

Aus der Klinik für Anästhesiologie
(Prof. Dr. med. Quintel)
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Der Einfluss des Atemwegsmanagement unter
Reanimationsbedingungen auf die Hands-on-
Zeit: Ein Vergleich der Beutel-Masken-
Ventilation und direkten Laryngoskopie mit der
Intubationslarynxmaske

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Christoph Stradtman

aus

Heidelberg

Göttingen 2016

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. Kroemer

I. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. S. G. Russo

II. Berichterstatter/in: PD Dr. Marco Schroeter

III. Berichterstatter/in: Prof. Dr. Margarete Schön

Tag der mündlichen Prüfung: 28.03.2018

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Die Bedeutung der kardiopulmonalen Reanimation.....	1
1.2 Die Reanimationsleitlinien.....	1
1.2.1 Die Basismaßnahmen der Reanimation	1
1.2.2 Die erweiterten Maßnahmen der Reanimation	2
1.3 Die externe Herzdruckmassage.....	4
1.3.1 Die Durchführung der externen Herzdruckmassage	4
1.3.2 Unterbrechungen der Herzdruckmassage.....	5
1.3.3 Die Hands-on-Zeit	5
1.3.4 ERC-Leitlinien 2015: Empfehlungen zur HDM	6
1.4 Das Atemwegsmanagement: Ventilation und Intubation.....	6
1.4.1 Die Beutel-Masken-Ventilation.....	6
1.4.2 Die endotracheale Intubation	7
1.4.2.1 Anforderungen der endotrachealen Intubation	8
1.4.3 Extraglottische Atemwegshilfen	9
1.4.3.1 Die Intubationslarynxmaske	9
1.5 Fragestellung	11
2 Material und Methoden	13
2.1 Studiendesign	13
2.2 Probanden	13
2.2.1 Berufsfeuerwehr	13

2.2.2	Studierende	13
2.3	Studienprotokoll	14
2.3.1	Studienablauf	14
2.3.2	Vortrag: ERC-Leitlinien 2005.....	15
2.3.3	Das Atemwegstraining	15
2.3.4	Der Versuchsaufbau.....	15
2.3.5	Handlungsablauf der Reanimationsszenarien	15
2.3.6	Die Zielparameter.....	19
2.4	Material	19
2.4.1	Die Atemwegstrainer	19
2.4.2	Die Intubationslarynxmaske	20
2.4.3	Laryngoskop und Endotrachealtubus	20
2.4.4	Der Manikin	20
2.4.5	Der Defibrillator	21
2.5	Datenaufnahme	21
2.5.1	Laerdal Instructor Application Software™	22
2.6	Fragebogen	22
2.7	Statistik	23
3	Ergebnisse.....	24
3.1	Biometrische Daten	24
3.2	Analyse Messwerte.....	25
3.2.1	HOT unabhängig von den Atemwegsverhältnissen.....	25
3.2.2	HOT bei normalen Atemwegsverhältnissen	25
3.2.3	HOT bei schwierigen Atemwegsverhältnissen	26
3.2.4	Zeitpunkt der ersten Ventilation: Vergleich BMV und V-ILMA.....	26
3.2.5	Zeitpunkt der endotrachealen Intubation: Vergleich ETI-DL und ETI-ILMA.....	26

3.2.6	Hands-on-Zeit Minute 2: BMV + ETI-DL vs. V-ILMA + ETI-ILMA...	28
3.2.7	Hands-on-Zeit Minute 6: BMV + ETI-DL vs. V-ILMA + ETI-ILMA...	28
3.2.8	Auswertungsübersicht.....	28
3.3	Analyse der Kollektive.....	30
3.4	Auswertung des Fragebogens	31
3.4.1	Erfahrung der Probanden.....	31
3.4.2	Allgemeine Auswertung.....	31
4	Diskussion	33
4.1	Ventilation	34
4.1.1	Zeitpunkt der initialen Ventilation.....	34
4.1.2	Einfluss auf die Hands-on-Zeit	35
4.2	Intubation	36
4.2.1	Zeitpunkt der Intubation.....	37
4.2.2	Einfluss auf die Hands-on-Zeit	37
4.3	Kollektive: Vergleich Berufsfeuerwehr mit Studierenden	38
4.4	Einschränkungen	38
5	Zusammenfassung	40
6	Literaturverzeichnis	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Algorithmus Basismaßnahmen zur Wiederbelebung.....	2
Abbildung 2	Algorithmus erweiterte Maßnahmen zur Wiederbelebung..	3
Abbildung 3	Herzdruckmassage (HDM).....	4
Abbildung 4	Beatmungsbeutel mit Gesichtsmaske.....	7
Abbildung 5	C-Griff.....	7
Abbildung 6	Laryngoskop, Tubus und Führungsstab.....	8
Abbildung 7	Darstellung Anatomie und Achsen bei der ETI.....	8
Abbildung 8	ILMA und Spiraltubus.....	10
Abbildung 9	Intubation über die ILMA.....	10
Abbildung 10	Zeitablauf der standardisierten Szenarien.....	18
Abbildung 11	SimMan 3G™-Innenansicht von Kopf und Halsbereich.....	21
Abbildung 12	Benutzeroberfläche der Laerdal™ Software.....	21
Abbildung 13	Atemwegseinstellungen am Sim Man 3G™.....	21
Abbildung 14	<i>Flowchart</i> Studienablauf.....	24
Abbildung 15	HOT in % dargestellt für alle Messungen.....	25
Abbildung 16	HOT in % dargestellt für normale Atemwegsverhältnisse...	25
Abbildung 17	HOT in % dargestellt für schwierige Atemwegsverhältnisse.....	26
Abbildung 18	Zeitpunkt erste Ventilation.....	27
Abbildung 19	Zeitpunkt der Intubation.....	27
Abbildung 20	HOT in % zum Zeitpunkt der Intubation.....	30
Abbildung 21	HOT in % zum Zeitpunkt Minute 6.....	30

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Szenarien Übersicht.....	14
Tabelle 2	Studienablauf für einen Proband.....	14
Tabelle 3	Aufgabenverteilung.....	17
Tabelle 4	Biometrische Daten.....	24
Tabelle 5	Erfolgsquote ETI.....	28
Tabelle 6	Auswertungsübersicht Methode und Atemwegsverhältnisse..	29

Abkürzungsverzeichnis

AED	Automatisierter externer Defibrillator
ALS	<i>advanced life support</i> (erweiterte Maßnahmen zur Wiederbelebung)
ANOVA	analysis of variance (Varianzanalyse)
BF	Berufsfeuerwehr
BLS	<i>basic life support</i> (Basismaßnahmen zur Wiederbelebung)
BMV	Beutel-Masken-Ventilation
CPR	<i>cardiopulmonary resuscitation</i> (Herz-Lungen-Wiederbelebung)
DL	direkte Laryngoskopie
EGA	extraglottische Atemwegshilfe
EKG	Elektrokardiogramm
ERC	<i>European Resuscitation Council</i>
ETI	Endotracheale Intubation
ETI-DL	Endotracheale Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie
ETI-ILMA	Endotracheale Intubation mithilfe der Intubationslarynxmaske
HDM	Herzdruckmassage
HOT	<i>hands on time</i> (Hands-on-Zeit)
ILMA	Intubationslarynxmaske (Teleflex Medical GmbH, Kernen i.R., Deutschland)
Kap.	Kapitel

LMA	Larynxmaske
p	Signifikanzwert (p-Wert)
PEA	pulslose elektrische Aktivität
s.	siehe
± SD	Standardabweichung
V	Ventilation
VF	<i>ventricular fibrillation</i> (Kammerflimmern)
V-ILMA	Ventilation über die ILMA
VT	ventrikuläre Tachykardie
Wireless LAN	drahtloses lokales Netzwerk

1 Einleitung

1.1 Die Bedeutung der kardiopulmonalen Reanimation

Kardiovaskuläre- und Tumorerkrankungen sind in Deutschland die führenden Todesursachen. Daten des Statistischen Bundesamts zeigen, dass mehr als 40% (über 349.000 Menschen) aller Sterbefälle durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursacht wurden (Statistisches Bundesamt 2012). In deutschen Krankenhäusern wurden über 29.000 kardiopulmonale Reanimationen durchgeführt (Statistisches Bundesamt 2012). Die kardiopulmonale Reanimation hat, bedingt durch die hohe Anzahl und den großen Nutzen für die Patienten, in der medizinischen Versorgung daher eine herausragende Bedeutung.

1.2 Die Reanimationsleitlinien

Der European Resuscitation Council (ERC) veröffentlicht, basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, Leitlinien für die Reanimation innerhalb sowie außerhalb des Krankenhauses. Diese werden alle fünf Jahre aktualisiert. Die Leitlinien des ERC teilen Wiederbelebensmaßnahmen in Basismaßnahmen, *basic life support* (BLS) und erweiterte Maßnahmen, *advanced life support* (ALS), ein (Monsieurs et al. 2015).

1.2.1 Die Basismaßnahmen der Reanimation

Die Basismaßnahmen gelten für Laien sowie professionelle Helfer ohne weitere Hilfsmittel (s. Abb. 1). Sie sollen die Zeit bis zur Ankunft professioneller Helfer beziehungsweise lebensrettendem Material (zum Beispiel Defibrillator, Medikamente, Intubationsequipment) möglichst effektiv überbrücken. Zu den Basismaßnahmen gehören das Erkennen eines Herz-Kreislaufstillstandes, die Aufrechterhaltung eines minimalen Kreislaufes mithilfe der externen Herzdruckmassage (HDM) sowie die Ventilation des Patienten mithilfe von Mund-zu-Mund-Beatmung oder Mund-zu-Nase-Beatmung. Ein Wechsel von HDM und Beatmung in einem 30:2 Verhältnis entspricht hierbei den aktuell gültigen Vorgaben der ERC-Leitlinien (Perkins et al. 2015).

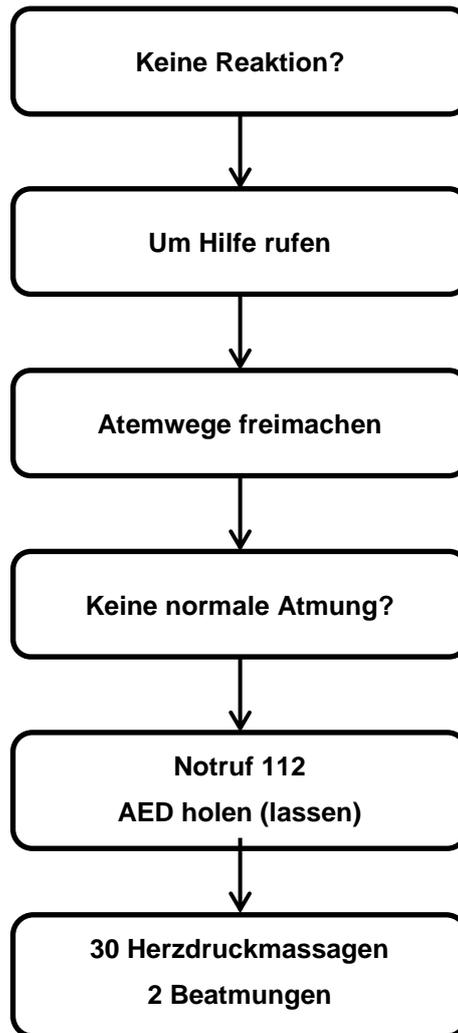


Abbildung 1: Algorithmus Basismaßnahmen zur Wiederbelebung (Perkins et al. 2015)

1.2.2 Die erweiterten Maßnahmen der Reanimation

Die Vorgaben für die Basismaßnahmen werden bei den ALS-Maßnahmen erweitert (Soar et al. 2015) (s. Abb. 2). Professionelle Helfer beurteilen alle zwei Minuten mithilfe einer EKG-Ableitung (Elektrokardiomyogramm) den Herzrhythmus. Bei Vorliegen eines defibrillierbaren Rhythmus wie dem Kammerflimmern (VF) oder der pullosen ventrikulären Tachykardie (VT) kann durch eine Defibrillation versucht werden die normale Herzaktivität wiederherzustellen. Im Rahmen des ALS stehen verschiedene Möglichkeiten der Oxygenierung des Patienten zur Verfügung. Neben der Beutel-Masken-Ventilation (BMV) (s. Kap. 1.4.1) besteht die Möglichkeit der Atemwegssicherung durch die endotracheale Intubation (ETI) (s. Kap. 1.4.2). Ebenfalls kann eine Ventilation und Intubation unter Anwendung einer extraglottischen Atemwegshilfe erfolgen (EGA) (s. Kap. 1.4.3).

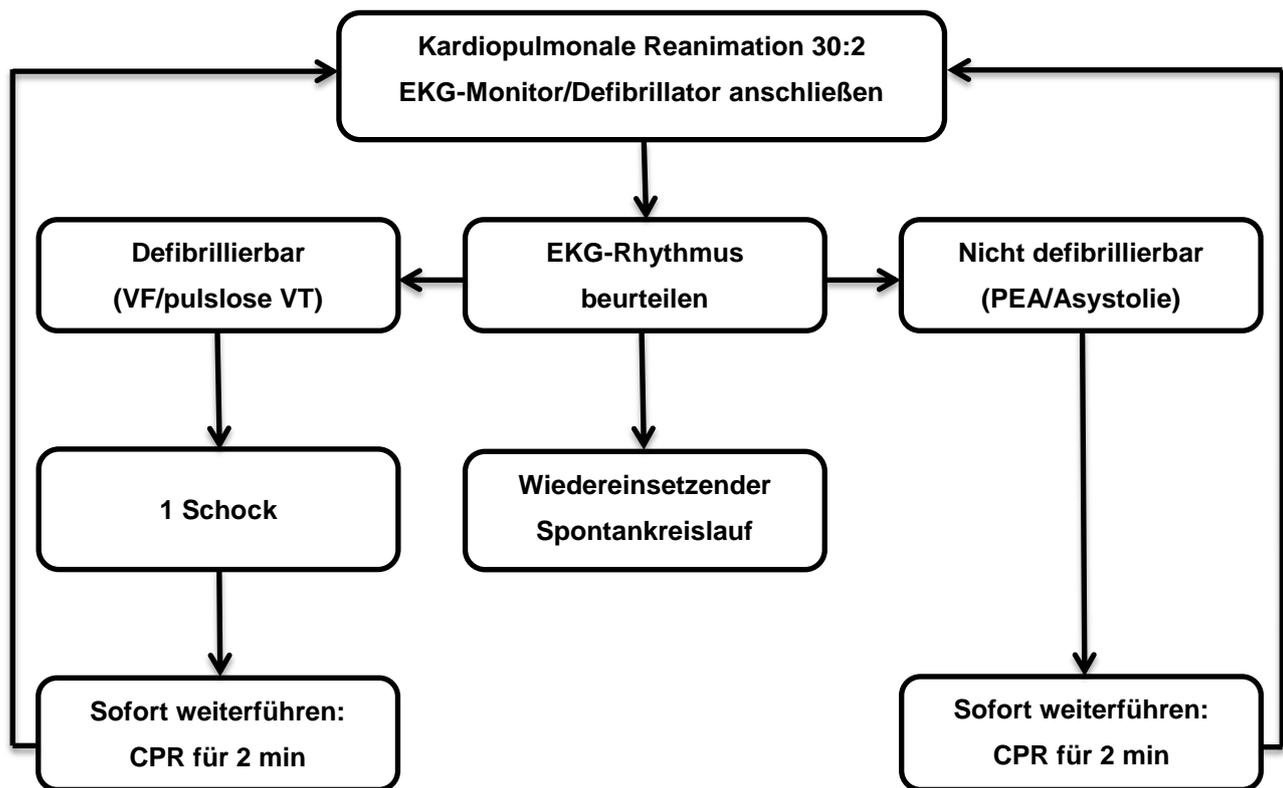


Abbildung 2: Algorithmus erweiterte Maßnahmen zur Wiederbelebung (Soar et al. 2015)

VF = Kammerflimmern; VT = ventrikuläre Tachykardie; PEA = pulslose elektrische Aktivität

CPR = Herz-Lungen-Wiederbelebung

Während der Reanimation können folgende unterstützende Maßnahmen durchgeführt werden (Soar et al. 2015):

- Anlegen eines Gefäßzuganges (intravenös, intraossär)
- Sauerstoffgabe, Kapnographie
- Absaugung von Sekreten aus dem Rachenraum (Erbrochenes, Blut)
- Gabe von Medikamenten (Adrenalin alle 3-5 Minuten, ggf. Amiodaron)
- Behandlung reversibler Ursachen: Hypoxie, Hypovolämie, Hypo-/Hyperkalämie, metabolische Störung, Hypothermie, Herzbeuteltamponade, Intoxikation, Thrombose, Spannungspneumothorax

1.3 Die externe Herzdruckmassage

1.3.1 Die Durchführung der externen Herzdruckmassage

Durch rhythmische extrathorakale Kompression des Herzens kann eine minimale Blutzirkulation aufrechterhalten werden (Kern et al. 1998). Der Patient liegt hierbei in Rückenlage, idealerweise auf einer harten Oberfläche. Ein Helfer kniet neben dem Patienten und lehnt seinen Oberkörper so über den Patienten, dass bei gestreckten Armen eine senkrechte Achse zwischen Schultern und Händen besteht (s. Abb. 3). Die Hände des Helfers werden übereinander gelegt und kommen auf Höhe der Mamillen über dem Sternum des Patienten zu liegen. Dann wird das Sternum komprimiert. Die Bewegung erfolgt dabei aus den Hüften. Zwischen zwei Kompressionen wird der Thorax des Patienten komplett entlastet, ohne dass dabei die Hände vom Patienten gelöst werden.

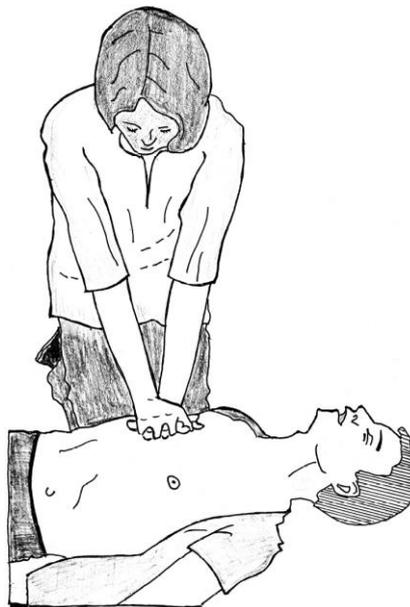


Abbildung 3: Herzdruckmassage (HDM)

Eine qualitativ hochwertige HDM zeichnet sich nach den ERC-Leitlinien von 2015 durch eine ausreichende Drucktiefe von fünf bis sechs Zentimetern, einer Frequenz von 100 - 120 Thoraxkompressionen pro Minute und durch möglichst kurze Unterbrechungen aus (Soar et al. 2015). Unterbrechungen der Thoraxkompressionen sind für die Beatmung bei ungesicherten Atemwegen sowie für die Defibrillation auf maximal fünf Sekunden zu begrenzen; auch für die endotracheale Intubation ist nach den aktuell gültigen Leitlinien eine Pause von maximal fünf Sekunden vorgesehen (Soar et al. 2015).

1.3.2 Unterbrechungen der Herzdruckmassage

Während der Wiederbelebensmaßnahmen kommt es zu Unterbrechungen, die eine kontinuierliche Herzdruckmassage nicht oder nur eingeschränkt zulassen.

Unterbrechungen der HDM können bedingt sein durch:

- Ventilation im Rahmen des 30:2 Algorithmus
- Endotracheale Intubation
- Rhythmuskontrolle alle zwei Minuten
- Behandlung reversibler Ursachen

Unterbrechungen der Thoraxkompressionen führen unmittelbar zum Sistieren des Blutflusses und damit zu einer reduzierten koronaren und zerebralen Perfusion (Ewy 2005). Nach Unterbrechung der HDM sind mehrere Thoraxkompressionen notwendig, um einen ausreichenden Perfusionsdruck wiederherzustellen (Ewy 2005, Sanders et al. 1985). Studien zeigen, dass neben einer frühzeitigen Defibrillation vor allem die Qualität der HDM einen entscheidenden Einfluss auf den Reanimationserfolg hat und somit ein wichtiger Prädiktor für das Überleben der Patienten ist (Monsieurs et al. 2015). Im Rahmen der Reanimation ist die externe HDM ein wichtiger Faktor für die Prognose der Patienten nach einem Herzstillstand.

1.3.3 Die Hands-on-Zeit

Die Hands-on-Zeit (HOT) beschreibt während einer Reanimation die Zeit, in der eine Herzdruckmassage erfolgt. Je häufiger die HDM unterbrochen wird, desto kürzer ist die HOT. Die aktuellen ERC-Leitlinien betonen die Bedeutung der unterbrechungsfreien und qualitativ hochwertigen HDM während einer kardiopulmonalen Reanimation (Monsieurs et al. 2015). Zur Maximierung der HOT sollen daher Pausen der HDM so kurz wie möglich gehalten werden. Um das zu erreichen, ist es notwendig, die Ventilationen im Rahmen des 30:2 Algorithmus mit möglichst kurzen Unterbrechungen durchzuführen. Auch die frühe Atemwegssicherung im Sinne der endotrachealen Intubation ist hierbei von großer Bedeutung. Nach erfolgreicher Platzierung eines endotrachealen Tubus kann dieser mit einem Beatmungsgerät konnektiert werden. Dies ermöglicht die automatische Beatmung des Patienten und es kann eine (asynchrone) kontinuierliche HDM erfolgen.

1.3.4 ERC-Leitlinien 2015: Empfehlungen zur HDM

Bereits in den Leitlinien des ERC von 2005 wurde insbesondere die externe HDM aufgewertet nachdem erkannt wurde, dass zu häufige und zu lange Unterbrechungen der Thoraxkompressionen das Überleben von Reanimationspatienten verschlechtern (Nolan 2005). Die Leitlinien von 2005 empfahlen eine Kompressionstiefe von vier bis fünf Zentimetern, eine Frequenz von 100 pro Minute und erlaubten Unterbrechungen der HDM bis zu 30 Sekunden (Nolan 2005).

Die Empfehlungen zur HDM haben sich in den Leitlinien der ERC von 2015 geändert. Unterbrechungen der HDM sollen auf maximal fünf Sekunden begrenzt werden, während die Frequenz der Herzdruckmassage mit 100 bis 120 Kompressionen pro Minute empfohlen wird. Die Eindringtiefe wird mit fünf bis sechs cm angegeben (Soar et al. 2015). Die Änderungen bezüglich der Eindringtiefe und der erhöhten Kompressionsfrequenz sind auf Untersuchungen zurückzuführen die zeigen konnten, dass mehr Patienten einen spontanen Kreislauf wiedererlangten und mehr Patienten das Krankenhaus lebend erreichten, wenn tiefer und schneller komprimiert wird (Christenson et al. 2009, Edelson et al. 2006).

1.4 Das Atemwegsmanagement: Ventilation und Intubation

1.4.1 Die Beutel-Masken-Ventilation

Die Beutel-Masken-Ventilation ist eine Technik zur Beatmung von Patienten. Sie wird im Rahmen der erweiterten Maßnahmen zur Wiederbelebung, vor der Sicherung der Atemwege des Patienten mithilfe eines Endotrachealtubus, eingesetzt. Zur Beatmung wird eine passende Gesichtsmaske mit einem Beatmungsbeutel verbunden (s. Abb. 4). Die Basis der Gesichtsmaske wird auf die Kinn-Lippenfurche und die Spitze der Gesichtsmaske auf die Nasenwurzel des Patienten aufgesetzt. Dann wird die Gesichtsmaske mit Daumen und Zeigefinger umfasst und mit geringem Druck auf das Gesicht gepresst (C-Griff, s. Abb. 5). Die übrigen Finger greifen den Unterkiefer. Unter vorsichtigem Zug wird der Hals des Patienten rekliniert um zu verhindern, dass Zunge und Gaumensegel die Atemwege verlegen (s. Abb. 5). Bei Kompression des

Beutels strömt die im Hohlkörper enthaltene Luft über das Patientenventil und die Gesichtsmaske in die Atemwege des Patienten. Bei korrekter Anwendung sollten nun Thoraxexkursionen des Patienten sichtbar sein.

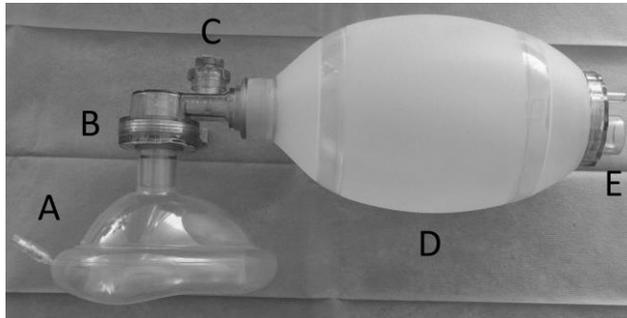


Abbildung 4:
 Beatmungsbeutel mit Gesichtsmaske
 A= Gesichtsmaske; B=Patientenventil
 C=Überdruckventil; D= Beatmungsbeutel
 E=Lufteinlass



Abbildung 5:
 C-Griff, Beschreibung siehe Text

1.4.2 Die endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation (ETI) zur Sicherung der Atemwege während der Reanimation gilt als der sogenannte Goldstandard. Die ETI wird klassischerweise unter Anwendung der direkten Laryngoskopie (DL) durchgeführt. Der Kopf des Patienten wird hierzu überstreckt auf einem Kissen gelagert (s. Abb. 7 A). Als nächstes wird mithilfe des Spatels eines Laryngoskops (s. Abb. 6) unter vorsichtigem Zug die Zunge und der Zungengrund verdrängt und die Epiglottis angehoben. Hierbei nähern sich die orale und die tracheale Achse an (s. Abb. 7 B). Diese Vorgehensweise gewährt dem Anwender unter optimalen Bedingungen eine direkte Sicht auf die Glottis. Als nächstes wird ein Endotrachealtubus vorgeschoben, bis dieser die Stimmlippen passiert und in der Trachea zum liegen kommt (s. Abb. 7 C). Anschließend wird ein am Ende des Tubus angebrachter Ballon, der sog. Cuff, mit Luft befüllt. Hierdurch wird der Raum zwischen Tubus und Trachea geschlossen und die Trachea abgedichtet. Durch die Abdichtung ist eine Ventilation nur noch über den platzierten Endotrachealtubus möglich. Weiterhin soll kein Material wie Speichel, Blut oder Mageninhalt in die Atemwege bis unter die Ebene des Cuffs gelangen. Wird der platzierte Tubus mit einem Beatmungsgerät konnektiert, kann von diesem Zeitpunkt an eine kontinuierliche HDM im Sinne einer asynchronen HDM und Beatmung erfolgen. Die möglichst frühe endotracheale

Intubation mit einer folgenden kontinuierlichen Herzdruckmassage ist erstrebenswert, um die Hands-on-Zeit zu verlängern und damit die Prognose des Patienten zu verbessern. Weitere Vorteile der Platzierung eines Endotrachealtubus sind der Schutz vor iatrogener gastraler Luftinsufflation sowie die Möglichkeit der maschinellen Beatmung mit höheren Beatmungsdrücken. Gerade im Rahmen einer Herzdruckmassage sind hohe Beatmungsdrücke notwendig, um die Ventilation des Patienten gewährleisten zu können.



Abbildung 6:
Laryngoskop (links)
Tubus (Mitte)
Führungsstab (rechts)

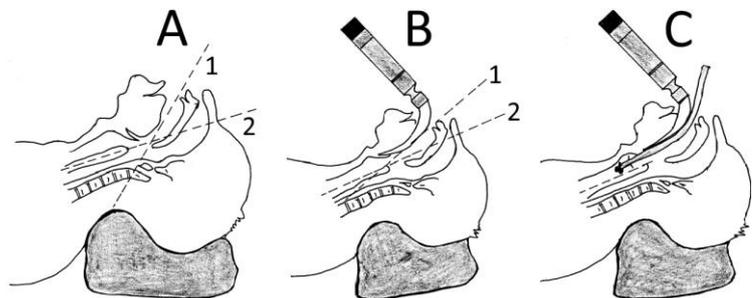


Abbildung 7:
Darstellung Anatomie und Achsen bei der endotrachealen Intubation. Beschreibung siehe Text.
1=orale Achse; 2=tracheale Achse

1.4.2.1 Anforderungen der endotrachealen Intubation

Die endotracheale Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie stellt hohe Anforderungen an den Anwender bezüglich der Erfahrung und des manuellen Geschicks. Es werden ca. 60-80 Intubationen benötigt, um unter elektiven und optimierten Bedingungen eine Erfolgsrate von durchschnittlich 90% zu erreichen (Konrad et al. 1998). Aufgrund der präklinischen Besonderheiten (Lagerung des Patienten, unzureichende Narkosetiefe, u.a.) gilt die ETI in Notfallsituationen außerhalb des Krankenhauses als wesentlich schwieriger als im Operationssaal (Timmermann et al. 2006, Timmermann et al. 2007c). Schwierigkeiten im Rahmen der Atemwegssicherung in einer Reanimationssituation können sich negativ auf die Kontinuität der Herzdruckmassage und damit auf die Hands-on-Zeit auswirken.

1.4.3 Extraglottische Atemwegshilfen

Nach Beschreibung der klassischen Atemwegsmaske durch Dr. Brain (Brain 1983) haben extraglottische Atemwegshilfen einen hohen klinischen Stellenwert erhalten. In der Anwendung unterscheiden sich extraglottische Atemwegshilfen von der endotrachealen Intubation dadurch, dass sie für die Ventilation des Patienten die Glottis nicht überbrücken, sondern durch eine Abdichtung der laryngealen Strukturen gegenüber dem Gastrointestinaltrakt bzw. zum Nasopharyngealbereich eine Ventilation des Patienten ermöglichen (s. Abb. 9). Die Abdichtung erfolgt durch einen luftgefüllten Cuff, welcher um die laryngealen Strukturen herum zum Liegen kommt (s. Abb. 8, 9).

EGAs sind in der anästhesiologischen Routine weit verbreitet und haben sich als effektiv erwiesen, wenn eine ETI nicht erfolgreich war (Timmermann et al. 2007a). Es konnte gezeigt werden, dass die Verwendung einer EGA schneller zu erlernen ist als die Anwendung der ETI und dass Anwender im Vergleich zur ETI mithilfe der DL weniger Geschick benötigen (Wang et al. 2005, Weksler et al. 2005). Die aktuellen ERC-Leitlinien empfehlen, dass ungeschultes Personal die Atemwegssicherung nicht mit der ETI, sondern unter Anwendung einer EGA als primäres Hilfsmittel durchführen soll (Soar et al. 2015). Die Anwendung von extraglottischen Atemwegshilfen ermöglicht auch die Durchführung einer kontinuierlichen HDM. Dies ist nach den aktuellen Leitlinien jedoch nur dann zulässig, wenn keine Leckage zu hören ist.

1.4.3.1 Die Intubationslarynxmaske

Die Intubationslarynxmaske (ILMA) (s. Abb. 8) nimmt eine Sonderstellung innerhalb der Gruppe der EGA ein. Sie ermöglicht neben der Ventilation auch die Intubation. Patienten können so z.B. während oder im Anschluss der Reanimation intubiert und kontinuierlich beatmet werden.

Im Vergleich zur klassischen Larynxmaske (LMA) ist der Tubusanteil unbeweglich und beschreibt eine beinahe rechtwinkelige Krümmung. Ein Handgriff aus Metall vereinfacht die Positionierung im Pharynx sowie die spätere Lagekorrektur während der Intubation. Die eigentliche Maske ist in

einem steilen Winkel am Tubusanteil befestigt, damit ein in das Lumen eingeführter Endotrachealtubus in einem möglichst optimalen Winkel direkt mit Richtung auf den Kehlkopf vorgeschoben werden kann.

Das Einführen der entlüfteten ILMA in den Oropharyngealraum geschieht mit einer Rotationsbewegung bei der die Maske die pharyngealen Strukturen als Führung nutzt bis diese supraglottisch zum Liegen kommt (s. Abb. 9 A,B). Nach erfolgter Positionierung wird der Maskenteil der ILMA mit Luft befüllt. Hierdurch kommt es zu einer Abdichtung der laryngealen Strukturen gegenüber dem Gastrointestinaltrakt. Dies ermöglicht die Ventilation des Patienten, z.B. mithilfe eines konnektierten Beatmungsbeutels oder eines Beatmungsgerätes (V-ILMA). Nach erfolgter Platzierung besteht die Möglichkeit einen Spiraltubus über das Lumen der ILMA vorzuschieben (s. Abb. 9 B). Dieser kann aufgrund eines günstigen Austrittswinkels die Stimmlippen passieren und in der Trachea zum liegen kommen (ETI-ILMA) (s. Abb. 9 C). Zuletzt wird der Cuff des Tubus mit Luft befüllt und damit der Raum zwischen Tubus und Trachea abgedichtet.

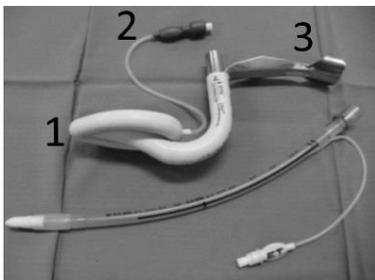


Abbildung 8
 ILMA (oben)
 Spiraltubus (unten)
 1=Maske (belüftet); 2=Cuff
 3=Handgriff

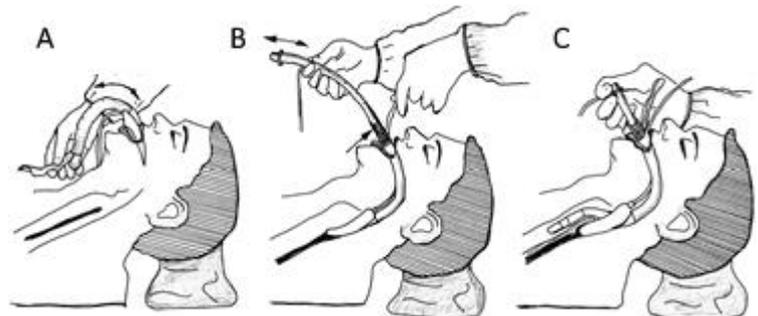


Abbildung 9
 Intubation über die ILMA (Beschreibung siehe Text)

1.5 Fragestellung

Unterbrechungen der Herzdruckmassage sind zu einem beträchtlichen Teil durch die Algorithmus bedingten Ventilationen (30:2) sowie durch die endotracheale Intubation begründet. Die Optimierung des Atemwegsmanagement hat daher großes Potential, die Hands-on-Zeit zu verlängern.

Mehrere Studien haben bereits verschiedene extraglottische Atemwegshilfen im Hinblick auf ihr Potential, die HOT während einer Reanimation zu verlängern, untersucht (Chen und Hsiao 2008, Gatward et al. 2008, Wiese et al. 2008, Wiese et al. 2009, Wiese et al. 2011). Timmermann et al. konnten zeigen, dass ungeübte Anwender sowohl am Manikin als auch am Patienten mit der ILMA schneller und insgesamt erfolgreicher eine Ventilation etablieren konnten als mithilfe der BMV (Timmermann et al. 2007a).

Der Großteil der verfügbaren Studien hat das Atemwegsmanagement jedoch nur auf die Ventilation mithilfe einer extraglottischen Atemwegshilfe beschränkt und die Intubation nicht mit einbezogen. Da die ILMA als Vertreter der EGA neben der Ventilation auch die Möglichkeit zur Intubation bietet, liegt ein Vergleich mit der konventionellen Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie nahe. In bisherigen Studien wurde ebenfalls nicht die Möglichkeit des Vorliegens schwieriger Atemwegsverhältnisse in Betracht gezogen, obwohl das Risiko im Rahmen einer Reanimation außerhalb des Krankenhauses mit 14,8 % als relativ häufig beschrieben wird (Timmermann et al. 2006).

Unsere Fragestellungen waren folgende:

1. Kann die Anwendung der Intubationslarynxmaske zur Ventilation und Intubation die Hands-on-Zeit verlängern?
2. Wie stark beeinflusst das Vorliegen von schwierigen Atemwegsverhältnissen die Hands-on-Zeit?
3. Welchen Einfluss hat Erfahrung des Anwenders im Hinblick auf das Atemwegsmanagement auf die Hands-on-Zeit?

In dieser Studie wurde im Rahmen von simulierten Szenarien mit erweiterten Maßnahmen zur Wiederbelebung analysiert, wie sich die Methode des

Atemwegsmanagement, die Atemwegsverhältnisse und die Erfahrung des Anwenders auf den primären Zielparameter, die Hands-on-Zeit, auswirken.

Hierzu wurde die klassische Methode, die Ventilation mithilfe der Beutel-Masken-Beatmung mit nachfolgender endotrachealer Intubation unter Anwendung der direkten Laryngoskopie (BMV + ETI-DL) mit der Ventilation und Intubation mithilfe der Intubationslarynxmaske (V-ILMA + ETI-ILMA) verglichen. Um zu untersuchen, welchen Einfluss schwierige Atemwegsverhältnisse auf die Hands-on-Zeit haben, wurde ein Vergleich sowohl unter normalen als auch schwierigen Atemwegsverhältnissen durchgeführt. Ebenso wurden zwei Kollektive mit unterschiedlicher Erfahrung im Atemwegsmanagement miteinander verglichen (Berufsfeuerwehr vs. Studenten).

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Für die hier vorliegende Studie wurde ein prospektiv randomisiertes *cross-over*-Studiendesign gewählt. Die Studie wurde vor Beginn der Messungen bei der Ethikkommission Göttingen angemeldet und von Juni 2010 bis Januar 2011 am Lehr- und Simulationszentrums der Klinik für Anästhesiologie durchgeführt.

2.2 Probanden

An der Untersuchung nahmen 30 Mitarbeiter der Berufsfeuerwehr (BF) Göttingen teil. Weiterhin wurden 40 Studierende des sechsten klinischen Fachsemesters Humanmedizin der Georg-August-Universität Göttingen rekrutiert. Kriterien für die Teilnahme waren sowohl das Einverständnis der Probanden als auch die Kenntnis der zum Beginn der Studie gültigen ERC-Leitlinien von 2005. Allen Probanden war die ILMA als Gerät bekannt. Die Probanden hatten jedoch weder Erfahrungen in der Anwendung am Übungsmodell noch am Patienten.

2.2.1 Berufsfeuerwehr

Alle Probanden der BF Göttingen waren ausgebildete Rettungsassistenten und im Umgang mit der ETI mithilfe der DL am Manikin vertraut. Die Berufsfeuerwehr Göttingen führt in regelmäßigen Abständen Reanimations-Fortbildungen am Manikin durch. Weiterhin bestanden Erfahrungen bezüglich der Intubation am Patienten sowohl präklinisch als auch innerhalb des Krankenhauses (s. Kap. 3.5).

2.2.2 Studierende

Alle Studierenden hatten vor der Rekrutierung die modularen Unterrichtseinheiten zum Querschnittsbereich Notfall- und Intensivmedizin durchlaufen. Die ETI mithilfe der DL wurde in den Unterrichtseinheiten demonstriert und von den Studierenden am Übungsmodell durchgeführt. Die Studierenden verfügten nur über geringe Erfahrung im Umgang mit der ETI mithilfe der DL am Patienten (s. Kap. 3.5).

2.3 Studienprotokoll

Zwei Methoden des Atemwegsmanagement während eines Reanimations-szenarios wurden miteinander verglichen: A) die Ventilation über die BMV mit anschließender ETI mithilfe der DL und B) die Ventilation über eine ILMA mit anschließender ETI über die ILMA. Alle Probanden absolvierten vier standardisierte Reanimationsszenarien in einer randomisierten Reihenfolge. Beide Methoden wurden jeweils unter schwierigen und leichten Atemwegs-verhältnissen analysiert (s. Tab. 1).

Tabelle 1: Szenarien Übersicht		
Szenario	Atemwegsmanagement	Atemwegsverhältnis
A1	BMV + ETI-DL	leicht
A2	BMV + ETI-DL	schwierig
B1	V-ILMA + ETI-ILMA	leicht
B2	V-ILMA + ETI-ILMA	schwierig

BMV + ETI-DL = Beutel-Masken-Ventilation und endotracheale Intubation mittels direkter Laryngoskopie
V-ILMA + ETI-ILMA = Ventilation sowie endotracheale Intubation mithilfe der Intubationslarynxmaske

2.3.1 Studienablauf

Nach Begrüßung der Probanden erfolgte ein Einführungsvortrag über BLS und ALS (s. Kap. 2.3.2). Hiernach absolvierte jeder Proband ein Atemwegstraining (s. Kap. 2.3.3) mit anschließendem Beginn der Messungen (s. Kap. 2.3.5). Jeder Proband durchlief vier Szenarien gemäß Tabelle 1, abschließend füllte jeder Proband einen Fragebogen aus (s. Kap. 2.6). Insgesamt dauerte ein Studienablauf ca. zweieinhalb Stunden (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Studienablauf für einen Proband	
Trainingseinheit	Zeitdauer [min]
Vortrag über BLS/ALS	20
Atemwegs-Training	20
(1 Proband 4 x Szenarien)	120
Fragebogen	5

2.3.2 Vortrag: ERC-Leitlinien 2005

Um den gleichen Wissensstand aller Probanden zu gewährleisten fand zu Beginn ein 20-minütiger Vortrag über BLS und ALS gemäß der zum Zeitpunkt der Studie aktuell gültigen ERC-Leitlinien von 2005 statt. Im Zentrum des Vortrages standen die Reanimationsalgorithmen sowie die Notfallmedikation bei defibrillierbaren und nicht defibrillierbaren Rhythmen.

2.3.3 Das Atemwegstraining

Nach dem Vortrag erfolgte eine 20-minütige Einweisung in die Technik des Atemwegsmanagement:

- Ventilation mithilfe der BMV mit anschließender ETI unter Anwendung der DL
- Ventilation mithilfe der ILMA mit nachfolgender Intubation unter Anwendung der ILMA

Beide Verfahren wurden am gleichen Atemwegstrainer (Laerdal™ Norwegen, „Airway Management Trainer“) unter Anleitung des Dozenten (C. Stradtman unter Supervision von Prof. Dr. med. S. Russo) durchgeführt.

2.3.4 Der Versuchsaufbau

Pro Messung waren ein Instruktor, ein assistierender Helfer sowie der Proband im Messraum. Um einen Lerneffekt durch Beobachtung auszuschließen, war kein anderer Proband während einer laufenden Messung anwesend. Sowohl der Instruktor als auch der assistierende Helfer waren gleichbleibende Personen. Als Manikin wurde ein SimMan 3G™ verwendet (s. Kap. 2.4.4).

2.3.5 Handlungsablauf der Reanimationsszenarien

Jeder Proband durchlief als verantwortlicher Ersthelfer in randomisierter Reihenfolge vier standardisierte Reanimationsszenarien (A1, A2, B1, B2: s. Tab. 1). Der assistierende Helfer wurde zur Standardisierung und zur besseren Vergleichbarkeit der Szenarien durch eine gleichbleibende Person gestellt. Simuliert wurde in jedem Szenario die Versorgung eines Patienten mit einem unbeobachteten Kreislaufstillstand und einem defibrillationspflichtigen Rhythmus (Kammerflimmern) durch ein Notfallteam (bestehend aus dem Probanden und dem assistierenden Helfer) über den vorher definierten Zeitraum von sechs Minuten (s. Abb. 10). Der Instruktor überwachte das

gesamte Szenario und bediente die zur Steuerung und Messung des Manikin verwendete Laerdal Application Instructor Software™ (s. Kap. 2.3.4). Vor Beginn der Untersuchungen stellte der Instruktor die für das entsprechende Szenario erforderlichen Einstellungen am Manikin mithilfe der Laerdal Application Software™ ein (s. Kap. 2.4.4, s. Abb. 12). Sobald der Manikin bereit war, startete der Instruktor das gewählte Szenario durch Ansage, woraufhin der Proband und der assistierende Helfer den Raum betraten. Zum Zeitpunkt der ersten Thoraxkompression wurde eine Stoppuhr gestartet. Die Laerdal Application Instructor Software™ zeichnete kontinuierlich die HOT in Prozent, den Start und das Ende jeder Ventilation, die HDM sowie die Frequenz und Kompressionstiefe der HDM auf. Eine Videoaufnahme diente der Datensicherung und späteren Qualitätskontrolle. Mithilfe der Stoppuhr gab der Instruktor alle zwei Minuten die Aufforderung zur Algorithmus-konformen Rhythmuskontrolle.

Der Proband führte sowohl die HDM als auch die Beatmung (BMV oder V-ILMA) im Sinne einer Einhelfermethode durch, während der assistierende Helfer für alle anderen Maßnahmen verantwortlich war. Hierzu gehörte die Vorbereitung der Atemweghilfsmittel, des Defibrillators, die Befestigung der EKG-Elektroden, das Legen eines peripher venösen Zuganges sowie die Applikation von Medikamenten. Keine dieser Maßnahmen durfte die Rhythmuskontrolle oder Defibrillation verzögern. Nach zwei Minuten erfolgte die erste Rhythmuskontrolle mit anschließender Defibrillation durch den assistierenden Helfer. Direkt nach der Defibrillation führte der Proband 30 Thoraxkompressionen durch, um im Anschluss den ersten von maximal drei Intubationsversuchen zu starten. Je nach Szenario erfolgte die ETI unter Anwendung der DL oder mithilfe der ILMA. Das zur Intubation benötigte Atemweghilfsmittel wurde vom assistierenden Helfer vorbereitet und dem Probanden unmittelbar ausgehändigt. Je Intubationsversuch wurde dem Probanden, entsprechend den ERC-Leitlinien von 2005, ein Zeitraum von maximal 30 Sekunden gewährt. Eine Intubation wurde dann als erfolgreich gewertet, sobald die Sensoren des Manikin eine adäquate Lungenventilation registrierten. Nach erfolgreicher Platzierung des Tubus konnektierte der assistierende Helfer ein fiktives Beatmungsgerät. Von nun an führte der

Proband eine kontinuierliche HDM im Sinne einer asynchronen HDM und Beatmung durch.

Ein Intubationsversuch wurde abgebrochen, wenn der Tubus innerhalb der Zeitvorgabe von 30 Sekunden nicht erfolgreich platziert werden konnte. In diesem Fall erfolgte der nächste Intubationsversuch erst nach 30 weiteren Thoraxkompressionen. Die zweite Rhythmuskontrolle und Defibrillation erfolgte nach vier Minuten durch den assistierenden Helfer. In den folgenden letzten zwei Minuten bis zur dritten und letzten Rhythmuskontrolle und Defibrillation wurden, falls erforderlich, die bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgten Maßnahmen wie das Legen eines peripher venösen Zuganges und der Applikation von Medikamenten durch den assistierenden Helfer durchgeführt. Der Instruktor beendete das Szenario mit der dritten Rhythmuskontrolle und Defibrillation in Minute sechs (s. Tab 3).

Tabelle 3: Aufgabenverteilung	
Person	Aufgaben
Instruktor	<u>Beaufsichtigung und Management der Untersuchung</u> <ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung des Manikin auf das Szenario (A1,A2,B1,B2) • Start des Szenarios durch Ansage <ul style="list-style-type: none"> ○ Start der Kamera-Aufzeichnung • Zum Zeitpunkt der ersten Herzdruckmassage: <ul style="list-style-type: none"> ○ Start der Stoppuhr • Überwachung der Laerdal Software™ und Dokumentation von: <ul style="list-style-type: none"> ○ Zeitpunkt der ersten Ventilation über BMV oder ILMA ○ Zeitpunkt der ETI ○ Zeitpunkt + Anzahl der Fehlschläge der Atemwegssicherung • Ansage der Rhythmuskontrolle alle zwei Minuten (nach Stoppuhr) • Beenden des Szenarios nach 3. Herzrhythmuskontrolle (Minute 6) • Abspeichern und Beenden der Aufzeichnungen: <ul style="list-style-type: none"> ○ SimMan-Software, Kameraaufzeichnung • Ausfüllen des Messprotokolls
Assistierender Helfer	<u>2. Helfer</u> <ul style="list-style-type: none"> • Öffnen des Rettungs-Rucksacks • Vorbereiten und Anreichen der Atemwegshilfsmittel • Anlegen der EKG-Elektroden • Rhythmuskontrolle und Defibrillation • Legen eines peripher venösen Zuganges • Applikation von Medikamenten
Proband:	<u>1. Helfer</u> <ul style="list-style-type: none"> • Prüfung von Bewusstsein und Atmung • Herzdruckmassage • Atemwegsmanagement <ul style="list-style-type: none"> ○ Ventilation: BMV oder ILMA ○ Endotracheale Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie oder mithilfe der Intubationslarynxmaske (nach der 1. Rhythmuskontrolle, max. drei Versuche)

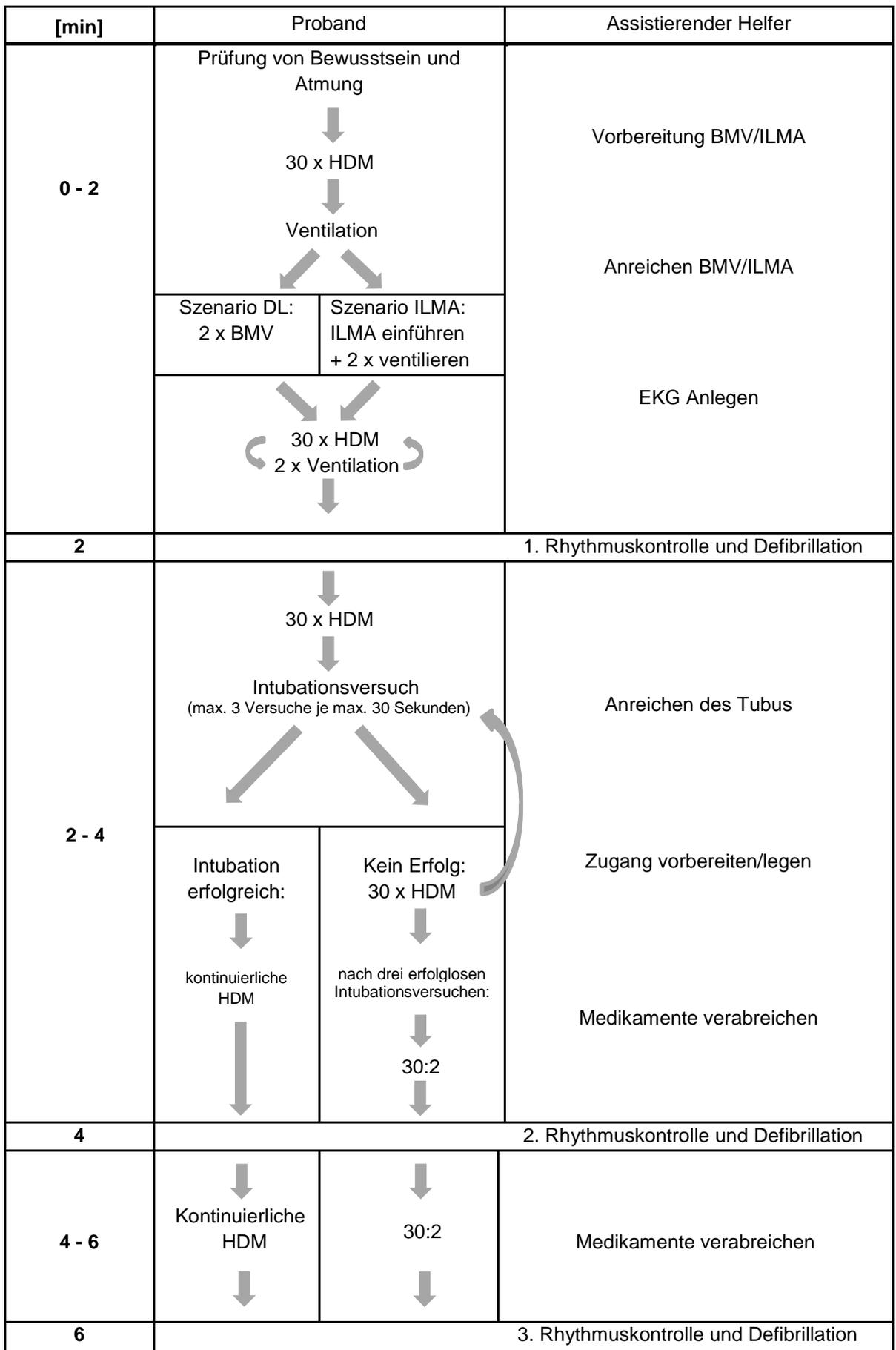


Abbildung 10: Zeitablauf der standardisierten Szenarien

2.3.6 Die Zielparameter

Von jedem Szenario wurden folgende Zielparameter in das Messprotokoll übertragen:

1. Zeitpunkt der ersten Ventilation
2. Zeitpunkt der Intubation
3. Hands-on-Zeit zum Zeitpunkt der Ventilation
4. Hands-on-Zeit zum Zeitpunkt der Intubation
5. Hands-on-Zeit zum Zeitpunkt Minute zwei
6. Hands-on-Zeit zum Zeitpunkt Minute drei
7. Hands-on-Zeit zum Zeitpunkt Minute sechs

2.4 Material

Folgende Materialien wurden in der Reanimationsstudie verwendet:

- Videoprojektor (zur Präsentation des Einführungsvortrag über BLS und ALS)
- Atemwegstrainer (Laerdal™ Norwegen, „Airway Management Trainer“).
- Manikin (SimMan 3G™), Laptop mit SimMan 3G Software™
- Laryngoskop und Endotrachealtubus mit Führungsstab
- Intubationslarynxmaske mit Endotrachealtubus
- Defibrillator
- Ein Rettungs-Rucksack mit folgendem Inhalt:
 - Beatmungsbeutel
 - Gesichtsmaske
 - Spritzen zum Blocken des Cuffs des Tubus bzw. der ILMA
 - Material zum Platzieren eines peripher-venösen Zugangs
 - Infusion
- Videorekorder
- Stoppuhr

2.4.1 Die Atemwegstrainer

Zum Trainieren des Umganges der in der Studie verwendeten Atemwegshilfsmittel (BMV, Macintosh-Spatel, ILMA, Endotrachealtuben) wurden zwei Atemwegstrainer der Firma Laerdal eingesetzt (Laerdal™ Norwegen, „Airway Management Trainer“).

2.4.2 Die Intubationslarynxmaske

In der Studie wurden eine ILMA der Größe # 4 und ein dazugehöriger Endotrachealtubus mit einem Durchmesser von 7 Millimeter verwendet (s. Abb. 8).

2.4.3 Laryngoskop und Endotrachealtubus

In der Studie wurden ein Macintosh-Spatel der Größe 3 und ein Endotrachealtubus mit einem Durchmesser von 7 Millimetern eingesetzt (s. Abb. 6).

2.4.4 Der Manikin

Zur Simulation des schwierigen Atemweges unter standardisierten und reproduzierbaren Bedingungen entschieden wir uns für den SimMan 3G™. Der SimMan 3G™ (Laerdal Medical, Tanke Svilandsgt. 30, P.O. Box 377, N-4002 Stavanger, Norway I) ist ein moderner Patientensimulator. Er ist mit pneumatisch betriebenen Kissen und Schläuchen in Kopf, Larynx und Pharynx, Halswirbelsäule sowie im Bronchialsystem ausgestattet (s. Abb. 11). Zur Ausstattung des SimMan 3G™ gehört ein Computer, der sich über Wireless LAN mit dem Manikin verbinden kann. Der Computer erlaubt die Steuerung des Sim-Mans über die Laerdal Application Software™. Unter Anwendung dieses Bedienprogramms lassen sich verschiedene Veränderungen im Bereich der Atemwege wählen und am Manikin simulieren. Je nach Aktivierung eines oder mehrerer pneumatischer Systeme kann die Morphologie der oberen Atemwege verändert werden. Durch die Benutzeroberfläche des computerbasierten Bedienprogramms können verschiedene Funktionen aktiviert oder deaktiviert werden (s. Abb. 12). Beispielsweise kann durch eine Zungen- und Pharynxschwellung eine direkte Sicht auf den Larynx verhindert werden. Die Möglichkeit einer Maskenventilation bleibt jedoch erhalten und der Atemweg bleibt weiterhin, wenn auch erschwert, für eine endotracheale Intubation oder Platzierung einer EGA zugänglich. Aus den Möglichkeiten, die der SimMan 3G™ im Bereich der Atemwegsimulation bietet, wählten wir für die Reanimationsszenarien (s. Tab. 1) folgende Atemwegseinstellungen: Keine Änderungen bei normalen Atemwegsverhältnissen (s. Abb. 13.I), Zungenschwellung und Trismus bei schwierigen Atemwegsverhältnissen (s. Abb. 13.III).

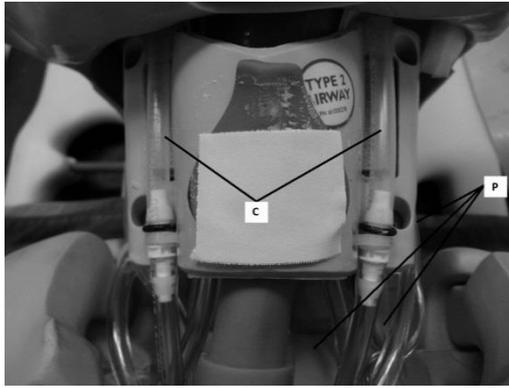


Abbildung 11:
 SimMan 3G™-Innenansicht von Kopf- und Halsbereich
 P=pneumatische Schläuche und Kissen zur Veränderung der Morphologie der oberen Atemwege; C=Karotis

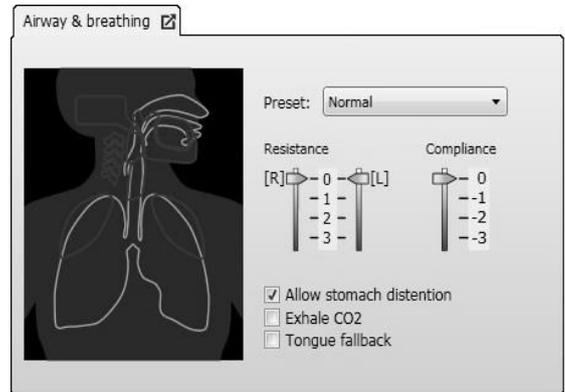
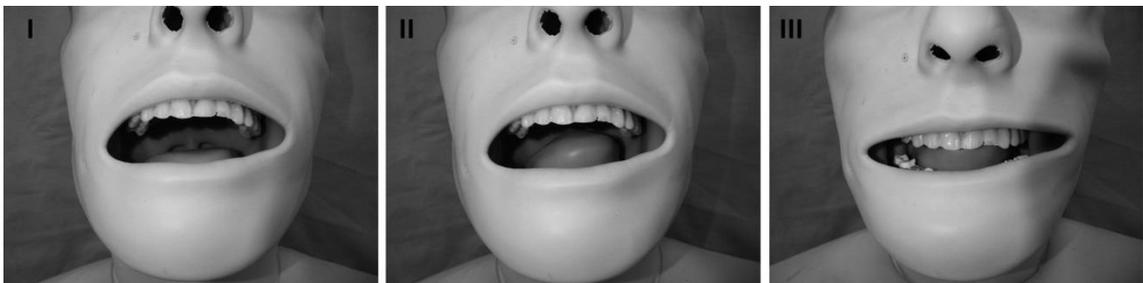


Abbildung 12:
 Benutzeroberfläche der Laerdal™ Software. Dargestellt ist die Morphologie der oberen und unteren Atemwege. In der graphischen Darstellung ist erkennbar, ob beispielsweise eine Zungenschwellung aktiviert ist.



I. Normalzustand

II. Zungenschwellung

III. Trismus + Zungenschwellung

Abbildung 13: Atemwegseinstellungen am Sim Man 3G™

2.4.5 Der Defibrillator

Für die EKG-Ableitung sowie für die Defibrillation wurde der Defigard 3002 IH™ Defibrillator verwendet. Der Defigard™ ist ein monophaisches netz- oder batteriebetriebenes Gerät.

2.5 Datenaufnahme

Die Datenaufnahme erfolgte über folgende Hilfsmittel:

- Laerdal Instructor Application Software™
- Fragebogen (s. Kap. 2.6)
- Messprotokoll
- Videoaufzeichnung

2.5.1 Laerdal Instructor Application Software™

Unter Anwendung der Laerdal Software wurden folgende Parameter der Studie erfasst:

- Hands-on-Zeit in Prozent
- Start und Ende der Ventilation
- Start und Ende der Herzdruckmassage
- Frequenz und Kompressionstiefe der Herzdruckmassage
- Zeitpunkt der Intubation
- Zeitpunkt der Defibrillation

Die Software gibt den Mittelwert des bis dahin verstrichenen Zeitraumes an. Dies betrifft die gemessene Hands-on-Zeit, die Kompressionstiefe und die Frequenz der Herzdruckmassage. Zum Beispiel:

50 % HOT zu Minute 1 bedeuten, dass für 30 Sekunden eine Herzdruckmassage erfolgte, 50 % zu Minute 6 bedeuten, dass für 3 Minuten eine Herzdruckmassage erfolgte. Zum Ende der Aufzeichnung (nach sechs Minuten) wurde der Mittelwert der Hands-on-Zeit über das gesamte Szenario bestimmt. Die Messprotokolle der Laerdal Application Software™ werden vom Computer nach jeder Messung gespeichert und können in eine Microsoft Excel®-Tabelle exportiert werden.

2.6 Fragebogen

Am Ende des Studienablaufes erhielt jeder Proband einen standardisierten Fragebogen mit folgenden Punkten:

- Alter, Geschlecht, Körpergröße und Gewicht
- Berufsjahre (nur bei Probanden der BF)
- letzte Fortbildung/Praktikum zum Thema BLS/ALS (vor x Monaten)
- letzte Reanimation (vor x Monaten)
- Sport pro Woche (in Stunden)
- Anzahl an durchgeführten Intubationen (x am Manikin, x am Patienten)
- Einschätzung der eigenen Fähigkeiten bezüglich Intubation sowie HDM (Skala 1 – 10, bester Wert 10)
- Empfundene Handhabung der ILMA (Skala 1 – 4, bester Wert 1)

2.7 Statistik

Analysiert wurden die Hands-on-Zeit zu Minute 2, 3 und 6, der Zeitpunkt der ersten erfolgreichen Ventilation sowie der Zeitpunkt der erfolgreichen Intubation. Die Ergebnisse werden dargestellt als Mittelwert \pm SD. Die Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung einer wiederholten Varianz-Analyse (ANOVA), mit dem festem Faktor ``Methode`` (BMV + ETI-DL vs. V-ILMA + ETI-ILMA) und den sich wiederholenden Faktor ``Atemwegsverhältnis`` (normal, schwierig). Beim Nachweis von Interaktionen wurde eine Subanalyse mit einem 2-faktoriellen oder 1-faktoriellen ANOVA durchgeführt. Dabei wurde die Bonferoni Korrektur verwendet um die α -Fehler anzupassen ($\alpha = 0,05$, $\alpha = \alpha_{\text{angepasst}} / \text{Anzahl der Tests}$) (s. Tab. 6). Die ANOVA-Tests wurden mit der Statistiksoftware SAS 9.2 berechnet, alle anderen Analysen unter Verwendung der Statistik-Software Statistica 9.

3 Ergebnisse

Alle Probanden nahmen bis zum Ende der Studie teil, jedoch wurden fünf der Probanden der BF und vier der Probanden der Studierenden (drei Männer und eine Frau) von der Auswertung aufgrund eines nicht eingehaltenen 30:2 Algorithmus ausgeschlossen (s. Abb. 14).

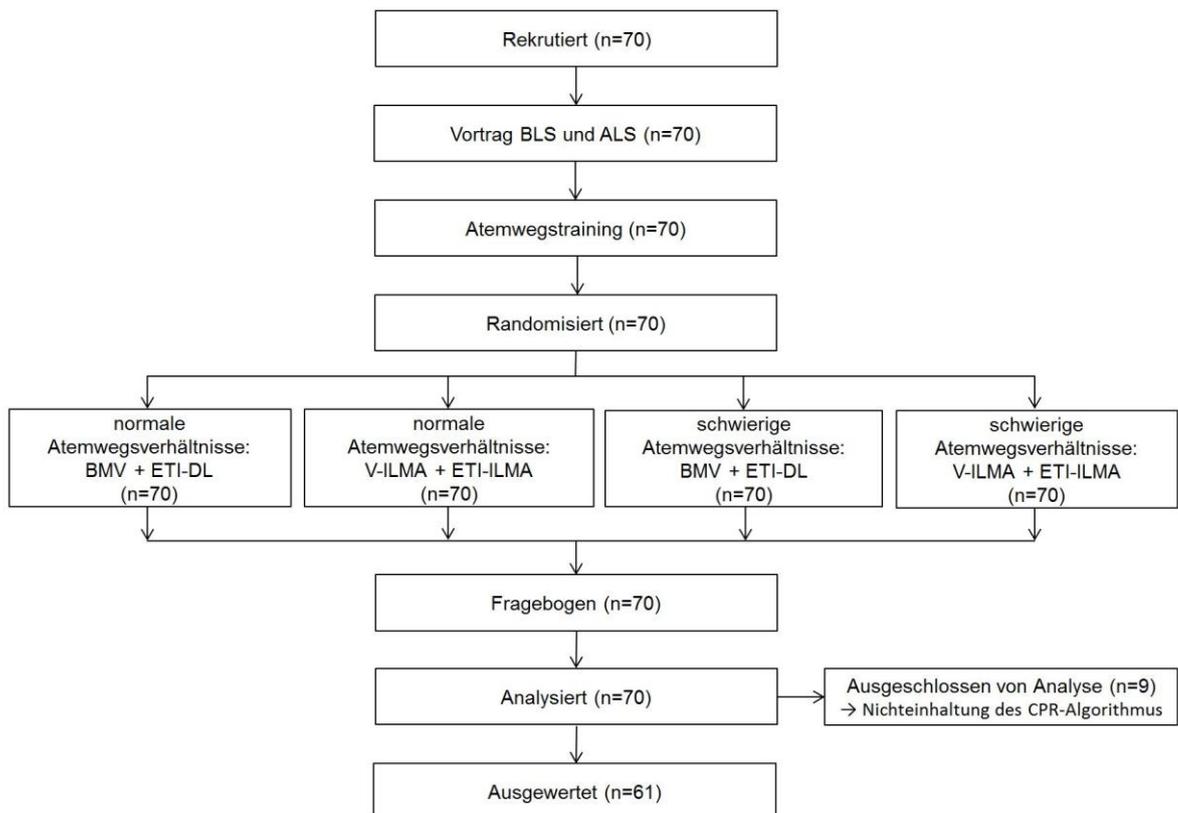


Abbildung 14: Flowchart Studienablauf

3.1 Biometrische Daten

Tabelle 4: Biometrische Daten			
	Männer (n=32)	Frauen (n=29)	Gesamt (n=61)
Größe	179* (±5) cm	169* (±7) cm	175 (±8) cm
Gewicht	80* (±10) kg	63* (±10) kg	72 (±13) kg
Mittelwert ± SD, n = Anzahl, cm = Zentimeter, kg = Kilogramm, * = p<0,0001			

3.2 Analyse Messwerte

3.2.1 HOT unabhängig von den Atemwegsverhältnissen

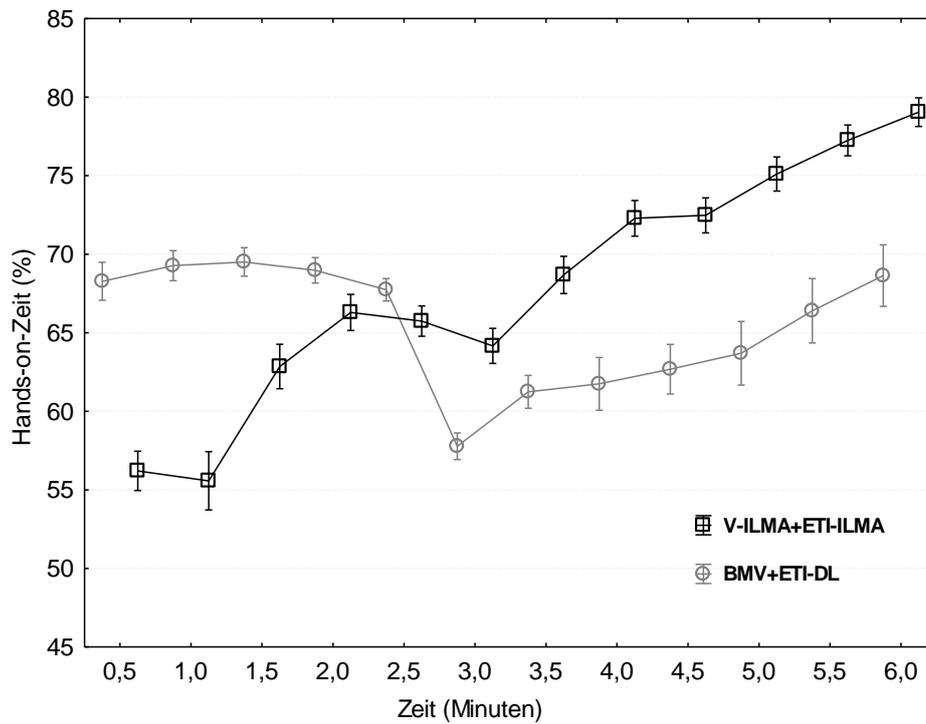


Abbildung 15: HOT in % über 6 Minuten, kategorisiert nach V-ILMA + ETI-ILMA (schwarze Quadrate) und BMV + ETI-DL (graue Kreise), dargestellt für alle Messungen, Mittelwert \pm SD

3.2.2 HOT bei normalen Atemwegsverhältnissen

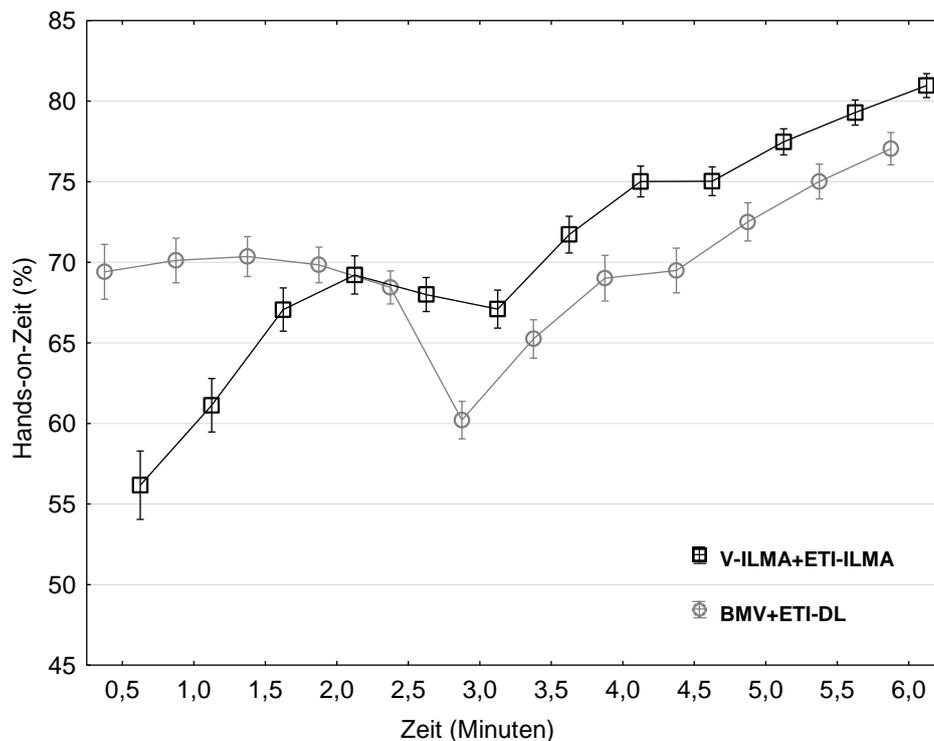


Abbildung 16: HOT in % über 6 Minuten, kategorisiert nach V-ILMA + ETI-ILMA (schwarze Quadrate) und BMV + ETI-DL (graue Kreise), dargestellt für Messungen bei normalen Atemwegsverhältnissen, Mittelwert \pm SD

3.2.3 HOT bei schwierigen Atemwegsverhältnissen

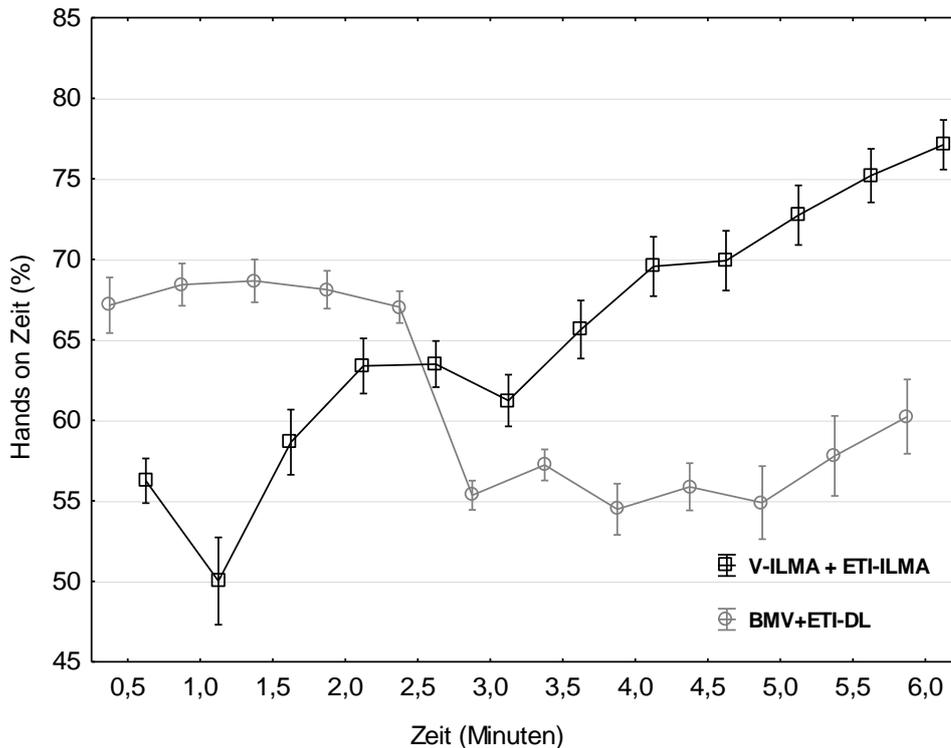


Abbildung 17: HOT in % über 6 Minuten, kategorisiert nach V-ILMA + ETI-ILMA (schwarze Quadrate) und BMV + ETI-DL (graue Kreise), dargestellt für Messungen bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, Mittelwert \pm SD

3.2.4 Zeitpunkt der ersten Ventilation: Vergleich BMV und V-ILMA

Die Ventilation war in allen Fällen erfolgreich, jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Unter Anwendung der BMV wurde signifikant früher als unter Anwendung der Ventilation mithilfe der Intubationslarynxmaske ventiliert. Bei normalen Atemwegsverhältnissen war die erste Ventilation unter Anwendung der BMV 6 Sekunden früher ($p < 0,001$), bei schwierigen Atemwegsverhältnissen 13 Sekunden früher ($p < 0,001$), (siehe Tabelle 6, Abbildung 18).

3.2.5 Zeitpunkt der endotrachealen Intubation: Vergleich ETI-DL und ETI-ILMA

Die ETI erfolgt unter Anwendung der Intubationslarynxmaske bei normalen und schwierigen Atemwegsverhältnissen früher als die ETI mithilfe der direkten Laryngoskopie. Der Unterschied bei normalen Atemwegsverhältnissen beträgt 14 Sekunden ($p < 0,0001$) und bei schwierigen Atemwegsverhältnissen beträgt die Differenz 80 Sekunden ($p < 0,0001$) (s. Tab. 6, Abb. 19). Die ETI konnte nicht immer im Zeitfenster von 30 Sekunden erfolgreich durchgeführt werden und scheiterte z.B. bei schwierigen Atemwegsverhältnissen unter Anwendung der direkten Laryngoskopie auch im dritten und letzten Versuch (s. Tab. 5).

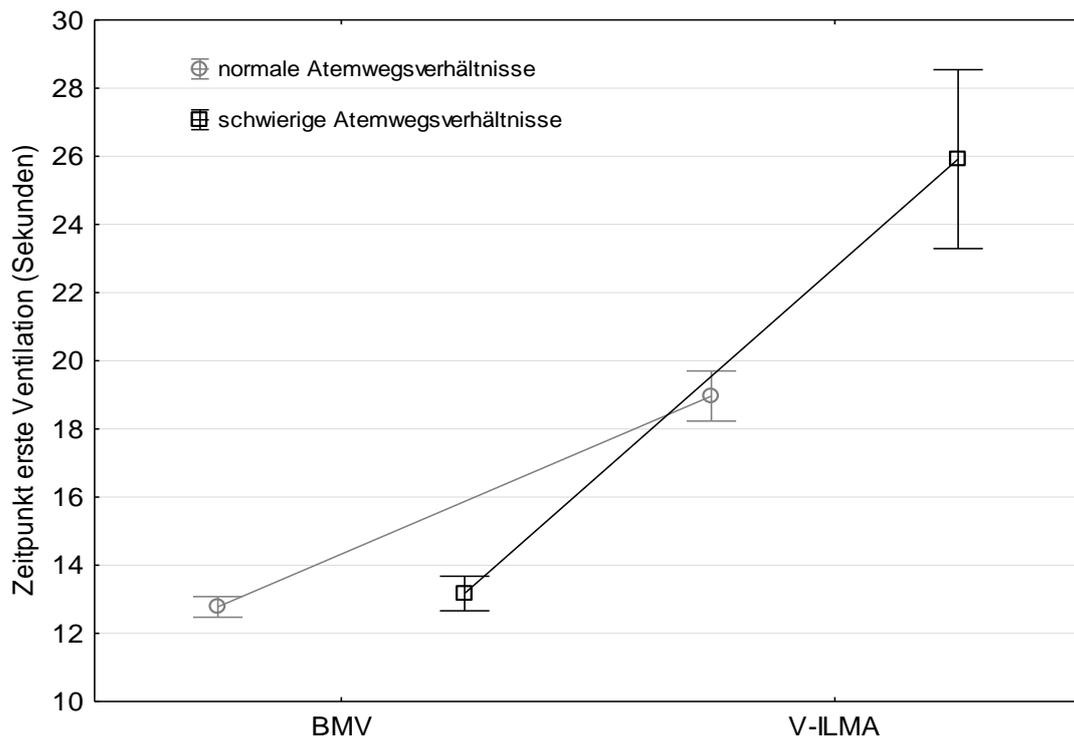


Abbildung 18: Zeitpunkt erste Ventilation (in Sekunden), gruppiert nach BMV und V-ILMA, kategorisiert nach normalen (graue Kreise) und schwierigen Atemwegsverhältnissen (schwarze Quadrate), Mittelwert \pm SD

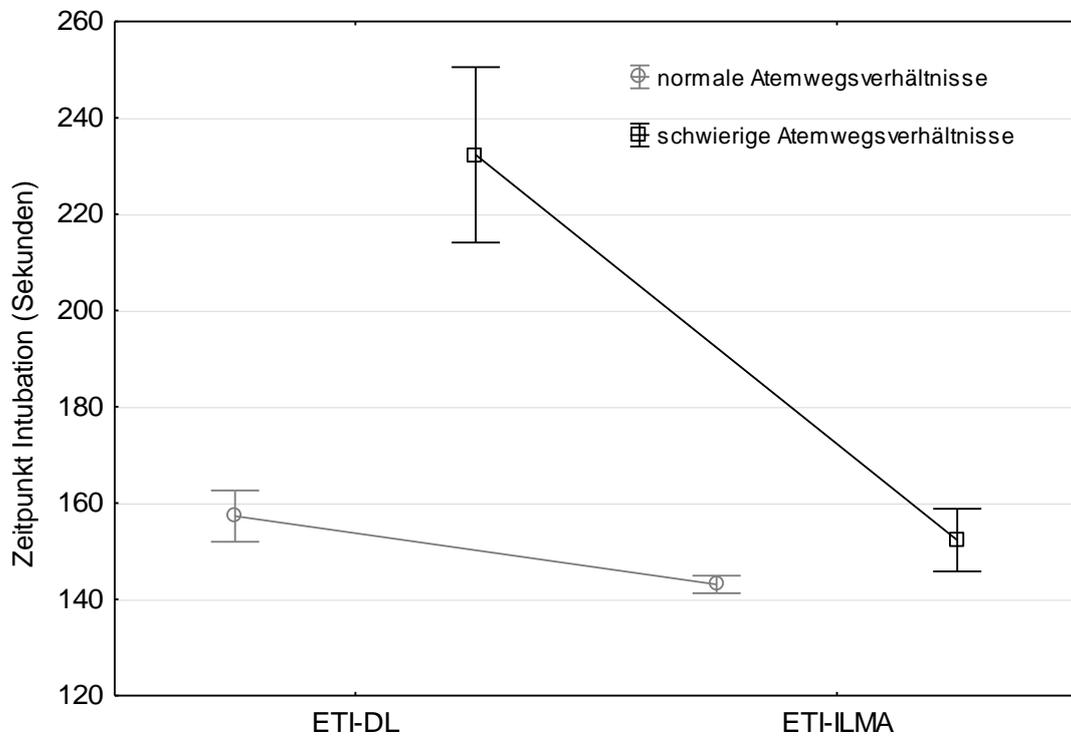


Abbildung 19: Zeitpunkt der Intubation, gruppiert nach ETI-DL und ETI-ILMA, kategorisiert nach normalen (graue Quadrate) und schwierigen Atemwegsverhältnissen (schwarze Quadrate), Mittelwert \pm SD

Tabelle 5: Erfolgsquote ETI		
	normale Atemwegsverhältnisse	schwierige Atemwegsverhältnisse
ETI-DL	1. Versuch 97% erfolgreich 2. Versuch 1.5% erfolgreich 3. Versuch 1.5% erfolgreich	1. Versuch 20% erfolgreich 2. Versuch 24% erfolgreich 3. Versuch 21% erfolgreich 35% ETI misslang
ETI-ILMA	1. Versuch 98.5% erfolgreich 2. Versuch 1.5% erfolgreich	1. Versuch 85% erfolgreich 2. Versuch 11.5% erfolgreich 3. Versuch 3.5% erfolgreich
ETI-DL = Platzierung des Trachealtubus mithilfe der direkten Laryngoskopie ETI-ILMA = Platzierung des Trachealtubus mithilfe der Intubationslarynxmaske		

3.2.6 Hands-on-Zeit Minute 2: BMV + ETI-DL vs. V-ILMA + ETI-ILMA

Die durchschnittliche Hands-on-Zeit zu Minute zwei zeigte bei normalen Atemwegsverhältnissen keinen signifikanten Unterschied zwischen BMV + DL und ILMA ($p=0,444$) (s. Tab. 6, Abb. 16). Bei schwierigen Atemwegsverhältnissen wurde unter Anwendung der ILMA mit 5 Prozent, bzw. 6 Sekunden mehr HOT jedoch ein klarer Unterschied zwischen beiden Methoden festgestellt ($p<0,0001$), (s. Tab. 6, Abb. 17).

3.2.7 Hands-on-Zeit Minute 6: BMV + ETI-DL vs. V-ILMA + ETI-ILMA

Die durchschnittliche Hands-on-Zeit am Ende der Szenarien zu Minute 6 war unter Anwendung der V-ILMA + ETI-ILMA, sowohl bei normalen als auch bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, signifikant länger als unter Anwendung der BMV + ETI-DL. Bei normalen Atemwegsverhältnissen zeigte sich eine Differenz von 4 % bzw. 15 Sekunden längerer Hands-on-Zeit für die ILMA (s. Tab. 6, Abb. 16). Unter schwierigen Atemwegsverhältnissen und Verwendung der ILMA zeigt sich mit 17 % bzw. 61 Sekunden längerer HOT ein deutlicher Unterschied (s. Tab. 6, Abb.17).

3.2.8 Auswertungsübersicht

Eine Übersicht aller Messwerte ist in Tabelle 6 dargestellt. In der ersten Spalte werden beide Atemwegsmethoden unabhängig von den Atemwegsverhältnissen, in der zweiten Spalte die Atemwegsverhältnisse unabhängig der Methode gegenübergestellt. In den beiden letzten Spalten wird sowohl nach Methode als auch nach Atemwegsverhältnis unterteilt.

Tabelle 6: Auswertungsübersicht Methode und Atemwegsverhältnisse; Vergleich der Ergebnisse von BMV + ETI-DL und V-ILMA + ETI-ILMA

	Methode		Atemwegsverhältnis		normale Atemwegsverhältnisse / Methode		schwierige Atemwegsverhältnisse / Methode	
	BMV+ETI-DL	V-ILMA+ETI-ILMA	nA	sA	BMV+ETI-DL	V-ILMA+ETI-ILMA	BMV+ETI-DL	V-ILMA+ETI-ILMA
Zeitpunkt erste Ventilation	13 (±2) Sek.	22 (±8) Sek.	16 (±4) Sek.	20 (±10) Sek.	13 (±1) Sek.	19 (±3) Sek.	13 (±2) Sek.	26 (±10) Sek.
	Differenz: 9 Sek. p<0,0001		Differenz: 4 Sek. p<0,0001		Differenz: 6 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025		Differenz: 13 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025	
	Interaktion Methode / Atemwegsverhältnis: p<0,0001, α-Level: 0,05							
Zeitpunkt Intubation	187 (±54) Sek.	148 (±19) Sek.	150 (±4) Sek.	184 (±10) Sek.	157 (±21) Sek.	143 (±7) Sek.	232 (±57) Sek.	152 (±25) Sek.
	Differenz: 39 Sek. p<0,0001		Differenz: 34 Sek. p<0,0001		Differenz: 14 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025		Differenz: 80 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025	
	Interaktion Methode / Atemwegsverhältnis: p<0,0001, α-Level: 0,05							
HOT Minute 2	69 (±5) % 83 (±6) Sek.	66 (±6) % 79 (±7) Sek.	70 (±4) % 84 (±5) Sek.	66 (±6) % 79 (±7) Sek.	70 (±4) % 84 (±5) Sek.	69 (±5) % 83 (±6) Sek.	68 (±5) % 82 (±6) Sek.	63 (±7) % 76 (±8) Sek.
	Differenz: 3%, 4 Sek. p<0,0001		Differenz: 4%, 5 Sek. p<0,0001		Differenz: 1%, 1 Sek. p<0,2945 α-Level: 0,025		Differenz: 5%, 6 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025	
	Interaktion Methode / Atemwegsverhältnis: p=0,0002, α-Level: 0,05							
HOT Minute 3	58 (±5) % 104 (±9) Sek.	64 (±6) % 115 (±11) Sek.	64 (±6) % 115 (±11) Sek.	58 (±6) % 104 (±11) Sek.	60 (±5) % 108 (9±) Sek.	67 (±5) % 121 (9±) Sek.	55 (±4) % 99 (±7) Sek.	61 (±6) % 110 (11±) Sek.
	Differenz: 6%, 11 Sek. p<0,0001		Differenz: 6%, 11 Sek. p<0,0001		Differenz: 7%, 13 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025		Differenz: 6%, 11 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025	
	Interaktion Methode / Atemwegsverhältnis: p=0,286, α-Level: 0,05							
HOT Minute 6	69 (±11) % 248 (±40) Sek.	79 (±5) % 284 (±18) Sek.	79 (±4) % 284 (±14) Sek.	69 (±11) % 248 (±40) Sek.	77 (±4) % 277 (14±) Sek.	81 (±3) % 292 (±11) Sek.	60 (±9) % 216 (±32) Sek.	77 (±6) % 277 (±22) Sek.
	Differenz: 10%, 36 Sek. p<0,0001		Differenz: 10%, 36 Sek. p<0,0001		Differenz: 4%, 15 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025		Differenz: 17%, 61 Sek. p<0,0001 α-Level: 0,025	
	Interaktion Methode / Atemwegsverhältnis: p<0,0001, α-Level: 0,05							

Die Daten sind als Mittelwert ± SD dargestellt, % = Prozent, Sek. = Sekunden, p = Signifikanzwert, α-Level = Signifikanzniveau, nA = normale Atemwegsverhältnisse, sA = schwierige Atemwegsverhältnisse, BMV + ETI-DL = Beutel-Masken-Ventilation mit anschließender Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie, V-ILMA + ETI-ILMA = Ventilation sowie anschließende Intubation mithilfe der Intubationslarynxmaske, HOT = Hands-on-Zeit

3.3 Analyse der Kollektive

Die Daten der männlichen Studierenden ähneln denen der weiblichen Studierenden ($p=0,451$), unterscheiden sich aber erheblich von den Resultaten der BF ($p=0,002$). Aus diesem Grund wurden die Studierenden als eine einzige Gruppe analysiert. Verglichen wurden die Ergebnisse der HOT zu Minute 2, 3 und 6 sowie die Zeitpunkte der ersten Ventilation und Intubation.

Die Vergleichsanalyse der BF mit den Studierenden zeigt bei normalen Atemwegsverhältnissen keinen signifikanten Unterschied in der HOT. Jedoch war die HOT bei schwierigen Atemwegsverhältnissen unter Verwendung der BMV + ETI-DL für die Studierenden wesentlich kürzer, und zwar sowohl zum Zeitpunkt der ETI (BF $53\% \pm 4\%$, 112 ± 8 Sekunden; Studierende $48\% \pm 4\%$, 128 ± 10 Sekunden; Differenz 5% $p=0,002$) (s. Abb. 20) als auch zum Zeitpunkt Minute sechs (BF $66\% \pm 9\%$, 238 ± 32 Sekunden; Studierende $56\% \pm 7\%$, 202 ± 25 Sekunden; Differenz 10% , 36 Sekunden, $p<0,001$) (s. Abb. 21).

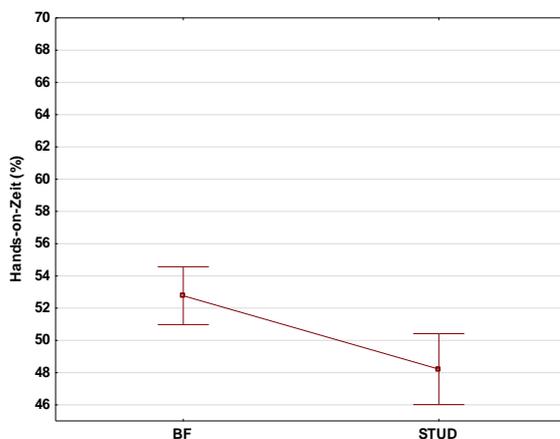


Abbildung 20: Hands-on-Zeit in % zum Zeitpunkt der Intubation bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, kategorisiert nach BF und Studierende, Mittelwert \pm SD
BF= Berufsfeuerwehr; STUD = Studierende

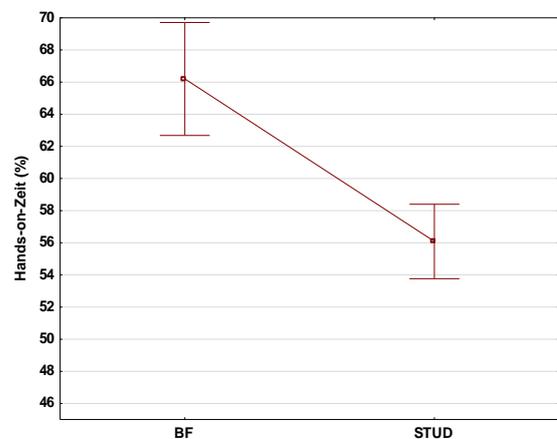


Abbildung 21: Hands-on-Zeit in % zum Zeitpunkt Minute 6 bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, kategorisiert nach BF und Studierende, Mittelwert \pm SD
BF= Berufsfeuerwehr; STUD = Studierende

Im Gegensatz dazu konnte unter Verwendung der V-ILMA + ETI-ILMA bei schwierigen Atemwegsverhältnissen kein signifikanter Unterschied zwischen der BF und den Studierenden festgestellt werden (HOT zum Zeitpunkt der ETI: BF $60\% \pm 4\%$, 92 ± 6 Sekunden; Studierende $58\% \pm 7\%$, 88 ± 1 Sekunden; $p=0,15$, HOT Zeitpunkt Minute sechs: BF $78\% \pm 5\%$, 281 ± 18 Sekunden; Studierende $77\% \pm 7\%$, 277 ± 25 Sekunden, $p=0,34$).

3.4 Auswertung des Fragebogens

3.4.1 Erfahrung der Probanden

Allen Probanden waren die in dieser Studie verwendeten Atemwegshilfsmittel bekannt, jedoch hatte keiner der Probanden Erfahrung im Umgang mit der ILMA, weder am Übungsmodell noch am Patienten. Die Probanden der BF waren im Umgang mit der endotrachealen Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie am Manikin, aufgrund regelmäßiger Fortbildungen, vertraut. Im Vergleich dazu hatten die Studierenden kaum Erfahrung im Umgang mit der ETI und der DL.

Bei der Anzahl der im Krankenhaus am Patienten durchgeführten Intubationen zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen der BF mit 14,2 Intubationen und den Studierenden mit 1,9 Intubationen (Differenz 12,3, $p < 0,00$). Auch bei den außerhalb des Krankenhauses durchgeführten Intubationen am Patienten unterscheiden sich die Kollektive. Der Mittelwert der BF liegt bei 1,6, der für die Studierenden bei 0,3 (Differenz 1,3; $p < 0,00$).

3.4.2 Allgemeine Auswertung

Alle Werte sind als Mittelwert angegeben. Die Probanden der BF hatten 5,9 Jahre Berufserfahrung. Reanimationsfortbildungen wurden zuletzt vor 9,3 Monaten durchgeführt. Bei der Anzahl der Sportstunden gaben die Probanden der BF 4,6 Stunden Sport pro Woche an.

In der Studierendengruppe gaben die männlichen Probanden 4,3 Stunden und die weiblichen Probanden 3,5 Stunden Sport pro Woche an.

Hinsichtlich der Anzahl der angegebenen Sportstunden pro Woche zeigt sich ein Unterschied zwischen den beiden Berufsgruppen (Differenz 1 Stunde, $p = 0,003$). Innerhalb der Gruppe der Studierenden gibt es diesbezüglich keinen wesentlichen Unterschied zwischen Männern und Frauen (Differenz 0,8 Stunden, $p = 0,1$).

Bei der Bewertung des Umgangs mit der Ventilation und Intubation unter Verwendung der Intubationslarynxmaske zeigt sich ein homogenes Bild. Die BF bewertet den Umgang mit 1,6 (1=sehr einfach, 4=sehr schwierig) und die Studierenden mit 1,8. Es konnte kein großer Unterschied, weder zwischen den Kollektiven (Differenz 0,2, $p = 0,86$) noch innerhalb der Studierendengruppe (Männer 1,8, Frauen 1,7, Differenz 0,1, $p = 0,67$) nachgewiesen werden.

Hinsichtlich der Selbsteinschätzung im Umgang mit der endotrachealen Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie unterscheiden sich die BF mit 6 und die Studierenden mit 5,5 unwesentlich (Differenz 0,5, $p=0,033$). Kein großer Unterschied zeigte sich auch bei den Studierenden (Männer 5,5, Frauen 5,4, Differenz 0,1, $p=0,82$).

Bei der Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten bezüglich der HDM unterscheiden sich die Kollektive. Die BF schätzte sich mit 6,8 und die Studierenden mit 7,1 ein (Differenz 0,3, $p=0,045$). Innerhalb der Studierendengruppe ist der Unterschied deutlich. Die weiblichen Probanden gaben 6,9 und die männlichen Probanden 8 an (Differenz 1,1 $p<0,0001$).

4 Diskussion

In dieser Studie wurden in einer simulierten Reanimationssituation am Manikin zwei Methoden des Atemwegsmanagement miteinander verglichen. Und zwar die Ventilation und Intubation mithilfe der Intubationslarynxmaske mit der Beutel-Masken-Ventilation und Intubation unter Anwendung der direkten Laryngoskopie. Dieser Vergleich wurde sowohl unter leichten als auch unter schwierigen Atemwegsverhältnissen durchgeführt. Zusätzlich wurden zwei Kollektive mit unterschiedlicher Erfahrung im Bereich des Atemwegsmanagements untersucht. Es wurde analysiert, wie sich die Atemwegsverhältnisse, die Methode des Atemwegssmanagement und die Erfahrung im Bereich des Atemwegsmanagement auf die Hands-on-Zeit auswirken.

Unsere wichtigsten Ergebnisse waren:

- 1) Die Hands-on-Zeit ist, unabhängig von der verwendeten Methode des Atemwegsmanagement, bei schwierigen Atemwegsverhältnissen signifikant kürzer.
- 2) Unter Verwendung der Intubationslarynxmaske ist die Hands-on-Zeit länger:
 - Dies trifft bei normalen und insbesondere bei schwierigen Atemwegsverhältnissen zu.
 - Weder Erfahrung bezüglich des Atemwegsmanagements oder das Kollektiv haben hierauf einen Einfluss.
- 3) Unter Anwendung der Beutel-Masken-Ventilation und Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie hat die Vorerfahrung mit dieser Methode bei schwierigen Atemwegsverhältnissen einen signifikanten Einfluss auf die Hands-on-Zeit:
 - bei schwierigen Atemwegsverhältnissen war die Hands-on-Zeit bei der BF länger.
 - bei normalen Atemwegsverhältnissen gibt es keinen Unterschied zwischen den beiden Kollektiven.

4.1 Ventilation

4.1.1 Zeitpunkt der initialen Ventilation

Frühere Manikin-Studien zeigen, dass die Ventilation und Intubation mithilfe der Intubationslarynxmaske schneller durchzuführen ist als mit der Beutel-Masken-Ventilation und der direkten Laryngoskopie (Timmermann et al. 2007a, Timmermann et al. 2007b). Unsere Erkenntnisse bestätigen diese Ergebnisse teilweise.

Während in unserer Manikin-Studie unter Verwendung der ILMA die Intubation früher durchgeführt werden konnte, benötigt die initiale Ventilation mittels ILMA mehr Zeit im Vergleich zur BMV. Die ILMA benötigte bei normalen Atemwegsverhältnissen 19 Sekunden und bei schwierigen Atemwegsverhältnissen 26 Sekunden (Mittelwerte, s. Abb. 18, Tab. 6). Damit ist die in unserer Studie gemessene Zeit bis zur Platzierung/Ventilation der ILMA klinischen Studien am Patienten relativ ähnlich. Diese zeigen, dass zur Platzierung der ILMA zwischen 23 und 28 Sekunden (Mittelwert) benötigt werden (Choyce et al. 2001, Kleine-Brueggeney et al. 2011, Panwar et al. 2013). Die Insertion der ILMA wird als relativ einfach angesehen (Burgoyne und Cyna 2001, Choyce et al. 2001). Zur supraglottischen Platzierung der Maske müssen jedoch die oropharyngealen Strukturen überwunden werden. Durch das in unserer Studie simulierte Anschwellen der oropharyngealen Strukturen des Manikin war vor allem bei schwierigen Atemwegsverhältnissen die Insertion der ILMA erschwert und zeitaufwändiger.

Die erste Ventilation mithilfe der BMV erfolgte unabhängig von den Atemwegsverhältnissen durchschnittlich nach 13 Sekunden. Eine klinische Studie von Dorges et al. zeigt jedoch, dass bei elektiven chirurgischen Patienten zur ersten Ventilation im Median 20 Sekunden benötigt werden und somit länger als in unserer Manikin-Studie (Dorges et al. 2003). Die schnellere Ventilation mithilfe der BMV in unserer Manikin-Studie erklären wir uns wie folgt: Wir vermuten, dass sich der Manikin im Vergleich zum realen Patienten leichter bzw. schneller beatmen lässt, unter anderem da keine anatomischen Besonderheiten wie unterschiedliche Größenverhältnisse der Nasenwurzel und des Kinns das Platzieren der Maske erschwert. Deakin et al. beschreiben, dass

die Verwendung der BMV von einer einzelnen Person erhebliche Geschicklichkeit erfordert da es oft schwierig ist, mit einer Hand eine gasdichte Abdichtung zwischen der Maske und dem Gesicht des Patienten zu realisieren, während die andere Hand den Beutel komprimiert (Deakin et al. 2010). Wir vermuten, dass in einer präklinischen Situation die BMV aufgrund erschwerter Bedingungen wie anatomischen Besonderheiten und Umgebungsvariablen in der Regel schwieriger durchzuführen sein wird als am Manikin.

4.1.2 Einfluss auf die Hands-on-Zeit

Da für den Zeitraum der Platzierung der ILMA keine HDM erfolgte, war die HOT zu Beginn der Szenarios, im Vergleich zur Ventilation mittels der BMV, kürzer. Dennoch relativierte sich dieser Nachteil bei normalen Atemwegsverhältnissen bereits nach 2,2 Minuten und bei schwierigen Atemwegsverhältnissen nach 2,5 Minuten (s. Abb. 16,17, Tab. 6). Ab diesen Zeitpunkten ist die HOT unter Anwendung der ILMA länger. Diese Ergebnisse wurden nicht durch die folgende ETI mit kontinuierlicher HDM beeinflusst. Die ETI erfolgte bei normalen Atemwegsverhältnissen erst nach 2,4 Minuten und bei schwierigen Atemwegsverhältnissen erst nach 2,5 Minuten (s. Tab.6).

Die Ergebnisse zeigen, dass die Ventilation über die einmal platzierte ILMA weniger Zeit beansprucht, da im Gegensatz zur BMV eine Repositionierung der Beatmungsmaske, beim Wechsel von Thoraxkompressionen zu Beatmung bei jedem Beatmungszyklus, entfällt. Das führt, unter Anwendung der ILMA, trotz späteren Beginns der HDM zur längeren HDM zwischen den Wechseln und damit spätestens nach 2,5 Minuten zu einer längeren HOT. Nach den aktuellen Leitlinien ist es auch möglich über eine EGA eine kontinuierliche HDM durchzuführen (Soar et al. 2015). Dies ist jedoch nur dann zulässig wenn keine Leckage zu hören ist. Da gerade im Rahmen der HDM hohe Beatmungsdrücke notwendig sind, ist eine endotracheale Intubation weiterhin die beste Methode der Ventilation in einer Reanimation.

4.2 Intubation

Die ETI stellt hohe Anforderungen an den Anwender. Es wird beschrieben, dass etwa 60-80 Intubationen benötigt werden um unter elektiven und optimierten Bedingungen eine Erfolgsrate von durchschnittlich 90 % zu erreichen (Konrad et al. 1998). Khandelwal et al. konnten zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit einer schwierigen Intubation im Rahmen eines im Krankenhaus aufgetretenen Herzstillstandes selbst für erfahrene Anwender erhöht ist (Khandelwal et al. 2014). Während das Auftreten eines schwierigen Atemweges innerhalb des Krankenhauses perioperativ mit 1 bis 4 % beschrieben wurde, (Benumof 1991) zeigt eine Studie von Timmermann et al., dass außerhalb des Krankenhauses die Wahrscheinlichkeit bei 14,8 % liegt (Timmermann et al. 2006). Die ETI gilt in Notfallsituationen außerhalb des Krankenhauses als wesentlich schwieriger und weniger erfolgreich im Vergleich zu den kontrollierten Bedingungen im Operationssaal (Timmermann et al. 2006, Timmermann et al. 2007c). Beim Vorliegen von schwierigen Atemwegsverhältnissen konnten 85 % unserer Probanden die Platzierung des Endotrachealtubus mittels der DL nicht im ersten Versuch durchführen und 35 % konnten den Tubus auch im dritten und letzten Versuch nicht platzieren. Eine Manikin-Studie von Gruber et al. ermittelte 65 % Fehlschläge der konventionellen ETI mithilfe der DL im ersten Versuch (Gruber et al. 2013) und eine präklinischen Metaanalyse beschreibt bis zu 30 % letztendliche Fehlschläge der endotrachealen Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie (Hubble et al. 2010).

Im Vergleich zur konventionellen Intubation unter Anwendung der DL scheint die ILMA geringere Anforderungen an den Anwender zu stellen. In unserer Manikin-Studie ist in 80 % der Fälle die ETI mithilfe der ILMA im ersten Versuch erfolgreich (s. Tab. 5). Dies deckt sich mit Daten aus klinischen Studien (Baskett et al. 1998, Ferson et al. 2001, Kleine-Brueggeney et al. 2011). Kleine et al. konnten zeigen, dass die Intubation mithilfe der ILMA unter klinischen Bedingungen bei Patienten mit zu erwartenden schwierigen Atemwegen zu 79 % beim ersten Versuch erfolgreich war. Baskett et al. beschreiben eine Erfolgsrate der Intubation mithilfe der ILMA von 79,8 % und Ferson et al. 75,5 % beim ersten Versuch.

4.2.1 Zeitpunkt der Intubation

Unsere Ergebnisse zeigen, dass unter schwierigen Atemwegsverhältnissen die ETI mithilfe der ILMA deutlich weniger Zeit benötigt als mit der DL. Der Vergleich des Intubationszeitpunktes beider Methoden zeigt, sowohl bei normalen als auch bei schwierigen Atemwegsverhältnissen einen erheblichen Unterschied. Mithilfe der ILMA kann der Endotrachealtubus bei normalen Atemwegsverhältnissen 14 Sekunden und bei schwierigen Atemwegsverhältnissen 80 Sekunden früher erfolgreich platziert werden als unter Anwendung der direkten Laryngoskopie (s. Abb. 16, Abb. 17). Zwei Faktoren können dies erklären. Erstens: Die im Rahmen der initialen Ventilation bereits platzierte ILMA ermöglicht die nachfolgende rasche ETI mit anschließender kontinuierlicher HDM. Zweitens: Die konventionelle ETI stellt hohe Anforderungen an den Anwender (Konrad et al. 1998) und benötigt daher mehr Zeit. Dies trifft vor allem bei schwierigen Atemwegsverhältnissen zu.

4.2.2 Einfluss auf die Hands-on-Zeit

Frühere Studien haben sich bereits mit dem erschwerten Atemwegsmanagement innerhalb sowie außerhalb des Krankenhauses und dem Einsatz von extraglottischen Atemwegshilfen befasst. (Chen und Hsiao 2008, Deakin et al. 2010, Murdoch und Cook 2008, Timmermann et al. 2006, Timmermann et al. 2007a, Timmermann et al. 2007b, Wiese et al. 2008, Wiese et al. 2009). Die Vorteile der EGA im Hinblick auf die Hands-on-Zeit sowie der Einfluss von schwierigen Atemwegsverhältnissen wurden jedoch nicht untersucht. Da in unserer Manikin-Studie jeder Versuch der Atemwegssicherung mit einer Unterbrechung der Herzdruckmassage einhergeht, ist die Hands-on-Zeit unter Anwendung der direkten Laryngoskopie mit multiplen Intubationsversuchen kürzer. Zum Ende des Szenarios kam es zu einer Verkürzung der Hands-on-Zeit um 4 % bei normalen und 17 % bei schwierigen Atemwegsverhältnissen (s. Tab. 6). Zusammenfassend zeigt sich, dass die Unterbrechungen der Herzdruckmassage unter Verwendung der Intubationslarynxmaske signifikant kürzer sind. Dies trifft für normale Atemwegsverhältnisse und insbesondere für schwierige Atemwegsverhältnisse zu. Wir vermuten daher, dass die Anwendung der Intubationslarynxmaske auch in einer realen Reanimationssituation die Hands-on-Zeit verlängern kann.

4.3 Kollektive: Vergleich Berufsfeuerwehr mit Studierenden

Unter Anwendung der Beutel-Masken-Ventilation und Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie zeigt sich bei schwierigen Atemwegsverhältnissen ein Unterschied zwischen den Kollektiven. Die Hands-on-Zeit war bei schwierigem Atemwegsverhältnissen für die Studierenden erheblich niedriger. Sowohl zum Zeitpunkt der Intubation (5 %) als auch zum Zeitpunkt Minute sechs (10 %) (s. Abb. 18 u. 19). Mehrere Gründe könnten dies erklären:

Zum einen haben die Teilnehmer der BF mehr Erfahrung mit der Atemwegssicherung eines Manikin (s. Kap. 2.2.1). Gleichwohl gaben alle Probanden an, den für die Studie verwendeten Manikin (SimMan3G) bisher nicht verwendet zu haben, um einzelne Fähigkeiten wie die DL zu trainieren.

Zum anderen erfordert die Darstellung der Glottis des Manikin vor allem bei schwierigen Atemwegsverhältnissen einen erheblichen Kraftaufwand (Carassiti et al. 2012). Das Geschlecht der Probanden ist daher möglicherweise ein Surrogat-Parameter bezüglich der muskulären Kraft und beeinflusst damit das Ergebnis (Russo et al. 2011). Dass die Probanden der BF die Intubation bei schwierigen Atemwegsverhältnissen mithilfe der DL besser beherrschen als die Studierenden könnte daran liegen, dass sie körperlich stärker sind.

Es gibt hingegen keinen Unterschied zwischen der BF und den Studierenden bei Verwendung der Intubationslarynxmaske zur Ventilation und Intubation bei schwierigen Atemwegsverhältnissen. Das deutet darauf hin, dass die erfolgreiche Anwendung der ILMA von den praktischen Fertigkeiten des Anwenders abhängt und nicht von anderen potenziell beeinflussenden biometrischen Parametern. Die Ergebnisse dieser Manikin-Studie könnten auch in einer realen Situation zutreffen.

4.4 Einschränkungen

Eingeschränkt wird unsere Studie dadurch, dass sie unmittelbar vor der Veröffentlichung der ERC-Leitlinien von 2010 durchgeführt wurde. In der ERC-Leitlinie von 2010 wurde die Notwendigkeit einer kontinuierlichen Herzdruckmassage nochmals betont und die maximale Zeit zur Unterbrechung

der HDM von 30 auf 10 Sekunden reduziert. In den Leitlinien von 2015 sogar auf 5 Sekunden oder weniger (Soar et al. 2015). Die Tatsache, dass wir in unserer Studie entsprechend der damals geltenden Leitlinien Unterbrechungen von bis zu 30 Sekunden erlaubten könnte unsere Ergebnisse, zum Nachteil der Methode BMV + ETI-DL, vor allem bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, verzerrt haben. Dennoch würden diese Ergebnisse in Bezug auf den Wechsel von Ventilation und Thoraxkompression gleich bleiben. Der Wechsel zwischen Ventilation und HDM bleibt bis zur endotrachealen Intubation auch in den aktuellen ERC-Leitlinien von 2010 und 2015 bestehen.

Weiterhin empfehlen die ERC-Leitlinien 2015 eine Intubation bei laufender Herzdruckmassage, wissend, dass die Intubation unter laufender HDM die Erfolgsrate negativ beeinflussen kann. Im Vergleich zur Intubation unter Verwendung der direkten Laryngoskopie wird die Platzierung des Trachealtubus mithilfe der ILMA jedoch nicht durch die Thoraxkompressionen beeinflusst. Wir vermuten daher, dass die grundlegenden Schlussfolgerungen unserer Ergebnisse auch unter den aktuellen Leitlinien die gleiche Gültigkeit haben.

Die Übertragung der Ergebnisse dieser Manikin-Studie auf reale Patienten sollte mit Vorsicht durchgeführt werden. Es bestehen Unterschiede zu einer realen Situation, sowohl bezüglich der Anatomie (Schebesta et al. 2012) als auch im Hinblick auf die Anwendung der Atemwegshilfsmittel (Rai und Popat 2011). Dennoch, für den Vergleich von ILMA und BMV + DL konnten frühere Studien zeigen, dass die Ergebnisse einer Manikin-Studie (Timmermann et al. 2007b) auch auf die Realität (Timmermann et al. 2007a) übertragbar sind. Wir gehen daher davon aus, dass unsere Ergebnisse im Rahmen einer realen Reanimationssituation, sowohl für die Ventilation als auch für die Intubation bei leichten und schwierigen Atemwegsverhältnissen prinzipiell gültig sind.

5 Zusammenfassung

Eine möglichst kontinuierliche Herzdruckmassage gilt als eindeutiger Überlebensvorteil für Patienten mit einem Herzkreislaufstillstand. Daher sollten alle Maßnahmen, welche die Herzdruckmassage potentiell unterbrechen, vermieden bzw. zeitlich auf ein Minimum reduziert werden. Wir konnten zeigen, dass Unterbrechungen der Herzdruckmassage im Rahmen einer Reanimationssituation zu einem beträchtlichen Teil durch das Atemwegsmanagement bedingt sind.

Wir kamen in unserer Manikin-Studie zu dem Ergebnis, dass die Hands-on-Zeit unabhängig von der verwendeten Methode des Atemwegsmanagement, bei schwierigen Atemwegsverhältnissen signifikant kürzer ist. Auffallend ist, dass die Hands-on-Zeit unter Verwendung der Intubationslarynxmaske zur Ventilation und Intubation länger war als unter Verwendung der Beutelmaskenbeatmung und Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie. Das trifft vor allem bei schwierigen Atemwegsverhältnissen zu.

Die Erfahrung der Probanden bezüglich des Atemwegsmanagement hat einen signifikanten Einfluss auf die Hands-on-Zeit. Unter Anwendung der Beutelmaskenbeatmung und Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie war, bei schwierigen Atemwegsverhältnissen, die Hands-on-Zeit bei Probanden mit geringer Erfahrung kürzer. Demgegenüber hat die Vorerfahrung bei Anwendung der Intubationslarynxmaske zur Ventilation und Intubation keinen Einfluss auf die Hands-on-Zeit. Unsere Ergebnisse könnten daher für die präklinische Situation von Bedeutung sein, da die Atemwegssicherung hier oft durch ungeübte Anwender durchgeführt wird und als besonders schwierig gilt.

In der Summe konnten wir zeigen, dass im Rahmen einer Reanimation die Optimierung der Ventilation und Atemwegssicherung, vor allem für unerfahrene Anwender, die Hands-on-Zeit verlängert. Die Verwendung einer Intubationslarynxmaske könnte hierbei eine relevante Rolle spielen.

6 Literaturverzeichnis

- Baskett PJ, Parr MJ, Nolan JP (1998): The intubating laryngeal mask. Results of a multicentre trial with experience of 500 cases. *Anaesthesia* 53(12), 1174-9
- Benumof JL (1991): Management of the difficult adult airway. With special emphasis on awake tracheal intubation. *Anesthesiology* 75(6), 1087-110
- Brain AI (1983): The laryngeal mask--a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 55(8), 801-5
- Burgoyne L, Cyna A (2001): Laryngeal mask vs intubating laryngeal mask: insertion and ventilation by inexperienced resuscitators. *Anaesth Intensive Care* 29(6), 604-8
- Carassiti M, Zanzonico R, Cecchini S, Silvestri S, Cataldo R, Agro FE (2012): Force and pressure distribution using Macintosh and GlideScope laryngoscopes in normal and difficult airways: a manikin study. *Br J Anaesth* 108(1), 146-51
- Chen L, Hsiao AL (2008): Randomized trial of endotracheal tube versus laryngeal mask airway in simulated prehospital pediatric arrest. *Pediatrics* 122(2), e294-7
- Choyce A, Avidan MS, Shariff A, Del Aguila M, Radcliffe JJ, Chan T (2001): A comparison of the intubating and standard laryngeal mask airways for airway management by inexperienced personnel. *Anaesthesia* 56(4), 357-60
- Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, Kudenchuk P, Hostler D, Powell J, Callaway CW, Bishop D, Vaillancourt C, Davis D et al. (2009): Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation* 120(13), 1241-7
- Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, Perkins GD (2010): European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 81(10), 1305-52
- Dorges V, Wenzel V, Knacke P, Gerlach K (2003): Comparison of different airway management strategies to ventilate apneic, nonpreoxygenated patients. *Crit Care Med* 31(3), 800-4
- Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, Wik L, Myklebust H, Barry AM, Merchant RM, Hoek TL, Steen PA, Becker LB (2006): Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 71(2), 137-45

- Ewy GA (2005): Cardiocerebral resuscitation: the new cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 111(16), 2134-42
- Ferson DZ, Rosenblatt WH, Johansen MJ, Osborn I, Ovassapian A (2001): Use of the intubating LMA-Fastrach in 254 patients with difficult-to-manage airways. *Anesthesiology* 95(5), 1175-81
- Gatward JJ, Thomas MJ, Nolan JP, Cook TM (2008): Effect of chest compressions on the time taken to insert airway devices in a manikin. *Br J Anaesth* 100(3), 351-6
- Gruber C, Nabecker S, Wohlfarth P, Ruetzler A, Roth D, Kimberger O, Fischer H, Frass M, Ruetzler K (2013): Evaluation of airway management associated hands-off time during cardiopulmonary resuscitation: a randomised manikin follow-up study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21(10)
- Hubble MW, Brown L, Wilfong DA, Hertelendy A, Benner RW, Richards ME (2010): A meta-analysis of prehospital airway control techniques part I: orotracheal and nasotracheal intubation success rates. *Prehosp Emerg Care* 14(3), 377-401
- Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Ewy GA (1998): Efficacy of chest compression-only BLS CPR in the presence of an occluded airway. *Resuscitation* 39(3), 179-88
- Khandelwal N, Galgon RE, Ali M, Joffe AM (2014): Cardiac arrest is a predictor of difficult tracheal intubation independent of operator experience in hospitalized patients. *BMC Anesthesiol* 14(38)
- Kleine-Brueggene M, Theiler L, Urwyler N, Vogt A, Greif R (2011): Randomized trial comparing the i-gel and Magill tracheal tube with the single-use ILMA and ILMA tracheal tube for fiberoptic-guided intubation in anaesthetized patients with a predicted difficult airway. *Br J Anaesth* 107(2), 251-7
- Konrad C, Schupfer G, Wietlisbach M, Gerber H (1998): Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg* 86(3), 635-9
- Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, Greif R, Maconochie IK, Nikolaou NI, Perkins GD, Soar J, Truhlar A, Wyllie J et al. (2015): European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation* 95(1-80)
- Murdoch H, Cook TM (2008): Effective ventilation during CPR via an LMA-Supreme. *Anaesthesia* 63(3), 326
- Nolan J (2005): European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 1. Introduction. *Resuscitation* 67 Suppl 1(S3-6)

- Panwar M, Bharadwaj A, Chauhan G, Kalita D (2013): Intubating laryngeal mask airway as an independent ventilatory and intubation device. A comparison between supine, right lateral and left lateral. *Korean J Anesthesiol* 65(4), 306-11
- Perkins GD, Handley AJ, Koster RW, Castren M, Smyth MA, Olasveengen T, Monsieurs KG, Raffay V, Grasner JT, Wenzel V et al. (2015): European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation* 95(81-99)
- Rai MR, Papat MT (2011): Evaluation of airway equipment: man or manikin? *Anaesthesia* 66(1), 1-3
- Russo SG, Neumann P, Reinhardt S, Timmermann A, Niklas A, Quintel M, Eich CB (2011): Impact of physical fitness and biometric data on the quality of external chest compression: a randomised, crossover trial. *BMC Emerg Med* 11(20)
- Sanders AB, Kern KB, Atlas M, Bragg S, Ewy GA (1985): Importance of the duration of inadequate coronary perfusion pressure on resuscitation from cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol* 6(1), 113-8
- Schebesta K, Hupfl M, Rossler B, Ringl H, Muller MP, Kimberger O (2012): Degrees of reality: airway anatomy of high-fidelity human patient simulators and airway trainers. *Anesthesiology* 116(6), 1204-9
- Soar J, Nolan JP, Bottiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB et al. (2015): European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 95(100-47)
- Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Brauer A, Rosenblatt WH, Braun U (2006): Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation* 70(2), 179-85
- Timmermann A, Russo SG, Crozier TA, Eich C, Mundt B, Albrecht B, Graf BM (2007a): Novices ventilate and intubate quicker and safer via intubating laryngeal mask than by conventional bag-mask ventilation and laryngoscopy. *Anesthesiology* 107(4), 570-6
- Timmermann A, Russo SG, Crozier TA, Nickel EA, Kazmaier S, Eich C, Graf BM (2007b): Laryngoscopic versus intubating LMA guided tracheal intubation by novice users--a manikin study. *Resuscitation* 73(3), 412-6
- Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, Quintel M (2007c): The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg* 104(3), 619-23

- Wang HE, Seitz SR, Hostler D, Yealy DM (2005): Defining the learning curve for paramedic student endotracheal intubation. *Prehosp Emerg Care* 9(2), 156-62
- Weksler N, Tarnopolski A, Klein M, Schily M, Rozentsveig V, Shapira AR, Gurman GM (2005): Insertion of the endotracheal tube, laryngeal mask airway and oesophageal-tracheal Combitube. A 6-month comparative prospective study of acquisition and retention skills by medical students. *Eur J Anaesthesiol* 22(5), 337-40
- Wiese CH, Bahr J, Bergmann A, Bergmann I, Bartels U, Graf BM (2008): [Reduction in no flow time using a laryngeal tube: comparison to bag-mask ventilation]. *Anaesthesist* 57(6), 589-96
- Wiese CH, Bahr J, Popov AF, Hinz JM, Graf BM (2009): Influence of airway management strategy on "no-flow-time" in a standardized single rescuer manikin scenario (a comparison between LTS-D and I-gel). *Resuscitation* 80(1), 100-3
- Wiese CH, Bartels U, Schultens A, Steffen T, Torney A, Bahr J, Graf BM (2011): Using a laryngeal tube suction-device (LTS-D) reduces the "no flow time" in a single rescuer manikin study. *J Emerg Med* 41(2), 128-34

Publikation der Ergebnisse

Teile dieser Studie wurden im European Journal of Emergency Medicine unter dem Titel ``Bag-mask ventilation and direct laryngoscopy versus intubating laryngeal mask airway: a manikin study of hands-on times during cardiopulmonary resuscitation`` veröffentlicht (June 2014 - Volume 21 - Issue 3).

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Prof. Dr. med. G. Russo für die sehr gute Betreuung meiner Dissertation. Seine fortwährende Unterstützung zeichnete sich durch wertvolle Ratschläge und prompte Korrespondenz aus.

Mein Dank geht auch an die ehemaligen Kommilitonen des klinischen Fachsemesters Medizin sowie den Mitarbeitern der Berufsfeuerwehr Göttingen, die die Untersuchung zum Dissertationsthema ermöglicht haben.

Herrn Dr. Hans Joachim Helms danke ich für die Beratung bei der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse.

Herzlich bedanke ich mich bei meinen Eltern und bei Frau Christiane Ringer die mir immer unterstützend zur Seite standen.

Lebenslauf

Am 28. August 1983 wurde ich, Christoph Stradtman, in Heidelberg geboren. Von 1990 bis 1994 besuchte ich die Grundschule in Malschenberg und anschließend das Gymnasium in Wiesloch. Im Jahr 2000 wechselte ich auf das Technische Gymnasium in Heidelberg und erwarb dort im Jahr 2003 die allgemeine Hochschulreife. 2003 absolvierte ich die Ausbildung zum Rettungshelfer mit anschließendem Freiwilligen Sozialen Jahr beim Deutschen Roten Kreuz in Heidelberg. Nach einem achtmonatigen Sprachaufenthalt in Australien begann ich im Wintersemester 2005/2006 das Studium der Humanmedizin an der Georg-August-Universität in Göttingen. Den Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung legte ich im September 2007, den Zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung im Juni 2012 ab. Seit März 2013 arbeite ich in der Abteilung für Unfallchirurgie im Evangelischen Krankenhaus Göttingen-Weende.