

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
des Zentrums für Anästhesiologie und Intensivmedizin
des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf

Direktor der Klinik: Univ.-Prof. Dr. med. Christian Zöllner
Ärztlicher Leiter des Zentrums: Univ.-Prof. Dr. med. Alwin E. Goetz

Unterstützung der kardiopulmonalen Reanimation durch das interaktive
Kombinationsgerät CPR.com

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Julian Blanz
aus Filderstadt

Hamburg 2017

Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am:

Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende:

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in:

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	5
1.1. HISTORISCHER HINTERGRUND UND EPIDEMIOLOGIE DER KARDIOPULMONALEN REANIMATION	5
1.2. ANSÄTZE ZUR OPTIMIERUNG VON PROZESS UND OUTCOME EINER REANIMATION	7
1.3. FRAGESTELLUNG	10
2. MATERIAL UND METHODEN	12
2.1. STUDIENDESIGN	12
2.2. ANFORDERUNGEN AN DAS STUDIENGERÄT	12
2.3. KOOPERATIONSPARTNER.....	13
2.4. AUSWAHL DES PROBANDENKOLLEKTIVS UND REKRUTIERUNG	13
2.5. RANDOMISIERUNG	14
2.6. ABLAUF DER STUDIE.....	14
2.7. MATERIAL.....	16
2.7.1. ZUR VERFÜGUNG STEHENDE MATERIALIEN.....	16
2.7.2. ZUSÄTZLICHE AUSRÜSTUNG DER STANDARDGRUPPE.....	17
2.7.3. ZUSÄTZLICHE AUSRÜSTUNG DER STUDIENGRUPPE.....	19
2.8. DATENERFASSUNG.....	23
2.9. OUTCOME-PARAMETER.....	25
2.10. FALLZAHLSCHÄTZUNG.....	25
2.11. STATISTISCHE METHODEN	26
3. ERGEBNISSE	28
3.1. BESCHREIBUNG DES PROBANDENKOLLEKTIVS	28
3.2. GEGENÜBERSTELLUNG DER REANIMATIONEN MIT STUDIEN- ODER STANDARDDAUSRÜSTUNG	31
3.3. EFFEKT DES STUDIENGERÄTES VERGlichen MIT DEN EFFEKTEN ZUVOR ABSOLVIERTER TRAININGSEINHEITEN ...	37
4. DISKUSSION	49
4.1. INTERNE DATENVALIDITÄT.....	49
4.2. EVALUATION DES PROBANDENKOLLEKTIVS.....	51
4.3. EXTERNE DATENVALIDITÄT	52
4.4. VERGLEICH UNSERER ERGEBNISSE MIT DENEN ANDERER UNTERSUCHUNGEN	55
4.4.1. VORSTELLUNG VON VERGLEICHSWERKEN	55
4.4.2. DIE HANDS-OFF-ZEIT IM KONTEXT DES GESAMTPROZESSES EINER KARDIOPULMONALEN REANIMATION	57
4.4.3. DEFIBRILLATION	59
4.4.4. HELFERWECHSEL	60
4.4.5. EINFLUSS DER ANZAHL DER ZURÜCKLIEGENDEN TRAININGSEINHEITEN	61
4.5. LIMITIERUNGEN DER STUDIE	62
5. ZUSAMMENFASSUNG	64
6. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	67
7. LITERATURVERZEICHNIS	68
8. DANKSAGUNG	76
9. LEBENS LAUF	77

10. ANHANG	78
10.1. AUS DER DISSERTATION HERVORGEGANGENE VORVERÖFFENTLICHUNGEN	78
10.2. FRAGEBOGEN AN DIE PROBANDEN	79
10.3. FALLSZENARIEN	81
10.4. FINANZIERUNG UND PROBANDENVERGÜTUNG	83
10.5. ERLAUBNIS ZU VERWENDUNG DES BILDMATERIALS DER FIRMA WEINMANN.....	83
11. EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	84

1. Einleitung

1.1. Historischer Hintergrund und Epidemiologie der kardiopulmonalen Reanimation

Gurvich und Yuniev publizierten 1947 erstmals, dass die Entladung eines Kondensators auf dem Brustkorb eines Hundes zur Wiederherstellung eines geregelten Herzrhythmus führte, wenn dieser innerhalb von 90 Sekunden nach Induktion eines Kammerflimmerns erfolgte. Sie ergänzten zudem, dass diese Zeitspanne durch rhythmische Kompressionen des Brustkorbs unter Umständen auf bis zu acht Minuten verlängerbar sei (Gurvich und Yuniev 1947). 1960 beschrieben Kouwenhoven et al. in Baltimore die geschlossene Herzdruckmassage als Alternative zur Herzdruckmassage nach Eröffnen des Thorax per Thorakotomie. Sie beriefen sich damals auf ein 1878 durchgeführtes Experiment von R. Boehm und L. Mickwitz, die Katzen im Herzstillstand durch Kompressionen des Brustkorbes wiederbelebten. Sowohl eine Einhelfermethode mit dem Schwerpunkt der Herzdruckmassage, als auch eine Zweihelfermethode mit alternierender Mund-zu-Nasen-Beatmung schienen ihnen denkbar. Kouwenhoven et al. erkannten die Notwendigkeit einer Defibrillation im Falle eines Kammerflimmerns. Ein mit ihrem eigens konstruierten Defibrillator („closed-chest alternating current defibrillator“) verabreichter Elektroschock sollte, wenn möglich, innerhalb der ersten drei Minuten nach Beginn des Kammerflimmerns erfolgen (Kouwenhoven et al. 1960). Der österreichische Anästhesist Peter Safar kombinierte 1961 die Mund-zu-Mund-Beatmung mit der geschlossenen Herzdruckmassage und legte damit den Grundstein für den bis heute etablierten ABC-Algorithmus („Airway – Breathing – Circulation“) der Herz-Lungen-Wiederbelebung (Acierno und Worrell 2007).

Mit dem Ziel Forschung und Ausbildung in der kardiopulmonalen Reanimation zu fördern, entstand Ende der 1980er Jahre der European Resuscitation Council (ERC). Diese durch den Stockholmer Kardiologen Lars Mogensen ins Leben gerufene internationale Arbeitsgemeinschaft entwickelte in den folgenden Jahren Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation, die sowohl Laien als auch professionellen Helfern Empfehlungen zum Umgang mit Patienten im Herz-Kreislauf-Stillstand geben sollten.

Die in diesem Zusammenhang häufig verwendete Metapher „Chain of Survival“ beschreibt das Grundgerüst der seitdem nahezu unveränderten Rettungskette: Hilfe holen, Herz-Lungen-Wiederbelebung, Defibrillation, erweiterte Reanimationsmaßnahmen und gegebenenfalls eine zugeschnittene Nachsorge. Dabei spiegelt das Paradigma „early, early, early“ die ausschlaggebende Rolle der schnellstmöglichen Einleitung dieser Maßnahmen wieder und erfährt daher besondere Aufmerksamkeit in den Reanimationsleitlinien. Eine Optimierung der einzelnen Glieder verbessert nachweislich das klinische Ergebnis einer Reanimation (Iwami et al. 2009, Stiell et al. 2004).

Heute nehmen kardiovaskuläre Erkrankungen bei unter 74-Jährigen einen europaweiten Mortalitätsanteil von etwa 40% ein, während der Anteil der auf diese Erkrankungen zurückzuführenden Tode mit zunehmenden Alter weiter steigt (Nichols et al. 2014, Sans et al. 1997). Dies entspricht über 4 Millionen Todesfällen pro Jahr und damit fast der Hälfte der jährlichen Todesfälle in Europa (Nichols et al. 2014). Sinkende Mortalitätsraten kardiovaskulärer Erkrankungen durch medizinischen Fortschritt fördern den ohnehin bereits rapiden Anstieg von Lebenserwartung und Durchschnittsalter in Europa. Eine Zunahme chronisch kranker Herzpatienten und folglich auch der Inzidenz von Herz-Kreislauf-Stillständen wird prognostiziert (Gräsner und Bossaert 2013, Daya et al. 2015).

Trotz intensiver Forschung finden sich in der Literatur ernüchternde Zahlen zu Überlebensraten nach Herz-Kreislauf-Stillstand. In einer 2004 veröffentlichten amerikanischen Studie zum außerklinischen Herzstillstand (OHCA) lag die Überlebensrate, alle initialen Herzrhythmen betrachtet, lediglich bei 8,4%. Von den im Kammerflimmern vorgefundenen Patienten überlebten 17,7% (Rea et al. 2004). Eine große Metaanalyse des Zeitraums 1950-2008 ergab eine in den letzten 30 Jahren beinahe unveränderte Gesamtüberlebensrate zwischen 6,7% und 8,4% (Sasson et al. 2010). Einen Monat nach erfolgreicher Wiederbelebung erholen sich 59% der Patienten neurologisch vollständig oder werden mit leichten Folgeschäden entlassen (Arrich et al. 2009).

Als Ursache hierfür kommen unter anderem Schwierigkeiten in der Umsetzung der aktuellen Leitlinien in Betracht. So wird in Deutschland nur bei 45,6% der beobachteten außerklinischen Herzstillstände zeitnah mit einer Reanimation begonnen, davon in 17,2% der Fälle durch Laien (Christ et al. 2014). Nach Erreichen eines Patienten im Herz-Kreislauf-Stillstand fand nach Valenzuela et al. lediglich in zwei der kritischen ersten

fünf Minuten eine Herzdruckmassage statt (Valenzuela et al. 2005). Die Qualität der präklinischen Wiederbelebung von Patienten im Kammerflimmern war nach Ko et al. nur in 29% zufriedenstellend, resultierte dann jedoch in einer 45% höheren Chance auf das Wiedererlangen eines Spontankreislaufs (Ko et al. 2005). In einer Studie mit 72 im Advanced Life Support trainierten Krankenpflegern/-innen erfüllten nur 48,1% der Herzdruckmassagen die Kriterien der ERC 2010 Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation (Sánchez et al. 2015). Bei 97 ausgewerteten innerklinischen Reanimationen lag in 50% der analysierten 30-Sekundensegmente die Frequenz der Herzdruckmassage unter 80 Schlägen/min. Eine höhere Frequenz korrelierte signifikant mit einer besseren Chance einen Spontankreislauf zu entwickeln. Adäquate Drucktiefen wurden nur in 18,5-35,7% der Kompressionen erreicht (Abella et al. 2005, Aufderheide et al. 2006). Sowohl O'Neill und Deakin als auch Stub et al. beschrieben außerdem eine deutliche Neigung zur Hyperventilation bei inner- und äußerlicher Reanimation durch professionelles Personal (O'Neill und Deakin 2007, Stub et al. 2015).

1.2. Ansätze zur Optimierung von Prozess und Outcome einer Reanimation

Diese Erkenntnisse führten zu unterschiedlichsten Ansätzen mit der Intention sowohl die Bereitschaft zur Wiederbelebung als auch die Qualität der kardiopulmonalen Reanimation zu steigern. Nach Analysen des Resuscitation Outcome Consortiums (ROC) stieg so der Prozentsatz der lebend aus dem Krankenhaus entlassenen Patienten zwischen 2006 und 2010 von 8,2% auf 10,4%, wenn diese von Rettungsdienstpersonal reanimiert wurden (Daya et al. 2015).

Laien werden bei Absetzen eines Notrufs heute bereits am Telefon durch die Notrufleitstelle angewiesen die Atmung des Patienten zu überprüfen und gegebenenfalls unter Anleitung des Leitstellendisponenten eine Herz-Lungen-Wiederbelebung zu beginnen. Die Einführung von Protokollen zur standardisierten Anleitung von Laienhelfern im Falle eines vermuteten Herz-Kreislauf-Stillstandes führt zu häufigerem Feststellen der Reanimationspflichtigkeit (76% vs. 63,5%) sowie zu vermehrtem Anleiten der Ersthelfer durch den Leitstellendisponenten (6,1% vs. 29,2%) (Besnier et al. 2015). Im Liege Emergency Medical Communication Centre führte die Implementieren eines

solchen Protokolls von 2009 auf 2011 zu einer Zunahme der Initiierung einer Laienreanimation von 9,9% auf 22,5%. Das durchschnittliche Zeitintervall bis zum ersten Schock (No-Flow-Time) verringerte sich durch das Protokoll von 253s auf 168s (Stipulante et al. 2014). Aber es gibt auch Daten, die die Effektivität der kontinuierlichen telefonischen Anleitung von Ersthelfern durch Leitstellendisponenten kritisch sehen. So berichteten Kloppe et al., dass eine ausführliche Anleitung entsprechend dem Basic-Life-Support bezüglich der Zeitspanne bis zum Beginn der Herzdruckmassage, der Kompressionsfrequenz und der Drucktiefe dem alleinigen Hinweis auf die Notwendigkeit einer Reanimation durch den Ersthelfer nicht überlegen war (Kloppe et al. 2014).

Auch eine erhöhte Dichte an auf den ungeübten Anwender zugeschnittenen automatischen externen Defibrillatoren (AED) wird angestrebt und konnte bereits Erfolge verzeichnen (Hanefeld 2010). Nach Anbringen zweier Klebeelektroden auf dem Thorax des Patienten sollen diese Geräte selbstständig den Herzrhythmus analysieren und individuelle Defibrillationsempfehlungen geben. Das Auflösen einer Defibrillation geschieht dann manuell durch den Ersthelfer.

Untersuchungen in den USA und in Kanada zeigten, dass Laienhelfer dort nur bei 2,1% aller Patienten mit außerklinischem Herzstillstand einen AED verwenden. Wurde dieser angebracht jedoch kein Schock abgegeben, erhöhte sich die Überlebensrate bereits von 9% bei begonnener CPR ohne AED auf 24% bei begonnener CPR mit AED. Fand eine Defibrillation statt, überlebten sogar 38% der Patienten. Die Chance zu überleben erhöhte sich bei Verwendung eines AED durch den Laienhelfer um das 1,75-fache und könnte damit allein in den USA und in Kanada etwa 474 Leben pro Jahr retten (Weisfeldt et al. 2010). In einer Umfrage an einem Bahnhof in Philadelphia, (Pennsylvania, USA) erkannten jedoch nur 66% der Befragten einen AED und wussten wozu er benutzt wird. Nur knapp über die Hälfte der Teilnehmer (58%) wäre bereit diesen im Falle eines Notfalls auch einzusetzen. Unter 10% erwähnten im Zusammenhang mit einer Reanimation spontan, dass die Verwendung eines AEDs erforderlich wäre (Gonzalez et al. 2015).

Um AEDs im Falle eines vermuteten Herz-Kreislauf-Stillstand schneller vor Ort einsetzen zu können entwickelten Zijlstra et al. eine SMS-Benachrichtigungssystem das freiwillig registrierte Helfer in einer Entfernung von einem Kilometer ortet und sie entweder direkt zum Patienten oder zunächst zu einem AED schickt. Dies verringerte das

Zeitintervall bis zur ersten Defibrillation um 2,65 Minuten (8,0 min vs. 10,65 min; $p < 0,001$) (Zijlstra et al. 2014).

Vor dem Hintergrund einer abnehmenden Krankenhausdichte, steigenden Zahlen an Rettungsdienstalarmierungen und Ärztemangel vor allem in ländlichen Gebieten wurden telemedizinische Notarztsysteme entwickelt. Diese ermöglichen Rettungsdienstpersonal per Telekommunikation einen stationären Notarzt zeitnah in den Behandlungsverlauf zu integrieren. Die umgehende Verfügbarkeit dieses sogenannten Telenotarztes verkürzt durch rechtlich sichere Delegation ärztlicher Maßnahmen das therapiefreie Intervall. Mobile Notärzte müssen seltener hinzugezogen und können schneller wieder freigegeben werden. Auch der Patiententransport zur und die Anmeldung in der Zielklinik können telemedizinisch unterstützt werden. Fehlapplikation von Medikamenten oder fehlerhafte Durchführungen ärztlich delegierter Maßnahmen wurden nicht beobachtet (Brokmann et al. 2015).

Aufgrund des hohen Stellenwerts der Thoraxkompression versucht man vermehrt dem professionellen Rettungshelfer die anstrengende und fehleranfällige Herzdruckmassage abzunehmen und durch maschinelle Kompressionen zu ersetzen. Die am weitesten verbreiteten Vertreter dieser mechanischen Kompressionshilfen sind das Lund University Cardiopulmonary Assist System (*LUCAS*) der Firma Physio-Control und das AutoPulse-System der ZOLL Medical Deutschland GmbH. Gerade bei prolongierten Reanimationsverläufen, perkutanen Koronarinterventionen, beengten Räumlichkeiten oder Reanimation während des Transports könnten diese Systeme von Vorteil sein.

Die Ermüdbarkeit der Helfer und der Einfluss äußerer Faktoren können im Verlauf einer Reanimation zur Abnahme der Qualität einzelner Maßnahmen führen. Hightower et al. empfahlen daher bereits 1995 die Supervision durch hierfür speziell qualifiziertes Personal (Hightower et al. 1995). Als weniger ressourcenintensive Alternative bieten sich hierzu sogenannte Feedback-Systeme an. Diese geben sowohl ungeübten als auch professionellen Helfern unter laufender Reanimation Rückmeldung zur Qualität der Herzdruckmassage, zu den Beatmungshüben und/oder leiten anhand audiovisueller Aufforderungen strukturiert durch den Prozess einer Wiederbelebung. Sie ermöglichen so eine unmittelbare Korrektur suboptimal durchgeführter Maßnahmen. Die Analyse der Herzdruckmassage geschieht über Druck-, Beschleunigungs- oder Induktionssensoren. Wiedergegeben werden die Informationen entweder über die Integration in den Monitor,

den Defibrillator, über ein separates Display oder mittels Ton- beziehungsweise Stimmausgabe. In Kombination mit anderen Geräten können Informationen graphisch veranschaulicht, protokolliert und so besser in den Gesamtprozess integriert werden.

Mehrere Studien belegten bereits, dass sowohl ungeübte als auch professionelle Helfer von diesen Systemen profitieren können aber nicht zwangsläufig müssen. So wurden zwar so Teilaspekte der Reanimation verbessert, häufig hatte dies jedoch keine Auswirkung auf der klinische Outcome des Patienten (Hostler et al. 2010). Eine große Vielfalt an Geräten mit unterschiedlichen Arbeitsweisen macht einen direkten Vergleich schwierig und lässt die Frage nach der optimalen Art- und dem richtigen Ausmaß an Unterstützung offen (Kramer-Johansen et al. 2006, Henrik Fischer et al. 2011, Lukas et al. 2013).

1.3. Fragestellung

In Kooperation mit der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf entwickelte die Firma Weinmann, Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG ein audiovisuelles Unterstützungssystem. Die elektronische Kopplung eines Beatmungsgerätes mit einem automatischen externen Defibrillator via Bluetooth erlaubt die kabellose Kommunikation der Geräte untereinander. Diese können sowohl auf einer gemeinsamen Trageplatte, als auch getrennt voneinander verwendet werden. Ein am Beatmungsschlauch angebrachter Auslöser, der sogenannte Medutrigger, erlaubt die manuell ausgelöste, jedoch vom Beatmungsgerät gesteuerte Applikation von Beatmungshüben mit voreingestellten Beatmungsparametern. Der auf Knopfdruck aktivierbarer CPR-Modus leitet den Anwender anhand audiovisueller Anweisung durch die Reanimation und unterstützt so die leitliniengerechte Umsetzung des Reanimationsalgorithmus.

In der vorliegenden Arbeit wurden im Rahmen einer randomisierten Simulationsstudie im cross-over Design Probanden mit abgeschlossener Rettungssanitäter- oder Rettungsassistentenausbildung ausgewählt, um zu evaluieren, ob erweiterte visuelle und akustische Anweisungen entsprechend dem ALS auch professionellem

Rettungsdienstpersonal zu einer besseren Umsetzung der aktuellen Leitlinien der kardiopulmonalen Reanimation verhelfen. Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen der Qualität der Herz-Lungen-Wiederbelebung und der Anzahl der von unseren Probanden absolvierten Reanimationstrainingseinheiten in den letzten fünf Jahren untersucht.

Die folgende Nullhypothese wurde in dieser Arbeit überprüft: Die Verwendung des Studiengerätes führt zu keinem Unterschied in der Durchführungsqualität einer kardiopulmonalen Reanimation durch professionelles Rettungsdienstpersonal.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Die Studie CPR.com wurde als monozentrische prospektive cross-over Simulationsstudie durch die Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Hamburg Eppendorf (UKE) durchgeführt. In zwei Studienphasen verglichen wir ein über Bluetooth gekoppeltes Beatmungs- und Defibrillationsgerät mit erweiterten visuellen und akustischen Anweisung entsprechend dem ALS der ERC Leitlinien 2010 (Studiengerät) mit vergleichbaren, bereits auf dem Markt etablierten Geräten (Standardgerät).

Die Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg, vertreten durch Frau Dr. rer. nat. Silke Schrum (Geschäftsführung Ethik-Kommission), bestätigte am 28.01.2014, dass kein Ethik-Votum für die Studie notwendig ist.

2.2. Anforderungen an das Studiengerät

Im Vorfeld der Datenerhebung fand am 1.11.2013 ein Entwicklungsworkshop mit Teilnehmern der Firma Weinmann und der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie des UKE statt. Konstrukteure und klinische Anwender legten dabei gemeinsam die folgenden Anforderungen an das Studiengerät fest.

Durch Modifikationen auf dem Markt erhältlicher Geräte der Firma Weinmann sollte der Anwender anhand audiovisueller Anweisungen und automatisierter Defibrillationsempfehlungen im Sinne eines automatischen externen Defibrillators strukturiert durch eine Reanimation geleitet werden. Als Richtlinien galten die Reanimationsleitlinien des European Resuscitation Councils aus dem Jahr 2010. Unterbrechungen im Verlauf der erweiterten Reanimationsmaßnahmen sollten durch eine optimierte Ergonomie und durch die Kommunikation zwischen Beatmungs- und Defibrillationsgerät minimiert werden. Es sollte eine Unterstützung für die Gesichtsmasken-Beatmung implementiert sein. Die eingesetzten Geräte sollten neben der Kopplung auch unabhängig voneinander einsetzbar sein.

2.3. Kooperationspartner

An der Studie beteiligt waren die folgenden Parteien:

WEINMANN Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG, Hamburg

Koordination, Planung, Entwicklung des Studiengerätes und des Standardgeräts

Bereitstellung weiterer Materialien wie Notfallrucksack und Absaugvorrichtung

G.A.R.D. Gemeinnützige Ambulanz und Rettungsdienst GmbH, Hamburg

Die G.A.R.D. stellte uns freundlicherweise an den drei Rettungswachen Hamburg Bahrenfeld, Hamburg Wandsbek und Hamburg Barmbek im Zeitraum vom 26.05.2014 bis 10.07.2014 kostenfrei Räumlichkeiten zur Verfügung und gestattete uns die an diesen Wachen eintreffenden Rettungskräfte auf unsere Studie aufmerksam zu machen.

Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf, Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie

Erstellung des Studienkonzepts, Planung der Studie, Rekrutierung der Probanden, Datenerhebung im Rahmen der Simulationsstudie, Auswertung der Ergebnisse

2.4. Auswahl des Probandenkollektivs und Rekrutierung

Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie war eine abgeschlossene Ausbildung zum Rettungssanitäter oder Rettungsassistenten nach dem Hamburger Rettungsdienstgesetz, eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie und zur anonymisierten Datenauswertung sowie die aktive Tätigkeit im Rettungsdienst als Angestellter der Firma G.A.R.D. Die Teilnahme erfolgte freiwillig, einmalig und außerhalb der Dienstzeit.

Die Rekrutierung erfolgte vor Ort durch persönliche Ansprache sowie durch Aushänge auf den Wachen, in die sich das Rettungsdienstpersonal eintragen konnte. Die Teamfindung erfolgte ohne unseren Einfluss durch Absprache der Probanden untereinander. Häufig entsprachen diese der Besetzung eines Einsatzwagens. Eine spezifische Zuordnung nach Ausbildungsstand erfolgte nicht.

2.5. Randomisierung

Es erfolgte eine Blockrandomisierung der Probandenteams zu Studien- oder Standardgerät durch verdecktes Ziehen aus vier verschlossenen Briefumschlägen. Jeder Briefumschlag enthielt zwei kurze Einleitungen in die bevorstehenden Szenarien und die Zuweisung des Gerätes für den ersten Durchgang. Nach jeweils vier Gruppen wurden die Briefumschläge wieder gesammelt, gemischt und neu auf die nächsten vier Gruppen verteilt. So wurde gewährleistet, dass die Hälfte der Gruppen mit dem Prototypen oder mit dem Standardgerät begannen.

Beispielszenario :

Notruf vom Pflegeheim. Weiblich 74 J., bei der Physiotherapie plötzlich starke Dyspnoe und Übelkeit. Bei Eintreffen finden Sie die Patientin auf dem Boden des Sportraumes vor.

Weitere Szenarien in Anhang 2

2.6. Ablauf der Studie

Feste Probandenteams aus zwei Rettungssanitätern- oder Assistenten durchliefen eine 20 minütige Einweisung. Diese enthielt einen kurzen Überblick über die Ziele der Studie, das Unterschreiben einer Schweigepflichterklärung, eine kurze Wiederholung des ALS-Schemas der Reanimationsleitlinie des ERC 2010 sowie einen Überblick und eine Einweisung in die zur Verfügung stehenden Geräte (Studiengerät und Standardgerät). Anschließend durchliefen die Probanden in zufälliger Reihenfolge identische Reanimationsszenarien (Abb. 1). Nach Abschluss beider Durchgänge erhielten alle

Teilnehmer einen Fragebogen zur Erhebung von Probandendaten und zur subjektiven Beurteilung des Studiengerätes.

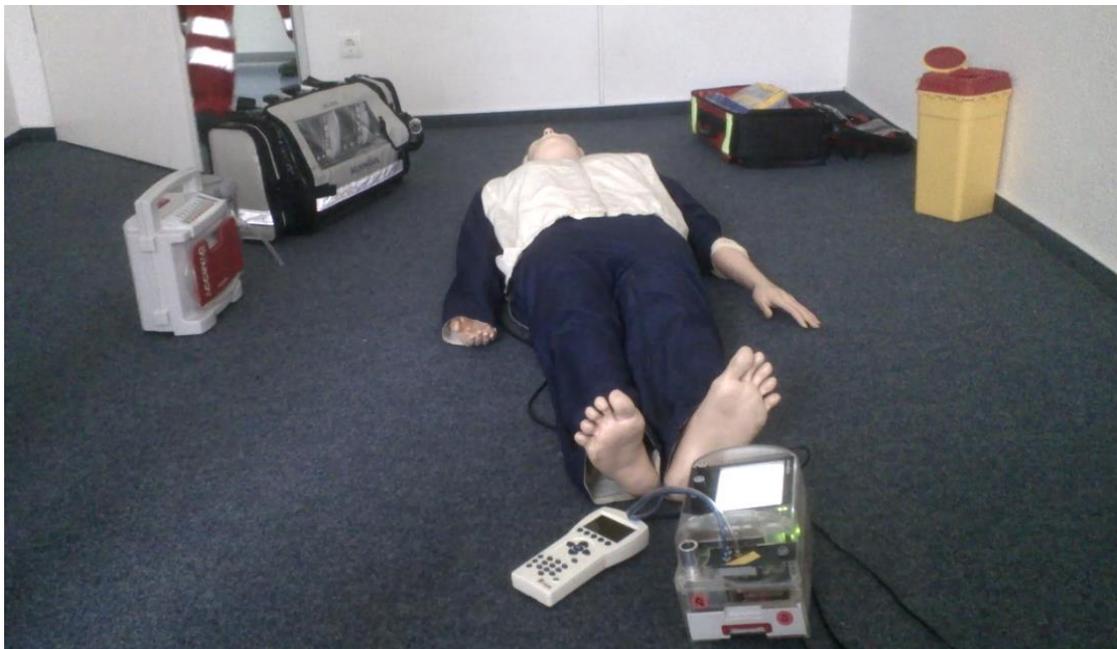


Abbildung 1: Ausgangssituation einer Reanimationssimulation. Oben rechts: Koffer mit benötigten Materialien und Abwurfbehälter; Oben links: Studien- oder Standardgerät mit Absaugpumpe; Zentral: Resusci Anne Simulator; Unten mittig: Fernbedienung der Resusci-Anne und VentiCollector.

Vor dem Beginn einer Simulationssession wurde dem folgenden Team die jeweilige Einführung in das Szenario vorgelesen. Mit dem Ende des Textes wurde die Tür zum Simulationsraum geöffnet, dies galt als offizieller Beginn des Durchgangs und damit wurde die Zeiterfassung gestartet.

Es folgte das Erkennen der Reanimationspflichtigkeit und das Beginnen des ALS nach den aktuellen Leitlinien des European Resuscitation Councils. Als Ende eines Simulationsdurchgangs legten wir die vierte Defibrillation fest, da zu diesem Zeitpunkt die wichtigsten Maßnahmen des ALS (Intubation, Anlage einer Venenverweilkanüle, intravenöse Medikamentengabe) erfolgt sein sollten.

2.7. Material

Im folgenden Kapitel werden die in der Studie verwendeten Materialien und Geräte genauer erläutert.

2.7.1. Zur Verfügung stehende Materialien

Absaugvorrichtung ACCUVAC Rescue, Firma Weinmann

Die bereitgestellte Absaugvorrichtung war Teil des Ausgangssettings und konnte in Bereitschaft gebracht werden. Ein Absaugen wurde jedoch nicht notwendig.

Notfallrucksack RESCUE-PACK, Firma Weinmann

Tasche	Inhalt
Blaue Tasche	Larynxtubus (VBM Medizintechnik, Modell LT-D Gr. 4) mit Beißschutz und Fixierungsband Blockungsspritze Stethoskop
Gelbe Tasche	Desinfektionsspray Einmaltupfer Venenverweilkanüle (Vasofix® Braunüle® 1,10 x 33 mm G 20 rosa) Pflaster zur Fixierung der Venenverweilkanüle Infusionsbesteck 500 ml Ringer-Infusionslösung
Rote Tasche	10 ml NaCl-Lösung, als Amiodaron beschriftet 100 ml NaCl-Lösung, als 1:100 Adrenalin-Lösung beschriftet Zwei Aufziehkanülen Zwei 10 ml Einmalspritzen

Tabelle 1: Inhalt des Notfallrucksacks

2.7.2. Zusätzliche Ausrüstung der Standardgruppe

Als Vergleichssysteme zum CPR.com Prototypen standen folgende, in dieser Ausführung bereits auf dem Markt erhältliche und nicht modifizierte Geräte zur Verfügung:

MEDUMAT Standard 2

Der MEDUMAT Standard 2 (Abb. 2, rechts) ist ein transportables Beatmungsgerät für den inner- und außerklinischen Einsatz. Es bietet verschiedene gängige Beatmungsmodi (CPAP, BiPAP, IPPV, S-IPPV, SIMV) und zusätzlich zugeschnittene Modi für Situationen wie die kardiopulmonale Reanimation oder die Rapid-Sequence-Intubation. Die Probanden wurden angewiesen, den für eine Reanimation zugeschnittenen CPR-Beatmungsmodus zu verwenden. Dieser lässt sich über eine an der Front angebrachte „CPR“ Taste aktivieren, nach Auswahl einer Patientenkategorie (Erwachsener, Kind, Kleinkind) werden dann passende Voreinstellungen bezüglich Tidalvolumen, Beatmungsfrequenz, positivem endexpiratorischem Druck, inspiratorischem Sauerstoffgehalt und maximaler Druckbegrenzung automatisch übernommen. Im Modus „Erwachsener“ entsprachen diese einem Tidalvolumen von 600 ml und einer Beatmungsfrequenz von 12/min bei einem Verhältnis der Inspirationsdauer zur Expirationsdauer (I:E) von 1:1 im 30:2 Modus und 1:1,7 im kontinuierlichen Beatmungsmodus. Die maximale Druckbegrenzung (pMax) lag bei 30 mbar und der inspiratorische Sauerstoffgehalt (FiO₂) bei 1,0. Die dabei verwendete „Intermediate Positive Pressure Ventilation (IPPV)“ ist ein volumenkontrollierter Beatmungsmodus, der im CPR-Modus Rücksicht auf einfallende Herzdruckmassagen nimmt. Übersteigt der Atemwegsdruck in diesem Falle eine obere Druckbegrenzung, unterbricht das Beatmungsgerät den aktuellen Beatmungshub und appliziert das verbleibende Volumen sobald der Atemwegsdruck unter die obere Druckbegrenzung abgesunken ist. Bis zur Verwendung des Beatmungsgerätes stand den Probanden zudem der COMBIBAG Beatmungsbeutel mit Mund-Nasen-Maske (Fa. Weinmann) zur Verfügung.

MEDUCORE Standard

Der MEDUCORE Standard (Abb. 2, links) ist ein externer Defibrillator der Firma Weinmann. Neben der Überwachung von Vitalparametern, wie Puls und peripherer Sauerstoffsättigung, ermöglicht er die Aufzeichnung und Analyse des Elektrokardiogramms sowie eine halbautomatische und manuelle Defibrillation.



Abbildung 2: MEDUMAT Standard 2 und MEDUCORE Standard auf dem Tragesystem LIFE-BASE 3 NG mit Sauerstoffflasche; Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Firma WEINMANN Emergency Medical Technology, Hamburg.

Verwendet wurde dieses Modul im integrierten AED Modus. Dieser lässt sich auf Knopfdruck aktivieren und beinhaltet regelmäßige, automatische EKG-Analysen mit Defibrillationsempfehlungen in Form von Text- und Sprachanweisungen nach dem BLS-Schema sowie ein auf beliebige Frequenzen einstellbares Metronom. Das Gerät musste zu Beginn der Reanimation über zwei Elektroden mit den dafür vorgesehenen Ableitungsstellen der Resusci-Anne verbunden werden.

2.7.3. Zusätzliche Ausrüstung der Studiengruppe

CPRcom Studiengerät

Das Studiengerät (Abb. 3) entstand auf technischer Basis der oben beschriebenen MEDUMAT Standard 2 und MEDUCORE Standard Module, ergänzt durch einen Bluetooth®-Chip zur kabellosen Synchronisation der Geräte. Alle weiteren Modifikationen, wie der erweiterte CPR-Modus, das gemeinsame Einsatzprotokoll oder die verbesserte Ergonomie bei Kopplung der Geräte, fanden auf Softwareebene statt.

Die Details der Modifikationen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Charakteristika von Standardgerät (MEDUCORE/MEDUMAT Standard 2) und Studiengerät (CPRcom Prototyp)

<u>Eigenschaften</u>	<u>Standardgruppe</u> <u>(MEDUcore/MEDUmat</u> <u>Standard 2-System)</u>	<u>Studiengruppe</u> <u>(CPRcom Prototyp)</u>
Kommunikation zwischen Beatmungsgerät und Defibrillator	Keine Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> - Drahtlose Kopplung der Geräte über Bluetooth® - Räumliche Trennung ohne Notwendigkeit eines gegebenenfalls störenden Kabels möglich - Erstellung eines gemeinsamen Einsatzprotokolls des Defibrillators und Beatmungsgerätes - Möglichkeit, über Bedienelemente des einen Gerätes das daran gekoppelte Gerät zu bedienen - Abstimmung der ausgegebenen visuellen und akustischen Signale zur Vermeidung störender Überlagerungen und Verbesserung der Ergometrie - Kopplung der Geräte bei Eintreffen zu verschiedenen Zeitpunkten stets möglich

<u>Eigenschaften</u>	<u>Standardgruppe</u> (MEDUcore/MEDUmat Standard 2-System)	<u>Studiengruppe</u> (CPRcom Prototyp)
Kommunikation zwischen Beatmungsgerät und Defibrillator		<ul style="list-style-type: none"> - Automatische Unterbrechung der Beatmung während den Herzrhythmusanalysen zur Vermeidung von Bewegungsartefakten und zur Impedanzreduktion
Visuelle und akustische Anweisungen	<p>Auf Maßnahmen des Basic Life Support (BLS) begrenzt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beginn der Herzdruckmassage - Frequenzunterstützung durch akustisches Metronom - Automatische Rhythmusanalysen und Defibrillationsempfehlungen 	<p>Um Maßnahmen des Advanced Life Support (ALS) erweitert</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sicherung des Atemweges durch Intubation - Anlage eines intravenösen Zugangs - Aufforderung zum Helferwechsel nach je zwei Minuten - Verabreichen von Notfallmedikamenten
Maskenbeatmung	Manuell per Beatmungsbeutel	<ul style="list-style-type: none"> - Ergänzung um den MEDUtrigger - Kontrolle der Spitzendrücke durch obere Druckbegrenzung - Bessere Kontrolle über applizierte Tidalvolumina - Anwendung des Doppel-C-Griffs bei schlechten Beatmungsbedingungen möglich - Alarmierung nach 40 Sekunden, wenn keine Beatmung erfolgt

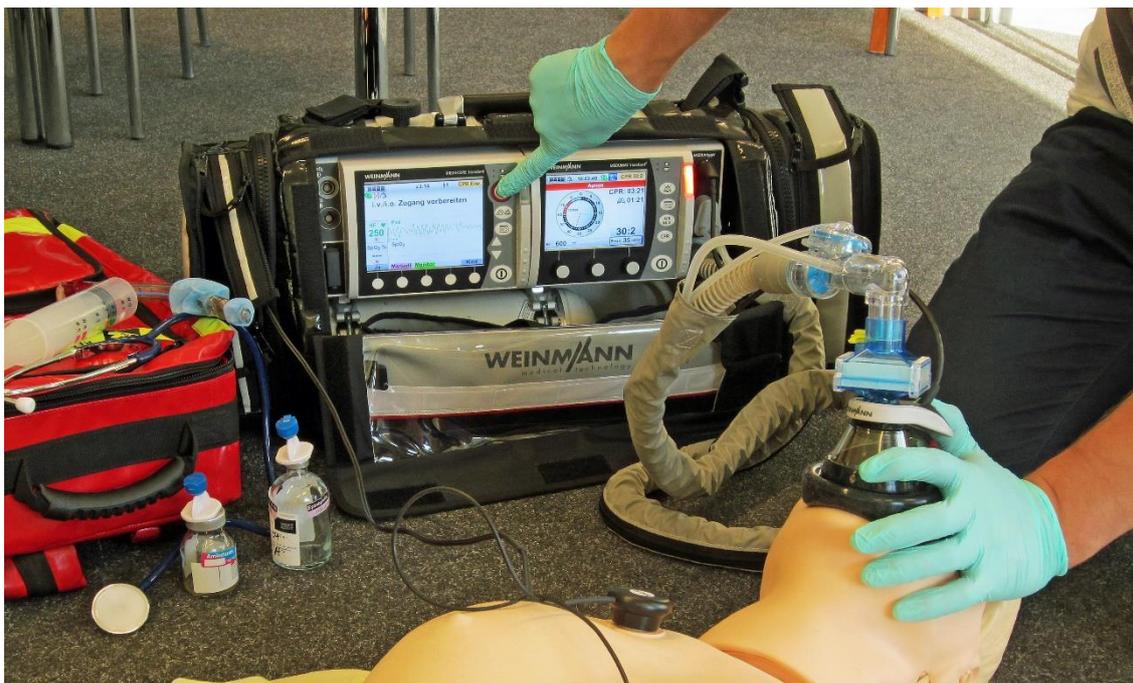


Abbildung 3: CPRcom Studiengerät während einer Reanimationssimulation

MEDUtrigger

Um bei der Gesichtsmaskenbeatmung dem Anwender mehr Kontrolle über die inspiratorischen Beatmungsdrücke und Tidalvolumina, als bei der Verwendung konventionellen Beatmungsbeuteln, zu ermöglichen und so die Wahrscheinlichkeit einer Mageninsufflation oder Hyperventilation zu reduzieren entwickelte die Firma Weinmann den MEDUtrigger. Es handelte sich dabei um eine Entwicklung zur leichteren Applikation von Beatmungshüben über eine Gesichtsmaske, um eine optimale nicht-invasive Gesichtsmaskenbeatmung zu gewährleisten. Dieser ermöglicht an der Beatmungsmaske auf Knopfdruck die maschinelle Applikation vorgegebener Tidalvolumina unter Berücksichtigung vorgegebener Spitzenbeatmungsdrücke. Somit sollte die Verwendung eines Beatmungsbeutels überflüssig werden und die freie zweite Hand zur besseren Platzierung der Gesichtsmaske zur Verfügung stehen. Die voreingestellten Beatmungsparameter bestehen aus einem Tidalvolumen von 600 ml, einem tolerierten Spitzendruck (Pmax) von 30 mbar, einer Beatmungsfrequenz von maximal 12/min und einem Verhältnis der Inspirationsdauer zur Expirationsdauer (I:E) von 1:1 bei einem inspiratorischen Sauerstoffanteil (FiO₂) von 1,0. Diese Werkseinstellungen können individuell angepasst werden. Nach Intubation des Patienten

kann am Studiengerät per Knopfdruck in eine kontinuierliche Beatmung gewechselt und gleichzeitig der MEDUtrigger inaktiviert werden. Abbildung 4 zeigt die Anwendung des MEDUtriggers im Rahmen der hier vorgestellten klinischen Studie.



Abbildung 4: Medutrigger zwischen Beatmungsmaske und Beatmungsfiler geschaltet; Applikation eines Beatmungshubes über Auslöser unter dem linken Daumen im Doppel-C-Griff; Abbildung mit freundlicher Genehmigung der Firma WEINMANN Emergency Medical Technology, Hamburg.

2.8. Datenerfassung

Videokamera

Die Erfassung der Zeitpunkte durchgeführter Maßnahmen erfolgte über eine Videokamera der Firma GoPro, San Mateo, Kalifornien, Modell Hero 3+ Silver. Die Videos wurden durch einen Techniker der Firma Weinmann mit einer Zeitleiste versehen. Als Nullpunkt galt das von uns gegebene Startsignal. Die erhobenen Parameter und dazugehörigen Korrelate im Video sind in Tabelle 3 festgehalten.

Tabelle 3: Variablen und Variablendefinition auf der Grundlage der Videoaufzeichnung

Parameter	Äquivalent im Video
Zeitpunkt des Erkennens der Reanimationsbedürftigkeit	Heben des Kopfes des Rettungshelfers nach der Atemkontrolle
1./2./3. Defibrillation	Drücken der Defibrillationstaste
1./2./3. Helferwechsel	Erheben aus der Hocke zum Helferwechsel
Zeitspanne bis zur ersten Amiodaron-Gabe	Verabreichen des Medikaments an der Zuspritzmöglichkeit der Venenverweilkanüle
Zeitspanne bis zur ersten Adrenalin-Gabe	
Anzahl der Herzdruckmassagen	Manuell ausgezählt
Gesamtzeit, in der keine Herzdruckmassage stattfindet	
Anzahl der Herzdruckmassagen bis zur ersten Defibrillation	
Anzahl der Herzdruckmassagen zwischen erster und zweiter Defibrillation	
Anzahl der Herzdruckmassagen zwischen zweiter und dritter Defibrillation	
Anzahl der Herzdruckmassagen zwischen dritter und vierter Defibrillation	
Dauer der gesamten Reanimation	Zeitspanne bis zur 4. Defibrillation
Hands-off-Zeit	Zeit während eines Simulationsdurchgangs, in der keine Herzdruckmassage statt findet

„Resusci Anne Simulator“ mit Skill Reporting Unit

Als Patientenmodell diente der „Resusci Anne Simulator“ der Firma Laerdal Medical GmbH (Stavanger, Norwegen). Das Modell diente ausschließlich der Simulation eines Patientenkörpers und ermöglichte damit unter anderem die Durchführung von Thoraxkompressionen und die Intubation. Über zwei, am Torso angebrachte Elektroden, ließ sich ein von uns eingestelltes Elektrokardiogramm ableiten. Die von der Auswertungssoftware des Modells, der Skill Reporting Unit, erhobenen Daten konnten aufgrund technischer Mängel nicht verwendet werden (siehe Kapitel 4.5).

VentiCollector

Zur exakten Bestimmung der applizierten Tidalvolumina stellte die Firma Weinmann ein speziell auf diese Anwendung konfiguriertes System zur Verfügung. Über einen zwischen Lungenbeutel und Atemwegstrakt der Resusci-Anne eingebauten Differenzdrucksensor der Hamilton Medical AG (Bonaduz, Schweiz) erfolgt die Messung des Volumenstroms und des Atemwegsdrucks. Die so ermittelten Beatmungsparameter wurden dann mit Datum und Uhrzeit gekennzeichnet auf einer SD-Karte abgespeichert und als Excel-Dokument exportiert. Werte wurden im zeitlichen Abstand von 10 ms aufgezeichnet. Messungenauigkeiten gibt die Firma Weinmann im Druckmessbereich mit $\pm 1,75\%$ des Messwertes (Druck-Messbereich 0-100 hPA) und im Flow-Messbereich mit $\pm 5\%$ des Messwertes (Messbereich ± 200 l/min) an.

Fragebogen

Der am Ende beider Reanimationsdurchgänge ausgeteilte Fragebogen (Anhang 1) erfasste Informationen zu den Probandendaten, zum Ausbildungsstand, zur Vorerfahrung im Bereich der Reanimation und zur subjektiven Beurteilung des Studiengerätes.

2.9. Outcome-Parameter

Als primären Endpunkt legten wir die kumulative Zeit, in der keine Herzdruckmassage stattfand, die sogenannte Hands-Off-Zeit, fest. Sekundäre Endpunkte waren die Zeitspannen bis zur ersten/zweiten/dritten Defibrillation, bis zum ersten/zweiten/dritten Helferwechsel, bis zur Verabreichung von Amiodaron, bis zur Verabreichung von Adrenalin und das Verabreichen von Adrenalin und Amiodaron zum korrekten Zeitpunkt. Zusätzlich wurde die Frequenz und Anzahl der pro Minute durchgeführten Herzdruckmassagen sowie die Anzahl der pro Minute durchgeführten Beatmungshübe erfasst. Verglichen wurde der Einfluss des Studiengerätes auf die Outcome-Parameter. Berücksichtigt wurde die kumulative Anzahl der pro Team absolvierten CPR-Trainingseinheiten in den letzten fünf Jahren.

2.10. Fallzahlschätzung

Um in dieser Studie mit hoher Wahrscheinlichkeit einen statistisch signifikanten Unterschied in der Hands-Off-Zeit zwischen Studien- und Standardgruppe nachweisen zu können, wurde auf Grundlage einer zuvor durchgeführten Pilotstudie zu den Hands-Off-Zeiten der Studien- und Standardgruppe eine Fallzahlschätzung durchgeführt (Busch et al. 2015). Die DEFIKOM-Studie eignete sich dazu aufgrund des nahezu identischen Studiendesigns und Studiensettings. In der DEFIKOM-Machbarkeitsstudie betrug die Hands-Off-Zeit in der Studiengruppe im Mittel $35,5 \pm 7\%$ und in der Standardgruppe $40,1 \pm 7\%$. Unter Annahme eines geringeren Gruppenunterschieds aufgrund der größeren Vorerfahrung im Probandenkollektiv der hier vorgestellten CPRcom Studie, kalkulierten wir die notwendige Fallzahl, um den minimalen relevanten Unterschied von 4 Prozentpunkten mit einer Standardabweichung von 7 Prozentpunkten, einem Alpha von 0,05 und einer Zielteststärke (Power) von 0,8 zu detektieren. Die Fallzahlschätzung ergab im zweiseitigen Testverfahren, dass 49 Reanimationen pro Ausrüstung und damit insgesamt 98 Reanimationen nötig sind. Um diese Fallzahl auch bei einer kalkulierten Rate an Drop-outs von 12%, beispielsweise aus technischen Gründen, sicherzustellen, wurde die benötigte Anzahl der Durchläufe auf 112 Reanimationen festgelegt.

2.11. Statistische Methoden

Die aufgezeichneten Daten wurden zunächst in eine Excel-Datenbank integriert. Es erfolgte eine Plausibilitätskontrolle der Daten und eine interne Datenvalidierung, eine erste deskriptive Statistik zur Berechnung von Mittelwerten, Standardabweichungen und 95%-Konfidenzintervallen sowie eine graphische Überprüfung auf Normalverteilung der Daten. Binären Parametern, wie „Amiodarongabe zum richtigen Zeitpunkt“ und „Adrenalingabe zum richtigen Zeitpunkt“, wurden die Zahlenwerte 0 oder 1 zugeordnet.

Um das cross-over Studiendesign zu berücksichtigen und den Einfluss verschiedener unabhängiger Variablen auf verschiedene Outcome-Parameter zu untersuchen, wurde durch das Institut für medizinische Biometrie und Epidemiologie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf eine multivariate Kovarianzanalyse („Analysis of covariance“, ANCOVA) durchgeführt. Mit Hilfe der ANCOVA wurden die folgenden Effekte auf die Outcome-Parameter untersucht und die Ergebnisse entsprechend adjustiert:

1. Zuordnung zur Studien- oder Standardgruppe (Effekt der Verwendung des Studiengerätes): Der Unterschied einer Reanimation mit dem Studiengerät gegenüber einer Reanimation mit dem Kontrollgerät wird als Treatment-Effekt beschrieben. Durch das Bestimmen des Treatment-Effektes ist es möglich, Sequenz- und Periodeneffekte auszublenden und die reine Auswirkung der Gerätewahl darzustellen.
2. Periode (erste oder zweite CPR am Studientag): Der Periodeneffekt beschreibt die Auswirkung der ersten Reanimationssimulation auf den zweiten Durchlauf.
3. Sequenz (CPR.com/Standard oder Standard/CPR.com): Die Sequenz beschreibt den Effekt der Reihenfolge, in der Studien- und Standardgerät verwendet wurden. Die hier beschriebenen Effekte gelten für die Reihenfolge Standardgerät-Studiengerät (SD) im Vergleich zur Reihenfolge Studiengerät-Standardgerät(DS).
4. Anzahl der absolvierten CPR-Trainingseinheiten der Probandenteams kumulativ in den letzten 5 Jahren: Hier wird pro Team die kumulative Anzahl der in den letzten fünf Jahren absolvierten Trainingseinheiten berücksichtigt. Pro absolvierter Trainingseinheit im Probandenteam verändert sich das Ergebnis um den hier angegebenen Faktor.

Daneben wurde eine logistische Regressionsanalyse durchgeführt, um den Effekt des Studiengerätes auf den Anteil der Reanimationen festzustellen, bei welchem die Medikamente Adrenalin und Amiodaron zum korrekten Zeitpunkt nach ERC-Leitlinien gegeben wurden.

Kategoriale Daten werden in dieser Arbeit als Anzahl (Häufigkeiten) und kontinuierliche Daten als Mittelwerte mit Standardabweichung (SD), 95% Konfidenzintervall (95%KI) oder Standardfehler dargestellt. Mittelwertvergleiche als Resultat der ANCOVA werden als geschätzte Randmittel mit 95% Konfidenzintervall (95%KI) angegeben. Die Randmittel können teilweise deutlich von den beobachteten deskriptiven Mittelwerten der Stichprobe abweichen, stellen aber eine bessere Schätzung der Mittelwerte der Grundgesamtheit dar.

Als Signifikanzniveau wurde ein p-Wert von $<0,05$ ohne Korrektur für multiples Testen festgelegt. Für die statistischen Analysen wurden Microsoft Excel 2013 (Fa. Microsoft, Redmond, USA) und die Statistiksoftware R Version 3.2.3 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) verwendet.

3. Ergebnisse

3.1. Beschreibung des Probandenkollektivs

Die Datenerhebung fand vom 26.05.2014 bis 10.07.2014 an drei Rettungswachen der Firma G.A.R.D. (Gemeinnützige Ambulanz und Rettungsdienst GmbH), in den Hamburger Stadtteilen Bahrenfeld, Barmbek und Wandsbek statt. Insgesamt wurden 56 zweiköpfige Reanimationsteams eingeschlossen und von diesen Teams 112 Reanimationen durchgeführt. Sechs Reanimationen mussten ausgeschlossen werden, davon drei aufgrund eines Defektes der Videoaufzeichnung und drei als Folge eines Gerätedefektes.

Nach Ausschluss von vier einzelnen Reanimationsdurchläufe verschiedener Teams und dem einmaligen Ausschluss eines kompletten Teams (Abb. 5) wurden die Daten von 110 Probanden und 106 Reanimationen analysiert.

Study Flow Diagram

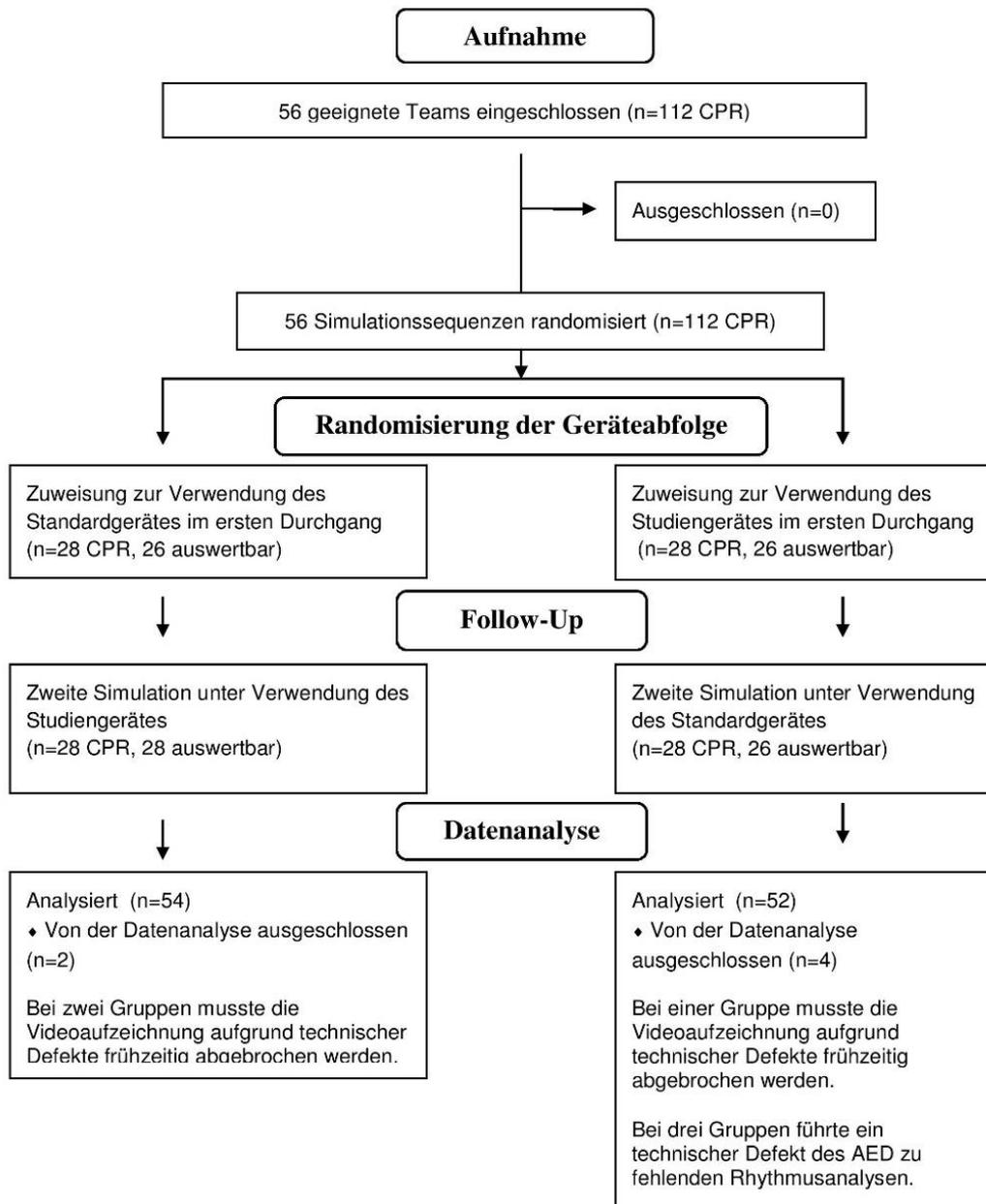


Abbildung 5: Study-Flow-Diagramm

Tabelle 4: Eigenschaften des Probandenkollektivs

Geschlecht	
männlich	82 (75,5 %)
weiblich	28 (24,5%)
Alter in Jahren	26,0 ± 7,1; 19-53
Anzahl an Berufsjahren im Rettungsdienst	4,0 ± 5,8; 0-35
Anzahl der kumulativen absolvierten Reanimationstrainings pro Team in den letzten fünf Jahren *	8,3 ± 4; 0-18
Ausbildungsstand	
Rettungssanitäter	19 (17,3 %)
Rettungssanitäter in Weiterbildung zum Rettungsassistenten	63 (57,3 %)
Rettungsassistent	28 (25,4 %)
Höchster Ausbildungsstand pro Team	
Rettungssanitäter	1 (1,8 %)
Rettungssanitäter in Weiterbildung zum Rettungsassistenten	32 (58,2 %)
Rettungsassistent	22 (49,0 %)

Dargestellte Werte sind Mittelwert ± Standardabweichung mit Minimum und Maximum bei verhältnisskalierten Variablen und absolute (relative) Häufigkeit bei nominalskalierten Variablen.

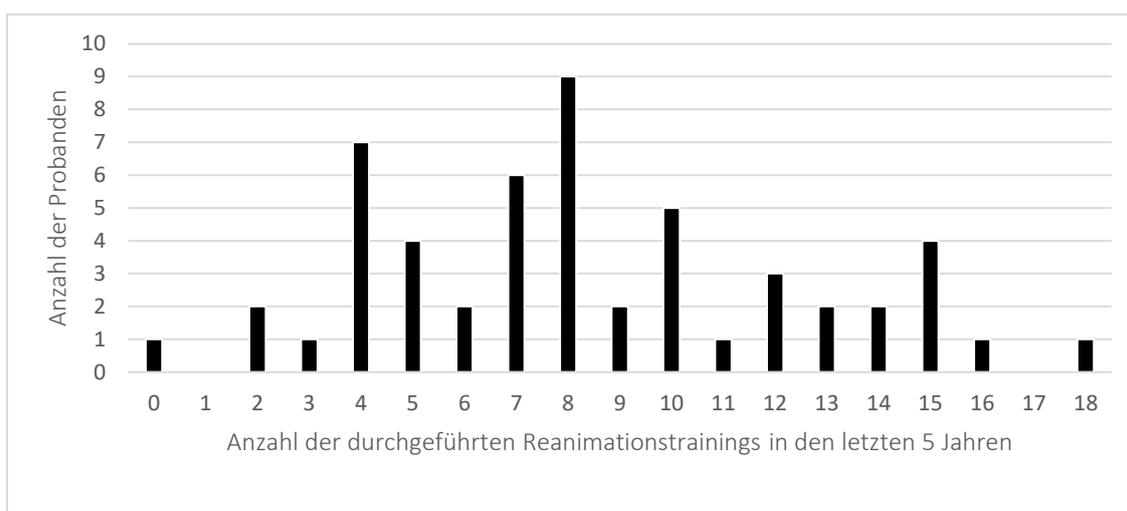


Abbildung 6: Anzahl der durchgeführten Reanimationstrainings, die die Probanden der Studie in den letzten 5 Jahren durchgeführt hatten

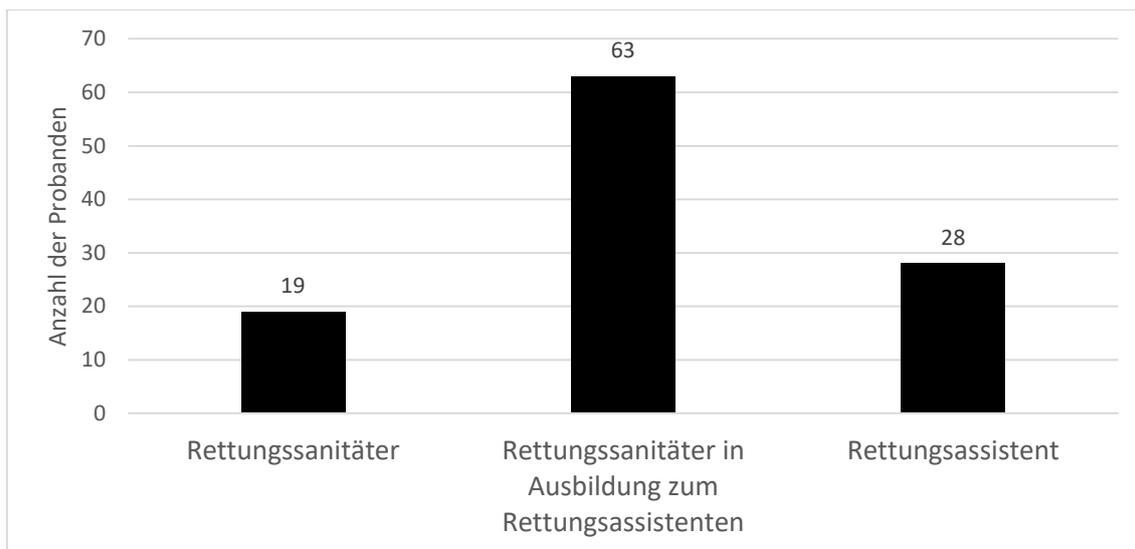


Abbildung 7: Ausbildungsstand der Probanden

3.2. Gegenüberstellung der Reanimationen mit Studien- oder Standardausrüstung

Im folgenden Kapitel 3.2 erfolgt zunächst die Gegenüberstellung der unadjustierten Ergebnisse der Reanimationen mit dem Studiengerät CPR.com und den Reanimationen mit der Standardausrüstung. Ohne die Adjustierung für das cross-over Design der Studie entsprechen sie deskriptiv den in der Datenaufzeichnung erhobenen Rohdaten. In Tabelle 5 finden sich außerdem einzelne Qualitätsindikatoren der Reanimationen mit der Studienausrüstung und der Reanimationen mit der Standardausrüstung ohne Berücksichtigung des Studiendesigns.

Anschließend erfolgt die modellbasierte Gegenüberstellung der Reanimationen mit dem Studiengerät CPR.com und den Reanimationen mit der Standardausrüstung unter Berücksichtigung des Studiendesigns, also nach Korrektur der Einflussfaktoren Periode, Sequenz, Studien- oder Kontrollgerät und der kumulativen Anzahl der pro Probandenteam absolvierten Trainingseinheiten in den letzten 5 Jahren.

Die mittlere Dauer einer Reanimation betrug 8 Minuten und 10 Sekunden [95%KI 8 Minuten 2 Sekunden - 8 Minuten 16 Sekunden] mit der Studienausrüstung gegenüber 8 Minuten und 13 Sekunden [95% KI 8 Minuten 5 Sekunden - 8 Minuten 20 Sekunden] mit der Standardausrüstung.

Tabelle 5: Unadjustierte Unterschiede in der Durchführungsqualität einer simulierten Reanimation mit der Studienausrüstung CPR.com und der Standardausrüstung ohne Berücksichtigung des Crossover-Designs

	CPRcom	Standard
Anteil der Hands-Off-Zeit an der gesamten Reanimationszeit (%)	24,4 [22,9-25,9]; 18,6-42,0	23,3 [22,6-24,1]; 17,7-29,3
Zeitspanne bis		
zur ersten Defibrillation (s)	70,2 [65,9-74,5]; 42-135	75,1 [68,2-82,0]; 46-212
zur zweiten Defibrillation (s)	214,1 [207,6-220,5]; 182-312	215,2 [208,0-222,4]; 178-359
zur dritten Defibrillation (s)	355,4 [346,0-364,9]; 314-550	351,0 [343,3-358,7]; 304-499
zum ersten Helferwechsel (s)	191,9 [181,2-202,7]; 57-306	242,2 [223,2-261,3]; 138-390
zum zweiten Helferwechsel (s)	349,7 [331,8-367,6]; 192-550	375,2 [355,8-394,5]; 280-622
zum dritten Helferwechsel (s)	461,8 [449,7-473,9]; 332-525	467,7 [459,2-476,1]; 280-622
zur ersten Adrenalingabe (s)	379,9 [368,5-391,4]; 248-479	400,5 [385,5-415,5]; 300-538
zur ersten Amiodaron-Gabe (s)	425,2 [414,1-436,4]; 320-520	437,5 [425,1-499,9]; 340-550
Adrenalingabe zum richtigen Zeitpunkt		
ja	45 (83%)	40 (77%)
nein	9 (17%)	12 (23%)
Amiodarongabe zum richtigen Zeitpunkt		
ja	42 (78%)	28 (54%)
nein	12 (22%)	24 (46%)
Anzahl durchgeführter Helferwechsel	2,7 [2,6-2,9];	2,1 [1,9-2,4];

	1-3	0-3
Anzahl der Herzdruckmassagen pro Minute	106,4 [104,0-108,8]; 92,3-138,6	108,1 [105,9-110,3]; 98,3-133,7
Anzahl der applizierten Beatmungshübe pro Minute	6,9 [6,9-7,8]; 2,0-9,6	8,0 [8,0-8,6]; 3,9-10,4

Dargestellte Werte sind Mittelwerte [95%-Konfidenzintervall]; Minimum und Maximum

Im Folgenden genannte Ergebnisse sind adjustierte, modellbasierte Ergebnisse. Die Mittelwerte werden als geschätzte Randmittel mit 95%KI dargestellt.

Im primären Endpunkt der Studie, der kompressionsfreien („Hands-Off-,“) Zeit, zeigte sich zwischen Studien- und Kontrollgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied (24,5% vs. 23,5%, $p=0,156$, Tabelle 6).

Betrachtet man die sekundären Endpunkte der Studie in Tabelle 6, erhöhte das Studiengerät die Anzahl der Helferwechsel von durchschnittlich 2,1 auf 2,7 pro achtminütiger simulierter Reanimation ($p<0,001$) und reduzierte die Zeit bis zur Applikation von Adrenalin und Amiodaron um 22 bzw. 17 Sekunden. Im logistischen Regressionsmodell war zudem die Chance Amiodaron zum korrekten Zeitpunkt zu verabreichen durch das Studiengerät um das 4,15-fache ($p=0,004$) größer (Abb. 8). Die Chance Adrenalin zum korrekten Zeitpunkt zu verabreichen fiel mit dem Studiengerät zwar tendenziell geringer aus als mit dem Standardgerät, der Unterschied war aber nicht statistisch signifikant nachweisbar ($p=0,368$) und die Ergebnisse können auch allein durch Zufall entstanden sein (Abb. 8).

In Tabelle 6 ist auch ersichtlich, dass die Verwendung des Studiengerätes die Anzahl der Herzdruckmassagen und der Beatmungen pro Minute im Vergleich zur Verwendung der Standardausrüstung verringerte. Während die Probanden der Studiengruppe 79 (95%KI 75-82) Herzdruckmassagen pro Minute (HDM/min) durchführten und mit einer Frequenz von 105 HDM/min (95%KI 100-109) reanimierten, lag die Kontrollgruppe bei 82 HDM/min (95%KI 78-85; $p=0,022$) und einer Frequenz von 107 (95%KI 102-111; $p=0,069$). Die Beatmungsfrequenz lag in der Studiengruppe bei 6,9 (95%KI 6,3-7,5), in der Kontrollgruppe bei 8,7 (95%KI 8,1-9,3; $p<0,001$).

Die mittleren Zeitspannen bis zur ersten, zweiten und dritten Defibrillation, die Zeit bis zur abgeschlossenen Intubation und Anlage eines intravenösen Venenverweilkatheters unterschieden sich in Studien- und Kontrollgruppe nicht signifikant (Tabelle 6).

Eine signifikante Wechselwirkung zeigte sich zwischen der Zeit bis zur dritten Defibrillation und der Anzahl der pro Team kumulativ absolvierten Reanimationstrainingseinheiten in den letzten fünf Jahren. Bei Verwendung des Standardgerätes sank die Zeit bis zur ersten, zweiten und dritten Defibrillation und bis zur Applikation von Adrenalin und Amiodaron, wenn die Teilnehmer bereits eine höhere Anzahl an Trainingseinheiten absolviert hatten. Im Gegensatz dazu verlängerte sich die Zeit bis zur dritten Defibrillation mit zunehmender Trainingserfahrung bei Verwendung des Studiengerätes. Hatte ein Team noch nie an einem Reanimationstraining teilgenommen, führte dieses mit dem Studiengerät durchschnittlich 25,02 Sekunden früher die dritte Defibrillation durch ($p=0,040$; Tab 10) als bei Verwendung des Standardgerätes. Pro absolvierter Trainingseinheit verlängerte sich die Zeit bis zur ersten Defibrillation in der Studiengruppe um 2,33 Sekunden ($p=0,041$; Tab. 10). Abbildung 12 zeigt graphisch den Zusammenhang zwischen dem Effekt des Studiengerätes und der kumulativen Anzahl der in den letzten 5 Jahren absolvierten Trainingseinheiten in CPR auf die Zeit bis zur dritten Defibrillation.

Tabelle 6: Modellbasierte Unterschiede in der Durchführungsqualität einer simulierten Reanimation mit der Studienausrüstung CPR.com und der Standardausrüstung unter Berücksichtigung des Crossover-Designs.

	CPRcom MW (95% KI)	Standard MW (95% KI)	p-Wert
Hands-Off-Zeit (%)	24,5 (23,3 - 25,6)	23,5 (22,3 - 24,6)	0,156
Zeitspanne bis			
zur ersten Defibrillation (s)	70 (65 - 76)	75 (70 - 81)	0,204
zur zweiten Defibrillation (s)	214 (166 - 262)	250 (201 - 298)	0,298
zur dritten Defibrillation (s)	355 (347 - 364)	353 (344 - 362)	0,574
zur abgeschlossenen Intubation (s)	129 (113 - 146)	121 (104 - 137)	0,368
zur abgeschlossenen Anlage eines intravenösen Zugangs (s)	305 (290 - 320)	304 (289 - 320)	0,946
zur Applikation von Adrenalin (s)	381 (369 - 392)	403 (391 - 416)	0,003*
zur Applikation von Amiodaron (s)	427 (416 - 438)	444 (432 - 457)	0,016*
Durchschnittliche Anzahl der HDM pro Minute	79 (75 - 82)	82 (78 - 85)	0,022*
Durchschnittliche Frequenz der Herzdruckmassage	105 (100 - 109)	107 (102 - 111)	0,069
Anzahl der Beatmungen pro Minute	6,9 (6,3 - 7,5)	8,7 (8,1 - 9,3)	<0,001*
Anzahl an Helferwechseln	2,7 (2,5 - 2,9)	2,1 (1,9 - 2,3)	<0,001*

*Dargestellte Werte sind Mittelwerte als geschätzte Randmittel und das 95%-Konfidenzintervall in eckigen Klammern; * $p < 0.05$*

Der Anteil der Reanimationen bei denen die Notfallmedikamente Adrenalin und Amiodaron nach ERC-Leitlinien zum korrekten Zeitpunkt gegeben wurden, wurde mithilfe eines logistischen Regressionsmodells für die Effekte der Periode, Sequenz, der Verwendung von Studien- oder Standardausrüstung und der Anzahl der absolvierten Trainingseinheiten der Probanden adjustiert. Das Ergebnis der logistischen Regression ist in Abbildung 9 als Forest-Plot wiedergegeben.

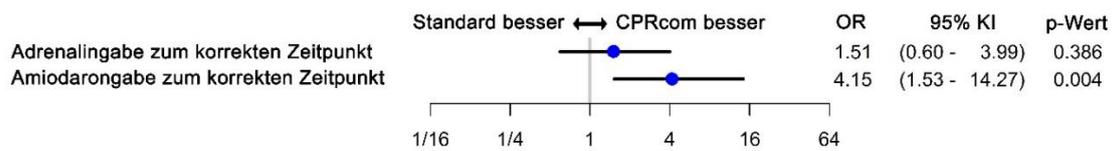


Abbildung 8: Forest-Plot mit den Odds Ratios (OR) der Medikamentengaben zum korrekten Zeitpunkt; 95% KI = 95%-Konfidenzintervall.

3.3. Effekt des Studiengerätes verglichen mit den Effekten zuvor absolvierter Trainingseinheiten

Die in diesem Kapitel dargestellten Ergebnisse sind die Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, der Verwendung des Studiengerätes im Vergleich zur Standardausrüstung und der Anzahl der zurückliegenden Reanimationstrainingseinheiten der Probanden in den letzten fünf Jahren. Die aufgeführten Effekte der Kovariaten auf die abhängigen Variablen sind Ergebnisse der multivariaten Analyse mit der ANCOVA und werden mit dem jeweiligen Effektschätzer dargestellt.

Hands-off-Zeit

Tabelle 7: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Hands-off-Zeit.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	-1,754	0,710	0,017*
Sequenz SD	-1,371	0,945	0,154
Effekt des Kontrollgerätes	-1,023	0,709	0,156
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-0,252	0,120	0,042*

*Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Hands-off-Zeit) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. * $p < 0,05$*

Der Effektschätzer ist wie folgt zu interpretieren. Wird die Reanimation vom gleichen Probandenteam am Studientag zum zweiten Mal durchgeführt, so reduzierte dies die Hands-off-Zeit um 1,75 Prozentpunkte. Daneben reduzierte jede zurückliegende Trainingseinheit jedes einzelnen der der zwei Probanden pro Team in den letzten fünf Jahren die Hands-off-Zeit unabhängig des verwendeten Gerätes um 0,25 Prozentpunkte. Nahmen die Helfer also beide über die letzten fünf Jahre halbjährlich an einem Reanimationstraining teil, reduzierte sich die Hands-Off-Zeit durchschnittlich um etwa 5 Prozentpunkte. Ein Effekt der Kovariaten Sequenz und Studiengerät CPR.com auf die Hands-off-Zeit ließ sich mit einem Signifikanzniveau von 0,05 nicht nachweisen.

Bei sechs abhängigen Variablen konnten Periodeneffekte und bei einer abhängigen Variablen auch ein Sequenzeffekt nachgewiesen werden. Ein Effekt der Verwendung des Studiengerätes konnte bei fünf abhängigen Variablen nachgewiesen werden. Ein signifikanter Effekt der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten konnte nur für die Hands-off-Zeit gezeigt werden.

Die Tabellen 7 bis 16 zeigen die Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die in dieser Studie untersuchten abhängigen Variablen. Anschließend gibt Tabelle 17 noch einmal einen zusammenfassenden Überblick über die Effekte des Studiengerätes und die Effekte der Anzahl an zurückliegenden Reanimationstrainingseinheit in den letzten fünf Jahren der Probanden, die sich bei einem Signifikanzniveau von 5% nachweisen ließen.

Zeit bis zur ersten Defibrillation

Tabelle 8: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Zeit bis zur ersten Defibrillation.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	-9,36	3,75	0,016*
Sequenz SD	5,13	4,29	0,238
Effekt des Kontrollgerätes	4,82	3,74	0,204
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-0,27	0,55	0,624

*Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Zeit bis zur ersten Defibrillation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Modellbasiert erfolgte die erste Defibrillation in der zweiten Reanimationssimulation 9,36 Sekunden früher. * $p < 0.05$*

Zeit bis zur zweiten Defibrillation

Tabelle 9: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Zeit bis zur zweiten Defibrillation.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	-42,69	34,08	0,220
Sequenz SD	42,51	34,73	0,230
Effekt des Kontrollgerätes	35,79	34,05	0,300
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-0,937	4,426	0,830

Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Zeit bis zur zweiten Defibrillation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. * $p < 0,05$

Zeit bis zur dritten Defibrillation

Tabelle 10: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Zeit bis zur dritten Defibrillation

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	-3,36	7,33	0,500
Sequenz SD	11,96	7,33	0,113
Effekt des Kontrollgerätes	25,02	11,67	0,040*
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	2,33	1,13	0,041*
Wechselwirkung Trainingseinheiten:Effekt des Kontrollgerätes	-3,33	1,27	0,014*

Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Zeit bis zur dritten Defibrillation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Eine signifikante Wechselwirkung zeigte sich im Modell zwischen der Zeit bis zur dritten Defibrillation und der Anzahl der pro Team kumulativ absolvierten Reanimationstrainingseinheiten in den letzten fünf Jahren ($p=0,014$). Bei Verwendung des Standardgerätes sank die Zeit bis zur dritten Defibrillation, wenn die Teilnehmer bereits eine höhere Anzahl an Trainingseinheiten absolviert hatten. Die Zeit bis zur

*dritten Defibrillation verlängerte sich jedoch mit zunehmender Trainingserfahrung bei Verwendung des Studiengerätes. Hatte ein Team noch nie an einem Reanimationstraining teilgenommen, führte dieses mit dem Studiengerät durchschnittlich 25,02 Sekunden früher die dritte Defibrillation durch als bei Verwendung des Standardgerätes. Pro absolvierter Trainingseinheit erfolgte die dritte Defibrillation in der Studiengruppe um 2,33 Sekunden später (siehe Abbildung 12).. * $p < 0.05$*

Zeit bis zur intravenösen Adrenalinapplikation

Tabelle 11: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Zeit bis zur intravenösen Adrenalinapplikation.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	-43,74	7,11	<0,001*
Sequenz SD	22,94	9,88	0,024*
Effekt des Kontrollgerätes	22,85	7,28	<0,003*
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-1,84	1,28	<0,157

*Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Zeit bis zur intravenösen Adrenalinapplikation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Modellbasiert wurde in der zweiten Reanimationssimulation 43,74 Sekunden früher Adrenalin appliziert und bei der Sequenz erst Studiengerät und dann Standardgerät 22,94 Sekunden früher Adrenalin appliziert als in der umgekehrten Reihenfolge. Zudem erfolgte die Gabe von Adrenalin bei Verwendung des Studiengerätes 22,85s früher. * $p < 0.05$*

Zeit bis zur intravenösen Amiodaronapplikation

Tabelle 12: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Zeit bis zur intravenösen Amiodaronapplikation.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	-43,40	6,71	<0,001*
Sequenz SD	17,00	9,81	0,089
Effekt des Kontrollgerätes	16,96	6,71	0,016*
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-2,99	1,27	0,022

Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Zeit bis zur zweiten Defibrillation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Modellbasiert wurde in der zweiten Reanimationssimulation 43,4 Sekunden früher Amiodaron appliziert. Zudem erfolgte die Gabe von Amiodaron bei Verwendung des Studiengerätes 2,99 Sekunden früher. * $p < 0.05$

Frequenz der Thoraxkompressionen (HDM)

Tabelle 13: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Frequenz der Thoraxkompressionen..

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	1,914	1,177	0,111
Sequenz SD	-8,043	4,081	0,055
Effekt des Kontrollgerätes	2,198	1,177	0,069
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	0,300	0,351	0,396

Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Frequenz der Thoraxkompressionen) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. * $p < 0.05$

Thoraxkompressionen pro Minute

Tabelle 14: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Thoraxkompressionen pro Minute.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	3,165	1,176	0,010*
Sequenz SD	-4,359	3,179	0,177
Effekt des Kontrollgerätes	2,791	1,175	0,022*
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-0,023	0,403	0,954

Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Thoraxkompressionen pro Minute) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Modellbasiert war im zweiten Simulationsdurchgang am Tag die Anzahl der Thoraxkompressionen durchschnittlich 3,1 Kompressionen/Minute höher als am ersten Durchgang des Tages und die Verwendung des Studiengerätes führte zu 2,79 Kompressionen/Minute mehr als die Verwendung des Kontrollgerätes. * $p < 0.05$

Beatmungen pro Minute

Tabelle 15: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Beatmungen pro Minute.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	0,698	0,415	0,096
Sequenz SD	0,256	0,416	0,540
Effekt des Kontrollgerätes	1,787	0,053	<0,001*
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	0,015	0,614	0,770

Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Zeit bis zur zweiten Defibrillation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Modellbasiert führte die Verwendung des Studiengerätes zu durchschnittlich 1,8 Beatmungen/Minute weniger als die Verwendung des Kontrollgerätes; * $p < 0.05$

Anzahl der Helferwechsel pro Reanimationssimulation

Tabelle 16: Effekte der Kovariaten Periode, Sequenz, Verwendung des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten auf die abhängige Variable Helferwechsel pro Reanimationssimulation.

	Effektschätzer	Standardfehler	p-Wert
Periode	0,283	0,126	0,029*
Sequenz SD	-0,148	0,158	0,351
Effekt des Kontrollgerätes	-0,585	0,126	<0,001*
Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten	-0,0003	0,020	0,989

*Dargestellt ist der Effekt der Kovariaten auf die abhängige Variable (hier die Anzahl der Helferwechsel pro Reanimationssimulation) durch den Effektschätzer mit dazugehörigem Standardfehler und p-Wert. Modellbasiert war im zweiten Simulationsdurchgang am Studientag die Anzahl der Helferwechsel durchschnittlich 0,28 Wechsel/Reanimation häufiger als am ersten Durchgang des Tages und die Verwendung des Studiengerätes führte zu durchschnittlich 0,59 Wechseln/Reanimation mehr als die Verwendung des Kontrollgerätes; * $p < 0.05$*

Tabelle 17: Variablen mit signifikant nachweisbaren Effekten des Studiengerätes sowie der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten jedes einzelnen Probanden in den letzten 5 Jahren mit dazugehörigen Standardfehlern (SD). Signifikante Werte sind mit einem Stern () gekennzeichnet.*

	Effekt des Studiengerätes	Effekt pro absolvierter Reanimationstrainingseinheit in den letzten fünf Jahren
Hands-Off-Zeit (%)	1,02 (0,7); p=0,156	-0,25 (0,1); p=0.042*
Zeitintervall bis zur Applikation des Adrenalins (s)	-22,85 (7,3); p=0,003*	-1,84 (1,3); p=0,157
Zeitintervall bis zur Applikation des Amiodarons (s)	-16,96 (6,7); p=0,016*	-3,00 (1,3); p=0,022*
Anzahl der HDM pro Minute [min ⁻¹] (n)	-2,79 (1,2); p=0,022*	-0,02 (0,4); p=0,954
Anzahl der Beatmungen pro Minute [min ⁻¹] (n)	-1,79 (0,4); p<0,001*	0,02 (0,1); p=0,774
Anzahl der Helferwechsel (n)	0,58 (0,1); p<0,001*	-0,00 (0,2); p=0,989

*Dargestellt sind der Effektschätzer (Standardfehler) des Studiengerätes und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten jedes einzelnen Probanden in den letzten 5 Jahren unabhängig des verwendeten Gerätes auf die abhängige Variable; * p<0.05*

Der Zusammenhang zwischen der Verwendung der Studien- oder Standardausrüstung und der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten der Probanden in den letzten fünf Jahren ist in den Abbildungen 9 bis 14 exemplarisch für sechs Variablen graphisch dargestellt. Von der Gerätewahl unabhängig sanken die Hands-Off-Zeiten mit zunehmender Reanimationserfahrung der Rettungshelfer (Abb. 9). Hatte das reanimierende Team in den letzten fünf Jahren gemeinsam weniger als 11 Reanimationstrainingseinheiten absolviert, stellte sich das Studiengerät gegenüber dem Standardgerät bezogen auf das Zeitintervall bis zur ersten Defibrillation als vorteilhaft dar (Abb. 10). Dieser Effekt war bezogen auf die zweite Defibrillation bis etwa 16 Trainingseinheiten (Abb. 11) und bezogen auf die dritte Defibrillation bis etwa 7 Trainingseinheiten in den letzten fünf Jahren zu sehen (Abb. 12). Je weiter diese Grenzwerte überschritten wurden, desto stärker zeichnete sich ein Vorteil zugunsten des Kontrollgerätes ab.

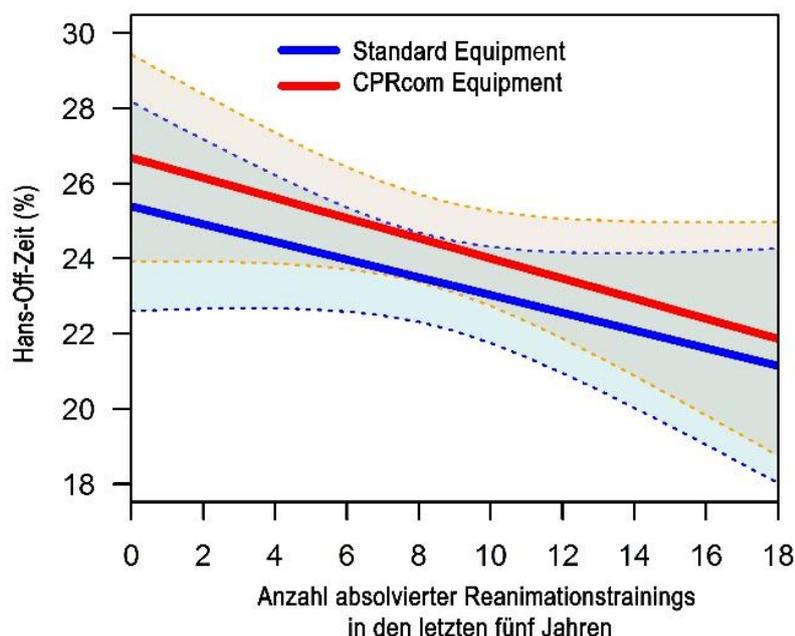


Abbildung 9: Hands-Off-Zeit in Abhängigkeit von der kumulativen Anzahl der absolvierten Reanimationstrainingseinheiten der beiden Probanden in den letzten fünf Jahren.

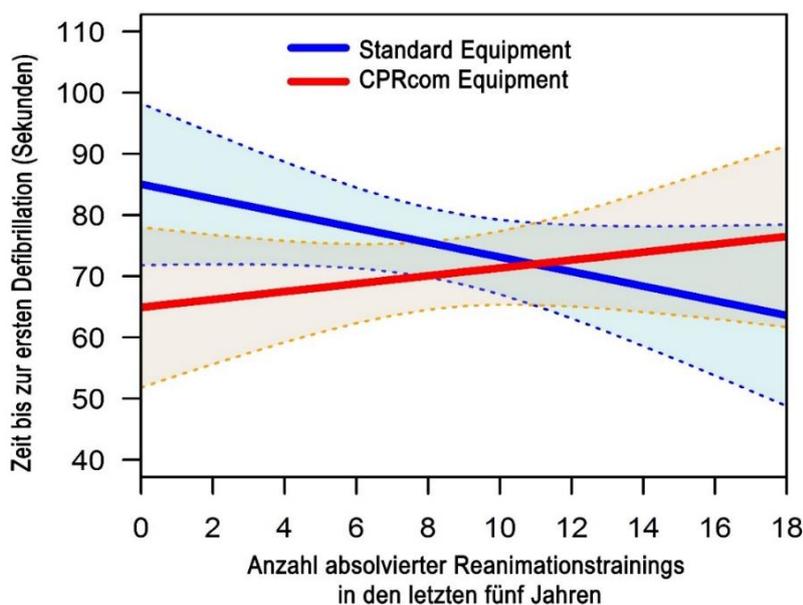


Abbildung 10: Zeit bis zur ersten Defibrillation in Abhängigkeit von der kumulativen Anzahl der absolvierten Reanimationstrainingseinheiten der beiden Probanden in den letzten fünf Jahren.

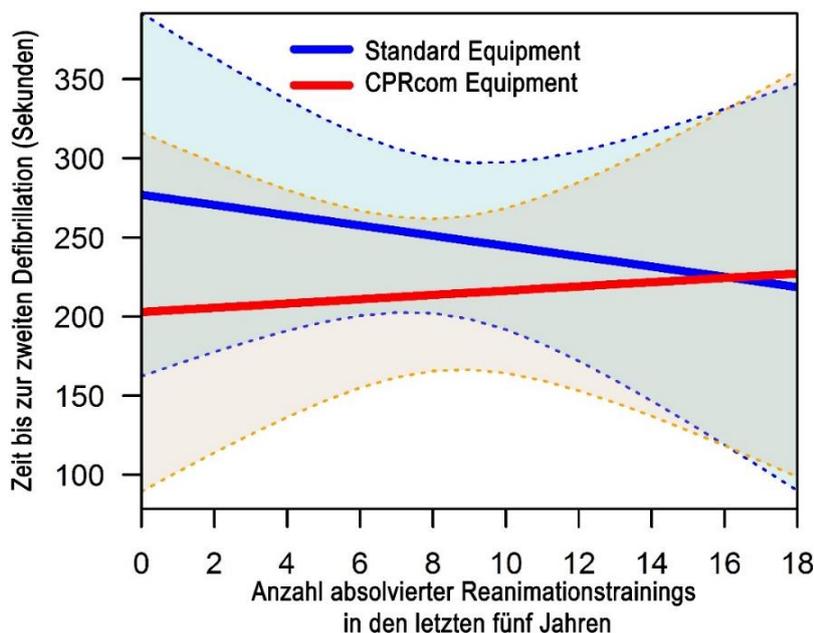


Abbildung 11: Zeit bis zur zweiten Defibrillation in Abhängigkeit von der kumulativen Anzahl der absolvierten Reanimationstrainingseinheiten der beiden Probanden in den letzten fünf Jahren.

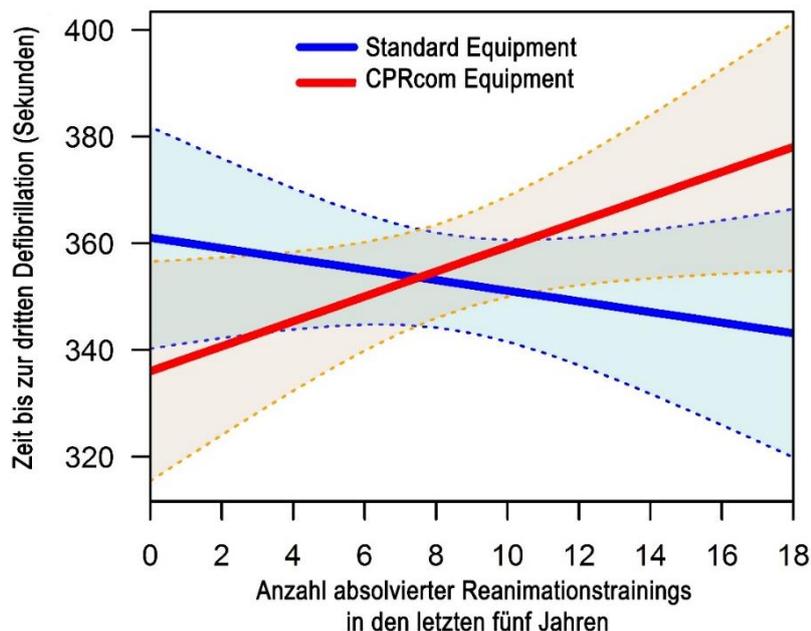


Abbildung 12: Zeit bis zur dritten Defibrillation in Abhängigkeit von der kumulativen Anzahl der absolvierten Reanimationstrainingseinheiten der beiden Probanden in den letzten fünf Jahren.

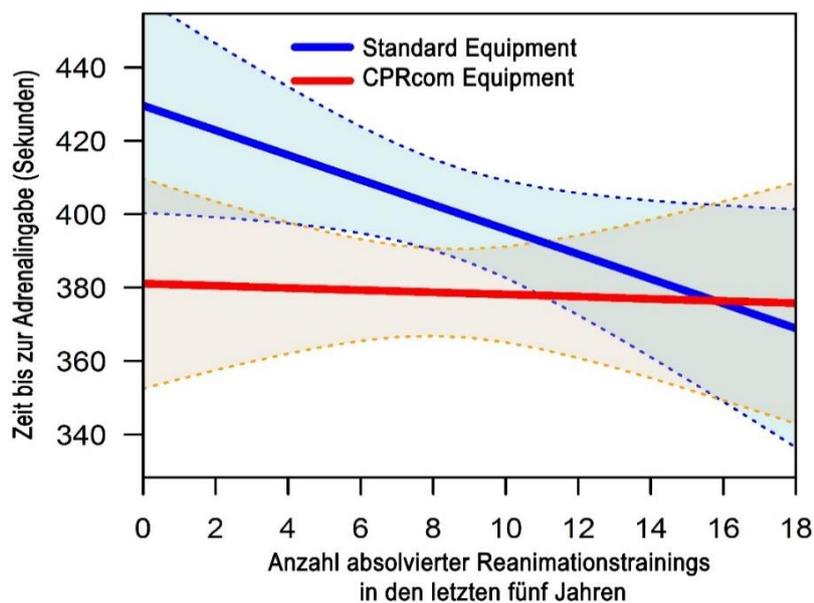


Abbildung 13: Zeit bis zur Applikation von Adrenalin in Abhängigkeit von der kumulativen Anzahl der absolvierten Reanimationstrainingseinheiten der beiden Probanden in den letzten fünf Jahren.

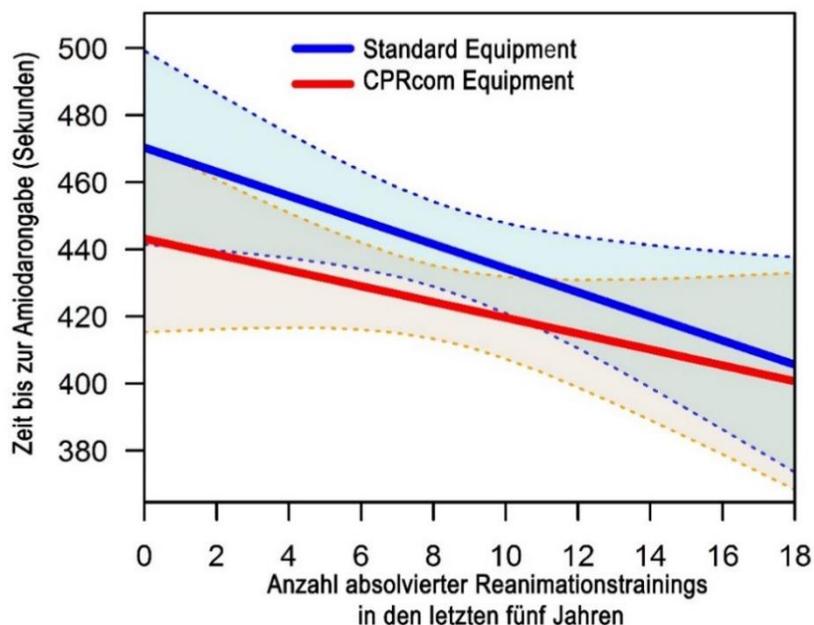


Abbildung 14: Zeit bis zur Applikation von Amiodaron in Abhängigkeit von der kumulativen Anzahl der absolvierten Reanimationstrainingseinheiten der beiden Probanden in den letzten fünf Jahren.

Die Zeit bis zur Applikation von Adrenalin blieb bei Verwendung des Studiengerätes unabhängig von der Anzahl absolvierter Reanimationstrainingseinheiten in den letzten fünf Jahren beinahe konstant. Bei Einsatz des Standardgerätes verkürzte sich diese mit zunehmender Vorerfahrung der Probanden. Ab etwa 16 Trainingseinheiten pro Team in den letzten fünf Jahren zeichnete sich ein Vorteil des Standardgerätes ab (Abb. 13).

Unabhängig von der Gerätewahl verkürzte sich die Zeitspanne bis zur Applikation von Amiodaron mit zunehmender Anzahl absolvierter Reanimationstrainingseinheiten in den letzten fünf Jahren. Dabei erfolgte diese Maßnahme bei Verwendung des Studiengerätes zwar früher, mit zunehmender Reanimationserfahrung nahm die Differenz jedoch kontinuierlich ab (Abb. 14).

4. Diskussion

Ziel dieser randomisierten, cross-over Simulationsstudie war zu evaluieren, ob audiovisuelle Anweisungen und die elektronische Kopplung eines kombinierten Beatmungs- und Defibrillationsgerätes professionelles Rettungsdienstpersonal in der praktischen Umsetzung der Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation unterstützen.

In der vorliegenden Studie reanimierten 56 professionelle Reanimationsteams in je zwei simulierten Szenarien entweder mit einem herkömmlichen Standardgerät oder mit dem Studiengerät. Anhand der erhobenen Daten sollte die Nullhypothese, die Umsetzung der Reanimationsleitlinien des ERC 2010 wird durch das Studiengerät nicht begünstigt, überprüft werden.

Die als primärer Endpunkt festgelegte kompressionsfreie Zeit unterschied sich in Studien- und Kontrollgruppe nicht. Zudem wurden keine signifikanten Unterschiede in der Frequenz der Herzdruckmassage und der Zeit bis zur ersten, zweiten und dritten Defibrillation nachgewiesen. Bei Verwendung des Studiengerätes wurden die Medikamente Adrenalin und Amiodaron früher verabreicht, Amiodaron häufiger zum korrekten Zeitpunkt gegeben und häufiger ein Helferwechsel durchgeführt. Die Anzahl der Herzdruckmassagen und Beatmungen pro Minute waren hingegen geringer bei der Verwendung der Studienausrüstung. Einen Einfluss auf den primären Endpunkt der Studie, die kompressionsfreie Hands-Off-Zeit, hatte hingegen die Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten der Probanden in den letzten 5 Jahren. Hatte jeder der beiden Probanden in den letzten 5 Jahren alle 6 Monate ein Reanimationstraining im ALS, dann reduzierte dies die Hands-off-Zeit um 5 Prozentpunkte.

4.1. Interne Datenvalidität

Das Crossover-Design dient dem Vergleich zweier aufeinander folgender Behandlungsformen mit zwischengeschalteter Auswaschphase durch denselben Probanden beziehungsweise dasselbe Probandenteam. Diese Form der Parallelisierung ermöglicht eine hohe Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Studien- und Kontrollgruppen,

da konfundierende Variablen wie das Probandenalter, Geschlecht oder Berufs- und Reanimationserfahrung konstant sind. Die größere Anzahl an Versuchen bei identischer Kollektivgröße führt gegenüber dem Parallelgruppen-Versuch zu einer höheren Aussagekraft.

Vermutet man die Existenz mehrerer Einflussfaktoren, also unabhängiger Variablen, auf eine abhängige Variable, gilt es, diese in der statistischen Auswertung zu beachten. Möchte man nun Auswirkungen einzelner unabhängiger Variablen auf die abhängige Variable isoliert darstellen, bietet sich eine Kovarianzanalyse (Analysis of Covariance, kurz „ANCOVA“) an. Im Gegensatz zu Analyseverfahren wie der Regressionsanalyse, die Zusammenhänge zwischen metrisch skalierten Variablen darstellt, können in der Kovarianzanalyse auch kategorial skalierte unabhängige Variablen berücksichtigt werden. So ist es möglich, auch Einflussfaktoren wie das Geschlecht oder den Ausbildungsstand zu berücksichtigen. Voraussetzung hierfür sind variierende Kovariaten (verschiedene Ausbildungsstände der Probanden) sowie eine Korrelation der Kovariaten mit der abhängigen Variablen. Vor jeder Intervention sollte dabei der Ausgangszustand des Probanden wiederhergestellt sein. Dies würde auf unsere Studie bezogen unter anderem einen identischen physischen Zustand und einen unveränderten Wissensstand der reanimierenden professionellen Reanimationsanwender voraussetzen. Zur annähernden Realisierung dessen wären sehr lange Erholungs- beziehungsweise Auswaschphasen nötig gewesen. Um die Notwendigkeit einer zweiten Simulationssession an einem anderen Tag für die Probanden zu vermeiden und damit die Hemmschwelle zur Teilnahme an der Studie herabzusetzen, führten wir die Versuche zeitnah hintereinander durch. Die Auswaschphase betrug so zwischen 15 und 60 Minuten. Trotz der Randomisierung der Geräte ist also mit Perioden- und Sequenzeffekten zu rechnen.

Der Periodenunterschied ist dabei die Differenz der Behandlungseffekte, unter der Annahme, die erste Behandlung hätte keine Auswirkung auf die zweite Behandlung. Eine vollständige Wiederherstellung des Ausgangszustandes der Probanden muss also zum Ausschluss von Residualeffekten (auch Carry-Over-Effekte genannt) vor dem zweiten Versuch gewährleistet sein. Man spricht dann von einem reinen Periodeneffekt. Es sollen Änderungen dargestellt werden, die unabhängig des ersten Durchgangs aufgetreten sind und somit auf äußere Umstände zurückzuführen sind. Mögliche Ursachen könnten

beispielsweise Änderungen des Settings oder ein veränderter physischer Ausgangszustand der Probanden sein. Leider können wir in unserer Studie Residualeffekte aufgrund der geringen Auswaschphase nicht komplett ausschließen. Andererseits könnte gerade diese kurze Auswaschphase Einflüsse wie eine verminderte physische und psychische Leistungsfähigkeit durch Krankheit oder ähnliches ausschließen.

Der Sequenzeffekt beschreibt die Auswirkung der Reihenfolge in der die beiden Geräte verwendet wurden und könnte beispielsweise einen Lerneffekt durch die erweiterten Sprachanweisungen des Studiengerätes widerspiegeln. Indem jeweils die Hälfte der Gruppen mit dem Studien- bzw. Standardgerät begannen, versuchten wir diesen beiden letztgenannten Effekten entgegenzuwirken.

Ein signifikanter Sequenzeffekt konnte lediglich in einem, Periodeneffekte hingegen in vier der durch eine Kovarianzanalyse ausgewerteten Parameter festgestellt werden (Tab. 8,12,13,17). Auf mögliche Deutungsansätze wird in der Diskussion der Outcomeparameter eingegangen.

4.2. Evaluation des Probandenkollektivs

Bereits im November 2012 führte das Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf in Kooperation mit der Firma Weinmann eine Machbarkeitsstudie („DEFIKOM“) zur Entwicklung eines gekoppelten Beatmungs- und Defibrillationsgerätes durch. Die Probanden, die an dieser Studie teilnahmen, waren Medizinstudierende in den klinischen Semestern am Ende einer einwöchigen Unterrichtseinheit zum Thema Notfallmedizin. Die Studierenden hatten in der DEFIKOM-Studie mit einer Reduktion der Hands-off-Zeit von 40.1% auf 35.6% in ihrer CPR-Performance von dem Unterstützungssystem profitiert, dass nahezu identisch war mit dem System, welches in der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde.

In der vorliegenden Studie konnten 112 Teilnehmer eingeschlossen und letztendlich 106 Reanimationsdurchläufe in der Datenauswertung analysiert werden. Mit einem Altersdurchschnitt von 26 Jahren (Tab. 4) und etwa 4 Jahren Berufserfahrung einschließlich Ausbildungsjahren schlossen wir ein junges Probandenkollektiv ein. Der

mit fast 74% sehr hohe Anteil männlicher Studienteilnehmer dürfte sich aufgrund der identischen Ausbildung nicht auf die Umsetzung der Leitlinien ausgewirkt haben. Mehr als die Hälfte der Probanden (56,25%) befand sich noch in der Ausbildung zum Rettungsassistenten, nur ein Viertel hatte die Ausbildung bereits abgeschlossen (Abb. 7). Pro Team wurden durchschnittlich acht Reanimationstrainingseinheiten (Tab. 4) in den letzten fünf Jahren absolviert. Ein ähnliches Probandenkollektiv untersuchten auch Aufderheide et al. in einer Studie über die Auswirkung unterschiedlicher Kompressionstechniken auf die Dekompressionsphase. Die hier ausgewählten Probanden hatten durchschnittlich 6,4 Jahre Erfahrung im Rettungsdienst. Während das Probandenalter und das Geschlecht keinen Einfluss auf die Qualität der Herzdruckmassage hatten, war eine Rettungsdiensterfahrung von über fünf Jahren mit einem höheren Anteil an Herzdruckmassagen mit korrekter Drucktiefe assoziiert (Aufderheide et al. 2005).

Insgesamt untersuchten wir in der von uns durchgeführten Studie also ein Probandenkollektiv mit limitiertem Erfahrungsschatz in der kardiopulmonalen Reanimation. Im Rahmen der Studienplanung entstand die Theorie, dass professionelle jedoch überwiegend weniger routinierte Probanden von einer akustischen und visuellen Prozessunterstützung profitieren könnten. Die in Kapitel 3.3 beschriebene Wechselwirkung zwischen den Zeitintervallen bis zur Defibrillation und den absolvierten Reanimationstrainingseinheiten in den letzten fünf Jahren ist mit dieser Theorie vereinbar.

4.3. Externe Datenvalidität

Als maßgebliche Einflussfaktoren auf den Gesundheitszustand eines Patienten nach kardiopulmonaler Reanimation gelten derzeit die frühe Diagnose des Herz-Kreislaufstillstands, das umgehende Einleiten einer Herzdruckmassage unter intermittierender Beatmung sowie die frühestmögliche Defibrillation (Perkins et al. 2015). Diesen Basismaßnahmen der kardiopulmonalen Reanimation folgen nach Eintreffen von professionellem medizinischen Personal die medikamentöse Therapie, die Atemwegssicherung und, im Falle der Wiederherstellung eines Spontankreislaufs, die

Postreanimationstherapie (Soar et al. 2015). Der Faktor Zeit nimmt neben der Qualität der durchgeführten Maßnahmen im Reanimationsprozess, eine herausragende Rolle ein. Ein unterbrechungsarmer Ablauf der Wiederbelebung ist mit einem besseren klinischen Outcome des Patienten nach Reanimation assoziiert (Christenson et al. 2009, Kern et al. 2002, Robert A. Berg et al. 2001). Objektive Kriterien für die Qualität der Wiederbelebung sind die Hands-Off-Zeit beziehungsweise die Chest-Compression-Fraction (CCF, Zeitanteil der Reanimation, in dem Herzdruckmassagen stattfinden). Vaillancourt et al. zeigten, dass eine höhere CCF die Wahrscheinlichkeit, wieder einen Spontankreislauf zu entwickeln, erhöht. Sie empfahlen bei initial nicht defibrillierbaren Rhythmen eine CCF von über 80%, also weniger als 20% Hands-Off-Zeit, anzustreben (Vaillancourt et al. 2011). Findet keine Kreislaufunterstützung durch eine wirksame CPR statt, reduziert sich die Chance auf eine erfolgreiche Defibrillation pro Minute um etwa 10% und die Wahrscheinlichkeit des Überlebens bis zur Klinikentlassung pro Minute um etwa 5,5% (Larsen et al. 1993; Perkins et al. 2015). Wurde initial mit einer Herzdruckmassage begonnen und wurde diese möglichst kontinuierlich durchgeführt, sinkt die Wahrscheinlichkeit des Überlebens bis zur Klinikentlassung zunächst nur um etwa 3-4% pro Minute (Lischke et al. 2004, Larsen et al. 1993).

Will man die gemessene Hands-Off-Zeit mit den Angaben in der Literatur vergleichen, dann fällt eine starke Streuung der zur Hands-Off-Zeit publizierten Werte auf. Als Ursache hierfür könnten unter anderem verschieden festgelegte Start- und Endpunkte der Messungen, unterschiedliche Messtechniken, variierende Settings und Unterschiede im beobachteten Kollektiv in Frage kommen. Eine differenzierte Betrachtung dieses Parameters, unter Berücksichtigung der oben genannten Einflussfaktoren, ist daher erforderlich. In dieser Studie erfolgte eine manuelle Erhebung der Hands-Off-Zeit per Videoanalyse. So konnten fehlerhafte Aufzeichnungen der Auswertungssoftware ausgeschlossen und eine hohe Datenqualität gewährleistet werden.

Neben der Kontinuität der Herzdruckmassage sollten während einer CPR auch die Frequenz und Drucktiefe der Herzdruckmassagen optimiert werden. Die aktuellen Reanimationsleitlinien empfehlen eine Frequenz der Herzdruckmassage von 100-120/min sowie eine Kompressionstiefe von 5-6 cm (Perkins et al. 2015). Nach Abella et al. haben Patienten im außerklinischen Herzstillstand geringere Chancen auf das Wiedererlangen eines Spontankreislaufs, wenn die Frequenz der Herzdruckmassage unter

den empfohlenen 100 HDM/min lag. Bei höheren Frequenzen glichen sich die Wahrscheinlichkeiten an (Abella et al. 2005). Bei höheren Frequenzen verringern unterstützende Metronome die durchschnittliche Drucktiefe. Field et al. befürworteten daher die in den Leitlinien empfohlenen 100-120 HDM/min (Field et al. 2012). Neben der Hands-Off-Zeit wurde in unserer Studie auch die Anzahl der Thoraxkompressionen pro Minute durch manuelle Auszählung bestimmt und daraus die durchschnittliche Frequenz der Thoraxkompressionen errechnet. Da die in der Studie verwendete Version der Laerdal Resusci-Anne eine Auswertung der Drucktiefen der Thoraxkompressionen parallel zu applizierten Beatmungshüben über den eingebrachten Larynx-tubus nicht ermöglichte, konnten die Drucktiefen der Thoraxkompressionen nicht analysiert werden.

Eine hohe Qualität der Thoraxkompressionen bei länger andauernder Reanimation ist nur durch regelmäßige Helferwechsel zu gewährleisten. Bereits nach 90 Sekunden Herzdruckmassage wurde eine signifikante Abnahme der Drucktiefe nachgewiesen (Sugerman et al. 2009a). Dies zeigte sich besonders deutlich bei Helfern mit geringem Körpergewicht ($BMI \leq 23 \text{ kg/m}^2$) (Sánchez et al. 2015). Bereits in der zweiten Minute erreichten bei diesen nur noch 30% der Thoraxkompressionen die empfohlene Drucktiefe- und Frequenz (Sánchez et al. 2015). An die Ermüdung adaptierte Helferwechsel erhöhten den Anteil effektiver Herzdruckmassagen in einem Beobachtungszeitraum von acht Minuten (Jo et al. 2015). Zu häufige Helferwechsel könnten jedoch aufgrund zusätzlicher Unterbrechungen zu mehr Hands-Off-Zeit führen. Der ERC empfiehlt daher einen Helferwechsel etwa alle zwei Minuten durchzuführen, ohne dass dies zu zusätzlichen Unterbrechungen führt (Perkins et al. 2015).

Der Stellenwert der Beatmung durch den Laienhelfer sowie die medikamentöse Therapie durch professionelle Reanimationsanwender werden in der Wissenschaft seit Jahren diskutiert (Andersen et al. 2016). Eine klare wissenschaftliche Evidenz dafür, dass die Beatmung in der Initialphase der Reanimation gegenüber alleinigen Thoraxkompressionen einen Vorteil für den Patienten bietet, gibt es bis heute nicht (Nichol et al. 2015). Für geschulte Helfer und wenn nicht zeitnah ein ROSC erreicht werden kann, wird aktuell eine Beatmung im Verhältnis 30:2 zu den Thoraxkompressionen empfohlen (Perkins et al. 2015). Nach erfolgter Atemwegssicherung soll eine kontinuierliche Beatmung stattfinden. Die medikamentöse Therapie wird erst nach dem dritten erfolglosen Defibrillationsversuch empfohlen und

soll an den bestehenden Herzrhythmus angepasst werden (Soar et al. 2015). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde die Anzahl der Beatmungen pro Minute sowie der Applikationszeitpunkt der Medikamente Adrenalin und Amiodaron erhoben und als einer der Qualitätsmerkmale einer CPR analysiert.

Unsere Ergebnisse decken sich in Tendenz und Größenordnung mit bisher beschriebenen Werten. Die meisten bisher veröffentlichten Studien in diesem Themengebiet bezogen sich lediglich auf Teilaspekte der Reanimation und erhoben daher zwar eine geringere Anzahl jedoch größtenteils identische Parameter. Betrachtet man die Ergebnisse der Kontrollgruppe, zeigen sich bezüglich allen erhobenen Variablen bessere Werte, wenn die Probandenteams mehr Reanimationserfahrung aufweisen konnten. Dies spricht für einen hohen Grad an Konstruktvalidität. Dank der verwendeten statistischen Methode kann diese Studie zwischen Effekten des Studiengerätes und externen Einflussfaktoren wie der Vorerfahrung der Probanden differenzieren.

4.4. Vergleich unserer Ergebnisse mit denen anderer Untersuchungen

4.4.1. Vorstellung von Vergleichswerken

Die Auswirkung unterstützender Systeme wurde zahlreich, jedoch mit sehr inhomogenen Ergebnissen untersucht. Eine in ein Smartphone integrierte Applikation mit integriertem Metronom und audiovisuellen Handlungsanweisungen führte entsprechend dem BLS zwar zu besseren Frequenzen der Herzdruckmassage, einer häufigeren Absicherung gegenüber Risikofaktoren und Freilegung der Atemwege des Patienten, verlängerte dafür jedoch die Zeit bis zum Absetzen eines Notrufs und bis zum Beginn der Herzdruckmassage (Paal et al. 2012). Verglichen mit CPR-Anweisungen eines Leitstellendisponenten über das Telefon, konnte eine Smartphoneapplikation bei nicht-medizinischem Krankenhauspersonal durch audiovisuelle Anweisungen in Form eines animierten Videos zu einem signifikant schnelleren und leitliniennäheren Durchlaufen des Reanimationsalgorithmus, zu einem häufigerem Durchführen der Herzdruckmassage mit korrekter Handposition und einer höheren Kompressionsfrequenz führen. Der Anteil an Kompressionen mit korrekter Drucktiefe, an Beatmungshüben mit korrekter Flussgeschwindigkeit und an Beatmungshüben mit korrektem Beatmungsvolumen war

jedoch sowohl in der Interventions- als auch Kontrollgruppe sehr niedrig (Choa et al. 2008). Rittenberger et al. beschrieben zudem eine abnehmende Qualität einzelner Komponenten einer Reanimation je komplexer der Prozess wurde. So wirkte sich der zusätzliche Einsatz eines AED im Rahmen des BLS, gegenüber der ausschließlichen Reanimation mittels Herzdruckmassage und Beatmung, negativ auf die Anzahl der Beatmungen und die Anzahl der korrekt durchgeführten Herzdruckmassagen aus. Sie prognostizierten außerdem eine weitere Qualitätsminderung dieser Maßnahmen bei zusätzlicher Umsetzung des ALS (Rittenberger et al. 2006).

Eine Studie mit 141 Studierenden der Medizin im fünften Ausbildungsjahr, die in zwei Reanimationen über 10 Minuten mit und ohne Hilfe eines Feedback-Device reanimierten, zeigte Hands-Off-Anteile von 18,9% und 22,5% (Lukas et al. 2013). Dieses Feedback-Device unterstützte die Anwender ebenfalls durch ein Metronom, einen audiovisuellen Countdown bis zur nächsten Analysephase, durch zusätzliche Sprachanweisungen zur Optimierung der Herzdruckmassage und durch eine visuelle Beurteilung der Qualität der Herzdruckmassage. Anders als in der vorliegenden CPR.com Studie reanimierten hier Studierende der Medizin in Teams aus je drei Helfern unter Verwendung eines manuellen Defibrillators. Wie zu erwarten war, glich sich die Frequenz der Herzdruckmassagen der Anwender bei Verwendung des Metronoms der vorgegebenen Frequenz an (105 vs. 121 HDM/min; $p < 0,001$). Gleichzeitig wurde seltener zu falschen Zeitpunkten defibrilliert (0 vs. 4) und die kompressionsfreie Zeit nach erfolgter Defibrillation verkürzt (2,3s vs. 3,4s). Unterschiede bezüglich der durchschnittlichen Drucktiefe der Herzdruckmassagen konnten nicht beobachtet werden.

Durch die große Ähnlichkeit dieses Studiendesigns und des verwendeten Gerätes liegt ein Vergleich der Untersuchung von Lukas et al. mit unserer Studie nahe. Zu beachten ist jedoch, dass Medizinstudenten gegenüber Rettungsdienstpersonal in der Regel über einen geringeren Erfahrungsschatz in der kardiopulmonalen Reanimation verfügen. Zudem wurde, wie bereits erwähnt, in Teams von je drei Helfern und mit Hilfe eines manuellen Defibrillators reanimiert.

4.4.2. Die Hands-Off-Zeit im Kontext des Gesamtprozesses einer kardiopulmonalen Reanimation

Während sich in Studien zum außerklinischen Herzstillstand Referenzangaben zur Hands-Off-Zeit zwischen 39% und 57% des beobachteten Zeitraums finden, fällt diese in Simulationsstudien mit Werten zwischen 18,9% und 39% deutlich niedriger aus (Kramer-Johansen et al. 2006, Christenson et al. 2009, Marsch, Stephan C. U. et al. 2005). In der von uns durchgeführten Studie konnten wir keinen statistisch signifikanten Unterschied der Hands-Off-Zeiten zwischen Studien- und Kontrollgruppe belegen (24,5% Studiengruppe vs. 23,5% Kontrollgruppe). Beide Werte erscheinen jedoch in Anbetracht der oben genannten Literatur und unter Berücksichtigung des Studiendesigns plausibel. Hands-Off-Anteile unterhalb von 25% liegen bereits auf einem sehr hohen Niveau und deuten auf ein eingespieltes Team und/oder optimale Umstände hin. Dies wird bei genauerer Betrachtung der unvermeidbaren Unterbrechungen einer Reanimation deutlich. Von Beginn des Szenarios bis zu dem Erkennen der Reanimationsbedürftigkeit des Patienten durch das Rettungsdienstpersonal vergingen in unserer Untersuchung durchschnittlich etwa 15 Sekunden. Kalkuliert man die vier eingeschlossenen Analysephasen mit jeweils 15 Sekunden Unterbrechung sowie pro Defibrillation eine Prä- und Postschockpause von etwa 5 Sekunden konnte bereits in 19% der Gesamtreanimationsdauer keine Herzdruckmassage erfolgen. In dieser Rechnung sind zwangsläufige Hands-Off-Zeiten für manuelle Beatmungshübe, die Intubation und für die Lagekontrolle des Tubus noch nicht eingeschlossen.

Ohne Berücksichtigung der Gerätewahl dauert in der von uns durchgeführten Studie eine Reanimation durchschnittlich 8 Minuten und 11 Sekunden. Es ist anzunehmen, dass ein Großteil der kompressionsfreien Zeit durch Maßnahmen wie das Herantreten an den Patienten, die initiale Diagnostik und das initiale Erkennen der Notwendigkeit einer Reanimation, die Unterbrechung der Herzdruckmassage zur Beutel-Masken-Beatmung und die Intubation entstehen. Sind diese abgeschlossen, kann unterbrechungsfrei beatmet werden, sodass weitere kompressionsfreie Intervalle lediglich während der Herzrhythmusanalysen entstehen sollten. Beobachtet man eine Reanimation also über einen längeren Zeitraum, wie Lukas et al. beispielsweise über 10 Minuten, sollte der prozentuale Anteil der Hands-off-Zeit kontinuierlich abnehmen. Dieser Effekt könnte in

Kombination mit den oben beschriebenen Differenzen des Studiendesigns ursächlich für die Streuung der publizierten Hands-Off-Zeiten sein und andererseits, neben den folgenden Aspekten, die in der CPRcom-Studie im Durchschnitt höher ausfallende Hands-off-Zeit erklären.

Pytte et al. belegten bereits 2007, dass die Verwendung eines AED durch Rettungsdienstpersonal zu verlängerten Perischockpausen, also der für eine Defibrillation benötigten Zeitspanne in der keine Herzdruckmassage stattfindet, führen kann (Pytte et al. 2007). Lukas et al. beobachteten bei Verwendung eines manuellen Defibrillators durchschnittliche Perischockpausen von 6,9s in der Studiengruppe und 8,7s in der AED-Kontrollgruppe. In einer weiteren Studie variierte die Präschockpause bei Verwendung verschiedener AED zwischen 5,2s und 28,4s. Lediglich mit einem AED konnte diese unter 10 Sekunden gehalten werden (Snyder und Morgan 2004). Der von uns verwendete automatische externe Defibrillator benötigt nach Herstellerangaben acht Sekunden für eine Herzrhythmusanalyse, welche in der Regel etwa der Präschockpause entspricht. Die Verwendung eines AED in der CPR.com Studie könnte also im Vergleich zur manuellen Defibrillation zu längeren Perischockpausen geführt haben und sich so negativ auf die Hands-Off-Zeiten ausgewirkt haben. Einen Ansatz, diese Unterbrechungen der Herzdruckmassage auf ein Minimum zu reduzieren wurde von Barash et al. untersucht. Der von ihnen verwendete Defibrillator war in der Lage, Bewegungsartefakte zu erkennen und so den Herzrhythmus unter laufender Herzdruckmassage zu analysieren. Die Präschockpause konnte so von durchschnittlich 10,93 Sekunden auf 2,13 Sekunden reduziert werden (Barash et al. 2011).

Bemerkenswert ist die von Lukas et al. beobachtete Reduktion der Hands-off-Zeit um 3,6 Prozentpunkte in der Studiengruppe. Das hier verwendete Gerät nahm lediglich über das Metronom und einen Countdown bis zur nächsten Analysephase Einfluss auf den Reanimationsprozess, gab also keine weiteren audiovisuelle Anweisungen die den Ablauf beeinflussten. Trotzdem konnte in dieser Studie ein positiver Einfluss auf die Hands-off-Zeit beobachtet werden. Geht man also davon aus, dass das Feedback bezüglich der Qualität der Herzdruckmassage keinen Einfluss auf die Hands-off-Zeit nimmt, verbleiben lediglich die detaillierteren Handlungsanweisungen des von uns verwendeten Studiengerätes als zusätzlicher Einflussfaktor. Eine zu starke Einflussnahme auf den Reanimationsprozess und die Notwendigkeit der Bestätigung einer durchgeführten

Maßnahme am Studiengerät könnte also zu prolongierten Unterbrechungen der Herzdruckmassage führen. Ein durch das Metronom gewonnener Vorteil könnte so wieder aufgehoben werden. Dies bestätigte sich auch in einer außerklinischen Studie von Bohn et al.. Verglichen wurde der Einsatz zweier Feedback-Systeme an Patienten im außerklinischen Herzstillstand. Eines der Geräte gab ausschließlich ein Metronom vor, das Zweite unterstützte zusätzlich mit Sprachanweisungen. Weder die Gesamtüberlebensrate, die durchschnittliche Kompressionstiefe noch die Hands-Off-Zeiten (16,2% vs. 17%,) unterschieden sich in den beiden Gruppen. Der Ort des Ereignisses, eine begonnene Laienreanimation, der initiale Rhythmus sowie die durchschnittliche Kompressionstiefe stellten sich hingegen als prädiktive Parameter der Kurzzeitüberlebensrate heraus. Eine Kontrollgruppe, in der keines der beiden Geräte verwendet wurde, fehlte in dieser Studie leider (Bohn et al. 2011).

4.4.3. Defibrillation

Die schnellstmögliche Defibrillation zählt bei Patienten mit Kammerflimmern zu den größten Einflussfaktoren auf das Outcome. Mehrfach wurde beobachtet, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit mit zunehmender Verzögerung der Defibrillation rapide abnimmt (Stiell et al. 2004, Christenson et al. 2009). Die auf diese Zeitspanne Einfluss nehmenden Faktoren sind zahlreich und nur zum Teil optimierbar. Der größte Zeitverlust entsteht hier sicherlich bei der Beschaffung eines Defibrillators durch den Laienhelfer beziehungsweise den Anfahrtsweg des Rettungsdienstpersonals. Nach Erreichen eines bewusstlosen Patienten benötigte letzteres in einer Studie von Valenzuela et al. durchschnittlich 30 Sekunden bis zur ersten Rhythmusdiagnose. Im Falle eines Kammerflimmerns vergingen so nach Erreichen des Patienten im Mittel 54 Sekunden bis zur ersten Defibrillation (Valenzuela et al. 2005). In Ontario führte das gezielte Training von Rettungsdienstpersonal im ALS zu keiner Reduktion dieser Zeitspanne. Sie lag in beiden Gruppen bei durchschnittlich 104 Sekunden (Stiell et al. 2004). Demnach kann angenommen werden, dass diese Zeitspanne überwiegend von äußeren Umständen wie der Zugänglichkeit des Patienten, der benötigten Zeit zum Erkennen der Reanimationspflichtigkeit sowie der vom AED benötigten Zeit zur Rhythmusanalyse abhängig ist.

In der CPRcom Studie unterschieden sich die Zeiten bis zur ersten, zweiten und dritten Defibrillation zwischen Studien- und Kontrollgruppe nicht signifikant. Betrachtet man ausschließlich die Zeit bis zur ersten Defibrillation, scheint dies aufgrund des identischen Settings nicht überraschend. In diesem Zeitintervall unterschieden sich auch die Konfigurationen des Studien- und Kontrollgerätes nicht. Die anschließend erweiterten audiovisuellen Anweisungen schienen sich hinsichtlich dieses Parameters weder positiv noch negativ auszuwirken. Eine Verkürzung wäre zwar wünschenswert gewesen, dass das Studiengerät die Defibrillationen hier trotz der Notwendigkeit des zusätzlichen Bestätigens durchgeführter Maßnahmen nicht verzögert, kann jedoch in Anbetracht der positiven Auswirkungen auf andere Parameter zumindest als Teilerfolg angesehen werden. Die Ergebnisse decken sich auch hier mit der oben beschriebenen Literatur.

4.4.4. Helferwechsel

Wird die Herzdruckmassage kontinuierlich durchgeführt, ermüdet der Helfer innerhalb kürzester Zeit. Dabei konnte der Zusammenhang zwischen hochwertigen Thoraxkompressionen und den Überlebenschancen sowie dem funktionellem Outcome des Patienten nach Reanimation mehrfach nachgewiesen werden (Vadeboncoeur et al. 2014, Stiell et al. 2014). Signifikante Abnahmen der Kompressionstiefe wurden trotz Echtzeit-Feedback bereits nach 90 Sekunden Herzdruckmassage beobachtet (Sugerman et al. 2009b). Der Anteil an Kompressionen mit korrekter Drucktiefe fällt zwischen der ersten und fünften Minute um etwa 15% (53% auf 38%). Fast die Hälfte dieses Abfalls findet in der ersten Minute statt (McDonald et al. 2013). Eine Studie mit 90 Medizinstudenten zeigte bessere Kompressionstiefen (mittlere Drucktiefe 51mm vs 47mm), eine höhere Anzahl an Herzdruckmassagen (476 vs 397) sowie einen größeren Anteil der Herzdruckmassagen mit korrekter Drucktiefe (56% vs 47%), wenn die Probanden entsprechend ihrem subjektiv eingeschätzten Ermüdungsgrad selbst entschieden, wann sie einen Helferwechsel durchführen möchten, anstatt nach festem 2-Minuten-Schema zu wechseln (Jo et al. 2015). Wenn Reanimationshelfer allerdings den Zeitpunkt angeben sollten, an dem sie den Prozentsatz ihrer korrekt durchgeführten Herzdruckmassagen auf unter 90% schätzten, so gaben diese ihn im Mittel in der fünften Minuten (253 +/- 40s) an. Der tatsächlich gemessene Zeitpunkt lag jedoch bereits in der

zweiten Minute. Der Anteil korrekt durchgeführter HDM sank in dieser Studie von 92,9% in der ersten Minute auf 18% in der fünften während die Kompressionsfrequenz konstant blieb (Hightower et al. 1995).

Neben einer Rückmeldung zur Qualität der Herzdruckmassage in Echtzeit sind Helferwechsel zur Kompensation von Ermüdungserscheinungen essentiell. Aktuell wird ein Helferwechsel im Abstand von zwei Minuten empfohlen (Deakin et al. 2010, Perkins et al. 2015). Dies ist in der Praxis gut umsetzbar, da bei ausbleibendem ROSC ebenfalls alle zwei Minuten eine Herzrhythmusanalyse empfohlen wird. So kann diese zwangsläufige Pause für den Helferwechsel genutzt werden. Das von uns verwendete Studiengerät forderte im Gegensatz zum Standardgerät visuell und akustisch zu Helferwechseln auf. Dies tat es jeweils zu Beginn einer Analysephase. Als Resultat konnte eine Erhöhung der durchschnittlichen Anzahl an Helferwechseln von 2,1 in der Standardgruppe auf 2,7 in der Studiengruppe erzielt werden. Die schlechte Datenlage bezüglich der direkten Auswirkungen einer höheren Anzahl an Helferwechseln auf das Patientenoutcome macht eine Aussage über die klinische Relevanz dieses Parameters schwierig. Können die Helferwechsel ohne zusätzliches Auftreten weiterer Hands-Off-Zeit durchgeführt werden, liegt jedoch in Anbetracht der kürzeren Belastungsintervalle eine Verzögerung der ermüdungsbedingten Abnahme der HDM-Qualität nahe. Führen häufigere Helferwechsel jedoch zu zusätzlichen Hands-Off-Zeiten, ist unklar ob diese den positiven Einfluss auf die Qualität der Herzdruckmassage möglicherweise aufheben.

4.4.5. Einfluss der Anzahl der zurückliegenden Trainingseinheiten

Während eine höhere Anzahl absolvierter Trainingseinheiten bei Verwendung des Kontrollgerätes mit einem schnelleren Durchlaufen des Reanimationsalgorithmus einherging, verlangsamte sich dieser Prozess mit steigender Reanimationserfahrung bei Verwendung des Studiengerätes (Abbildungen 10-12). Dieser Trend fand sich auch in einer klinischen Studie von Müller et al.. Diese untersuchte über einen Zeitraum von fünf Jahren inwiefern sich jährliches Training des BLS bei Pflegekräften auf die Hands-Off-Zeit auswirkt. Während die Hands-Off-Zeit im Verlauf der Studie um 25% sank, stieg der Anteil der Patienten, die während der Wiederbelebensmaßnahmen wieder einen

Spontankreislauf entwickelten, von 48% auf 72%. Eine höhere Krankenhausentlassungsrate war bei einem Signifikanzniveau von 5% jedoch nicht nachweisbar (35% vs. 19%) (Müller et al. 2014). Wenngleich der Effekt zusätzlichen Trainings in der von uns durchgeführten Studie deutlich geringer ausfiel, stellt er eine Schlüsselkomponente im Optimierungsprozess der Reanimationsqualität dar. Von der Gerätewahl unabhängig verringerte sich die Hands-Off-Zeit vom ersten auf den zweiten Durchlauf um etwa 1,8 Prozentpunkte und legt damit einen Lerneffekt, beispielsweise im Sinne einer Auffrischung des Reanimationsalgorithmus, nahe. Ein relevanter Sequenzeffekt konnte nicht beobachtet werden.

4.5. Limitierungen der Studie

Grundsätzlich gibt es Einschränkungen in der Aussagekraft und Übertragbarkeit der Ergebnisse einer Simulationsstudie in die klinische Praxis. Ein stark artifizielles Setting sowie ausgeprägte Standardisierung steigern zwar die Reproduzierbarkeit und damit die interne Datenvalidität, schränken jedoch die Übertragbarkeit, folglich die externe Datenvalidität ein. Obwohl die von uns gemessenen Zeiten durch die manuelle Messung, den Ausschluss möglichst vieler beeinflussbarer Konfounder und eine multivariate statistische Analyse als valide angesehen werden können, müssen zusätzlich simulationsbedingte Einflüsse beachtet werden. Im Gegensatz zu außerklinisch erfassten Daten könnte ein sehr kurzer Antrittsweg an den Patienten, das bereits aufgebaute Reanimationsequipment, die vorsortierten Intubations- und Venenverweilkanülen-Sets und fehlende externe Störfaktoren die gemessene Hands-Off-Zeit falsch niedrig erscheinen lassen und so die Datenvalidität beeinflussen. Diese optimierten Bedingungen könnten zudem dazu geführt haben, dass die Probanden von einem unterstützenden System weniger stark profitieren konnten als in einem realen Reanimationsszenario, in dem Hektik und andere äußere Einflüsse häufig zu Verzögerungen führen. Die Auswirkungen der strukturgebenden Maßnahmen des Studiengerätes könnten also gerade in realen Situationen mit suboptimalen Bedingungen und höherem Stresslevel größer ausfallen als in einer ungestörten Simulation.

Dementgegen nimmt das Bestätigen abgeschlossener Maßnahmen am Studiengerät zusätzliche Zeit in Anspruch und führte gelegentlich zu Missverständnissen bezüglich der

Vorbereitung und der Durchführung einer Maßnahme, welche separat bestätigt werden musste. Dies führt zwangsläufig zu zusätzlichen Hands-Off-Zeiten. Eine Reduktion dieser bedienungsbedingten Unterbrechungen wäre durch bessere Kenntnisse des Studiengerätes möglich.

In der vorliegenden Studie wurden sowohl die Drucktiefen der Thoraxkompressionen als auch die Tidalvolumina der applizierten Beatmungshübe nicht erfasst. Grund hierfür ist eine vom Hersteller bestätigte, technische Limitierung des von uns verwendeten Resusci Anne Simulators. Während der Applikation eines Beatmungshubes ist dieser nicht in der Lage einwirkende Herzdruckmassagen in Tiefe und Handposition zu registrieren. Da entsprechend dem ALS nach Intubation eine kontinuierliche Herzdruckmassage erfolgen soll, würde die Verwendung dieser Datensätze in falsch hohen Hands-Off-Zeiten und falsch niedriger Frequenz und Drucktiefe der Herzdruckmassagen resultieren. Die Erhebung sowohl der Anzahl an Herzdruckmassagen als auch der Hands-Off-Zeit erfolgte daher manuell per Videoanalyse. Die fehlenden Informationen über die Auswirkungen des Studiengerätes auf die durchschnittliche Drucktiefe stellt jedoch eine Limitation dieser Studie dar.

Die hier verwendete Kovarianzanalyse berücksichtigt lediglich die von uns als relevant eingeschätzten Kovariablen. Es ist möglich, dass das Studiendesign weitere Kovariablen beinhaltet, die nicht berücksichtigt wurden. So könnten beispielsweise durch die freiwillige Teilnahme an der Studie vermehrt überdurchschnittlich engagierte Probanden ausgewählt worden sein. Da anzunehmen ist, dass diese weniger von zusätzlichen audiovisuelle Handlungsanweisungen profitieren, könnte der Effekt des Studiengerätes unterschätzt werden.

Veränderte Verhaltensweisen der Studienteilnehmer unter Beobachtung im Sinne eines Hawthorne-Effektes sowie Lerneffekte durch zeitnahe Wiederholung und Kommunikation unter den Studienteilnehmern während der Pausenzeiten sind ebenfalls nicht auszuschließen. Der Einfluss der Sensitivierung ist in dieser Studie als gering einzuschätzen, da die genauen Outcomeparameter den Probanden nicht bekannt waren.

Die tatsächliche klinische Relevanz der Ergebnisse ist daher nur eingeschränkt beurteilbar und basiert hauptsächlich auf dem Vergleich mit Ergebnissen klinischer Studien. Variierende Settings, Interventionen sowie Probandenkollektive erschweren dabei die

Vergleichbarkeit. Betrachtet man die Ergebnisse dieser Studie stechen vor allem die höhere Anzahl an Helferwechseln und die häufigere Medikamentengabe hervor. Diese könnten in dieser Ausprägung Auswirkungen auf das klinische Outcome haben. Die klinische Relevanz der Medikamentengabe während der Reanimation ist aber in der Literatur bis zum heutigen Tag noch nicht abschließend geklärt, (Andersen et al. 2016, Kudenchuk et al. 2016, Stiell et al. 2014). Die Aussagekraft über die Gesamtqualität der Herzdruckmassage sowie die Auswirkung der häufigeren Helferwechsel auf die Qualität der Herzdruckmassage wäre mit weiteren Parametern wie der durchschnittlichen Drucktiefe oder der korrekten Handposition der Anwender stärker gewesen.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war zu evaluieren, ob zusätzliche audiovisuelle Anweisungen und die elektronische Kopplung eines kombinierten Beatmungs- und Defibrillationsgerätes professionelles Rettungsdienstpersonal in der praktischen Umsetzung der Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation unterstützen.

Professionelle Reanimationsteams durchliefen dazu im Rahmen einer randomisierten, cross-over Simulationsstudie zwei Reanimationsszenarien mit einem herkömmlichen Standard- oder mit dem Studiengerät. Neben der Hands-Off-Zeit wurden weitere Nebenparameter, die als Indikatoren für die Umsetzung der aktuellen Reanimationsleitlinien gelten, untersucht. Anhand der erhobenen Daten sollte die Nullhypothese, die Umsetzung der Reanimationsleitlinien des ERC 2010 wird durch das Studiengerät nicht begünstigt, überprüft werden.

Die als primärer Endpunkt festgelegte kompressionsfreie Zeit lag auf hohem Niveau, unterschied sich zwischen Studien- und Kontrollgruppe jedoch nicht signifikant. Bei Verwendung des Studiengerätes wurden die Medikamente Adrenalin und Amiodaron früher verabreicht, Amiodaron häufiger zum korrekten Zeitpunkt gegeben, häufiger ein Helferwechsel durchgeführt und bei limitierter Vorerfahrung die dritte Defibrillation im Algorithmus schneller erreicht. Die Anzahl der Herzdruckmassagen glich sich dem vorgegebenen Metronom an, während die Anzahl der Beatmungen pro Minute bei Verwendung der Studienausrüstung geringer ausfiel. Mit zunehmender

Reanimationserfahrung der Probanden verringerte sich, unabhängig vom verwendeten Gerät, die Hands-Off-Zeit.

Während unerfahrenere Probanden von dem Studiengerät profitierten, wurden geübte Probanden im Durchlaufen des vom ERC empfohlenen Reanimationsalgorithmus ausgebremst. Trotz statistischer Signifikanz muss kritisch hinterfragt und in folgenden Studien klinisch evaluiert werden, ob die geringen Differenzen zwischen Studien- und Kontrollgruppe tatsächlich Auswirkungen auf das klinische Outcome eines Patienten hätten. Zur Verwendung kommen könnte das Studiengerät zur Unterstützung von Rettungsdienstpersonal mit wenig Routine in der kardiopulmonalen Reanimation, beispielsweise in ländlichen Regionen oder im Krankentransport. Von einer ausführlicheren Einweisung und mehr Übung in der Verwendung des Gerätes könnten die Anwender profitieren und das Potential des Gerätes besser genutzt werden. Zu detaillierte Handlungsanweisungen können sich jedoch kontraproduktiv auswirken und sollten daher auf ein sinnvolles Maß begrenzt werden. Die Integration einer Feedbackfunktion zur Beurteilung der Qualität der Herzdruckmassage in Echtzeit wäre wünschenswert.

Trotz technischem Fortschritt und den damit verbundenen neuen Möglichkeiten stellen Ausbildung und Training in der kardiopulmonalen Reanimation sowie ein flächendeckendes Ersthelfernetzwerk weiterhin die Grundpfeiler einer erfolgreichen Herz-Lungen-Wiederbelebung dar.

Summary

The present study evaluates whether the quality of cardiopulmonary resuscitation (CPR) performed by experienced emergency medical staff (EMS) could be improved with audiovisual assistance by a new interactive prototype device. This device is based on a ventilator linked to an automated external defibrillator (AED).

In this prospective, controlled, randomised cross-over simulation study resuscitation using the prototype device (study group) was compared to standard equipment (control group). Primary outcome parameter was the hands-off time, secondary outcome parameter was the compliance with the resuscitation guidelines in respect of drug administration (epinephrine/amiodarone). In a mixed model, outcome parameters, equipment and experience in resuscitation were analyzed.

The primary outcome parameter, the hands-off time, did not differ significantly between the study- and the control group. Using the prototype, medication such as adrenaline and amiodarone was administered earlier and more often at the right time. Furthermore, rescuers switched more often between cardiac compression- and ventilator roles but performed less ventilations per Minute. EMS with little experience in CPR had an increased compliance with resuscitation guidelines and they performed the third defibrillation earlier when supported by the audiovisual assistance of the prototype. Independent of the device, hands-off time decreased with increasing experience in CPR.

The study device improved the CPR performance of inexperienced rescuers while slowing down the experienced rescuers. The prototype may be used to support EMS with poor experience in CPR for example in rural areas or during ambulance transport. On the other hand too detailed audiovisual assistance could produce the adverse effects in EMS with high routine in CPR. They, too, may profit from audiovisual assistance if real time chest compression feedback was given by the device.

6. Abkürzungsverzeichnis

ACD:	Active Compression-Decompression
AED:	Automatischer externer Defibrillator
ALS:	Advanced Life Support
ANCOVA:	Kovarianzanalyse (engl. Analysis of Covariance)
BLS:	Basic Life Support
CCF:	Chest Compression Fraction
CPR:	Cardiopulmonary Resuscitation
EMCC:	Liege Emergency Medical Communication Centre
ERC:	European Resuscitation Council
HDM:	Herzdruckmassage
HOT:	Hands-off-Zeit
ITD:	Impedance Threshold Device
KI:	Konfidenzintervall
LUCAS:	Lund University Cardiopulmonary Assist System
NNT:	Number Needed to Treat
OR:	Odds Ratio
ROC:	Resuscitation Outcome Consortiums
SD:	Standard Deviation
UKE:	Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
pMax:	Obere Druckbegrenzung eines Beatmungshubes

7. Literaturverzeichnis

Abella, Benjamin S.; Sandbo, Nathan; Vassilatos, Peter; Alvarado, Jason P.; O'Hearn, Nicholas; Wigder, Herbert N. et al. (2005): Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest. In: *Circulation* 111 (4), S. 428–434.

Acierno, Louis J.; Worrell, L. Timothy (2007): Peter Safar: Father of modern cardiopulmonary resuscitation. In: *Clinical cardiology* 30 (1), S. 52–54.

Andersen, Lars W.; Kurth, Tobias; Chase, Maureen; Berg, Katherine M.; Cocchi, Michael N.; Callaway, Clifton; Donnino, Michael W. (2016): Early administration of epinephrine (adrenaline) in patients with cardiac arrest with initial shockable rhythm in hospital: propensity score matched analysis. In: *BMJ (Clinical research ed.)* 353, i1577.

Arrich, Jasmin; Zeiner, Andrea; Sterz, Fritz; Janata, Andreas; Uray, Thomas; Richling, Nina et al. (2009): Factors associated with a change in functional outcome between one month and six months after cardiac arrest: a retrospective cohort study. In: *Resuscitation* 80 (8), S. 876–880.

Aufderheide, Tom P.; Pirralo, Ronald G.; Yannopoulos, Demetris; Klein, John P.; Briesen, Chris von; Sparks, Christopher W. et al. (2005): Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. In: *Resuscitation* 64 (3), S. 353–362.

Aufderheide, Tom P.; Pirralo, Ronald G.; Yannopoulos, Demetris; Klein, John P.; Briesen, Chris von; Sparks, Christopher W. et al. (2006): Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by trained laypersons and an assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. In: *Resuscitation* 71 (3), S. 341–351.

Barash, David M.; Raymond, Richard P.; Tan, Qing; Silver, Annemarie E. (2011): A new defibrillator mode to reduce chest compression interruptions for health care professionals and lay rescuers: a pilot study in manikins. In: *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 15 (1), S. 88–97.

Besnier, Emmanuel; Damm, Cedric; Jardel, Benoit; Veber, Benoit; Compere, Vincent; Dureuil, Bertrand (2015): Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation protocol improves diagnosis and resuscitation recommendations for out-of-hospital cardiac arrest. In: *Emergency medicine Australasia : EMA*.

Bohn, Andreas; Weber, Thomas P.; Wecker, Sascha; Harding, Ulf; Osada, Nani; van Aken, Hugo; Lukas, Roman P. (2011): The addition of voice prompts to audiovisual feedback and debriefing does not modify CPR quality or outcomes in out of hospital cardiac arrest--a prospective, randomized trial. In: *Resuscitation* 82 (3), S. 257–262.

Brokmann, J. C.; Rossaint, R.; Bergrath, S.; Valentin, B.; Beckers, S. K.; Hirsch, F. et al. (2015): Potential and effectiveness of a telemedical rescue assistance system. Prospective observational study on implementation in emergency medicine. In: *Der Anaesthetist* 64 (6), S. 438–445.

Busch, Christian Werner; Qalanawi, Mohammed; Kersten, Jan Felix; Kalwa, Tobias Johannes; Scotti, Norman Alexander; Reip, Wihart et al. (2015): Providers with Limited Experience Perform Better in Advanced Life Support with Assistance Using an Interactive Device with an Automated External Defibrillator Linked to a Ventilator. In: *The Journal of emergency medicine* 49 (4), S. 455–463.

Choa, Minhong; Park, Incheol; Chung, Hyun Soo; Yoo, Sun K.; Shim, Hoshik; Kim, Seungho (2008): The effectiveness of cardiopulmonary resuscitation instruction: animation versus dispatcher through a cellular phone. In: *Resuscitation* 77 (1), S. 87–94.

Christ, M.; von Auenmüller, K I; Grett, M.; Dierschke, W.; Trappe, H-J (2014): Wer beobachtet in Deutschland den außerklinischen Herzstillstand? In: *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946)* 139 (44), S. 2225–2230.

Christenson, Jim; Andrusiek, Douglas; Everson-Stewart, Siobhan; Kudenchuk, Peter; Hostler, David; Powell, Judy et al. (2009): Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. In: *Circulation* 120 (13), S. 1241–1247.

Daya, Mohamud R.; Schmicker, Robert H.; Zive, Dana M.; Rea, Thomas D.; Nichol, Graham; Buick, Jason E. et al. (2015): Out-of-hospital cardiac arrest survival improving over time: Results from the Resuscitation Outcomes Consortium (ROC). In: *Resuscitation* 91, S. 108–115.

Deakin, C. D.; Nolan, J. P.; Soar, J.; Sunde, K.; Koster, R. W.; Smith, G. B.; Perkins, G. D. (2010): Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („advanced life support“). In: *Notfall Rettungsmed* 13 (7), S. 559–620.

Field, Richard A.; Soar, Jasmeet; Davies, Robin P.; Akhtar, Naheed; Perkins, Gavin D. (2012): The impact of chest compression rates on quality of chest compressions - a manikin study. In: *Resuscitation* 83 (3), S. 360–364.

Gonzalez, Mariana; Leary, Marion; Blewer, Audrey L.; Cinousis, Marisa; Sheak, Kelsey; Ward, Michael et al. (2015): Public knowledge of automatic external defibrillators in a large U.S. urban community. In: *Resuscitation* 92, S. 101–106.

Gräsner, Jan-Thorsten; Bossaert, Leo (2013): Epidemiology and management of cardiac arrest: what registries are revealing. In: *Best practice & research. Clinical anaesthesiology* 27 (3), S. 293–306.

Gurvich, N. L.; Yuniev, G. S. (1947): Restoration of heart rhythm during fibrillation by a condenser discharge. In: *American review of Soviet medicine* 4 (3), S. 252–256.

Hanefeld, Christoph (2010): A first city-wide early defibrillation project in a German city: 5-year results of the Bochum against sudden cardiac arrest study. In: *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 18, S. 31.

Henrik Fischer; Julia Gruber; Stephanie Neuhold; Sophie Frantal; Eva Hochbrugger; Harald Herkner; Herbert Schöchel et al. (2011): Effects and limitations of an AED with audiovisual feedback for cardiopulmonary resuscitation: A randomized manikin study. In: *Resuscitation* 82 (6), S. 755–759.

Hightower, David; Thomas, Stephen H.; Stone, C.Keith; Dunn, Kathleen; March, Juan A. (1995): Decay in Quality of Closed-Chest Compressions Over Time. In: *Annals of Emergency Medicine* 26 (3), S. 300–303.

Hostler, David; Everson-Stewart, Siobhan; Rea, Thomas D.; Stiell, Ian G.; Callaway, Clifton W.; Kudenchuk, Peter J. et al. (2010): Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial. In: *The BMJ* 342, d512.

Iwami, Taku; Nichol, Graham; Hiraide, Atsushi; Hayashi, Yasuyuki; Nishiuchi, Tatsuya; Kajino, Kentaro et al. (2009): Continuous improvements in "chain of survival" increased survival after out-of-hospital cardiac arrests: a large-scale population-based study. In: *Circulation* 119 (5), S. 728–734.

Jo, Choong Hyun; Cho, Gyu Chong; Ahn, Jung Hwan; Park, Yoo Seok; Lee, Chang Hee (2015): Rescuer-limited cardiopulmonary resuscitation as an alternative to 2-min switched CPR in the setting of inhospital cardiac arrest: a randomised cross-over study. In: *Emergency medicine journal : EMJ* 32 (7), S. 539–543.

Kern, Karl B.; Hilwig, Ronald W.; Berg, Robert A.; Sanders, Arthur B.; Ewy, Gordon A. (2002): Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. In: *Circulation* 105 (5), S. 645–649.

Kloppe, C.; Maassen, T.; Bosader, U.; Hanefeld, C. (2014): Saving lives with dispatcher-assisted resuscitation: importance of effective telephone instruction. In: *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin* 109 (8), S. 614–620.

Ko, Patrick Chow-In; Chen, Wen-Jone; Lin, Chih-Hao; Ma, Matthew Huei-Ming; Lin, Fang-Yue (2005): Evaluating the quality of prehospital cardiopulmonary resuscitation by reviewing automated external defibrillator records and survival for out-of-hospital witnessed arrests. In: *Resuscitation* 64 (2), S. 163–169.

Kouwenhoven, W. B.; Jude, J. R.; Knickerbocker, G. G. (1960): Closed-chest cardiac massage. In: *JAMA* 173, S. 1064–1067.

Kramer-Johansen, Jo; Myklebust, Helge; Wik, Lars; Fellows, Bob; Svensson, Leif; Sørebo, Hallstein; Steen, Petter Andreas (2006): Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study. In: *Resuscitation* 71 (3), S. 283–292.

Kudenchuk, Peter J.; Brown, Siobhan P.; Daya, Mohamud; Rea, Thomas; Nichol, Graham; Morrison, Laurie J. et al. (2016): Amiodarone, Lidocaine, or Placebo in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. In: *The New England journal of medicine* 374 (18), S. 1711–1722.

Larsen, M. P.; Eisenberg, M. S.; Cummins, R. O.; Hallstrom, A. P. (1993): Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model. In: *Annals of Emergency Medicine* 22 (11), S. 1652–1658.

Lischke, V.; Kessler, P.; Byhahn, C.; Westphal, K.; Amann, A. (2004): Die transthorakale Defibrillation. Physiologische und pathophysiologische Grundlagen und deren Bedeutung für den Reanimationserfolg. In: *Der Anaesthetist* 53 (2), S. 125–136.

Lukas, Roman-Patrik; Engel, Philipp; Wecker, Sascha; Thies, Sebastian; Friederichs, Hendrik; Gerss, Joachim et al. (2013): Cardiopulmonary resuscitation guidance improves medical students' adherence to guidelines in simulated cardiac arrest. In: *European Journal of Anaesthesiology* 30 (12), S. 752–757.

Marsch, Stephan C. U.; Tschan, Franziska; Semmer, Norbert; Spychiger, Martin; Breuer, Marc; Hunziker, Patrick R. (2005): Performance of first responders in simulated cardiac arrests*. In: *Critical care medicine* 33 (5), S. 963–967.

McDonald, Catherine H.; Heggie, James; Jones, Christopher M.; Thorne, Christopher J.; Hulme, Jonathan (2013): Rescuer fatigue under the 2010 ERC guidelines, and its effect on cardiopulmonary resuscitation (CPR) performance. In: *Emergency medicine journal : EMJ* 30 (8), S. 623–627.

Müller, Michael P.; Richter, Torsten; Papkalla, Norbert; Poenicke, Cynthia; Herkner, Carsten; Osmers, Anne et al. (2014): Effects of a mandatory basic life support training programme on the no-flow fraction during in-hospital cardiac resuscitation: an observational study. In: *Resuscitation* 85 (7), S. 874–878.

Nichol, Graham; Leroux, Brian; Wang, Henry; Callaway, Clifton W.; Sopko, George; Weisfeldt, Myron et al. (2015): Trial of Continuous or Interrupted Chest Compressions during CPR. In: *The New England journal of medicine* 373 (23), S. 2203–2214.

Nichols, Melanie; Townsend, Nick; Scarborough, Peter; Rayner, Mike (2014): Cardiovascular disease in Europe 2014: epidemiological update. In: *European heart journal* 35 (42), S. 2950–2959.

O'Neill, John F.; Deakin, Charles D. (2007): Do we hyperventilate cardiac arrest patients? In: *Resuscitation* 73 (1), S. 82–85.

Paal, Peter; Pircher, Iris; Baur, Thomas; Gruber, Elisabeth; Strasak, Alexander M.; Herff, Holger et al. (2012): Mobile phone-assisted basic life support augmented with a metronome. In: *The Journal of emergency medicine* 43 (3), S. 472–477.

Perkins, G. D.; Handley, A. J.; Koster, R. W.; Castrén, M.; Smyth, M. A.; Olasveengen, T. et al. (2015): Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener und Verwendung automatisierter externer Defibrillatoren. In: *Notfall Rettungsmed* 18 (8), S. 748–769.

Perkins, Gavin D.; Davies, Robin P.; Quinton, Sarah; Woolley, Sarah; Gao, Fang; Abella, Ben et al. (2011): The effect of real-time CPR feedback and post event debriefing on patient and processes focused outcomes: a cohort study: trial protocol. In: *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 19, S. 58.

Pytte, Morten; Pedersen, Tor E.; Ottem, Jan; Rokvam, Anne Siri; Sunde, Kjetil (2007): Comparison of hands-off time during CPR with manual and semi-automatic defibrillation in a manikin model. In: *Resuscitation* 73 (1), S. 131–136.

Rea, Thomas D.; Eisenberg, Mickey S.; Sinibaldi, Greg; White, Roger D. (2004): Incidence of EMS-treated out-of-hospital cardiac arrest in the United States. In: *Resuscitation* 63 (1), S. 17–24.

Rittenberger, Jon C.; Guimond, Guy; Platt, Thomas E.; Hostler, David (2006): Quality of BLS decreases with increasing resuscitation complexity. In: *Resuscitation* 68 (3), S. 365–369.

Robert A. Berg; Arthur B. Sanders, MD; Karl B. Kern, MD; Ronald W. Hilwig, DVM, PhD; Joseph W. Heidenreich, BA, Matthew E. Porter, BA; Gordon A. Ewy, MD (2001): Adverse Hemodynamic Effects of Interrupting Chest Compressions for Rescue Breathing During Cardiopulmonary Resuscitation for Ventricular Fibrillation Cardiac Arrest. In: *Circulation*.

Sánchez, Baltasar; Algarte, Ramón; Piacentini, Enrique; Trenado, Josep; Romay, Eduardo; Cerdà, Manel et al. (2015): Low compliance with the 2 minutes of uninterrupted chest compressions recommended in the 2010 International Resuscitation Guidelines. In: *Journal of critical care* 30 (4), S. 711–714.

Sans, S.; Kesteloot, H.; Kromhout, D. (1997): The burden of cardiovascular diseases mortality in Europe. Task Force of the European Society of Cardiology on Cardiovascular

Mortality and Morbidity Statistics in Europe. In: *European heart journal* 18 (12), S. 1231–1248.

Sasson, Comilla; Rogers, Mary A M; Dahl, Jason; Kellermann, Arthur L. (2010): Predictors of survival from out-of-hospital cardiac arrest: a systematic review and meta-analysis. In: *Circulation. Cardiovascular quality and outcomes* 3 (1), S. 63–81.

Snyder, David; Morgan, Carl (2004): Wide variation in cardiopulmonary resuscitation interruption intervals among commercially available automated external defibrillators may affect survival despite high defibrillation efficacy. In: *Critical care medicine* 32 (9 Suppl), S421-4.

Soar, J.; Nolan, J. P.; Böttiger, B. W.; Perkins, G. D.; Lott, C.; Carli, P. et al. (2015): Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („adult advanced life support“). In: *Notfall Rettungsmed* 18 (8), S. 770–832.

Stiell, Ian G.; Brown, Siobhan P.; Nichol, Graham; Cheskes, Sheldon; Vaillancourt, Christian; Callaway, Clifton W. et al. (2014): What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients? In: *Circulation* 130 (22), S. 1962–1970.

Stiell, Ian G.; Wells, George A.; Field, Brian; Spaite, Daniel W.; Nesbitt, Lisa P.; Maio, Valerie J. de et al. (2004): Advanced cardiac life support in out-of-hospital cardiac arrest. In: *The New England journal of medicine* 351 (7), S. 647–656.

Stipulante, Samuel; Tubes, Rebecca; El Fassi, Mehdi; Donneau, Anne-Francoise; van Troyen, Barbara; Hartstein, Gary et al. (2014): Implementation of the ALERT algorithm, a new dispatcher-assisted telephone cardiopulmonary resuscitation protocol, in non-Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS) Emergency Medical Services centres. In: *Resuscitation* 85 (2), S. 177–181.

Stub, Dion; Schmicker, Robert H.; Anderson, Monique L.; Callaway, Clifton W.; Daya, Mohamud R.; Sayre, Michael R. et al. (2015): Association between hospital post-resuscitative performance and clinical outcomes after out-of-hospital cardiac arrest. In: *Resuscitation* 92, S. 45–52.

Sugerman, Noah T.; Edelson, Dana P.; Leary, Marion; Weidman, Elizabeth K.; Herzberg, Daniel L.; Vanden Hoek, Terry L et al. (2009a): Rescuer fatigue during actual in-hospital

cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. In: *Resuscitation* 80 (9), S. 981–984.

Sugerman, Noah T.; Edelson, Dana P.; Leary, Marion; Weidman, Elizabeth K.; Herzberg, Daniel L.; Vanden Hoek, Terry L et al. (2009b): Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. In: *Resuscitation* 80 (9), S. 981–984.

Vadeboncoeur, Tyler; Stolz, Uwe; Panchal, Ashish; Silver, Annemarie; Venuti, Mark; Tobin, John et al. (2014): Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest. In: *Resuscitation* 85 (2), S. 182–188.

Vaillancourt, Christian; Everson-Stewart, Siobhan; Christenson, Jim; Andrusiek, Douglas; Powell, Judy; Nichol, Graham et al. (2011): The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation. In: *Resuscitation* 82 (12), S. 1501–1507.

Valenzuela, Terence D.; Kern, Karl B.; Clark, Lani L.; Berg, Robert A.; Berg, Marc D.; Berg, David D. et al. (2005): Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. In: *Circulation* 112 (9), S. 1259–1265.

Weisfeldt, Myron L.; Sitlani, Colleen M.; Ornato, Joseph P.; Rea, Thomas; Aufderheide, Tom P.; Davis, Daniel et al. (2010): Survival after application of automatic external defibrillators before arrival of the emergency medical system: evaluation in the resuscitation outcomes consortium population of 21 million. In: *Journal of the American College of Cardiology* 55 (16), S. 1713–1720.

Zijlstra, Jolande A.; Stieglis, Remy; Riedijk, Frank; Smeekes, Martin; van der Worp, Wim E; Koster, Rudolph W. (2014): Local lay rescuers with AEDs, alerted by text messages, contribute to early defibrillation in a Dutch out-of-hospital cardiac arrest dispatch system. In: *Resuscitation* 85 (11), S. 1444–1449.

8. Danksagung

Mein herzlichster Dank gilt

Meiner Familie, die mir zu jeder Zeit bedingungslosen Rückhalt bietet und in allen Lebenslagen mit Rat und Tat zur Seite steht.

PD Dr. med Rainer Nitzschke, Oberarzt in der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie am Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf, für das Begleiten meiner Dissertationsschrift und damit auch eines großen Teils meines Studiums, für viele herzliche, aufmunternde, und motivierende Worte, für Korrekturen und Vorschläge, die mich auch mal Freitag nachts erreichten und ein allzeit offenes Ohr. Vielen Dank, Rainer.

Prof. Dr. med. Jens Kubitz für die Unterstützung und die Korrektur dieser Dissertation.

Christoph Doehn für das Begleiten der Studie und damit viele Sommertage in überhitzten Zugwagons und stickigen Schulungsräumen.

Der Firma WEINMANN Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG und der beteiligten Mitarbeiter für die technische und organisatorische Betreuung der Studie, das Bereitstellen der Materialien und die netten Abende in Hamburg und Prag.

Der Firma G.A.R.D, Gemeinnützige Ambulanz und Rettungsdienst GmbH, für das Bereitstellen der Räumlichkeiten sowie allen Mitarbeitern des Rettungsdienstes, die sich als Probanden mitgewirkt haben.

9. Lebenslauf

Julian Blanz

Geboren am 23.11.1989 in Filderstadt

Aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt

10. Anhang

10.1. Aus der Dissertation hervorgegangene Vorveröffentlichungen

Datum der Veröffentlichung: 04.04.2017

In: Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine

“Effect of an interactive cardiopulmonary resuscitation assist device with an automated external defibrillator synchronised with a ventilator on the CPR performance of emergency medical service staff: a randomised simulation study.”

Nitzschke R; Doehn C., Kersten J. F., Blanz J., Kalwa T.J., Scotti N.A.,
Kubitz J.C.

10.2. Fragebogen an die Probanden

Gruppe :

Persönliche Angaben

Alter		<input type="text"/>
Geschlecht		<input type="text"/>
Anzahl der Berufsjahre im Rettungsdienst		<input type="text"/>
Ausbildungsstand	Rettungsassistent	<input type="text"/>
	Rettungsassistent	<input type="text"/>
	In Ausbildung zum	<input type="text"/>

1. An wie vielen **Weiterbildungen im Bereich der Reanimation** haben Sie seit Beginn Ihrer Tätigkeit im Rettungsdienst teilgenommen?
 2. Anzahl der **insgesamt** durchgeführten Reanimationen
 3. Wie häufig haben Sie **in den letzten 12 Monaten** eine Reanimation durchgeführt?
- Zu 3. Davon **in Simulationssituation**

Verbesserungsvorschläge

Vielen Dank für eure Teilnahme und eine schönen Feierabend !

Euer CPRcom Team

Abbildung 15: Probandenfragebogen Seite 1

Fragebogen zur CPRcom Studie

Bitte kreuzen Sie die zutreffende Zahl an.

1 = trifft nicht zu

2 = trifft eher nicht zu

3 = unentschieden

4 = trifft eher zu

5 = trifft voll zu

Die Reanimation fiel mir mit dem
Studiengerät leichter

1 2 3 4 5

Die Bedienung des **Studiengerätes**
fiel mir leichter als die des Standardgerätes

1 2 3 4 5

Das **vorgegebene Metronom** half mir die
korrekte Anzahl an Brustkorbkompressionen
durchzuführen

1 2 3 4 5

Ich konnte mich mit dem **Studiengerät**
stärker auf die **korrekte Umsetzung**
des Reanimationsalgorithmus konzentrieren

1 2 3 4 5

Die Kopplung der Geräte ist meiner
Meinung nach von Vorteil

1 2 3 4 5

Abbildung 16: Probandenfragebogen Seite 2

10.3. Fallszenarien

Szenario 1:

Fall 1

Notruf vom Pflegeheim. Weiblich 74 J., bei der Physiotherapie plötzlich starke Dyspnoe und Übelkeit. Bei Eintreffen finden Sie die Patientin auf dem Boden des Sportraumes vor.

Fall 2

Leitstelle erhält Anruf : Mein Name Selvarainjan, komme Krankenwagen, Mann kaputt, muss Krankenhaus. Moorkoppel 12 Jenfeld.“ – Auf Rückfragen keine Antwort.

Beginnen mit: CPRcom

Szenario 2:

Fall 1

Als nach einer kalten Winternacht der Wecker in Gerd und Waltraud Müllers Schlafzimmer klingelt, verspürt Gerd plötzlich einen bedrückenden Schmerz in der Brust, ausstrahlend in den linken Arm. Waltraud ruft mal lieber den Notarzt, man weiß ja nie...

Fall 2

Opa klagt während des Familienausfluges plötzlich über Schmerzen in der Brust und Übelkeit. Auch die Puste bleibt ihm auf einmal weg. Sie finden ihn an der Seite des Wanderweges.

Beginnen mit: CPRcom

Szenario 3:

Fall 1

„Ich habe nur einen kleinen Lichtblitz gesehen, dann ist Papa zusammengesackt“ sagt der kleine Tom. Sein Vater war gerade dabei am Stromkasten herum zu werkeln als er schlagartig zusammensackte.

Fall 2

79 jähriger Patientin wohnt seit 5 Jahren im Pflegeheim, versorgt sich dort selbst. Heute Morgen vom Pflegepersonal vor dem Waschbecken kollabiert.

Beginnen mit: Standardgerät

Szenario 4:

Fall 1

Zahnarztpraxis in Winterhude. Der Zahnarzt hat während einer Behandlung plötzlich das Gesicht verzerrt und sich an die Brust gefasst. Die Zahnarzhelferin hat den Notruf alarmiert.

Fall 2

Bürokomplex Hafen-City. Nachdem der überarbeitete Chef schon den ganzen Tag nicht gut drauf war, sei er vor 10 Minuten im Meeting plötzlich vom Stuhl gefallen und liegen geblieben. Sie finden ihn dort vor.

Beginnen mit: Standardgerät

10.4. Finanzierung und Probandenvergütung

Die Finanzierung der Studie erfolgte mit Mitteln der Innovationsstiftung Hamburg, Stiftung des Öffentlichen Rechts (Habichtstraße 41, 22305 Hamburg). Im Zuge der Gründung der Hamburgischen Investitions- und Förderbank besteht die Hamburger Innovationsstiftung jetzt als Innovationsagentur der IFB Hamburg fort.

Die Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikum Hamburg Eppendorfs (UKE) ist finanziell unabhängig von der WEINMANN Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG und der G.A.R.D. Verwaltungsgesellschaft für Ambulanz und Rettungsdienst GmbH. Alle dem UKE entstandenen Unkosten wurden durch Mittel der Innovationsstiftung Hamburg gedeckt. Die G.A.R.D. Verwaltungsgesellschaft für Ambulanz und Rettungsdienst GmbH erhielt keinerlei finanzielle Zuwendungen. Alle Probanden wurden mit 30€ aus dem uns zugeteilten Etat der Innovationsstiftung Hamburg für Ihren Aufwand entschädigt.

10.5. Erlaubnis zu Verwendung des Bildmaterials der Firma Weinmann

Sehr geehrter Herr Blanz,
hiermit bestätigen wir Ihnen, dass Sie das erzeugte Bildmaterial aus der gemeinsamen Studie „CPR.com“ zwischen dem Universitätsklinikum Eppendorf und der Fa. Weinmann Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG, sowie die Bilder aus unserer Bilddatenbank auf unserer Internetseite für ihre Publikationen verwenden dürfen.

Mit freundlichen Grüßen

i.A. Norman Scotti
Produktmanager Notfallmedizin
T: +49 40 88 18 96 – 281
F: +49 40 88 18 96 - 488
M: 0151 61 37 48 10
E: N.Scotti@weinmann-emt.de



WEINMANN Emergency Medical Technology GmbH + Co. KG
Frohbösestraße 12
22525 Hamburg, GERMANY
www.weinmann-emergency.de

 Simply Professional  Made in Germany

Geschäftsführung: Dipl.-Volksw. Marc Griefahn, Dipl.-Kfm. Philipp Schroeder, Dipl.-Volksw. André Schulte
Registriergericht: Amtsgericht Hamburg, Abt. A, Nr. 115967
USt-IdNr.: DE236307727
Komplementär: WEINMANN Emergency Management GmbH, Hamburg
Registriergericht: Amtsgericht Hamburg, Abt. B, Nr. 39144

Vertraulichkeit: Diese Mail und ihre Anhänge sind vertraulich und rechtlich besonders geschützt. Falls Sie diese Mail irrtümlich erhalten haben, bitten wir Sie, den Inhalt vertraulich zu behandeln (insbesondere nicht zu verbreiten), uns umgehend mit einer Rückmail zu benachrichtigen und dann diese Mail und ihre Anhänge zu löschen. Vielen Dank.

Confidentiality: This email and any attachments are confidential and may also be privileged. If received in error, please do not disclose the contents to anyone, but notify us by return email and delete this email (and any attachments) from your system. Thank you.

Confidentialité: Ce courrier électronique et ses pièces jointes sont confidentiels et protégés par la loi. Si vous avez reçu ce courrier électronique par erreur, merci de le traiter confidentiellement (de ne surtout pas le diffuser), de nous en informer par courrier électronique et de le supprimer ainsi que ses pièces jointes. Merci.

11. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: 

Angenommen von der Medizinischen Fakultät am: 20.03.2018

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Jens Kubitz

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter/in: PD Dr. Markus Barten