

Diplomarbeit

**Präklinisches Atemwegsmanagement
Eine Übersicht über aktuelle Studien**

eingereicht von

Joshua Tobias Epple

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Gerhard Prause

und

Univ. FA Dr.med.univ. Philipp Zoidl

Graz, am 08.09.2021

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 08.09.2021

Joshua Tobias Epple eh

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei meinem Betreuer, Dr. Philipp Zoidl bedanken, welcher mich während der gesamten Zeit der Erstellung dieser Arbeit hilfreich unterstützte und bei Fragen und Anregungen zur Verfügung stand.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Prof. Prause, ohne welchen eine Bearbeitung des Themas nicht möglich gewesen wäre.

Außerdem möchte ich mich bei meiner Familie für ihre große Unterstützung während des Studiums bedanken. Durch diesen Beistand wurde das Studium erst so ermöglicht, wie ich es erleben durfte. Danke, dass ihr immer auf meiner Seite steht.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abkürzungen und deren Erklärung.....	6
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	8
Zusammenfassung.....	9
Abstract.....	11
1 Einleitung	12
1.1 <i>Physiologie der Atmung</i>	12
1.1.1 Ventilation.....	12
1.1.2 Oxygenierung und Decarboxylierung.....	13
1.2 <i>Anatomie der Atmung</i>	14
1.3 <i>Indikation zur Atemwegssicherung</i>	16
1.4 <i>Hilfsmittel zur Atemwegssicherung:</i>	18
1.4.1 Beutel-Maske Beatmung:.....	18
1.4.2 NIV:	19
1.4.3 Extraglottische Atemwegshilfen:.....	20
1.4.4 Endotracheale Intubation:	24
2 Material und Methodik.....	27
3 Ergebnisse	28
3.1 <i>Allgemeines zum Atemwegsmanagement:</i>	28
3.2 <i>Beutel-Maske- Beatmung:</i>	29
3.2.1 Beutel-Maske vs. advanced Airway:	29
3.3 <i>Verzögerungen/ Hands-off time bei der Atemwegssicherung:</i>	34
3.4 <i>Larynxtubus:</i>	37
3.4.1 Vorteile des Larynxtubus	37
3.4.2 Einflussfaktoren einer erschwerten Larynxintubation	40
3.4.3 ÖGARI-Stellungnahme.....	41
3.4.4 Komplikationen und Schwächen des Larynxtubus	41
3.4.5 Larynxtubus vs. Endotrachealtubus:	45
3.5 <i>Larynxmaske:</i>	48
3.6 <i>Endotrachealtubus:</i>	51
3.6.1 Komplikationen und Nachteile einer Endotrachealintubation	52
3.6.2 Erfolgsquote einer Endotrachealintubation	53
3.6.3 Endotrachealintubation vs. Extraglottischer Atemwegssicherung	54
4 Diskussion	56

4.1	<i>Antworten auf die Forschungsfrage</i>	56
4.2	<i>COVID-19 Beilage:</i>	60
4.3	<i>Schlussfolgerungen und Einschränkungen zum Inhalt</i>	61
5	Literaturverzeichnis	62

Abkürzungen und deren Erklärung

OHCA: out of hospital cardiac arrest

ERC: European Resuscitation Council

AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.)

CPR: Cardiopulmonary Resuscitation

CO CPR: Compression-only Cardiopulmonary Resuscitation

ETI: Endotrachealintubation

BMV: Beutel-Maske-Ventilation

SGA: Supraglottischer Atemweg

EGA: Extraglottischer Atemweg

NIV: Non-Invasive Ventilation

ROSC: Return of spontaneous circulation

NFT: No-Flow-Time

EOA: esophageal obturator airway

LAMA: Larynxmaske

HME: heat-moisture- exchanger

COVID-19: Corona Virus Disease 19

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1 Oxygenierungsschema (4)</i>	<i>13</i>
<i>Abbildung 2 Flowchart Atemwegssicherung(8)</i>	<i>59</i>

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1 Überblick der Aufteilungen im Lungengewebe</i>	16
<i>Tabelle 2 Kontraindikationen einer NIV (10)</i>	20
<i>Tabelle 3 Ausgewählte Tubusgrößen(26)</i>	24
<i>Tabelle 4 Handlungsempfehlung für den Rettungsdienst während der Studie (31)</i>	30
<i>Tabelle 5 Prozentsatz der Überlebenden für 1 Jahr(31)</i>	31
<i>Tabelle 6 Resultate (31)</i>	31
<i>Tabelle 7 Weitere Einflussfaktoren (31)</i>	32
<i>Tabelle 8 Protokollwechsel bei CPR (35)</i>	35
<i>Tabelle 9 Benötigte Versuche, Larynxtube korrekt zu platzieren (45)</i>	38
<i>Tabelle 10 Einflussfaktoren einer Larynxintubation (46)</i>	40
<i>Tabelle 11 Komplikationen bei 347 PatientInnen (52)</i>	43
<i>Tabelle 12 sekundäres Outcome (69)</i>	50
<i>Tabelle 13 Überleben Vergleich ETI vs SGA vs BMV (71)</i>	51

Zusammenfassung

Hintergrund:

Nach anfänglicher Beatmung mit Beutel-Maske entscheiden sich die meisten Rettungsteams zu einer Atemwegssicherung mittels endotrachealer Intubation oder supraglottischen Atemwegsdevices, da im Rahmen einer Reanimation neben einer Kreislaufunterstützung durch Thoraxkompressionen eine suffiziente Beatmung im Vordergrund steht.

Während geübte NotfallmedizinerInnen aus Routine die endotracheale Intubation als Mittel der Wahl sehen, sieht die Studienlage keine einheitliche Empfehlung vor. Die vorliegende Literaturrecherche soll einen Überblick über die aktuelle Studienlage liefern und potentielle Vor- und Nachteile aufzeigen.

Methodik:

Neben einschlägiger Fachliteratur und Lehrbüchern der Anästhesie, Physiologie und Notfallmedizin steht eine Literaturrecherche aus elektronischen Datenbanken wie PubMed und Google Scholar im Zentrum dieser Arbeit. Ferner findet sich eine Zusammenfassung sowie Gegenüberstellung der Atemwegssicherungen und Kernaussagen der einschlägigen Studien.

Ergebnisse:

Innerhalb der letzten 20 Jahre haben sich die Empfehlungen zur Atemwegssicherung mittels unterschiedlicher Devices immer wieder geändert. Während die endotracheale Intubation in etlichen Studien weiterhin als Goldstandard bezeichnet wird, konnten vor allem Studien aus dem englischsprachigen beziehungsweise asiatischen Raum diese Aussage widerlegen. Insbesondere die Guidelines der ERC sowie die AWMF Leitlinie „präklinisches Atemwegsmanagement“ beschreiben die Endotrachealintubation für routinierte AnwenderInnen als Mittel der Wahl. Außerdem empfehlen sie ein gestuftes Konzept von weniger invasiven zu mehr invasiven Atemwegssicherungen. Die Ergebnisse der derzeitigen Studienlage werden im Folgenden aufgezeigt und untereinander verglichen.

Diskussion:

Die Dringlichkeit zur weiteren Datenakquise ist gegeben. Zudem sind prospektive Studien vonnöten, da Beobachtungsstudien erhöhten statistischen Störfaktoren ausgesetzt sind.

Abstract

Background:

After initial ventilation with a bag-mask, most rescue teams decide to secure the airway by means of endotracheal intubation or supraglottic airway devices, since in the context of a resuscitation, sufficient ventilation is in the foreground in addition to circulatory support through chest compressions.

While routine emergency physicians consider endotracheal intubation to be the method of choice, studies do not provide a uniform recommendation. The aim of this literature review is to provide an overview of the current state of studies and to identify potential advantages and disadvantages.

Methods:

In addition to relevant literature and textbooks of anesthesiology, physiology and emergency medicine, a literature search from electronic databases such as PubMed and Google Scholar is the focus of this paper. Furthermore, there is a summary as well as comparison of airway protection and key statements of relevant studies.

Results:

Within the last 20 years, recommendations for airway protection using different devices have changed repeatedly. While endotracheal intubation is still considered the gold standard in several studies, especially studies from the English-speaking and Asian countries could refute this statement. In particular, the ERC guidelines and the AWMF guideline on prehospital airway management describe endotracheal intubation as the method of choice for experienced users. They also recommend a staged approach from less invasive to more invasive airway management. The results of the current state of studies are highlighted and compared below.

Discussion:

There is an urgency for further data acquisition. In addition, prospective studies are needed because observational studies are subject to increased statistical confounding factors.

1 Einleitung

NotärztInnen sowie der Rettungsdienst sehen sich mit unterschiedlichen Atemwegssicherungen konfrontiert. Die Wahl des richtigen Atemwegs kann maßgeblich über Erfolg und Misserfolg einer notwendigen Atemwegssicherung z.B. im Rahmen einer Reanimation entscheiden. Diesem Ziel zur Folge soll ein Vergleich der aktuellen Datenlage Aufschluss über die derzeitigen Empfehlungen geben.

1.1 Physiologie der Atmung

Die Atmung eines Menschen stellt die Grundvoraussetzung für das Überleben eines Organismus dar.

Ziel dieses Prozesses soll eine Sauerstoffaufnahme und eine Kohlenstoffdioxidabgabe sein.

Dies gewährleistet sowohl die Oxygenierung des Blutes sowie die Ventilation der Lunge. (1, 2)

1.1.1 Ventilation

Um eine Ventilation beider Lungenflügel zu ermöglichen, müssen Druckunterschiede zwischen den Alveolen und der Umwelt vorherrschen. Diese variieren je nach Inspiration oder Expiration. Da während der Inspiration ein Gasfluss in die Lunge stattfinden soll, muss der Druck innerhalb der Lunge auf Werte unterhalb des Drucks der Umwelt gesenkt werden. Für eine Expiration werden diese Verhältnisse umgedreht. Daraus ergibt sich, dass während der Inspiration negative Drücke und während der Expiration positive Drücke innerhalb der Lunge vorherrschen. (1, 2)

1.1.2 Oxygenierung und Decarboxylierung

Hierbei wird das CO_2 im venösen Blut als Produkt des Stoffwechsels chemisch gebunden über das rechte Herz und den Lungenarterien zur Lunge transportiert. (3) In den Lungenkapillaren angekommen diffundiert das nun gelöste CO_2 entlang eines Partialdruckgefälles zwischen Kapillare und Alveole in die Ausatemluft und umgekehrt O_2 in die Kapillare. Dort wird das O_2 chemisch an Hämoglobin gebunden. Dieser Prozess wird Oxygenierung des Hämoglobins genannt. (3)

Zuletzt wird das CO_2 mit der Ausatemluft aus der Lunge abgeatmet und O_2 im arteriellen Blut über das linke Herz in den großen Kreislauf transportiert.

Da die oben erklärte Diffusionsprozesse entlang eines Partialdruckgefälles verlaufen, soll folgende Abbildung den Ablauf schematisch darstellen.

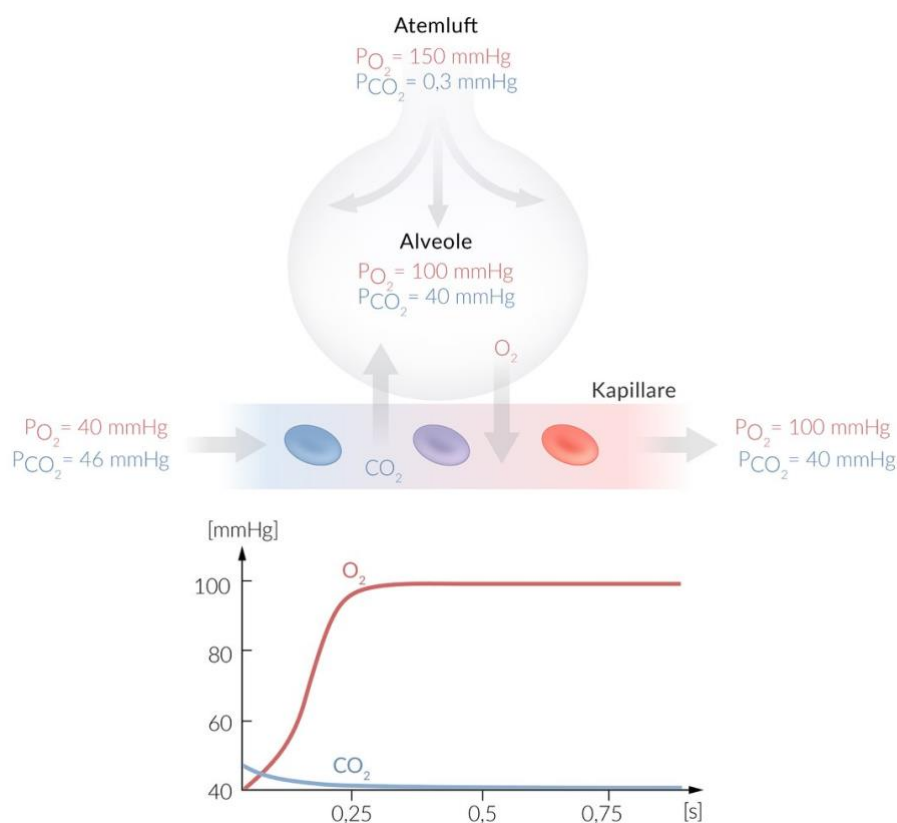


Abbildung 1 Oxygenierungsschema (4)

Im venösen Blut ist der Partialdruck O_2 mit durchschnittlich 40 mmHg bedeutend niedriger als der Sauerstoffpartialdruck der Atemluft in den Alveolen, welcher ca.

105 mmHg beträgt. Entlang dieses entstandenen Gasdruckgefälles kommt es nun zu einem O₂-Gasflusses von den Alveolen ins Blut. Dieser Prozess folgt den Gesetzen der einfachen Diffusion. Resultierend aus den genannten Gesetzen gleichen sich die Partialdrücke am Ende der Alveole mit denen der Kapillare an. Abhängig von der Ventilation der Lunge lassen sich die Alveolären Gasdrücke variieren. Durch Erhöhung der Atem-Frequenz lässt sich der alveoläre CO₂ Partialdruck verringern. (5)

Die regulär anzutreffende Atemfrequenz sollte 12-15 /min in Ruhe nicht überschreiten, um ein Atemminutenvolumen von 8 L/min zu garantieren.

1.2 Anatomie der Atmung

Es wird zwischen luftleitenden und gasaustauschenden Strukturen unterschieden. Die Nase gilt als Haupteintrittspforte der inspirierten Luft. Sie gehört zu den oberen luftleitenden Organen und besteht aus zwei Nares (Nasenlöcher), welche über das Vestibulum nasi in das Cavum nasi führen. Die beiden Cavi Nasorum werden getrennt durch das Septum nasi. (6)

Alternativ kann die Luft auch durch den Mund den Weg in die luftleitenden Organe des Halses finden. In beiden Bereichen soll die Luft angewärmt und befeuchtet werden sowie von feinen Partikeln gereinigt werden. (2)

Gelangt die Luft über die Nase in den Körper, passiert sie den Nasopharynx und vermischt sich mit der über den Mund eingeatmeten Luft im Oropharynx, von welchem sie weitergeleitet wird in den Laryngopharynx. Diese Dreigliederung des Pharynx erlaubt dem menschlichen Körper eine präzise Auftrennung von Speisebrei sowie Luft, welche über den Larynx als auch die Trachea weitergeleitet wird. Dieser soll unter Verschluss des Larynx durch die Epiglottis in den Ösophagus der Peristaltik zugeführt werden. (6)

Folglich muss der Luftstrom den Larynx und die Trachea durchlaufen. Der Larynx besteht dabei aus einem knorpeligen sowie muskulären Grundsystem und dient dem Verschluss der Atemwege und dem hieraus resultieren Schutz beim Schluckakt sowie der Regulation der Belüftung der Lunge. Zuletzt ist der Larynx mit seinen beinhaltenen Stimmbändern in der Lage, unterschiedliche Laute aus der

aus der Lunge strömenden Luft zu generieren und dadurch die Stimme zu verändern.

Der Larynx lässt sich untergliedern in drei Etagen, den Supraglottischen Raum, die Glottis sowie den Subglottischen Raum. Sie werden durch die Stimmlippen begrenzt.

Dem Atemweg folgend gelangt die Luft in die Trachea, einem ca. 10-12 cm langem Rohr mit ca. 1-2 cm Durchmesser bestehend aus Knorpel und Muskulatur sowie Schleimhaut. (6)

Aus diesem Aufbau resultiert eine Hufeisenform aus Knorpel mit einer bindegewebigen Membran, der pars membranacea an der dorsalen Seite. (7)

Distal wird die Trachea begrenzt durch die Bifurcatio Tracheae, an der sich die Luftröhre in die jeweiligen Hauptbronchien aufteilt. Der Winkel zwischen Hauptbronchus und Trachea (Bifurkationswinkel) beträgt beim Erwachsenen 55-65°. Von diesem Punkt an ist der Atemweg in jeweils linke und rechte Körperhälfte getrennt. Der rechte Hauptbronchus ist mit circa 14 mm Durchmesser um circa 2 mm breiter als das linke Pendant (12mm), weshalb misslungene Intubationen häufig durch einen zu weit vorgeschobenen Endotrachealtubus in den linken Hauptbronchus begründet werden können. (6)

Die beiden Hauptbronchi teilen sich jeweils wieder in die Bronchi lobaris auf, 3 rechts, 2 links.

Dieser Teilung folgt ein hochverzweigtes Bronchialsystem mit einer am Ende der Verzweigung befindlichen Alveole.

Bis zur 16. Generation der Bronchien spricht man von der Konduktionszone, hier findet kein Gasaustausch statt. Aufgabe der Konduktionszone ist die gleichmäßige Belüftung der Alveolen

Ab der 17. Generation werden die Bronchien sowie im Verlauf die Alveolen der Respirationszone zugezählt. Insgesamt weist der menschliche Körper 23 Verteilungen auf, ab der 17. Teilung an jedem Ende eine Alveole zu finden ist. Resultat der massiven Verteilung des Bronchialbaums ist eine 1000-fache Vergrößerung der am Gasaustausch teilnehmenden Fläche auf circa 80-100m². (1)

Der oben beschriebene Gasaustausch findet nur in den Alveolen statt. Da jedoch die inspiratorisch eingezogene Luft nur teilweise die Alveolen erreicht, muss man hier das Atemzugvolumen in den alveolären Anteil und den Totraum trennen.

Der Totraum des menschlichen Körpers besteht in Atemflussrichtung von Mund bis zur 16. Aufteilung des Bronchialbaums. Dieser Abschnitt trennt sich vom alveolären Anteil ab, indem hier kein Gasaustausch stattfindet. (1)

Der Alveolarraum wird demgegenüber als Ort des Gasaustausches zwischen Alveolarluft und Blut beschrieben. Hieraus kann erklärt werden, dass nicht die gesamte inspirierte Luft zur Atmung beiträgt, da sie zunächst den Totraum durchströmen muss, ehe sie in den alveolären Anteil gelangt. Aus einem Atemzugvolumen von 500 ml resultiert ein Totraum von 150-170 ml. (6)








Konduktive Zone	Respiratorische Zone
Hauptbronchien 	Bronchioli respiratorii 
Bronchi lobares 	Ductus alveolares 
Bronchi Segmentales 	Alveolen 
Bronchioli 	

Tabelle 1 Überblick der Aufteilungen im Lungengewebe

1.3 Indikation zur Atemwegssicherung

Als häufigste Indikation zur präklinischen Atemwegssicherung gilt in Europa der Kreislaufstillstand. (8)

Die hierbei reduzierte Kreislaufzirkulation führt zu einer Aussetzen der Atmung, wodurch eine sofortige Intervention indiziert ist. Diese Intervention soll mittels „s ofortiger Atemwegssicherung und Beatmung“ erfolgen. (8)

Hinzukommt auf Grund der Bewusstlosigkeit eine Verlegung der Atemwege durch Zurücksinken der Pharynxwand und der dorsalen Epiglottis, wodurch eine sofortige Intervention indiziert ist. (8, 9)

Mögliche Gründe der Atemwegsobstruktion sind Vomitus, Blut oder Fremdkörper sowie durch Anaphylaxie und Entzündungen oder Larynxödeme. (9)

Weitere Indikation für ein präklinisches Atemwegsmanagement ist eine respiratorische Insuffizienz, welche durch einen Abfall des Partialdrucks- O₂ unter 60 mmHg, klinisch als respiratorische Partialinsuffizienz bekannt, oder einen Abfall des Partialdrucks-O₂ unter 60 mmHg kombiniert mit einem Anstieg des Partialdrucks-CO₂ über 60 mmHg gekennzeichnet ist, klinisch bekannt als respiratorische Globalinsuffizienz. Zurückzuführen lässt sich die respiratorische Insuffizienz auf unterschiedliche Pathologien.

Insbesondere für das präklinische Setting relevante Zustandsbilder wie ein akuter Asthma- Anfall, ein akuter epileptischer Anfall, COPD oder ARDS sollen an dieser Stelle genannt werden. (8)

Ein schweres Schädelhirntrauma sowie hohe Aspirationsgefahr und polytraumatisierte PatientenInnen stellen eine weitere Indikation für eine kritische Beurteilung der Atmung dar. (8)

Man unterscheidet in der Entscheidungsfindung einer etwaigen Atemwegssicherung zwei Dringlichkeitsstufen. Diese werden gemäß den Leitlinien in „dringend“ und „sofortig“ gegliedert. Präklinische Szenarien wie anhaltender Atemwegsstillstand fallen unter die Kategorie „sofortige Atemwegssicherung und Beatmung“ . Dem entgegensetzen sind PatientenInnen, welche eine dringende Indikation zum Atemwegsmanagement stellen. Hierbei bleibt dem durchführenden Personal genug Zeit zur Präoxygenierung sowie eine im Vorfeld stattfindende Untersuchung und Einschätzung der vorgefundenen Atemwege. Zu den dringenden Indikationen zählen PatientenInnen mit starker Atemnot, Bewusstseins Einschränkungen, sowie PatientenInnen mit beginnender Schwellung oder Verlegung der Atemwege. (8)

1.4 Hilfsmittel zur Atemwegssicherung:

Zu den Basismaßnahmen des Atemwegsmanagements zählen das Überstrecken des Kopfes, der Esmarch- Handgriff sowie der Einsatz von einfachen Atemwegshilfen wie Guedl- oder Wendl-Tubus.

Überstreckung des Halses:

Durch Auflage der Hand auf der Stirn sowie unter dem Kinn kann eine leichte Überstreckung des Halses durchgeführt werden, hierdurch öffnen sich die Atemwege. (9)

Esmarch-Handgriff:

Es soll eine Verlegung der Atemwege durch den weichen Gaumen verhindert werden. Hierfür platziert der Helfer am Unterkieferwinkel der PatientInnen zwei Finger und drückt so das Kinn nach vorne und oben. (9)

Einfache Atemwegshilfen, Guedel- sowie Wendl-Tubus:

Unter Drehbewegung wird den PatientInnen ein Guedel-Tubus eingeführt, um so das Zurückfallen der Zunge und des weichen Gaumens bei bewusstlosen PatientInnen zu verhindern (9).

Dies muss aber kritisch beurteilt werden bei PatientInnen mit Schädelhirntrauma und bei Verdacht auf frontobasale Verletzung. (8)

Folgende Optionen können in der Notfallmedizin zur Sicherung des Atemweges in Erwägung gezogen werden.

1.4.1 Beutel-Maske Beatmung:

Um die Maske dicht auf Mund und Nase zu legen, wendet man den C-Griff an und kombiniert ihn mit dem Esmarch-Handgriff, damit es möglichst zu keiner Verlegung der Atemwege kommt. (5)

Ergänzend können die Beatmungsbeutel an eine externe Sauerstoffquelle angeschlossen werden, dadurch sind Sauerstoffkonzentrationen von 98-100% möglich. (9)

Wird nun ein hoher Sauerstofffluss von ca. 15 Liter/ min angesetzt, kann eine Undichtigkeit kompensiert und eine ausreichende Oxygenierung erreicht werden. (8)

Erweitert werden kann die Beutel-Masken-Beatmung um ein Spitzendruckventil, welches eine Überblähung des Magens verhindern soll, indem es ausschließlich Drücke unterhalb des Ösophagus-Sphinkter Drucks von ca. 15 mmHg erlaubt.

Verwendung findet die Beutel-Maske-Beatmung vor der Intubation, nach gescheiterter Intubation und bei kurzfristiger respiratorischer Insuffizienz. (8)

1.4.2 NIV:

Als NIV, nicht-invasive Beatmung, wird eine Atemunterstützung ohne Verwendung invasiver Beatmungszugänge verstanden. Die Beatmung wird über eine gut abdichtende Gesichtsmaske garantiert sowie eine Beatmungsmaschine.

Da jede Intervention, so auch die Intubation mittels Endotrachealtubus mit Risiken einhergeht, wird der Verwendung von NIV mittlerweile auch im Notfall immer mehr Bedeutung beigemessen. Durch gezielte Verwendung von NIV kann eine endotracheale Intubation vermieden und damit eine Reduktion der möglichen assoziierten Komplikationen erreicht werden, wie zum Beispiel die einer tubusassoziierten Pneumonie. Außerdem kann durch den Verzicht auf eine tiefe Sedierung möglichen Nebenwirkungen vorgebeugt werden. (10)

Die Funktionsweise der NIV erklärt auch ihr Einsatzgebiet, da unter NIV ein CPAP mit Druckunterstützung (CPAP + ASB) verstanden wird.

Der CPAP erhöht den transpulmonalen Druck und eröffnet die initial verschlossenen Lungenareale (Rekrutierung). (8) Dadurch erhöht sich die Gasaustauschfläche, verringert sich die Atemarbeit und der endexpiratorische Kollaps der Alveolen und eine erhöhte Sauerstofffraktion wird erreicht.

Voraussetzung ist aber eine zwingende Spontanatmung der PatientInnen, um mittels NIV eine ausreichende Beatmung zu garantieren.

Deshalb findet die NIV im Falle einer exazerbierten COPD sowie einem kardiogenen Lungenödem Verwendung. (10)

Absolute Kontraindikation	Relative Kontraindikation
fehlende Spontanatmung, Schnappatmung	hyperkapnisch bedingtes Koma
fixierte oder funktionelle Verlegung der Atemwege - gastrointestinale Blutung oder Ileus	schwergradige Hypoxämie oder Azidose (pH < 7,1)
nicht-hyperkapnisch bedingtes Koma	massiver Sekretverhalt trotz Bronchoskopie
	hämodynamische Instabilität (kardiogener Schock, Myokardinfarkt)

Tabelle 2 Kontraindikationen einer NIV (10)

Im präklinischen Setting kommt am ehesten eine Mund/Nasenmaske zum Einsatz, den PatientInnen wird eine Maske aufgesetzt und diese mit der Beatmungsmaschine konnektiert.

1.4.3 Extraglottische Atemwegshilfen:

Unter dem Begriff der extraglottischen Atemwegshilfen versteht man in der Regel all jene Atemwegshilfen, deren Blockaden (Cuffs) außerhalb der Glottis oder der Trachea liegen. (11)

Daher lassen sich unter dem Überbegriff der extraglottischen Atemwegsdevices supraglottische Larynxmasken der 1. und 2. Generation sowie die ösophagealen Verschlusstuben zusammenfassen. Die supraglottischen Atemwegsdevices ermöglichen eine Abblockung zur Trachea durch einen Cuff auf Höhe des Larynx-Eingangs, ösophageale Verschlusstuben hingegen erzielen ihre Blockade durch 2 Cuffs, jeweils im pharyngealen sowie im ösophagealen Bereich. (12)

1.4.3.1 Larynxmaske:

In den 1980er Jahren gelang A. Brian mit der Entwicklung der Larynxmaske eine Revolution in der Sicherung des Atemwegs. Diese findet heute nicht nur Anwendung im klinischen Alltag, sondern wird auch in präklinischen Situationen häufig verwendet. Am distalen Ende der Larynxmaske befindet sich eine aufblasbare ovale Maske, die bei korrekter Anlage vor dem Larynxeingang positioniert wird. (13)

Die Öffnung der Maske kommt auf Höhe der Glottis zum Liegen, auch beschrieben als die Post-Cricoid-Region, unterhalb der Aryknorpel und der Epiglottis. Der Cuff lässt sich in einen proximalen sowie einen distalen Anteil trennen, wobei der proximale Anteil pharyngeal und der distale Anteil ösophageal zur Abdichtung gegen Mageninhalt positioniert wird. (13)

Wesentlicher Unterschied der beiden Generationen ist der verbesserte Aspirationsschutz der 2. Generation, gewährleistet durch eine potentielle Anlage einer Magensonde. (11, 14)

Die Larynxmaske baut an zwei unterschiedlichen Stellen durch einen ovalen Cuff einen Verschlussdruck auf, die als oropharyngealer (OVD) sowie hypopharyngealer (HVD) Verschlussdruck bezeichnet werden.

Der hypopharyngeale Verschlussdruck beschreibt sowohl die Abdichtung zum Ösophagus und dadurch Schutz vor Luftinsufflation, als auch Schutz vor Regurgitation und Aspiration. (11)

Verwendung findet die Larynxmaske sowohl bei erhaltener Spontanatmung als auch in Kombination einer kontrollierten Beatmung.

Man kann derzeit zwischen 2 Generationen der Larynxmasken unterscheiden.

Eine supraglottische Larynxmaske der zweiten Generation toleriert einen erhöhten oropharyngealen Cuff-Druck und kann einen verbesserten Aspirationsschutz durch eine Vorrichtung zur Anlage einer Magensonde gewährleisten. (11)

Zu den Vorteilen supraglottischer Atemwegssicherungen gehören das einfachere Handhaben des Materials (15) sowie die nicht notwendige Unterbrechung der Thoraxkompression während seiner Anlage. (16)

Zudem lassen sich kürzere Einleitungszeiten und keine fälschliche einseitige Ventilation oder ösophageale Lage erreichen. (11)

Ferner wird während der Ausbildung der NotfallsanitäterInnen sowie der NotärztInnen eine vermehrte Grundlagensicherheit im Umgang mit den Larynxmasken beobachtet, da sie im klinischen Alltag eine deutlich gestiegene Verwendung innerhalb der letzten Jahre erfahren und der Umgang damit während der Ausbildung der NotfallsanitäterInnen oder der NotärztInnen eher praktiziert wird. (17)

Nachteile der supraglottischen Atemwegssicherung sind eine erhöhte Aspirationsgefahr, häufig begünstigt durch eine Fehlanlage der SGA, sowie begrenzte Beatmungsdrücke, da bei Drücken oberhalb des hypopharyngealen Verschlussdruckes eine Insufflation des Magens geschehen kann. (18)

Die Anlage einer supraglottischen Larynxmaske lässt sich in vier folgende Schritte gliedern:

1. Auswählen der richtigen Größe, Überstrecken des Halses, Larynxmaske mit Gleitmittel belegen
2. Einschieben der Larynxmaske entlang des harten Gaumens
3. Unter Führung des Zeigefingers enorale Weiterführung
4. Blockung durch den Cuff in richtiger Lage, Lagekontrolle durch Ventilation unter Auskultation

(18, 19)

Derzeit existiert eine Vielzahl an Modellen.

Erwähnt werden sollen die Larynxmaske Classic, Larynxmaske supreme sowie die Larynxmaske ProSeal. (14, 20, 21)

1.4.3.2 Larynxtubus:

Als einfach zu erlernende Alternative zur Atemwegssicherung lässt sich der Larynxtubus anführen, welcher ähnlich wie der Combitubus mit zwei Cuffs ausgestattet in den Ösophagus vorgeschoben wird und dort durch den kleinen Cuff geblockt wird und dadurch eine Luftinsufflation in diesen verhindern soll. Der größere Cuff stellt hingegen die Grenze zum Mund-Nasen-Rachenraum dar und verschließt diesen nach kranial, daraus resultiert die Möglichkeit der positiven Druckbeatmung.

Zwischen diesen beiden Cuffs ist die Öffnung des Tubus zur Ventilation angesetzt. Derzeit existieren sechs unterschiedliche Größen, welche adaptiert nach Körpergröße sowie Gewicht eingesetzt werden. (22)

Im distalen Bereich des Tubus sind orientierende Markierungen angebracht, welche eine korrekte Lage erleichtern sollen. Trotzdem ist die Möglichkeit zur Fehlintonation mit distalen Cuff in den Luftwegen und der damit einhergehenden Verlegung der Atemwege gegeben.

Über ein weiteres Lumen, den Drainagekanal, kann eine Magensonde angelegt werden, um bei etwaiger Luftinsufflation direkt gegenregulieren zu können. (11)

Insbesondere im präklinischen Notfall findet der Larynxtubus seine Verwendung, da zur Handhabung des Tools bislang weniger Routine vorausgesetzt wird, als in den übrigen Möglichkeiten zur Atemwegssicherung und somit auch von weniger geschultem Personal notfallmäßig durchgeführt werden darf, z.B. RettungssanitäterInnen in Österreich. (23)

Vorteil des Larynxtubus ist ein einziges Cuffventil zur Blockung. Während der Blockung passen sich die Cuffs der anatomischen Umgebung an, weshalb von einer externen Fixierung mittels Leukoplast abgesehen werden kann. (24)

Als weiterer Vorteil lässt sich die Möglichkeit der alleinigen Atemwegssicherung ohne Anspruch auf Hilfe durch RettungssanitäterInnen anführen, da im Falle einer Anlage wenige Handschritte nötig sind.

Die Anlage eines Larynxtubus lässt sich in folgenden Schritten durchführen.

1. Kopf in Schnüffelposition (Kopf nach oben und dorsal flexieren) und Mund öffnen
2. Tubus unter Führung des harten Gaumens in Hypopharynx vorschieben
3. Korrekte Lage, wenn schwarze Markierungslinie zwischen Schneidezähnen lokalisiert
4. Blockung der Cuffs
5. Überprüfung der Lage durch Auskultation (19)

1.4.4 Endotracheale Intubation:

In der endotrachealen Intubation wird der aktuelle Goldstandard der Atemwegssicherung, d.h. die Sicherung von Ventilation sowie Schutz vor Aspiration gesehen. (9)

Größe der Tuben:

Endotracheale Tuben liegen in unterschiedlicher Größe und Dicke vor, diese wird in mm Innendurchmesser angegeben. (25)

Um den Atemwiderstand so gering als möglich zu halten, sollte der größtmöglich einzuführende Tubus gewählt werden. (25)

Jedoch sollte die Wahl der Größe eines Endotrachealtubus nicht zu groß ausfallen, da ein zu großer Tubus zu Verletzungen im oberen Atemwegstrakt führen kann. Daher empfiehlt sich während der Intubation den jeweils kleineren sowie größeren Tubus zur Hand zu haben, falls initial eine falsche Größe gewählt wurde.

DURCHMESSER DER ENDOTRACHEALTUBEN BEI AUSGEWÄHLTEN ALTERSSTUFEN

ALTER	Innendurchmesser mm	Einheiten in Chariere
NEUGEBORENE	3,0	12
4 JAHRE	5,0	20
10 JAHRE	6,5	26
14 UND ÄLTER	7,0 Frau 8,0 Männer	28-34

Tabelle 3 Ausgewählte Tubusgrößen(26)

Intubationsweg:

Es kann zwischen orotrachealer Intubation durch den Mund sowie nasotrachealer Intubation via Nase unterschieden werden, wobei notfallmäßig lediglich orotracheale Zugänge auf Grund von Zeitersparnis sowie höherer Intubationssicherheit gewählt werden sollten.

Verwendete Hilfsmittel zur Intubation:

Um die Intubationsbedingungen zu verbessern, sollte primär der Kopf optimal gelagert werden. (22)

Ferner kann ein Drehen des Kopfes sowie leichtes Anheben und deutliches Reklिनieren der Halswirbelsäule die Sicht auf die Stimmritzen erleichtern.

Zur Darstellung der anatomischen Gegebenheiten finden derzeit Laryngoskope der herkömmlichen Art zur direkten Laryngoskopie sowie Videolaryngoskopie oder Bronchoskopie zur optische Intubation für indirekte Laryngoskopien Verwendung.

Laryngoskope verfügen über einen Griff sowie einen Spatel, an dessen distalem Ende eine Lichtquelle verbaut ist, um bestmögliche Intubationsbedingungen zu schaffen.

Direkte Laryngoskopie:

Hauptsächlich kommen zwei Arten von Spatel für die direkte Laryngoskopie zur Anwendung:

Gerade Spatel, z.B. Miller- Laryngoskop, werden vor allem bei Kindern angewandt und gebogene, z.B. Macintosh, bei Erwachsenen. (19)

Indirekte Laryngoskopie:

Diese Technik findet vor allem Anwendung in Fällen, in denen mittels direkter Laryngoskopie kein Erfolg erzielt wurde. Per Definitionem wird hierbei kein freies Blickfeld auf die Intubationsstelle erreicht, sondern mittels Hilfsmitteln wie ein Videolaryngoskop oder fiberoptischen Endoskopen, die Glottis indirekt visualisiert.

Videolaryngoskopie:

Durch eine im distalen Bereich des Spatels verbaute Kamera sowie einer Lichtquelle wird nach erfolgloser direkter Laryngoskopie der Blick auf die Glottis durch eine besser einstellbare Sichtachse erheblich erleichtert. (26, 27)

Unter den Videolaryngoskopen gibt es derzeit mehrere Variationen.

Weitere Hilfsmittel und Handgriffe bei schwierigen Intubationsverhältnissen sind folgende:

- Lagerung optimieren
- Mandrin
- Intubationszange, z.B. Magill-Zange (28)
- BURP-Manöver

Das BURP- Manöver sollte dem Intubierenden die Sicht auf die Glottis, insbesondere die Stimmritzen erleichtern, indem man dem Akronym BURP Folge leistet. Backward, upward, rightward pressure. (11)

2 Material und Methodik

Die vorliegende Arbeit soll eine umfassende Zusammenfassung bzw. Gegenüberstellung der aktuellen wissenschaftlichen Studienlage bezüglich des präklinischen Atemwegsmanagements darstellen.

Als einleitende Grundlage wurden Informationen aus Lehrbüchern der Anatomie und Physiologie verwendet. Zusätzlich konnten Artikel aus einschlägigen Fachjournalen wie „AINS“ oder „Der Notarzt“ zur Recherche herbei gezogen werden.

Sowohl über die Datenbank der Universität Graz als auch über öffentliche Suchmaschinen wurde mit einschlägigen Suchbegriffen des Atemwegsmanagements aus folgenden Journals die Auswahl der Literatur erweitert:

Der Notarzt

Der Anästhesist

AINS – Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerzmedizin

Ferner konnte über internationale Datenbanken wie Pubmed und Google Scholar eine erweiterte Datenaquise durchgeführt werden.

Zudem wurden Leitlinien der European Resuscitation Council sowie AWMF zur Recherche hinzugezogen. Mit Suchbegriffen wie „Atemwegsmanagement“, „Airway management“, „Endotracheal Intubation“, „Supraglottische Atemwegshilfen“, „Supraglottic Airwaymanagement“, „Beutel-Maske-Beatmung“, „Bag-valve-Airway“ konnten geeignete Studien bearbeitet werden.

3 Ergebnisse

Wie bereits eingangs beschrieben, ist eine suffiziente Beatmung Grundlage eines jeden Überlebens und spielt in der Notfallmedizin eine zentrale Rolle. Yeh et al zeigte 2009 den direkten kausalen Zusammenhang zwischen erfolgreicher Ventilation sowie angebotenen Sauerstoff via Beatmungsdevice und einer erhöhten Wahrscheinlichkeit eines ROSC sowie einem positiven neurologischen Outcome. (29)

Dem zuständigen Rettungspersonal stehen heutzutage mehrere oben genannte Möglichkeiten der Atemwegssicherung zur Verfügung. Durch die Vielzahl an Atemwegssicherungsmethoden besteht seit mehreren Jahren eine wissenschaftliche Diskussion über den Goldstandard sowie seine Alternativen und wer welche Methode mit welcher Erfahrung und Routine zu wählen hat. Ziel dieser Literaturrecherche im Rahmen der Diplomarbeit ist es, anhand von Leitlinien und Empfehlungen die bestehende Studienlage darzustellen.

3.1 Allgemeines zum Atemwegsmanagement:

Die Guidelines des European Resuscitation Council, einer europaweit agierenden Gemeinschaft zur wissenschaftlichen Förderung von Leitlinien zu Reanimation und instabilen kardiologischen PatientInnen, werden fünfjährlich aktualisiert.

Ziel der aktuellsten ERC Leitlinie von 2015 war eine klare Strukturierung sowie Handlungsempfehlung für Rettungskräfte und NotärzteInnen für präklinische Kreislaufstillstände und kardiologisch instabile PatientInnen zu gewinnen. Teil des Ganzen war auch eine Analyse der gegenwärtigen Studienlage, besonders Beobachtungsstudien bezüglich des präklinischen Atemwegsmanagements, um ein verbessertes Outcome der PatientInnen mit OHCA im Sinne der posthospitalen Überlebensrate, ROSC und neurologisch intakten Fähigkeiten zu erreichen.

Der heutige Goldstandard der Atemwegssicherung ist weiterhin der Endotrachealtubus mit seinen in der Einleitung genannten Stärken, wie der sichere Aspirationsschutz, die Möglichkeit Thoraxkompressionen und Beatmung

gleichzeitig zu gewähren und die Reduktion der Gefahr der gastralen Beatmung.
(30)

Trotz seiner erwähnten Stärken empfiehlt die Leitlinie des ERC nicht eindeutig eine Anwendung von Endotrachealtuben für jeden HelferIn. Da während einer Reanimation vorwiegend die Thoraxkompressionen und die damit einhergehende Kreislaufzirkulation im Vordergrund stehen sollten, soll für einen Intubationsversuch die Herzdruckmassage nicht länger als 5 Sekunden unterbrochen werden. (9)

Ist diese Forderung nicht einzuhalten, sollte man wieder auf eine Beutel-Masken-Beatmung oder einen Larynxtrachealtubus/Larynxmaske wechseln.

3.2 Beutel-Maske- Beatmung:

Die Handhabung einer Beutel-Masken- Beatmung ist nur für Geübte suffizient zu betreiben. Jegliche Undichtigkeit der Gummi-Maske auf dem Gesicht führt zu einem verminderten Atemwegsdruck und einem reduzierten Atemminutenvolumen.

3.2.1 Beutel-Maske vs. advanced Airway:

Eine Beobachtungsstudie aus Japan (2010) versuchte anhand von 2586 Herz-Kreislaufstillständen und dem durchgeführten Atemwegsmanagement einen signifikanten Trend im Ein- Jahres- Überleben abzugeben.

Hierbei fielen Endotrachealtuben, Larynxmasken und Ösophagus-Verschluss-Tuben unter die Kategorie Advanced Airway. Zur Unterscheidung dieser drei eignete sich die Studie nur zweitrangig. Während des Studienzeitraumes wurden 263 Intubationen präklinisch in die Studie eingebracht, alle anderen advanced airways wurden 660 Mal verwendet. Dem gegenüber stand die Beutel-Masken-Beatmung, 1539 Mal durchgeführt. 124 Mal konnte ein advanced Airway nicht erfolgreich eingesetzt werden. Diese Versuche wurden aus der Statistik exkludiert.
(31)

Die behandelnden ÄrztInnen handelten nach den klar geregelten Indikationen und Kontraindikationen hinsichtlich einer Endotrachealintubation, wie die unten aufgelistete Tabelle zeigen soll.

Indikation zur Endotrachealintubation	Kontraindikation
1. Inadäquate Ventilation bei <ul style="list-style-type: none"> • Aspiration • Regurgitation • Asthma • Transport > 20 min 	Endotrachealintubation <ul style="list-style-type: none"> • Patientenalter < 8 Jahre • V.a. Wirbelsäulenverletzung • Trismus • Schwierige Laryngoskopie • Cormack >2 • Beurteilung zur Hinfälligkeit einer ETI durch Rettungsdienst • Zu großer Zeitverlust durch versuchte ETI
2. Beurteilung zur Notwendigkeit einer ETI durch Rettungsdienst	
3. Notärztliche Beurteilung zur Notwendigkeit einer ETI	

Tabelle 4 Handlungsempfehlung für den Rettungsdienst während der Studie (31)

Im Handlungsszenario sollten die PatientInnen zuerst mit Beutel-Maske beatmet werden und lediglich in den Fällen von schwieriger Beutel-Masken-Beatmung auf einen fortgeschrittenen Atemweg gewechselt werden. Diejenigen PatientInnen, welche eine Intervention mittels Adrenalin verabreicht bekamen, wurden aus der Studie ebenso wie Kinder exkludiert.

Zuletzt konnten 236 PatientInnen mit Endotrachealtubus sowie 660 PatientInnen mit anderweitigen Atemwegsdevices und 1539 PatientInnen mit Beutel-Masken-Beatmung in die Studie aufgenommen werden. Als sekundäres Unterscheidungsmerkmal wurden die oben genannten Gruppen nochmal unterteilt nach den Qualifikation des durchführenden Rettungspersonals (Endotrachealtubus-zertifiziert ja/nein).

Resultierend aus den gewonnenen Daten konnte ein deutlich höheres Auftreten für ein ROSC bei PatientInnen mit Endotrachealtubus gezeigt werden.

So wurde bei der Endotrachealintubation von 263 durchgeführten Intubationen ein ROSC bei insgesamt 83 PatientInnen beobachtet, während die anderen Atemwegsdevices bei 660 durchgeführten Anwendungen lediglich 152 PatientInnen mit ROSC erreichten. Demnach erlangten 31,6% der PatientInnen ein ROSC nach Intubation und 23% nach der Anwendung anderweitiger Atemwegsdevices.

Dem gegenüber steht die Verwendung von Beutel-Masken-Beatmung. Unter 1539 durchgeführten Anwendungen wurde 366 Mal ein ROSC erreicht. (23,8%)

Während der Endotrachealtubus im Erreichen eines ROSC deutlich vor den anderen Beatmungsmöglichkeiten liegt, kann im neurologischen Überleben (Überleben und Entlassung ohne neurologische Defizite) kein deutlicher Vorsprung einer Beatmungsmöglichkeit gesehen werden. (31)

Diese unklare Überlegenheit seitens eines Beatmungstools wird auch im 1-Jahres-Überleben der PatientInnen gesehen. Prozentsatz der Überlebenden für 1 Jahr:

Endotrachealtubus	Alternatives Atemwegsdevice	Beutel-Maske-Beatmung
3,4% (9/263)	2,6 % (17/660)	4,2 % (65/1539)

Tabelle 5 Prozentsatz der Überlebenden für 1 Jahr(31)

OUTCOME	ETI	ALTERNATIVES ATEMWEGSDEVICE	BEUTEL-MASKE-BEATMUNG
ROSC	31,6 %	23 %	23,8%
ANHALTENDER ROSC	30 %	20,2%	21,3 %
ANHALTENDES ROSC MIT ADEQUATEN NEUROLOGISCHEN OUTCOME	1,5%	3,2%	3,0%
ENTLASSUNG AUS DEM KRANKENHAUS NACH 1 MONAT	5,7 %	3,2%	5,5%

Tabelle 6 Resultate (31)

Als weiterer Schritt wurde zudem zwischen der Ursache der Herz-Kreislauf-Stillstände in kardial und nicht kardial differenziert. Ferner wurde versucht die in der Studie teilnehmenden PatientInnen weiter zu untergliedern, um weitere Einflussfaktoren eines potentiellen ROSC zu finden. Die folgenden Parameter sollen neben dem Atemwegsmanagement einen großen Einfluss auf das Erreichen eines

ROSC haben und sollten in einer weiteren wissenschaftlichen Arbeit untersucht werden. (31)

	Überleben n=545	Nicht- Überleben n=1947	p-Wert	Odds-Ratio
Patientenalter	75	77		undefined
Patientengeschlecht männlich	328	1134	0,43	1,081
Intervall zwischen Notruf und Ankunft Rettung in min	6	6,2	<0,0001	undefined
Region (Urban)	293 (54,4%)	877 (45,6%)	0,0003	1,420
Kardiale Ursache	244 (45,3%)	1034 (53,8%)	0,0005	0,711
Bystander CPR	232 (43,0%)	887 (46,1%)	0,2039	0,883
Schockbarer Rhythmus	101 (18,7%)	109 (5,7%)	<0,0001	3,831
ETI -Anwendung	79 (14%)	184 (9,6%)	0,0007	1,623
Anwendung anderer advanced airways	133 (24,7%)	527 (27,4%)	0,2061	0,868
Management durch qualifiziertes Personal	285 (52,9%)	898 (46,7%)	0,0112	1,281

Tabelle 7 Weitere Einflussfaktoren (31)

Eine weitere Studie durchgeführt von Jabre et al. (2018), konnte die oben angeführten Resultate und Ergebnisse bestätigen. Um die Frage zu beantworten, ob die Beutel-Masken-Beatmung im Falle eines prähospitalen Herz-Kreislauf-Stillstandes der endotrachealen Intubation überlegen ist, untersuchten sie in einer klinischen randomisierten Studie 2043 Fälle. Kontrollparameter sollte eine nach 28 Tagen vorliegende neurologische volle Funktionsfähigkeit der PatientInnen sein. Diese wurden nach Randomisierung einer Interventionsgruppe zugeordnet.

Als Ziel wurde eine Nichtunterlegenheitsspanne von 1 % zwischen den Interventionsgruppen gewählt.

Grundlage der Studie ist eine unklare Empfehlungshaltung von Seiten renommierter Fachgesellschaften sowie um die Vorteile der Beutel-Masken Beatmung vermehrt in Betracht zu ziehen. (32)

Die gewonnenen Daten konnten postinterventionell keine deutliche Unterlegenheit einer Interventionsgruppe zeigen, eine Nichtunterlegenheitsspanne von 1 % wurde dargestellt.

Als primäres Outcome sollte eine uneingeschränkte neurologische Funktionsfähigkeit gewählt werden. Dieses Kriterium erreichten 44/1018 (4,3%) aus der Beutel-Maske-Kohorte sowie 43/1022 (4,2%) aus der Endotrachealtubus-Kohorte.

Als sekundäres Outcome konnte in der Interventionsgruppe mit Endotrachealtubus eine statistisch signifikant höhere Rate von ROSC erzielt werden: 397/1022 (38,9%) in der ETI versus 348/1018 (34,2%) in der BMV. Trotzdem konnte kein signifikanter Unterschied oder eine Tendenz in der Rate des Überlebens zum Zeitpunkt der Ankunft im Krankenhaus sowie der neurologischen Fähigkeit nach 28 Tagen festgestellt werden. (33)

Im Gegenzug zu den marginalen Unterschieden im primären Outcome und den relativen Unterschieden im sekundären Outcome konnte eine größere Differenz in den Raten der Komplikationen in den beiden Kohorten beobachtet werden.

Hier zeigten sich in der Interventionsgruppe mit BMV häufiger Komplikationen. Konkret wurden Schwierigkeiten beim Atemwegsmanagement bei 186 von 1027 PatientInnen (18,1%) bei Durchführung einer BMV angeführt. Bei der Beatmung mittels ETI hingegen wurden bei 134 von 996 PatientInnen (13,4%) Schwierigkeiten beobachtet. Die Differenz der Komplikationen je nach Atemwegsdevice beläuft sich somit auf 4,7%. (33)

Als Schwierigkeiten beim Atemwegsmanagement wurde vom Rettungspersonal nach erfolgtem Einsatz eine Beurteilung abgegeben. In der Gruppe der BMV diente der Han-Score größer zwei als Cut-off. (33)

Die Einteilung des Han-Scores reicht von 1 = einfache Maskenbeatmung ohne Probleme bis 4 = Unmöglichkeit einer Maskenbeatmung. (33)

In der Kohorte der ETI wurde ein Intubation Difficulty Scale Score verwendet. Dieser reichte von 0 (keine Schwierigkeiten während der Insertion) bis unendlich. Als Cut-off diente hier 5. (33)

Ein deutlich höherer Anteil der mit Beutel-Maske Ventilierten regurgitierten während der Intervention, nämlich 156 von 1027 (15,2%) mit BMV verglichen zu 75 von 999 (7,5%) mit ETI. (33)

3.3 Verzögerungen/ Hands-off time bei der Atemwegssicherung:

Eine randomisierte Studie aus dem Jahr 2016 von Brown und Wang untersuchte die Vorteile einer kontinuierlichen Thoraxkompression versus Thoraxkompression mit Beutel-Masken-Beatmung im konventionellen 30:2 Verhältnis. Hier konnte bisher keine signifikante Verbesserung einer Reanimationsmethode festgestellt werden, jedoch sind abschließende Ergebnisse noch ausständig. (34)

Zudem betont eine Studie aus dem Jahr 2008 von Bobrow und Clark aus den USA, ein verbessertes Outcome der PatientInnen bei einem veränderten CPR Protokoll. Dieses Protokoll unterscheidet sich vom herkömmlichen, indem es minimal mögliche Unterbrechungen von Thoraxkompressionen zur weiteren Behandlung, z.B. erweitertes Atemwegsmanagement, fordert.

Nach dem MICR-Protokoll soll bei Ankunft des Rettungsdienst eine Serie von 200 ununterbrochenen Thoraxkompressionen erfolgen, gefolgt von einer Rhythmusanalyse mit einem einzigen Single Shock und weiteren 200 Thoraxkompressionen, ehe eine weitere Rhythmusanalyse, Adrenalinapplikation oder eine Atemwegssicherung folgt. (35)

Hierbei konnte eine signifikante Verbesserung durch MICR Strategie, d.h. eine minimal mögliche Unterbrechung der Thoraxkompressionen, von einer posthospitalisierten Überlebensrate von 1,8% (4/218) auf 5,4% (36/668) gezeigt werden. (35)

Den Grund für das verbesserte Outcome sehen die AutorInnen in der geringeren Dauer des cerebralen sowie myokardialen Perfusionsdefizits. (35)

Diese Aussage spiegelt sich in dem häufig von Notfall- und IntensivmedizinerInnen rezierten Satz: „Time is brain, time is chance“. Übersetzt soll diese Phrase die Notwendigkeit der sofortigen Thoraxkompression und den Faktor Zeit unterstreichen.

Unterstrichen wird diese These außerdem in einer Studie von Wik et al. (2005), in der durch eine Unterbrechung der CPR-Thoraxkompression von 10-20 Sekunden

vor dem Schockintervall eine Reduktion der Schock-Erfolgsrate beobachtet worden ist. (36)

Indem man eine sofortige Thoraxkompression in der prächock-bzw. postschock-Phase garantiert, verringert sich die Hands-off Zeit und garantiert somit eine höhere myokardiale und cerebrale Perfusion. (36)

OUTCOME		BEFORE MICR TRAINING	AFTER MICR TRAINING	ODDS RATIO UNADJUSTED	ODDS RATIO ADJUSTED
SURVIVAL TO HOSPITAL DISCHARGE	TO	4/218 (1,8%)	36/668 (5,4%)	3,0 (1,1-8,6)	3,0(1,1-8,9)
SURVIVAL WITNESSED VF	WITH	2/43 (4,7)	23/131(17,6%)	4,4 (1,0-19,1)	8,6(1,8-42)
ROSC		34/218 (15,6%)	154/668 (23,1%)	1,6 (1,1-2,4)	1,3(0,8-2,0)
SURVIVAL TO HOSPITAL ADMISSION	TO	35/218 (16,1%)	113/668 (16,9%)	1,1 (0,7-1,6)	0,8(0,5-1,2)

Tabelle 8 Protokollwechsel bei CPR (35)

MICR steht in der Tabelle für minimal interrupted cardiac resuscitation und entspricht dem oben beschriebenen veränderten Protokoll.

Den größten Fortschritt im Überleben sowie im neurologischen Outcome konnte in der Untergruppe der PatientInnen mit Herzkreislaufstillstand und dokumentiertem schockbarem Rhythmus wie Kammerflimmern (VF) und ventrikulärer Tachykardie (VT) erkannt werden. Hierbei konnte eine Verbesserung von 4,7 % auf 17,6% gezeigt werden. (35)

In der Diskussion der wissenschaftlichen Studie von Bobrow et al. sprechen sich die AutorInnen jedoch für die Empfehlung einer randomisierte Studie zur Untermauerung oben dargestellter Ergebnisse aus. (35)

Ein weiterer Aspekt der verringerten Überlebensquote ist die durchgeführte Überdruckbeatmung bei einer derzeitigen Standard- CPR. Es wird davon ausgegangen, dass unter gegebenen Voraussetzungen kombiniert mit einer Überdruckbeatmung, eine reduzierte Vorlast im Sinne eines erhöhten thorakalen Drucks, zu einer Verringerung der cerebralen und myokardialen Perfusion führt. (37)

Zusammenfassend lässt sich also erklären, dass ein versuchtes verlängertes Atemwegsmanagement mit einer Dauer von >5 Sekunden einer später durchgeführten Atemwegssicherung während der Reanimation, kombiniert mit einer suffizienten CPR mit Thoraxkompressionen, deutlich unterlegen ist.

Dieses Prozedere kann auch durch die Physiologie des Kreislaufes untermauert werden. Da arterielles Blut unter reduzierter Kreislauffunktion einige Minuten sauerstoffgesättigt bleibt und alleinige Thoraxkompressionen auch zu Gasaustausch führen, können mit Hilfe des bereits angesättigten Blutes sowie der reduzierten, aber stattfindenden passiven Atmung, einige Minuten überbrückt werden. (38)

Ferner fordert die Leitlinie MitarbeiterInnen des Rettungsdienstes dazu auf, eine endotracheale Intubation lediglich dann durchzuführen, wenn ausreichend Routine und Möglichkeiten zur Beibehaltung von Fertigkeiten gegeben sind. (9) Diese Formulierung ist relativ ungenau und vage, da exakte Aussagen in dieser Hinsicht derzeit auf Grund fehlender, randomisierter Studien nicht möglich sind.

Deshalb beschreiben die ERC-Guidelines eingangs, dass die ideale Strategie der Atemwegssicherung bisher noch nicht gefunden sei.

In den Leitlinien der AWMF wird neben der Gefahr der insuffizienten Maskenbeatmung durch Rettungsdienstpersonal mit hohem Risiko der gastraln Insufflation und einer potentiell folgenden Aspiration, besonders die niedrige Qualität der Maskenbeatmung durch unerfahrenes Personal betont. (8)

Zudem wird auf zu hohe Beatmungsvolumina (Beatmungsfrequenz > 40/min) hingewiesen, wodurch besonders PatientInnen mit Schädel-Hirn-Trauma einen schlechteren Behandlungserfolg erzielen. (39)

Es wird eine Verwendung von Beatmungsbeutel mit Spitzendruck-Ventilen sowie maximale inspiratorische Sauerstoffkonzentration empfohlen, um oben genannte Risiken zu minimieren. (40, 41)

3.4 Larynxtubus:

Der größte Vorteil eines Larynxtubus ist seine einfache Handhabung.

Da der Larynxtubus mit dem distalen Cuff lediglich den Ösophagus abblockt, bietet er jedoch keinen sicheren Aspirationsschutz, im Gegensatz zum Endotrachealtubus. Im Jahr 2003 wurde daher eine Variante des Larynxtubus entwickelt, welche das Einführen einer Magensonde ermöglicht und damit eine höhere Anwendersicherheit bieten soll. (42)

Die ERC-Guidelines von 2015 empfehlen weniger geschulten AnwenderInnen im Falle der Atemwegssicherung die Verwendung eines supraglottischen Atemwegs, um potentielle Fehlintubationen oder verlängerte Unterbrechungen der Thoraxkompressionen zu vermeiden. (9)

Durch eine distanzierte Haltung zu Larynxtuben in der S1-Leitlinie der AWMF Guidelines, sah sich die ÖGARI 2018 in der Verantwortung, eine Stellungnahme zur Verwendung von Larynxtuben zu veröffentlichen. (17)

Wie man der Website „oegern“ (Österreichische Gesellschaft für Ethik und Recht in der Notfall- und Katastrophenmedizin) entnehmen kann, fällt eine Anwendung von Larynxtuben in Österreich nicht ausschließlich in den notärztlichen Tätigkeitsbereich, sondern darf auch von dafür ausgebildetem Rettungspersonal durchgeführt werden. (43)

Dieser Kernaussage zur Gesetzeslage in Österreich ließ die ÖGARI eine Stellungnahme folgen, in welcher auf die Komplikationen wie pharyngealer Schwellung oder Glottisödem in Folge einer Überblockung hingewiesen wird. Zudem beschreibt das Paper festgestellte Überblähungen mit Aspiration und potentiellen Ösophagus-Perforationen. (17, 44)

3.4.1 Vorteile des Larynxtubus

Eine Beobachtungsstudie aus Deutschland aus dem Jahr 2009 beschreibt eine deutliche Erleichterung in der Handhabung mit einer korrekten Insertionsrate von 92-100% sowie einer niedrigen Komplikationsrate. (45)

Es wurden über zwei Jahre (2006-2008) die Insertionszeit, die Rate der korrekt eingesetzten Larynxtuben sowie die Rate eines ROSC beobachtet.

Der Larynxtubus -D fand während des Studienzeitraums 92 Anwendungen, dies entspricht circa 46 % aller Atemwegssicherungen während eines Herz-Kreislauf-Stillstands in der untersuchten Region.

Praktische Erfahrung	Anzahl der Versuche Larynxtubus einzusetzen	Benötigte Zeit	Moment der LT-Einsetzung (nach dem 30 Kompress. beendet wurden)
0; n=14	1. Versuch: 14 (100%)	<10s: 11(78,6%) 10-20s: 1(7,1%) >20s: 2(14,3%)	6 (42,9%)
1-2; n=35	1. Versuch: 33 (94,3%) 2. Versuch: 2 (5,7%)	<10s: 23(65,7%) 10-20s: 8(22,9%) >20s: 4(11,4%)	24 (68,6%)
>2 ;n=43	1. Versuch: 38 (88,4%) 2. Versuch: 5 (11,6%)	<10s: 34(79,1%) 10-20s: 3(6,9%) >20s: 6(14%)	27 (62,8%)
p-Wert	>0,05	>0,05	>0,05

Tabelle 9 Benötigte Versuche, Larynxtubus korrekt zu platzieren (45)

Oben abgebildeter Tabelle lässt sich entnehmen, dass selbst weniger erfahrenes Rettungspersonal in der Handhabung von Larynxtuben erfolgreich war.

Lediglich 7 der 92 durchgeführten Larynxintubationen (7,6%) mussten wiederholt werden. Folglich war bei 92,4 % der erste Versuch der Atemwegssicherung erfolgreich. Im Hinblick auf die benötigte Zeit zur Intubation konnten die StudienteilnehmerInnen eine durchschnittliche Zeit von 15 Sekunden erreichen. 74 % der ProbandInnen benötigten weniger als 10 Sekunden, 13 % benötigten zwischen 10 und 20 Sekunden. Lediglich weitere 13 % der Atemwegssicherungen dauerten länger als 20 Sekunden. Daraus lässt sich eine besondere Stärke der Larynxtuben, die der einfachen Handhabung, ablesen. Insgesamt konnten mehr als 90 % der dokumentierten Fälle die geforderten 30 Sekunden zur

Atemwegssicherung einhalten und eine niedrige NFT (No- Flow-Time) konnte regelmäßig gewährleistet werden. (45)

Die Beobachtungsstudie liefert keine Daten zum Vergleich mit anderen Atemwegssicherungen, daher ist die Zahl der erreichten ROSC von 29,6 % weniger aussagekräftig und findet wissenschaftlich kaum Verwendung.

Zu den beobachteten Komplikationen der Studie lassen sich besonders die in zwei Fällen (2/92) gesehene Schwierigkeit zur suffizienten Beatmung und dem folglich veränderten Reanimationsablauf mit einer unterbrochenen Ventilation und Thoraxkompression im Verhältnis 30:2 nennen. (45)

3.4.2 Einflussfaktoren einer erschwerten Larynxintubation

Martin-Gill et al. (2014) untersuchten erschwerende Faktoren einer misslungenen Larynxintubation. In der durchgeführten Beobachtungsstudie wurden 511 Anwendungen von Larynxtuben bei 477 PatientInnen beobachtet. (46)

Es soll die relativ hohe Erfolgsquote einer korrekten Intubation von 68–97% mit potentiellen Komplikationen gegenübergestellt werden zur weiteren Verbesserung der Risikoeinschätzung und Qualitätsmanagement. (46-49)

In 477 bearbeiteten Fällen konnte bei 405 (84,9%) PatientInnen im ersten Versuch eine korrekte Tubusanlage erreicht werden. Bei weiteren 72 PatientInnen konnte im zweiten oder dritten Versuch eine erfolgreiche Intubation erreicht werden. Daraus resultiert eine Rate von 90,1% an korrekten Intubationsanlagen. (46)

Nach einer univariablen Analyse von 19 erschwerenden Einflussfaktoren, konnten 5 Faktoren mit $p < 0,01$ gezeigt werden. Diese wurden in einer folgenden multivariablen Regression verglichen.

Variable	OR 95% KI	p-value
Geschlecht (Mann vs. Frau)	1,90 (1,04-3,46)	0,037
Boden vs. Luftrettung	2,49 (1,07-5,79)	0,035
Ausführende Person (Paramedic vs. nurse)	2,31 (0,86 6,25)	0,099
Trismus	2,04 (0,94-4,44)	0,071
Würgereflex	4,08 (1,72-9,67)	0,001

Tabelle 10 Einflussfaktoren einer Larynxintubation (46)

Der angeführten Tabelle lässt sich entnehmen, dass männliches Patientengeschlecht, bodengebundener Rettungsdienst sowie Würgereflex (OR 4,08; 95% KI 1,72-9,67) als negative Prädiktoren für eine erfolgreiche Larynxintubation zu werten sind. (46)

Trotz dieser eindeutig gezeigten Vorteile des Larynxtubus, findet dieser immer weniger Verwendung. (17)

3.4.3 ÖGARI-Stellungnahme

Aufgrund fehlender Praxis im klinischen Alltag und keiner routinemäßigen Verwendung von Larynxtuben im klinischen Atemwegsmanagement, kommen selbst geübte AnästhesistInnen nicht auf die geforderten Fallzahlen, um das Handling des Larynxtubus zu verinnerlichen. Dies wird in einem Statement der ÖGARI aus dem Jahr 2019 postuliert.

Selbiges trifft auf Rettungsdienstpersonal zu, welches während der Ausbildung sowie der nachfolgenden Fortbildungen lediglich mit den im klinischen Alltag verwendeten Atemwegsdevices in Kontakt kommt. Daher ist auch in dieser Berufsgruppe eine niedrige Kompetenz im Handling und Abschätzen der Komplikationen eines Larynxtubus zu erwarten. (17)

Eine Umfrage der ÖGARI zur Ausbildung der NotfallmedizinerInnen in Österreich in den zuständigen Anästhesie-Abteilungen ergab, dass lediglich 22,8% der in der notärztlichen Ausbildung eingesetzten Abteilungen die Handhabung eines Larynxtubus in die Ausbildung der NotärztInnen integriert. (17)

In etlichen Studien, die sich mit der Aufarbeitung der Larynxtubus- Problematik beschäftigen, werden vermehrt die device-assoziierten Komplikationen belichtet, die Anwender-assoziierten Komplikationen hingegen finden darin wenig Raum. (17) Änderungen in den Empfehlungen des Herstellers zur Anwendung des Larynxtubus wurden 2014 veröffentlicht. Hierzu zählt die Empfehlung präklinisch eingesetzter Larynxtuben zum frühestmöglichen Zeitpunkt gegen eine ETI zu wechseln. (50)

3.4.4 Komplikationen und Schwächen des Larynxtubus

Schalk et al. stellten fest, dass eine primär komplikationsarme Technik zur Atemwegssicherung mittels Larynxtubus von einer homogenen, im Atemwegsmanagement erfahrenen Gruppe, verwendet wurde.

Mit zunehmender Anwendung durch weniger geschultes Personal stieg demnach auch die Rate der Komplikationen. (51)

Eine norwegische retrospektive Studie von 2012 untersuchte den Intubationserfolg, Schwierigkeit und Geschwindigkeit der Intubation sowie assoziierte Komplikationen einer laryngealen Intubation. (52)

Hierbei wurde im Beobachtungszeitraum von 2002 bis 2010 bei 347 PatientInnen 402 Intubationen durchgeführt. Die MitarbeiterInnen des Rettungsdienstes dokumentierten postinterventionell die Wahl des primären Atemwegs sowie die Überprüfung der korrekten Platzierung (Auskultation oder end-tidale CO₂ Messung). Darüber hinaus wurden jegliche Komplikationen dokumentiert. Dazu zählten Air-Leckage, Probleme beim Einführen des Tubus, Dislokation des Tubus, Fehlende Atemgeräusche bei Auskultation sowie Überschreiten der gewählten 30 Sekunden Intubationszeit. Es wurde eine Selbstberichterstattungsmethode des durchführenden Rettungspersonals zur Datenakquise verwendet.

Während bei 258 aller Verwendungen (347 PatientInnen) ein sofortiger Erfolg erzielt wurde (\cong 74,4%), konnte bei weiteren multiplen Versuchen bei insgesamt 296 aus 347 PatientInnen eine erfolgreiche Intubation erreicht werden (\cong 85,3%). (52) Lediglich in 7,8 % (27/347) der Fälle konnte auch mit Hilfe von ETI und BVM keine Atemwegssicherung erzielt werden. (52)

Die benötigte Zeit zur Platzierung des Larynxtubus wurde lediglich in 13,3% (46/402) mit > 30 Sekunden angegeben. (52)

Aus den bereits genannten Daten lässt sich eine deutliche Einfachheit in der Handhabung des Larynxtubus erkennen. Diese kombiniert mit dem Wissen, einen Atemweg überhaupt sichern zu können, führte zu einer spürbaren Beliebtheit unter den Anwendern. Wie eingangs beschrieben, wird eine Verwendung von Larynxtuben sogar durch nationale Gremien bei fehlender Erfolgsaussicht einer endotrachealen Intubation als primär zu wählendes Hilfsmittel zur Atemwegssicherung empfohlen. (53)

Eine rechtliche Grundlage hierfür ist zudem gelegt, indem das Rettungspersonal auch ohne Anwesenheit eines/r Notarztes/Notärztin befugt ist, in der Anwendung eines Larynxtubus. Trotzdem konnte mit der Zeit der Verwendung von Larynxtuben auch ein Anstieg von Komplikationen vermerkt werden. (51)

In 52,7% wurden Probleme bei der Platzierung des Larynxtubus vermerkt.

Folgende Tabelle soll Aufschluss über die dokumentierten Komplikationen geben:

Intubationsabhängige Komplikationen	Anzahl PatientInnen (%)
Keine Probleme	164 (47,3%)
Verminderte Atemgeräusche (Auskultation)	100 (28,8%)
Problematische Tubusplatzierung	85 (24,5%)
Leckage	61 (17,6%)
Insertionszeit > 30 Sekunden	46 (13,3%)
Regurgitation/ Aspiration	44 (12,7%)
Tubusdislokation	17 (4,9%)

Tabelle 11 Komplikationen bei 347 PatientInnen (52)

Es imponiert, dass lediglich 47,3% der Fälle komplikationslos verliefen. Jede vierte (24,5%) Anwendung resultierte in einer problematischen Tubusplatzierung, mit Komplikationen bei bzw. während der Beatmung, abhängig vom Zeitpunkt des Bemerkens.

Selbstkritisch gesteht die Studie zwar niedrige Power auf Grund fehlender Vergleichszahlen mit anderweitigen Atemwegsmethoden, jedoch zeigt eine Population von 347 PatientInnen signifikante Ergebnisse an.

Dem anschließend lassen sich Case reports aus dem Fachmagazin „Der Anästhesist“ nennen, in welchem Situationen von unmöglicher oder inadäquater Ventilation reichend bis zur Zungenschwellung bzw. Glottisödem oder Blutungen beschrieben werden. (54)

Weitere Vergleiche zwischen den auf dem Markt befindlichen Atemwegshilfen existieren in niedriger Qualität.

So haben Kurola et al. 2004 in einem Ausbildungszentrum von Rettungskräften in Finnland eine Beobachtungsstudie mit 58 TeilnehmerInnen an Modellen durchgeführt. Ziel dieser Publikation sollte ein Vergleich in der Anwendung von Larynxtuben, Endotrachealtuben sowie Beutel-Maske-Ventilation sein.

Zum Vergleich wurden die Parameter der benötigten Zeit zur Ventilation sowie das ventilierte Minutenvolumen verwendet.

Die 58 StudienteilnehmerInnen teilten sich in Zweier-Gruppen und absolvierten eine Manikin-Reanimation mit vorgegebenem Atemwegsdevice. Es entstand eine Einfachblindstudie, da die StudienteilnehmerInnen nicht in die Qualität der Datenerfassung eingebunden waren. Nach erfolgreicher Absolvierung einer

Reanimation wechselten die Zweierteam-Mitglieder ihre Rolle und eine weitere Atemwegssicherung wurde zugeteilt. Daraus resultierten 58 dokumentierte und beurteilte Reanimationen mit Atemwegssicherung. (55)

Die benötigte Zeit zur Ventilation über ein Atemwegsdevice reichte von durchschnittlich 64 Sekunden (50-85 Sekunden) in der Gruppe der Larynxtuben, bis zu durchschnittlich 95 Sekunden (79-110 Sekunden) in der Gruppe der Endotrachealtuben. Die Kohorte der Beutel-Maske-Ventilation benötigte durchschnittlich 81 Sekunden (56,3-102,3 Sekunden). Es konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der ETI und der Larynxtuben gezeigt werden, $p < 0,0001$. (55)

Wie bereits oben beschrieben, profitieren AnwenderInnen eines Larynxtubus von seiner Einfachheit, zudem ermöglicht dieser den AnwenderInnen eine suffiziente Beatmung hinsichtlich der ventilerten Volumina. Die TeilnehmerInnen der Studie erreichten durchschnittlich 7,1 l/min (5,8-7,8l/min) bei Verwendung eines Larynxtubus. Dem gegenüber stehen durchschnittliche 6,3 l/min bei Verwendung der ETI sowie 2,6 l/min in der Gruppe der Beutel-Maske-Ventilation. (55)

Daraus resultiert ein signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zwischen den Larynxtuben und der Beutel-Maske-Ventilation. (55)

3.4.5 Larynxtubus vs. Endotrachealtubus:

Um einen relevanten Vergleich zwischen einer erfolgten Endotrachealintubation sowie supraglottischen Atemwegssicherungen mittels Combitubus, Larynxtubus oder Larynxmasken zu schaffen, wurden Daten der PRIMED-Studie einer sekundären Analyse unterzogen.

Unter den 10455 PatientInnen mit OHCA und durchgeführtem advanced airway erhielten 8487 (81,2 %) eine erfolgreiche ETI sowie 1968 (18,8 %) eine supraglottische Atemwegssicherung, worunter wiederum in 1444 Fällen eine Präzision des verwendeten supraglottischen Atemwegsdevice erfolgte. Unter diesen wurde der King Larynxtube 909 (63,0%) Mal verwendet, die restlichen 37% teilen sich Anwendungen von Larynxmaske und Combitubus. (56)

Als primäres Outcome fungierte die Überlebensrate mit adäquater Funktionsfähigkeit. Hierbei zeigte sich im Falle einer ETI eine Überlebensrate von 4,7 %, sowie 3,9 % bei Verwendung eines SGA. (56)

Zudem zeigte sich unter Verwendung eines Endotrachealtubus eine erhöhte Wahrscheinlichkeit die ersten 24 Stunden zu überleben (Odds Ratio 1,74) oder ein ROSC zu erhalten (Odds Ratio 1,78). (56)

Diese Angaben konnten in einer Studie aus Wien 2017 bestätigt werden. Hier wurden 2223 PatientInnen mit OHCA in die Studie integriert und die PatientInnen in Subgruppen wie folgt eingeteilt: Beutel-Maske (n=816), Larynxtubus (n=404), Endotrachealtubus (n=793) und sekundär Endotrachealtubus nach Larynxtubus (n=210). (57)

Die ursprüngliche Beteiligung wurde im Sinne der Vergleichbarkeit auf vier gleiche Kohorten zu je 210 TeilnehmerInnen reduziert und statistisch angepasst.

Die nachfolgende Beurteilung der Komplikationen, assoziiert mit dem gewählten Atemweg, ließ eine deutliche Schwäche der Larynxtuben (15,7%) im Vergleich zu den Endotrachealtuben (Komplikationsrate 1 %) aufzeigen. (57)

Zusätzlich wurde in der Studie eine niedrigere Wahrscheinlichkeit eines ROSC bei Verwendung eines Larynxtubus bemerkt (24,3%), in der Kohorte der

Endotrachealtuben konnte immerhin ein Prozentsatz von 35,2 Prozent erreicht werden. (57)

Diesem Trend folgend konnte in der Kohorte der Larynxtuben die niedrigste 30-Tage-Überlebensrate mit einem Prozentsatz von 8,6% gesehen werden. Bei Verwendung eines sekundär eingesetzten Endotrachealtubus nach Larynxtubus konnte eine Verbesserung der 30-Tage-Überlebensrate mit 15,7% bemerkt werden. Vergleichsweise überlegen scheint eine 30-Tage-Überlebensrate von 17,1% bei alleiniger Verwendung von Endotrachealtuben. (57)

Daher scheint den AutorInnen eine optimistische Herangehensweise zur ETI, sowie im Falle einer Larynxintubation, ein frühzeitiger Wechsel zum Endotrachealtubus im Kliniksetting schlüssig.

Dem gegenüber zeigen Daten von Erath et al. (2019) keinen signifikanten Unterschied in der Krankenhausmortalität bei PatientInnen mit präklinischem Herz-Kreislaufstillstand und advanced airway mit Larynxtubus oder Endotrachealtubus. So konnte eine Gesamtmortalität von 85 % bei PatientInnen, die mit Larynxtubus beatmet wurden, gegenüber einer Mortalität von 84 % bei angewandten Endotrachealtuben beobachtet werden. (23)

Ferner konnte die Studie keinen signifikanten Unterschied in der innerklinischen Mortalität sowohl in der univariaten als auch in der multivariaten Regressionsanalyse feststellen. (23)

Trotz der doch uneinheitlichen Studienlage, den Einsatz von Larynxtuben betreffend, gibt es Indikationen, die eine Verwendung von Larynxtuben weiterhin rechtfertigen: die aktuellen Leitlinien der ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation) raten weiterhin zur Sicherung des Atemwegs mittels Larynxtubus bei unerwartet oder erwartet schwierigem Atemweg sowie bei bereits erfolglosen Intubationsversuchen. (58)

Schlussendlich fordert die ÖGARI, hinsichtlich der Risiken und der teils schweren Komplikationen einer Intervention mit Larynxtubus, eine Veränderung in der Ausbildung der befugten AnwenderInnen. Neben vertiefter theoretischer Ausbildung soll ein vermehrter klinischer Einsatz stattfinden. Ferner soll das Ausbildungscurriculum von Notärzten und Notärztinnen sowie

RettungssanitäterInnen vermehrt die Anwendung von Endotrachealtuben beinhalten. Die derzeit geforderten 80 klinischen Ausbildungsstunden könnten auf 40 reduziert werden, wenn damit eine geforderte Mindestanzahl von 20 Anwendungen im klinischen Bereich erfüllt wird. (17)

Aus den AWMF Leitlinien lässt sich eine Empfehlung zur Anwendung von extraglottischen Atemwegshilfen entnehmen, wenn die ErsthelferInnen nicht genügend Erfahrung in der Handhabung von Endotrachealtuben (<100 Anwendungen) besitzen. (8)

Ein Mismatch zwischen innerklinisch gelehrt Anwendungen von Larynxmasken und präklinisch vorliegenden Larynxtuben ist bereits wissenschaftlich belegt. (59) Trotzdem fehlt bisher jeglicher Nachweis einer Übertragung von praktischen Fertigkeiten in der Handhabung der Larynxmaske auf den Larynxtubus.

Um eine relativ sichere Anwendung eines extraglottischen Atemwegsdevices zu gewährleisten, ist eine Mindestanzahl von 40 durchgeführten Versuchen für AssistenzärztInnen der Anästhesiologie gefordert. (60)

Ferner wird eine zeitnahe Cuffdruckmessung nach erfolgreicher Positionierung empfohlen, um Komplikationen assoziiert mit einem überhöhten Cuffdruck vorzubeugen. Der Cuffdruck sollte 60 cmH₂O nicht überschreiten. (44, 61)

Ein zeitnaher Wechsel von Larynxtubus auf Endotrachealtubus sollte im klinischen Bereich alsbald erfolgen. (54, 62)

3.5 Larynxmaske:

Die 1980 entwickelte Larynxmaske fand ursprünglich vermehrt im klinischen Alltag ihren Gebrauch. Durch ihre häufigere klinische Anwendung gelangte dieses Device in die Notfallmedizin. Die Anlage ist verglichen zu einer Intubation mit ETI deutlich einfacher. Daher findet die Larynxmaske besonders in der Situation eines schwierigen Atemwegs oder sekundär, nach erfolgloser Endotrachealintubation, ihre präklinische Verwendung. (63)

Nach erfolgreicher Einlage einer Larynxmaske lässt sich eine maschinelle Beatmung durchführen und eine Mageninsufflation mit potentiell folgender Regurgitation und Aspiration tritt seltener auf. (64)

Nachteilig muss erwähnt werden, dass Larynxmasken für gewöhnlich ohne zu Hilfenahme eines Laryngoskop positioniert werden, wodurch potentielle mechanische Atemwegsverlegungen oder massive Schwellungen nicht erfasst werden könnten. (63)

Wie eingangs beschrieben, existieren mittlerweile diverse Bauweisen, von welchen im Notfallmanagement vor allem Larynxmasken der zweiten Generation mit der Möglichkeit einer kombinierten Magensonde Gebrauch finden.

Die 3 Hauptkomplikationen, eine schwierige Einlage, Leckage und das Risiko der Aspiration, werden mit Verwendung der zweiten Generation Larynxmasken reduziert. (65)

Ein großer Vorteil in der Handhabung der Larynxmaske liegt in ihrer anatomisch vorgeformten Maske am distalen Ende, wodurch sie sich auch durch weniger geübtes Personal anwenden lässt.

Wie Bosch et al. et al zeigen konnten, wurde in einer Beobachtungsstudie von 33 StudienteilnehmerInnen eine erfolgreiche Beatmung durch Larynxmasken der Klasse LMA-S in 100% der Fälle erreicht. (66)

Zudem wird anhand der aktuellen Studienlage das Risiko einer Aspiration während einer Atemwegssicherung mit Larynxmaske auf 1/10.000 geschätzt. (67)

Die Diskussion über etwaige Vorteile eines potentiell überlegenen Atemwegsdevices ist nicht nur aus Sicht der PatientInnen relevant. Daten von 2014

belegen, dass die Anwendung und anschließender Erfolg oder Misserfolg in der Wahl und Durchführung des Atemwegsmanagement derzeit sehr heterogen ist. Besonders nach initial gesichertem Atemweg muss die Situation immer wieder reevaluiert werden, um eine durchgehend suffiziente Beatmung gewährleisten zu können.

So zeigten Voss et al. bei 196 beobachteten Reanimationen ein initiales Atemwegsmanagement mit 108 (55%) BVM, 39 (20%) SGA und 49 (25%) ETI. (68) Wurde die endotracheale Intubation als primäre Intervention gewählt, konnte in 76 % der Fälle eine weitere Intervention vermieden werden. Dem gegenüber konnte lediglich bei 16 % der initial verwendeten Beutel-Maske Interventionen ein weiterer Beatmungsversuch abgewandt werden, ähnlich bei 44 % der eingesetzten SGA.

Im Falle von 41 primär oder sekundär eingesetzten SGA konnte sekundär in 80% eine endotracheale Intubation erfolgen. Als Ursache einer fehlgeschlagenen oder insuffizienten Beatmung mittels Larynxmaske wurde in 42 % der Fälle eine inadäquate Ventilation und in 18 % der Fälle eine Regurgitation angegeben. (68)

Ferner zeigte die Studie bei lediglich 24 % der endotrachealen Intubationen eine Notwendigkeit zu einer weiteren Intervention, häufig bedingt durch Fehlintubation. In diesem Falle konnte die Larynxmaske in 43% als zweite Intervention erfolgreich gewählt werden.

Daraus lässt sich schließen, dass die Endotrachealintubation gegenüber den Larynxmasken und Beutel-Maske-Ventilation häufig als endgültig angesehen wird, wohingegen die SGA und BMV eher als Zwischenschritt im Algorithmus der Reanimation gesehen werden dürfen. (68)

Die Tendenz der angewandten Atemwegssicherungen geht von einer einfachen Basistechnik hin zu den invasiveren mit Larynxmaske und Endotrachealtubus.

Um von der subjektiven Überzeugung eines Devices zu einer objektiveren Entscheidungsfindung zu kommen, verglichen Benger et al. 2018 innerhalb der AIRWAYS-2 Studie die Larynxmaske mit einer Endotrachealintubation.

Dabei wurde dem Rettungspersonal ein randomisierter Atemweg zugeteilt. Unter den 9296 PatientInnen mit OHCA konnten 4886 mit Supraglottischen Atemweg und 4410 mit Endotrachealintubation versorgt werden. Zur Quantifizierung des Outcomes einer Intervention wurde entweder der modified Ranking Scale Score bei Entlassung aus dem Krankenhaus oder 30 Tage post OHCA bewertet. Als

sekundäres Outcome wurde eine potentielle Regurgitation sowie Aspiration und ein Ventilationserfolg beurteilt.

Unter den 4882 PatientInnen der SGA-Kohorte konnten 6,4 % (311/4882) mit einem modified Ranking scale zwischen 0 und 3 aus dem Krankenhaus entlassen werden. Dem gegenüber konnten 6,8 % (300/4407) aus der Kohorte der Endotrachealintubation mit positiven Outcome kategorisiert werden. (69)

In der Beurteilung des sekundären Outcomes konnte sowohl in der Rate der Regurgitation als auch der Aspiration kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. (69)

Atemwegsdevice	Regurgitation	Aspiration
SGA	1268/4865 (26,1%)	729/4824 (15,1%)
ETI	1072/4372 (24,5 %)	647/4337 (14,9%)

Tabelle 12 sekundäres Outcome (69)

Ferner zeigte sich kein Unterschied zwischen den beiden Kohorten in der vergangenen Zeit bis zum Tode (Median bei SGA =67min vs. ETI =63min).

Zu ähnlichen Resultaten kamen Edwards et al. 2018 in einer retrospektiven Beobachtungsstudie. Unter den 220 teilnehmenden PatientInnen konnte im neurologischen Outcome kein signifikanter Unterschied zwischen den mit Kohorten mit Larynxmaske oder Endotrachealtubus als Intervention gezeigt werden. (70)

Dem gegenüber weisen Daten aus Korea auf ein schlechteres Überlebensoutcome unter Zuhilfenahme von Larynxmasken verglichen zur Beutel-Maske-Ventilation hin. Als primäres Outcome wurde das Überleben beim Eintreffen im Krankenhaus sowie bei Entlassung beurteilt. Aus den 5278 inkludierten PatientInnen wurden 4637 mit BVM versorgt, lediglich 250 (4,7%) bzw. 391 (7,4%) mit Larynxmaske bzw. Endotrachealtubus. (71)

Die folgende Tabelle zeigt eine doch deutliche Unterlegenheit der Larynxmaske im Vergleich mit der Endotrachealintubation oder der BMV.

	ETI	BMV	SGA
SURIVAL TO ADMISSION	22%	20,1%	20,5%
SURVIVAL TO DISCHARGE	8,0%	7,0%	5,6%

Tabelle 13 Überleben Vergleich ETI vs SGA vs BMV (71)

Trotz einer ausgeprägten Power dieser Studie muss auf die regionalen Unterschiede hinsichtlich der Besetzung eines Rettungswagens sowie deren Ausbildung und lokale Gepflogenheiten im koreanischen Rettungsdienst hingewiesen werden. (71)

Im direkten Vergleich der beiden extraglottischen Atemwegssicherungen konnte zwischen der Larynxmaske mit einer insgesamt Insertionsrate von 97,7% und dem Larynx-tubus mit einer Insertionsrate von 92,2% ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. (72)

Ursächlich für die doch relevante Differenz stellen die AutorInnen des Papers Bernhard et al. die vorherrschende Routine der AnästhesistInnen in der Handhabung mit Larynxmasken aus dem klinischen Alltag und die niedrigere Sicherheit in der Handhabung von device-typischen Komplikationen an. (72)

3.6 Endotrachealtubus:

Weiterhin als Goldstandard der Atemwegssicherung bezeichnet, findet der Endotrachealtubus sowohl klinisch als auch präklinisch seine Verwendung. Der sichere Aspirationsschutz durch den trachealen Cuff grenzt den Endotrachealtubus gegen die oben beschriebenen Atemwege ab.

Die im Falle der Reanimation nötigen Thoraxkompressionen, assoziiert mit erhöhten abdominellen und thorakalen Druckverhältnissen sowie der hohen Wahrscheinlichkeit nicht nüchterner PatientInnen, legitimieren immer wieder die Inkaufnahme der Nachteile eines Endotrachealtubus.

Als bereits anerkannte Vorteile einer Endotrachealenintubation lassen sich die Möglichkeit einer durchgehenden Thoraxkompression und gleichzeitiger Beatmung sowie dem Schutz vor Aspiration von Mageninhalt nennen. Außerdem wird ein reduziertes Risiko der gastralen Ventilation postuliert. (9, 30)

Recherchen von McMullan et al. zeigten, dass im Falle eines OHCA 80% aller PatientInnen im Verlauf einen advanced airway entweder mit SGA oder ETI erhalten, für gewöhnlich mit ETI. (73)

In einer Pilotstudie, durchgeführt an Leichen, konnte nach erfolgreicher Atemwegssicherung und fünfminütiger Reanimation nach den ERC-Guidelines in der Gruppe der ETI kein Aspirat in den Lungen gefunden werden. (74)

In der Gruppe der Larynxtuben befand sich in einem aus fünf Leichnamen Aspirat (1/5), in der BVM Gruppe drei aus fünf (3/5) und in der LAMA Gruppe zwei aus fünf (2/5). (74)

3.6.1 Komplikationen und Nachteile einer Endotrachealintubation

Als Komplikation einer versuchten Endotrachealintubation muss eine Fehlintubation und folgende gastrale Luftinsufflation genannt werden.

Die Studienlage hierzu unterteilt die Risiken einer accidentiellen ösophagealen Intubation für das durchführende Personal zwischen <1% und 25%.

Demnach zeigte Grmec et al. in einer prospektiven Studie ein 0,5% Risiko für eine nicht bemerkte accidentielle Fehlintubation für Notärzte/innen. Bei 9 Fehlintubationen aus insgesamt 345 Intubationsversuchen konnte mittels Kapnographie und Auskultation in 7 Fällen die falsche Position detektiert und korrigiert werden. (75)

Dem gegenüber ist das Risiko einer Fehlintubation im Falle von durchführenden Rettungspersonal zwischen 25% und 2,4%.

Katz kam in einer prospektiven Beobachtungsstudie bei insgesamt 108 dokumentierten Intubationen auf 27 Fehlintubationen ($\approx 25\%$), diese teilten sich auf in 18/27 ösophagealen und 9/27 hypopharyngealen Intubationen auf. (76)

Im Gegensatz dazu konnte Lyon et al. eine Rate von 2,4 % nicht bemerkter Fehlintubationen aufzeigen. (77)

Auf Grund seiner schwierigeren Positionierung und schlechteren Einsehbarkeit benötigt selbst erfahrenes Personal in präklinischen Situationen häufig länger als die geforderten 5 Sekunden, um eine erfolgreiche Intubation zu erhalten.

Wang konnte in einer Beobachtungsstudie ein deutliches Übersteigen der anvisierten 5 Sekunden zur Intubation zeigen. Die durchschnittlich benötigte Zeit zur erfolgreichen Intubation betrug 46,5 Sekunden, circa 30 % der durchgeführten Interventionen benötigte länger als 1 Minute. (78)

Durch eine angestrebte Intubation waren 23% aller Thoraxkompressionsunterbrechungen bedingt. (78)

Eine aktuellere Studie konnte unter 339 Reanimationsversuchen ein Zusammenhang zwischen wiederholten Atemwegssicherungsversuchen und verlängerter Thoraxkompressionsunterbrechung aufzeigen. Wurde der primär gewählte Atemweg erfolgreich positioniert, konnte kein signifikanter Unterschied in der Zeit der pausierten Thoraxkompression zwischen Beutel-Maske Beatmung, supraglottischen Atemwegssicherung und endotrachealer Intubation festgestellt werden. (79)

Im Falle einer primären Atemwegssicherung mittels ETI und direkter Laryngoskopie erhöhte sich die Wahrscheinlichkeit einer relevanten Unterbrechung der Thoraxkompression mit jedem Versuch um 29%. (79)

Das beobachtete Phänomen trat isoliert in der beobachteten Gruppe der Endotrachealintubation mit direkter Laryngoskopie auf, SGA oder ETI mit Zuhilfenahme von Videolaryngoskopie konnten damit nicht in Verbindung gebracht werden. (79)

3.6.2 Erfolgsquote einer Endotrachealintubation

Kritisch betrachtet werden müssen Studien bezüglich der Intubationserfolge. Auf Grund unterschiedlicher Rechtslagen und Ausbildungssysteme ist im englischsprachigen Raum auch nichtärztliches Personal befugt, eine endotracheale Intubation durchzuführen. Im deutschsprachigen Raum hingegen wird dies den notärztlichen Aufgaben zugeordnet. Trotzdem zählt eine Endotrachealintubation nicht zwangsläufig zu Routinetätigkeiten eines Notarztes/Notärztin.

In der Beobachtungsstudie von Garza et al. wurde der Zusammenhang von durchgeführten ETI und der Erfolgsquote einer ETI untersucht.

Dabei konnten 1066 Intubationsversuche registriert werden. In 909 Fällen konnte eine erfolgreiche Intubation erfolgen, das entspricht einer Erfolgsquote von 85,3 %.
(80)

In der Studie konnte Erfahrung in der Handhabung einer Endotrachealintubation deutlich der Anzahl persönlicher erfolgreicher Intubationen zugeordnet werden. Mit zunehmender Anzahl an durchgeführten Intubationen konnte eine über 75% Erfolgsquote bei 25 durchgeführten Intubationen erreicht werden.

3.6.3 Endotrachealintubation vs. Extraglottischer Atemwegssicherung

Wie im Kapitel des Larynxtubus bereits erwähnt, wurden Daten der PRIMED-Studie herangezogen, um einen Vergleich der EGA (Larynxtubus, Larynxmaske und Combitubus) und dem ETI zu schaffen. Hierbei resultiert nach erfolgreicher Intubation eine Überlebensrate von 4,7%. Dem gegenüber steht eine 3,9% Überlebensrate bei Verwendung eines supraglottischen Atemweges.

Zudem imponierte die ETI mit einer überlegenen Überlebensrate zum Zeitpunkt der Krankenhauseinlieferung, mit der Rate der erreichten ROSC, sowie einem höheren 24-h Überleben. (56)

Eine Metaanalyse von Benoit et al. zielte auf einen Vergleich der Studienlage bis zum Jahr 2015 hin. Es wurden 10 Beobachtungsstudien mit 34.533 ETI und 41.116 SGA untereinander verglichen.

Um eine relevante Vergleichbarkeit zu erhalten, wurde das Outcome anhand der Utstein Guidelines kategorisiert: ROSC, Überleben zum Zeitpunkt der Krankenhausübergabe, Überleben zum Zeitpunkt der Krankenhausentlassung sowie neurologische Defizite nach Modified Ranking Scale. (81)

Die Metaanalyse konnte einen starken Zusammenhang mit signifikant höheren Odds in der Gruppe der ETI (OR 1,28) zum Erhalt eines ROSC zeigen.

Zudem wurde dieser Zusammenhang in der Rate der Überlebenden bei Krankenhausübergabe (OR 1,34) sowie bei Entlassung aus dem Krankenhaus ohne neurologische Defizite (OR 1,33) gesehen. (81)

Resultierend aus den Daten der Metaanalyse zeigt sich eine klare Tendenz der Odds zum ETI im Zusammenhang mit einem ROSC. Lediglich eine Studie von Nagao 2012 konnte gegenteiliges darlegen. (82)

Trotz einer deutlich dargestellten Überlegenheit des Endotrachealtubus im ersten Intervall nach OHCA, zeigt der Endotrachealtubus auch im Langzeitoutcome bessere Ergebnisse. (81)

So zeigen sowohl die Daten der Metaanalyse von Benoit et al. als auch eine Beobachtungsstudie aus Japan von Tanabe et al., dass das 1 Monats-Überleben ohne neurologische Defizite in der Kohorte der ETI signifikant besser ausfiel, als in den Vergleichsgruppen mit Larynxmaske oder EOA (Kombitubus, Larynxtubus). (81, 83)

Gegenüber der bereits gezeigten Vorteile und Stärken einer Endotrachealintubation kann eine aktuelle Studie von Wang et al. (2018) einen nicht vernachlässigbaren Vorteil im 72-h Überleben seitens des SGA verglichen mit einer ETI darlegen. Unter 3000 StudienteilnehmerInnen konnten 18,3 % der mit SGA-versorgten PatientInnen 72 Stunden post OHCA überleben, in der Gruppe der ETI-versorgten PatientInnen betrug die 72-Stunden Überlebensrate lediglich 15,4%. (84)

Auch die sekundären Outcomes, dezidiert die Rate der ROSC (ETI:24,3%; SGA:27,9%) sowie die Rate des Überlebens des Krankenhausaufenthaltes (ETI:8,1%; SGA:10,8%) und die Rate des Überlebens ohne neurologische Defizite (ETI:5,0%; SGA:7,1%) fielen zugunsten des SGA aus. (84)

Aus den gewonnenen Daten lässt sich schlussfolgern, dass ein initialer Atemweg mit einem SGA dem ETI überlegen sein könnte und der ETI seine Stärken erst im Verlauf einer verlängerten kreislaufinstabilen Situation erlangt. (84)

4 Diskussion

4.1 Antworten auf die Forschungsfrage

In den oben gezeigten Publikationen präsentiert sich eine diffuse, nicht eindeutige Studienlage zum Thema. In den letzten Jahren wird der Frage des präklinischen Atemwegs immer mehr Bedeutung zugeteilt. Insbesondere ein Vergleich von supraglottischen Atemwegshilfen und der Endotrachealintubation sollte Aufschluss geben über den Goldstandard der notfallmedizinischen Atemwegssicherung.

Eine große aussagekräftige Metaanalyse aus dem englischsprachigen Raum von Benoit et al. konnte aus 10 Beobachtungsstudien einen signifikanten Vorteil der Endotrachealintubation, gemessen nach den Utstein Kriterien, aufzeigen. (81)

Dem gegenüber konnten einzelne Beobachtungsstudien, wie von Wang et al., einen signifikanten Vorteil einer supraglottischen Atemwegssicherung darstellen. (84)

Trotz primär erfolgreich eingesetzten supraglottischen Atemwegssicherungen zeigt die Routine der Notaufnahmen einen Wechsel auf Endotrachealintubation nach Ankunft im klinischen Setting, um oben genannte Nachteile der SGA zu beheben und einen sicheren Aspirationsschutz und Leckage-Schutz zu ermöglichen. (81)

Da der prägnanteste Nachteil einer präklinischen Intubation die Dauer und die Schwierigkeit einer korrekten Anlage ist und dieser Nachteil innerklinisch durch bessere äußere Bedingungen und routiniertes Personal reduziert werden kann, wird routinemäßig von einem semigesicherten Atemweg mit SGA auf einen gesicherten Atemweg mit ETI gewechselt.

Die angeführten Studien reduzierten ihre Aussagekraft jedoch jeweils durch das verwendete Studiendesign, in den meisten Fällen Beobachtungsstudien. Hierbei unterliegt das Ergebnis nicht selten deutlichen Schwankungen. Diese resultieren aus unterschiedlichem Ausbildungsstand des durchführenden Rettungsdienstpersonals. So entscheidet sich ein routinierter Notarzt/ Notärztin eher zur präklinischen Intubation als ein unerfahrener Notarzt/Notärztin. Ferner wird bei verzögertem ROSC und länger andauernder Reanimation im Verlauf auf eine ETI gewechselt. Hier korreliert die jeweilige Überlebensrate aber indirekt, da eine ETI zwar die Chance eines ROSC erhöht, eine verlängerte Reanimationsdauer jedoch verringert.

Wie Benger et al. aufzeigten, wurde bei frühzeitigem ROSC eine Korrelation mit konsequenter Bystander-Reanimation gefunden. Dadurch konnte eine folgende Atemwegssicherung durch schnelles ROSC abgewandt werden, wodurch die Rate der ROSC ohne advanced airway positiv beeinflusst wird und ein schlechteres Outcome in der Gruppe der advanced airways beobachtet wird. (69)

Außerdem unterscheiden sich die Rettungssysteme der beobachteten Länder. So wird eine Reanimation im deutschsprachigen Raum meist von einem Notarzt/ einer Notärztin geleitet. Dem gegenüber wird eine präklinische Reanimation und die dazugehörige Atemwegssicherung in den USA durch qualifiziertes Rettungspersonal durchgeführt, welches jedoch keine innerklinische Erfahrung zum Atemwegsmanagement innehat. Daraus resultiert eine sehr heterogene Anwendergruppe, woraus ein Atemwegsdevice deutliche Unterschiede im Outcome präsentieren kann.

Des Weiteren zeigte eine Studie von Jabre et al. 2018, dass PatientInnen mit schwereren Krankheitsverläufen eher mit Endotrachealintubation versorgt werden, verglichen zu PatientInnen mit leichter ausgeprägter Krankheitsgeschichte. (33)

Jedoch haben PatientInnen mit vergleichsweise leichten bis fehlenden Vorerkrankungen deutlich erhöhte Chancen, ein ROSC zu erhalten, verglichen zu PatientInnen mit multiplen Vorerkrankungen, wodurch das Outcome einer Beobachtungsstudie verfälscht werden kann.

Aus den Leitlinien der ERC 2021 lässt sich die Empfehlung zum Konzept der schrittweise geregelten Atemwegssicherung von weniger invasiv zu mehr invasiv entnehmen.

Abhängig von individueller Erfahrung und zugänglichem Equipment (Kapnometrie, Kapnographie, Ösophagusdetektor, Ultraschall zur Tubusdetektion) sollte eine individuelle Entscheidung getroffen werden.

Initial sollte bei Feststellung eines Herzkreislaufstillstands eine Beatmung mittels Beutel-Maske erfolgen, bis die Entscheidung zur Atemwegssicherung mit SGA oder ETI sowie die nötige Vorbereitung dafür getroffen wurde. Außerdem besteht immer die Möglichkeit, bei nicht erfolgreicher Atemwegssicherung durch ETI eine intermittierende Beatmung über Beutel-Maske-Verfahren anzuwenden.

Als Goldstandard wird weiterhin die Verwendung von Endotrachealtuben gesehen. (8, 9)

Da wie oben erwähnt, die benötigte Zeit zur Intubation ein wichtiges Kriterium zur Wiederherstellung eines ROSC ist, sollten bestmögliche Bedingungen geschaffen werden, ehe ein Intubationsversuch begonnen wird. Neben regelmäßigem Training und optimierter Lagerung der PatientInnen, sollte ein Videolaryngoskop rechtzeitig zur Hand genommen werden. (8)

Zudem fordert die Leitlinie der AWMF anfänglich 100 durchgeführte Intubationen sowie mindestens 10 Wiederholungen pro Jahr, ehe von einem 95%-Intubationserfolg ausgegangen werden kann. (8, 85-87)

Diese Zahl muss jedoch kritisch beurteilt werden, da sie auf Studien unter optimierten Bedingungen im Operationssaal basiert. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine 95 % Erfolgsquote im prähospitalen Setting eine vielfach höhere Anzahl durchgeführter Intubationen erfordert. (8)

Alternativ empfiehlt die Leitlinie 40 supervidierte Anwendungen von extraglottischen Atemwegssicherungen, ehe von einer 95 % sicheren Platzierung ausgegangen werden darf. (8, 60)

Prinzipiell lässt sich jedoch sagen, dass die anfängliche Begeisterung des Larynxtubus nun gesunken ist. Bei Markteinführung als Goldstandard gewertet, wird er nun von Seiten der ÖGARI lediglich schwach empfohlen. (17)

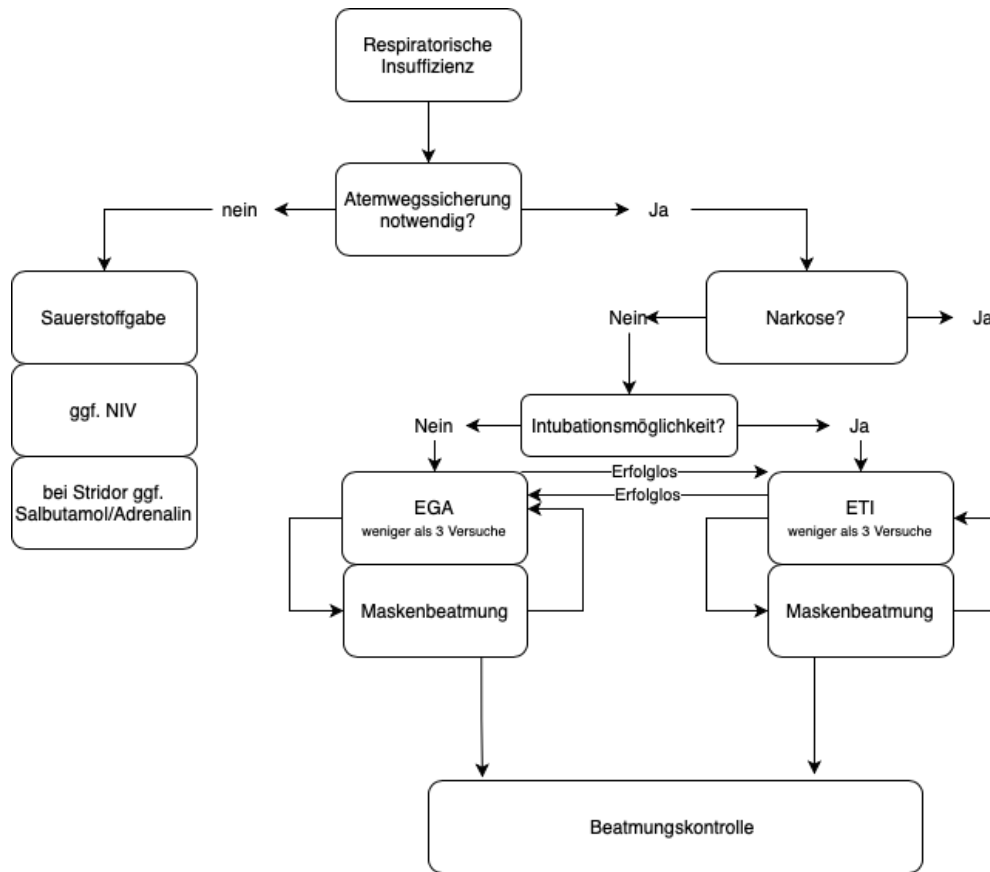


Abbildung 2 Flowchart Atemwegssicherung(8)

4.2 COVID-19 Beilage:

Da das Rettungspersonal seit Januar 2020 bei Durchführung des advanced life support mit der Gefahr einer Ansteckung mit der viralen Erkrankung COVID-19 konfrontiert wird, gibt es für präklinische sowie innerklinische Herzkreislaufstillstände Handlungsempfehlungen der ERC. Die Sicherheit des Rettungsteams hat umso mehr höchste Priorität, Selbst- vor Fremdschutz ist die vorherrschende Maxime.

Um während der Reanimation das Risiko einer Übertragung des Virus zu reduzieren, sollten schnellstmöglich die COVID-typischen Symptome abgefragt oder eine bereits festgestellte Infektion herausgefunden werden.

Die Indikation zum Tragen bestmöglicher Schutzkleidung sollte großzügig gestellt werden. Selbst Verzögerungen in der Durchführung des advanced life supports werden diesbezüglich in Kauf genommen, um die Sicherheit des Rettungsteams größtmöglich zu halten. (88)

Während des gesamten Reanimationsprozess wird das Tragen von FFP3-Masken empfohlen, falls nicht verfügbar FFP2. Ferner sollte ein Augen- und Gesichtsschutz verwendet werden. (88)

Zudem muss ein HME-Filter zwischen der Maske und dem Atemweg angewandt werden.

Im Falle eines bemerkten Herzkreislaufstillstands soll von einer Überprüfung der Atmung durch Hören am Mund verzichtet werden. (88)

Eine Sauerstoffmaske soll verwendet werden, bis eine Beutel-Masken-Beatmung mit HME-Filter zur Verfügung steht. Dabei sollte eine 2-Personen Technik angewandt werden, um potentielle Leckagen zu reduzieren. Die Indikation zur Atemwegssicherung mittels SGA oder ETI soll frühzeitig und großzügig gestellt werden, um Aerosole durch Beutel-Masken-Beatmung bedingt zu minimieren. Um während der Intubation größtmöglichen Abstand zum Atemweg der PatientInnen zu halten, wird die Verwendung eines Videolaryngoskop empfohlen. (88)

4.3 Schlussfolgerungen und Einschränkungen zum Inhalt

Resultierend aus den gesammelten Studien lässt sich eine doch deutlich eingeschränkte Aussagekraft der bisherigen Studienlage ermitteln. Da bisher vermehrt Beobachtungsstudien zum Einsatz kommen, unterliegen die Ergebnisse zahlreichen Schwankungen und Bias, genauer Selektionsbias. Zudem erfüllen die Studien auf Grund ihres statistischen Aufbaus selten eine Strukturgleichheit.

Als weitere Einschränkung muss die unterschiedliche Kompetenz des durchführenden Rettungsteams erwähnt werden, welches selbst bei Wahl des adäquaten Interventionsmittel keine suffiziente Beatmung durchführen kann oder hierfür lange Zeiten der fehlenden Thoraxkompression in Kauf nehmen muss.

Außerdem existieren lediglich wenige randomisiert kontrollierte Studien, durch welche sich signifikante Daten ermitteln lassen könnten.

Um einheitliche Outcomefaktoren zu vergleichen, eignet sich der Utstein Style. Hierfür bieten sich die Messgrößen ROSC, Überleben zum Zeitpunkt der Krankenhausübergabe, Überleben zum Zeitpunkt der Krankenhausentlassung sowie neurologische Defizite nach Modified Ranking Scale an.

Ferner werden diese Messgrößen in Beobachtungsstudien negativ beeinflusst, sobald im Falle des can't intubate, can't ventilate ein SGA als second joice nach missglückter Endotrachealintubation Verwendung findet. Daher dürfen second joice Maßnahmen nur bedingt mit first joice Maßnahmen verglichen werden.

5 Literaturverzeichnis

1. Behrends J, Ehmke H. Physiologie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2017.
2. Schmidt RF, Lang F, M. H. Physiologie des Menschen. Berlin, Heidelberg: Springer; 2011.
3. Silbernagl S, Despopoulos A, Draguhn A. Taschenatlas Physiologie 9ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2018.
4. GmbH A, Salimi DmM. Atemwege und Lunge 06.01.21 [Available from: <https://next.amboss.com/de/article/6o0j1S>].
5. Hamp T, Weidenauer D. Lehrbuch Tertiäre Notfall- und Intensivmedizin. 2nd ed. Wien Springer 2012.
6. Aumüller G, Aust G, Engele J. Anatomie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017.
7. Lenarz T, Boenninghaus H-G. Hals-Nasen-Ohren- Heilkunde. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin, Heidelberg; 2012.
8. Timmermann A, Böttiger BW, Byhahn C, Dörger V. AWMF Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ 26.02.2019 [Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-040l_S1_Praehospitales-Atemwegsmanagement_2019-03_1.pdf].
9. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, et al. Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („adult advanced life support“). Notfall + Rettungsmedizin. 2015;18(8):770-832.
10. Westhoff M, Schönhofer B, Neumann P, Bickenbach J. S3-Leitlinie Nichtinvasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz 04.07.2019 [Available from: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/020-004l_Nichtinvasive_Beatmung_ARI_2015-09-verlaengert.pdf].
11. Timmermann A. Atemwegsmanagement. In: Wilhelm W, editor. Praxis der Anästhesiologie: konkret - kompakt - leitlinienorientiert. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2018. p. 265-300.
12. Cook T, Howes B. Supraglottic airway devices: recent advances. Continuing Education in Anaesthesia Critical Care & Pain. 2010;11(2):56-61.
13. Rossaint R, Werner C, Zwißler B, Laux G. Die Anästhesiologie Die Anästhesiologie 4. Auflage Berlin, Heidelberg: Springer; 2019. p. 701-6.
14. Ltd TME. Larynxmasken 2020 [Available from: <https://www.teleflex.com/emea/de/product-areas/anaesthesia/airway-management/laryngeal-masks/#>].
15. Deakin CD, O'Neill JF, Tabor T. Does compression-only cardiopulmonary resuscitation generate adequate passive ventilation during cardiac arrest? Resuscitation. 2007;75(1):53-9.
16. Saïssy JM, Boussignac G, Cheptel E, Rouvin B, Fontaine D, Bargues L, et al. Efficacy of continuous insufflation of oxygen combined with active cardiac compression-decompression during out-of-hospital cardiorespiratory arrest. Anesthesiology. 2000;92(6):1523-30.
17. Trimmel H, Halmich M, Paal P. [Statement of the Austrian Society for Anesthesiology, Resuscitation and Intensive Care Medicine (ÖGARI) on the use of laryngeal tubes by ambulancemen and paramedics]. Anaesthesist. 2019;68(6):391-5.

18. Dembinski R, Scholtyschik D. Die Larynxmaske- Schritt für Schritt Deutsche Medizinische Wochenschrift Thieme 2019.
19. Larsen R. Endotracheale Intubation, Larynxmaske und Larynxtubus. Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege. 2016:103-38.
20. Hillebrand H, Motsch J. Larynxmaske. Der Anaesthesist. 2007;56(6):617-32.
21. Füllekrug B, Reissmann H, Pothmann W, Masch T, Schulte am Esch J. Die ProSeal-LM, eine neue Variante der Larynxmaske: Beschreibung und erste klinische Erfahrungen 2001 [Available from: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-2001-12750>].
22. Buschmann CT, Kleber C, Schulz T, Tsokos M. Notfallmedizin up2date. Rechtsmedizin. 2012;22(3):197-216.
23. Erath JW, Reichert A, Büttner S, Weiler H, Vamos M, von Jeinsen B, et al. [Out-of-hospital airway management with a laryngeal tube or endotracheal intubation for out-of-hospital cardiac arrest : Influence on in-hospital mortality]. Med Klin Intensivmed Notfmed. 2020;115(3):213-21.
24. Schwarzkopf K. Supraglottische Atemwegshilfen. Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin. 2012;107(7):531-6.
25. Ahmed RA, Boyer TJ. Endotracheal Tube. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2020, StatPearls Publishing LLC.; 2020.
26. Piepho T, Fortmueller K, Heid FM, Schmidtman I, Werner C, Noppens RR. Performance of the C-MAC video laryngoscope in patients after a limited glottic view using Macintosh laryngoscopy. Anaesthesia. 2011;66(12):1101-5.
27. Cavus E, Neumann T, Doerges V, Moeller T, Scharf E, Wagner K, et al. First clinical evaluation of the C-MAC D-Blade videolaryngoscope during routine and difficult intubation. Anesth Analg. 2011;112(2):382-5.
28. Schulte am Esch J, Bause H, Kochs E, Scholz J, Standl T, Werner C. Anästhesie Duale Reihe Allgemein- und Intensivmedizin 3. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006.
29. Yeh ST, Cawley RJ, Aune SE, Angelos MG. Oxygen requirement during cardiopulmonary resuscitation (CPR) to effect return of spontaneous circulation. Resuscitation. 2009;80(8):951-5.
30. Kramer-Johansen J, Wik L, Steen PA. Advanced cardiac life support before and after tracheal intubation--direct measurements of quality. Resuscitation. 2006;68(1):61-9.
31. Takei Y, Enami M, Yachida T, Ohta K, Inaba H. Tracheal intubation by paramedics under limited indication criteria may improve the short-term outcome of out-of-hospital cardiac arrests with noncardiac origin. J Anesth. 2010;24(5):716-25.
32. Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, Halperin HR, Hess EP, Moitra VK, et al. Part 7: Adult Advanced Cardiovascular Life Support: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation. 2015;132(18 Suppl 2):S444-64.
33. Jabre P, Penaloza A, Pinero D, Duchateau F-X, Borron SW, Javaudin F, et al. Effect of Bag-Mask Ventilation vs Endotracheal Intubation During Cardiopulmonary Resuscitation on Neurological Outcome After Out-of-Hospital Cardiorespiratory Arrest: A Randomized Clinical Trial. JAMA. 2018;319(8):779-87.
34. Brown SP, Wang H, Aufderheide TP, Vaillancourt C, Schmicker RH, Cheskes S, et al. A randomized trial of continuous versus interrupted chest compressions in out-of-hospital

- cardiac arrest: rationale for and design of the Resuscitation Outcomes Consortium Continuous Chest Compressions Trial. *Am Heart J.* 2015;169(3):334-41.e5.
35. Bobrow BJ, Clark LL, Ewy GA, Chikani V, Sanders AB, Berg RA, et al. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. *Jama.* 2008;299(10):1158-65.
 36. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sørebo H, Svensson L, Fellows B, et al. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *Jama.* 2005;293(3):299-304.
 37. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, Yannopoulos D, McKnite S, von Briesen C, et al. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation.* 2004;109(16):1960-5.
 38. Soar J, Nolan JP. Airway management in cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care.* 2013;19(3):181-7.
 39. Davis DP. Early ventilation in traumatic brain injury. *Resuscitation.* 2008;76(3):333-40.
 40. Dörge V, Ocker H, Hagelberg S, Wenzel V, Idris AH, Schmucker P. Smaller tidal volumes with room-air are not sufficient to ensure adequate oxygenation during bag-valve-mask ventilation. *Resuscitation.* 2000;44(1):37-41.
 41. von Goedecke A, Wagner-Berger HG, Stadlbauer KH, Krismer AC, Jakubaszko J, Bratschke C, et al. Effects of decreasing peak flow rate on stomach inflation during bag-valve-mask ventilation. *Resuscitation.* 2004;63(2):131-6.
 42. Dörge V, Ocker H, Wenzel V, Steinfath M, Gerlach K. The Laryngeal Tube S: a modified simple airway device. *Anesth Analg.* 2003;96(2):618-21, table of contents.
 43. Koppensteiner S. Rechtsfrage: Larynx-tubus für Rettungssanitäter? 2014 [Available from: <https://www.oegern.at/wp/wp-content/uploads/Koppensteiner-Rechtsfrage-LT-für-Sanitäter.pdf>].
 44. Schalk R, Seeger FH, Mutlak H, Schweigkofler U, Zacharowski K, Peter N, et al. Complications associated with the prehospital use of laryngeal tubes--a systematic analysis of risk factors and strategies for prevention. *Resuscitation.* 2014;85(11):1629-32.
 45. Wiese CH, Semmel T, Müller JU, Bahr J, Ocker H, Graf BM. The use of the laryngeal tube disposable (LT-D) by paramedics during out-of-hospital resuscitation--an observational study concerning ERC guidelines 2005. *Resuscitation.* 2009;80(2):194-8.
 46. Martin-Gill C, Prunty HA, Ritter SC, Carlson JN, Guyette FX. Risk factors for unsuccessful prehospital laryngeal tube placement. *Resuscitation.* 2015;86:25-30.
 47. Schalk R, Byhahn C, Fausel F, Egner A, Oberndörfer D, Walcher F, et al. Out-of-hospital airway management by paramedics and emergency physicians using laryngeal tubes. *Resuscitation.* 2010;81(3):323-6.
 48. Frascone RJ, Russi C, Lick C, Conterato M, Wewerka SS, Griffith KR, et al. Comparison of prehospital insertion success rates and time to insertion between standard endotracheal intubation and a supraglottic airway. *Resuscitation.* 2011;82(12):1529-36.
 49. Frascone RJ, Wewerka SS, Griffith KR, Salzman JG. Use of the King LTS-D during medication-assisted airway management. *Prehosp Emerg Care.* 2009;13(4):541-5.
 50. Paal P, Timmermann A. The beauty and the beast - a tale of the laryngeal tube and related potentially life threatening operational faults. *Resuscitation.* 2014;85(12):A1-2.
 51. Schalk R, Byhahn C, Klüner C, Bernhard M. Anwendung des Larynx-tubus in der Notfallmedizin – Komplikationen und Fallstricke. . *Der Notarzt.* New York, Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2018.

52. Sunde GA, Brattebø G, Odegården T, Kjernlie DF, Rødne E, Heltne JK. Laryngeal tube use in out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2012;20:84.
53. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Bernhard M, Dörge V, et al. Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement In: DGAInfo, editor.2012.
54. Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim CA, Kaisers UX, et al. Prehospital airway management using the laryngeal tube. An emergency department point of view. *Anaesthesist.* 2014;63(7):589-96.
55. Kurola J, Harve H, Kettunen T, Laakso JP, Gorski J, Paakkonen H, et al. Airway management in cardiac arrest--comparison of the laryngeal tube, tracheal intubation and bag-valve mask ventilation in emergency medical training. *Resuscitation.* 2004;61(2):149-53.
56. Wang HE, Szydlo D, Stouffer JA, Lin S, Carlson JN, Vaillancourt C, et al. Endotracheal intubation versus supraglottic airway insertion in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2012;83(9):1061-6.
57. Sulzgruber P, Datler P, Sterz F, Poppe M, Lobmeyr E, Keferböck M, et al. The impact of airway strategy on the patient outcome after out-of-hospital cardiac arrest: A propensity score matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2018;7(5):423-31.
58. Monsieurs KG, Nolan JP, Bossaert LL, Greif R, Maconochie IK, Nikolaou NI, et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation.* 2015;95:1-80.
59. Nothnagel P, Rachut B, Timmermann A. Imbalance between ambulance equipment and clinical training of emergency medical personal in two German state regions. *Trends in Anaesthesia and Critical Care.* 2017;16:23-4.
60. Mohr S, Weigand MA, Hofer S, Martin E, Gries A, Walther A, et al. Developing the skill of laryngeal mask insertion: prospective single center study. *Anaesthesist.* 2013;62(6):447-52.
61. Kriege M, Alflen C, Eisel J, Ott T, Piepho T, Noppens RR. Evaluation of the optimal cuff volume and cuff pressure of the revised laryngeal tube "LTS-D" in surgical patients. *BMC Anesthesiology.* 2017;17(1):19.
62. Bernhard M, Behrens NH, Wnent J, Seewald S, Brenner S, Jantzen T, et al. Out-of-hospital airway management during manual compression or automated chest compression devices : A registry-based analysis. *Anaesthesist.* 2018;67(2):109-17.
63. Arntz HR, Breckwoldt J. [The supraglottic airway in the prehospital setting]. *Med Klin Intensivmed Notfmed.* 2016;111(2):107-12.
64. Stone BJ, Chantler PJ, Baskett PJ. The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation: a comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. *Resuscitation.* 1998;38(1):3-6.
65. Cook TM, Kelly FE. Time to abandon the 'vintage' laryngeal mask airway and adopt second-generation supraglottic airway devices as first choice. *Br J Anaesth.* 2015;115(4):497-9.
66. Bosch J, de Nooij J, de Visser M, Cannegieter SC, Terpstra NJ, Heringhaus C, et al. Prehospital use in emergency patients of a laryngeal mask airway by ambulance paramedics is a safe and effective alternative for endotracheal intubation. *Emerg Med J.* 2014;31(9):750-3.

67. Sidaras G, Hunter JM. Is it safe to artificially ventilate a paralysed patient through the laryngeal mask? The jury is still out. *Br J Anaesth.* 2001;86(6):749-53.
68. Voss S, Rhys M, Coates D, Greenwood R, Nolan JP, Thomas M, et al. How do paramedics manage the airway during out of hospital cardiac arrest? *Resuscitation.* 2014;85(12):1662-6.
69. Bengner JR, Kirby K, Black S, Brett SJ, Clout M, Lazaroo MJ, et al. Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2018;320(8):779-91.
70. Edwards T, Williams J, Cottee M. Influence of prehospital airway management on neurological outcome in patients transferred to a heart attack centre following out-of-hospital cardiac arrest. *Emerg Med Australas.* 2019;31(1):76-82.
71. Shin SD, Ahn KO, Song KJ, Park CB, Lee EJ. Out-of-hospital airway management and cardiac arrest outcomes: a propensity score matched analysis. *Resuscitation.* 2012;83(3):313-9.
72. Bernhard M, Gries A, Ramshorn-Zimmer A, Wenzel V, Hossfeld B. Insertion Success of the Laryngeal Tube in Emergency Airway Management. *Biomed Res Int.* 2016;2016:3619159.
73. McMullan J, Gerecht R, Bonomo J, Robb R, McNally B, Donnelly J, et al. Airway management and out-of-hospital cardiac arrest outcome in the CARES registry. *Resuscitation.* 2014;85(5):617-22.
74. Piegeler T, Roessler B, Goliasch G, Fischer H, Schlaepfer M, Lang S, et al. Evaluation of six different airway devices regarding regurgitation and pulmonary aspiration during cardio-pulmonary resuscitation (CPR) – A human cadaver pilot study. *Resuscitation.* 2016;102:70-4.
75. Grmec S. Comparison of three different methods to confirm tracheal tube placement in emergency intubation. *Intensive Care Med.* 2002;28(6):701-4.
76. Katz SH, Falk JL. Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. *Ann Emerg Med.* 2001;37(1):32-7.
77. Lyon RM, Ferris JD, Young DM, McKeown DW, Oglesby AJ, Robertson C. Field intubation of cardiac arrest patients: a dying art? *Emerg Med J.* 2010;27(4):321-3.
78. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. *Ann Emerg Med.* 2009;54(5):645-52.e1.
79. Jarman AF, Hopkins CL, Hansen JN, Brown JR, Burk C, Youngquist ST. Advanced Airway Type and Its Association with Chest Compression Interruptions During Out-of-Hospital Cardiac Arrest Resuscitation Attempts. *Prehosp Emerg Care.* 2017;21(5):628-35.
80. Garza AG, Gratton MC, Coontz D, Noble E, Ma OJ. Effect of paramedic experience on orotracheal intubation success rates. *J Emerg Med.* 2003;25(3):251-6.
81. Benoit JL, Gerecht RB, Steuerwald MT, McMullan JT. Endotracheal intubation versus supraglottic airway placement in out-of-hospital cardiac arrest: a meta-analysis. *Resuscitation* 2015;93:20-6.
82. Nagao T, Kinoshita K, Sakurai A, Yamaguchi J, Furukawa M, Utagawa A, et al. Effects of bag-mask versus advanced airway ventilation for patients undergoing prolonged cardiopulmonary resuscitation in pre-hospital setting. *J Emerg Med.* 2012;42(2):162-70.

83. Tanabe S, Ogawa T, Akahane M, Koike S, Horiguchi H, Yasunaga H, et al. Comparison of neurological outcome between tracheal intubation and supraglottic airway device insertion of out-of-hospital cardiac arrest patients: a nationwide, population-based, observational study. *J Emerg Med.* 2013;44(2):389-97.
84. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, Stephens SW, Idris AH, Carlson JN, et al. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2018;320(8):769-78.
85. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A. Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2012;56(2):164-71.
86. Buis ML, Maissan IM, Hoeks SE, Klimek M, Stolker RJ. Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: A systematic review. *Resuscitation.* 2016;99:63-71.
87. Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg.* 1998;86(3):635-9.
88. Nolan JP, Monsieurs KG, Bossaert L, Böttiger BW, Greif R, Lott C, et al. European Resuscitation Council COVID-19 guidelines executive summary. *Resuscitation.* 2020;153:45-55.