Abb. 3). Die durchschnittliche Berufserfahrung betrug 7,3 +/- 6,7 Jahre.



Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der Studienteilnehmer nach ihrem Ausbildungsstand.

Bei der Durchführung der Beutel-Maskenbeatmung wurden in der Kontrollgruppe im Vergleich zum MEC durchschnittlich höhere Beatmungsvolumina erreicht. Die Pausen zwischen zwei Kompressionszyklen waren signifikant kürzer (Tab. 1).

Einheit	Medumat Easy CPR	Konventionell Beutel-Maske	p-Wert
Tidalvolumen l MW (SD)	0,38 (0,05)	0,56 (0,1)	p < 0,001
No-flow Zeit sec MW (SD)	6,1 (0,5)	4,7 (0,7)	p < 0,001
Latenzzeit sec MW (SD)	24,5 (4,5)	14,0 (3,8)	p < 0,001
Inspirationszeit sec MW (SD)	0,9 (0,2)	0,7 (0,1)	p < 0,001

Tabelle 1: Vergleich der durchschnittlich erreichten Messwerte des Tidalvolumens, der No-flow Zeit, der Latenzzeit und der Inspirationszeit zwischen dem Medumat Easy CPR und der Beutel-Maskenbeatmung. (MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung)

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Frequenz der Herzdruckmassage zwischen beiden Gruppen (Abb. 4).

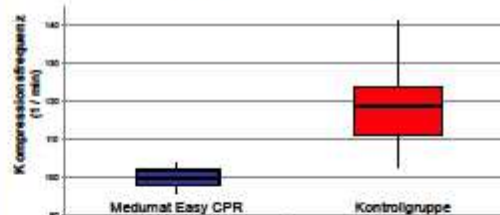


Abbildung 4: Streuung der Kompressionsfrequenz im Vergleich zwischen Medumat Easy CPR und der Kontrollgruppe.

### Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie ist der MEC der Beutel-Maskenbeatmung nicht überlegen. Die Kontrollgruppe konnte in den Szenarien eine effektivere und suffizientere Ventilation erbringen. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass möglicherweise der Einsatz eines manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerätes den Start von Reanimationsmaßnahmen verzögern und den Zeitraum ohne Herzdruckmassage verlängern könnte. Weitere Analysen zum Einsatz des MEC sowie die Ermittlung des notwendigen Schulungs- und Trainingsaufwandes sind notwendig, um den Einsatz des Gerätes abschließend bewerten zu können.

### Kontakt

C A U p.strohwalde@gmx.de  
www.uni-kiel.de/anaesthezie

### Literatur

- (1) Grimes JT et al. ROSC after cardiac arrest-the RACA score to predict outcome after out-of-hospital cardiac arrest. Eur Heart J 2011; 32:1649-56
- (2) Alexander R et al. A comparison of the laryngeal mask airway and Guedel airway bag and facemask for manual ventilation following formal training. Resuscitation 1993; 48:231-4



## 8. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	- Abbildung
ALS	- Advanced-Life-Support
AMV	- Atemminutenvolumen
BLS	- Basic-Life-Support
CoSTR	- Consensus on CPR Science with Treatment Recommendations
cmWS	- centimeter Wassersäule
CPR	- Cardiopulmonary resuscitation (= Herzlungenwiederbelebung)
EMS	- Emergency medical services (= Rettungsdienste)
ERC	- European Resuscitation Council
IPPV	- intermittent positive pressure ventilation
kgKG	- Kilogramm Körpergewicht
MEC	- Medumat Easy CPR
MW	- Mittelwert
NEF	- Notarzteinsatzfahrzeug
OHCA	- Out-of-Hospital Cardiac Arrest (= präklinischer Herzkreislaufstillstand)
RA	- Rettungsassistent
RACA	- ROSC after cardiac arrest
ROSC	- Return of spontaneous circulation (= Rückkehr d. Spontankreislaufes)
RS	- Rettungssanitäter
RTW	- Rettungswagen
SD	- Standardabweichung
vs.	- versus

## 9. Abbildungsverzeichnis

*Abbildung 1:*

Medumat Easy CPR Steuerelement mit dazugehörigem Atemhubauslöser und Beatmungsmaske. (Foto Weinmann). ..... 9

*Abbildung 2:*

Aufbau der Messräume ..... 19

*Abbildung 3:*

Vereinfachte Darstellung des Studienaufbaus und des Ablaufs der Messung..... 20

*Abbildung 4:*

Prozentuale Verteilung der Studienteilnehmer nach ihrem Ausbildungsstand..... 25

*Abbildung 5:*

Prozentuale Verteilung der Team-Zusammensetzungen ..... 26

*Abbildung 6:*

Vergleich der durchschnittlich erreichten Beatmungsvolumina zwischen Medumat Easy CPR und Beutel-Maskenbeatmung. .... 28

*Abbildung 7:*

Prozentuale Einteilung der Beatmungsvolumina in drei Kategorien (OK, hoch, niedrig) aller Beatmungen im Vergleich zwischen Medumat Easy CPR und Beutel-Maskenbeatmung. .... 29

*Abbildung 8:*

Vergleich der durchschnittlich erreichten Atemminutenvolumina zwischen Medumat Easy CPR und Beutel-Maskenbeatmung. .... 30

*Abbildung 9:*

Streuung der Kompressionsfrequenz im Vergleich zwischen Medumat Easy CPR und der Kontrollgruppe (Beutel-Maske) ..... 31

*Abbildung 10:*

Vergleich der durchschnittlich erreichten Hands-Off-Zeit (Pausen zwischen zwei Kompressionszyklen) und Latenzzeit zwischen Medumat Easy CPR-Szenario und Beutel-Maskenbeatmung-Szenario ..... 32

## 10. Tabellenverzeichnis

*Tabelle 1:*

Berufserfahrung und Alter der Studienteilnehmer..... 26

*Tabelle 2:*

Vergleich der erreichten Messwerte zwischen dem Medumat Easy CPR und des konventionellen Beutel-Masken-Szenarios..... 27

*Tabelle 3:*

Vergleich der durchschnittlichen Messwerte zwischen den drei unterschiedlichen Team-Kombinationen bei Medumat-Easy-CPR Szenario..... 33

*Tabelle 4:*

Prozentuale Verteilung der auf den Fragebögen beantworteten Fragen..... 36

## 11. Materialverzeichnis

Medumat Easy CPR (Medumat, Weinmann, Hamburg, Deutschland)

Tragesystem des Medumat Easy CPR, Life Base III (Weinmann, Hamburg, Deutschland) mit Sauerstoffflasche

Beatmungsmasken, Laerdal Adult Mask 4-5+ (Laerdal, Puchheim, Deutschland)

Beatmungsbeutel, Ambu Mark III (Ambu, Bad Nauheim, Deutschland)

Reanimationsphantom, Ambu Mini MegaCode Trainer mit dazugehöriger Ambu CPR Computer-Software Version 3.1.1 (Ambu, Bad Nauheim, Deutschland)

USB-Verbindungskabel

Notebook, Sony Vaio VGN-FZ21M (Sony, Tokio, Japan)

Notebook, Compaq Presario CQ70 (Hewlett-Packard, Palo Alto, Kalifornien, USA)

## 12. Danksagungen

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Markus Steinfath und Prof. Dr. med. Norbert Weiler für die Möglichkeit der Dissertation und besonders meinem Doktorvater Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Jan-Thorsten Gräsner für die Überlassung des Themas, die immer freundliche und sehr angenehme Betreuung, sowie für die sehr große Unterstützung bei der Erhebung der Daten und für die fachliche Unterstützung bei der Ausarbeitung dieser Arbeit. Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Dr. med. Stephan Seewald für die die statistische Beratung und Unterstützung bei der Datenauswertung bedanken.

Für das Erheben der Daten und für die Hilfe bei der Fertigstellung der Arbeit möchte ich mich außerdem ganz besonders bei Julia Lemke bedanken, die mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Weiterhin danke ich den ärztlichen Leitern des Rettungsdienstes Dortmund Herrn Dr. med. Hans Lemke und Herrn Dr. med. Udo Schniedermeier, sowie dem Sachgruppenleiter der Rettungsdienstschule der Feuerwehr Dortmund Markus Sulk für die Möglichkeit zur Durchführung der Studie und die Überlassung der Daten.

Ich danke ebenfalls dem Institut für Medizinische Informatik und Statistik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel für die Unterstützung bei statistischen Fragen und der Firma Laerdal für die Bereitstellung der Beatmungsmasken.

Ganz besonders möchte ich meinen Eltern Cornelia und Georg Strohwald für ihre fortwährende Unterstützung und ihren Zuspruch während meines Studiums und der Anfertigung dieser Arbeit danken.

## 13. Publikationsverzeichnis

### Poster:

Strohwalde P, Seewald S, Lemke J, Wnent J, Lemke H, Schniedermeier U, Bein B, Gräsner JT (2012) Basisreanimation mit einem manuell auslösbaren-automatischen Beatmungsgerät und Metronom-Unterstützung (Medumat Easy CPR). 12. Kongress der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensivmedizin und Notfallmedizin DIVI, Hamburg

### Publikation:

Lemke J, Seewald S, Strohwalde P, Wnent J, Lemke H, Gräsner JT. Qualitätsmanagement in der Notfallmedizin - Bewertung des Reanimationserfolges mithilfe des RACA-Scores am Beispiel des Standortes Dortmund. Anästh Intensivmed 54: S14, 2013

## 14. Lebenslauf

### Persönliche Daten

---

Name: Philip Christopher Strohwald  
Geburtsdatum: 11.03.1988  
Geburtsort: Hamburg  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch

### Schulbildung

---

07/1994-07/1998 Grundschule Kielortallee, Hamburg  
08/1998- 07/2007 Abitur am Gymnasium Kaiser-Friedrich-Ufer,  
Hamburg

### Zivildienst

---

08/2007 – 05/2008 Diakonie Klinikum Bethanien, Hamburg

### Studium

---

09/2008 – 05/2015 Humanmedizin an der Christian-Albrechts-  
Universität zu Kiel

08/ 2010 1. Abschnitt der ärztlichen Prüfung (Physikum)

04/2014 2. Abschnitt der ärztlichen Prüfung

05/2015 3. Abschnitt der ärztlichen Prüfung

Seit 2012 Dissertation in der Anästhesiologie des  
Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Kiel  
bei Herrn PD Dr. med. Jan-Thorsten Gräsner

### **Praktisches Jahr**

---

05/2014 – 09/2014	1. Abschnitt des Praktischen Jahres; Städtisches Krankenhaus Kiel in der II. Medizin (Innere Medizin)
09/2014 – 12/2014	2. Abschnitt des Praktischen Jahres; Hospital Escuela Oscar Danilo Rosales Argüello, León, Nicaragua (Chirurgie)
12/2014 – 04/2015	3. Abschnitt des Praktischen Jahres; Klinikum Augsburg (Anästhesiologie)

### **Berufliche Tätigkeit**

---

Seit 01/2016	Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin; Universitätsklinikum Köln; Direktor: Prof. Dr. Bernd W. Böttiger
--------------	---