

**Diplomarbeit**

**Vorzüge und Probleme von supraglottischen Airway -  
Devices während einer Cardio – Pulmonalen  
Reanimation**

**Moderne Aspekte der Atemwegssicherung**

eingereicht von

**Stefan Graiger**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt am

**Klin. Abteilung für Allgemeine Anästhesiologie, Notfall- und  
Intensivmedizin**

unter der Anleitung von

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

Dr.med.univ Philipp Zoidl

## *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 3.1.2018*

*Stefan Graiger eh*

## Vorwort

Seit Mitte der 80er bis Ende der 90er Jahre wurden diverse supraglottische Atemwegsdevices entwickelt, die eine Alternative zur endotrachealen Intubation bei schwierigen Atemwegen darstellen, als auch eine Unterstützung für wenig trainiertes Rettungsdienstpersonal sein soll. Wie bereits in mehreren Studien gezeigt wurde, ist eine Beutel-Masken-Beatmung von präklinischen NotfallpatientInnen für untrainiertes Personal eine schwierige Beatmungsform.

Seit Beginn der 2010er Jahre sind in den neuesten Guidelines für RettungssanitäterInnen als auch KrankenpflegerInnen die Larynxtuben als initiale Atemwegssicherung bei Reanimationen innerhalb oder außerhalb der Klinik vorgesehen. Nach vielen Studien und Vortragenden, die diesen „ultimativen Atemweg“ umfassende Vorteile zusprachen, mehrten sich in den letzten Jahren zusätzlich Berichte sowie Studien, die mehrere Gefahrenpotentiale dieser Luftbrücken aufzeigten.

Diese Diplomarbeit umfasst dieses Thema in Form einer Literaturrecherche und versucht die gängigen Devices miteinander zu vergleichen, um eine Empfehlung für präklinisches Rettungsdienstpersonal und NotärztInnen zu finden.

## **Danksagung**

Ich möchte mich an dieser Stelle allen danken, die mich während meiner Studienzeit mit ihren Ratschlägen und Einfühlungsvermögen unterschützt haben.

Besonders hervorheben möchte ich hier meine Mutter, ohne deren finanzielle Hilfe ich diesen Punkt nicht erreichen hätte können.

Weiters gilt mein Dank dem wichtigsten Menschen in meinem Leben, meiner zukünftigen Frau. Ohne ihre liebevolle aber auch standhafte Unterstützung, wäre mein Leben nicht so verlaufen und bereichert worden, wie es heute ist.

Vielen Dank!

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	II
Danksagung .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	IV
I. Abbildungsverzeichnis .....	VI
II. Tabellenverzeichnis .....	X
III. Zusammenfassung .....	XI
IV. Abstract.....	XII
1 Der Weg zur modernen Atemwegssicherung und Reanimation in der Notfallmedizin	1
2 Der Atemweg – Physiologie und Pathologie bei Reanimationen .....	3
3 Die Guidelines cardio-pulmonale Reanimation .....	6
3.1 Guidelines der European Resuscitation Council .....	6
3.1.1 Laienreanimation und Basic Life Support.....	6
3.1.2 Advanced Life Support.....	8
3.2 Stellenwert der Beatmung bei der Reanimation von Laien .....	9
4 Maßnahmen zur Sicherung eines Atemwegs.....	10
4.1 Maske-Beutel-Beatmung .....	10
4.2 Der „Gold- Standard“: Die Endotracheale Intubation .....	12
5 Komplikationen der Atemwegssicherung .....	16
5.1 Problemfelder der Beutel-Masken-Beatmung .....	16
5.2 Problemfelder Intubation .....	18
6 Devices für die alternative Atemwegssicherung .....	21
6.1 Die Larynxmaske .....	23
6.2 Der Ösophagotrachealer Kombitubus.....	27
6.3 Der Larynxtubus .....	29

6.4	Als Ultima Ratio: Die Notfall Koniotomie.....	32
7	Der Larynxtubus – Problemfelder und Lösungsmöglichkeiten.....	33
7.1	Case Reports und häufig aufgetretene schwerwiegende Komplikationen.....	34
7.2	Optimiertes Cuffvolumen und Druck bei kontinuierlicher Volumen kontrollierter Überdruckbeatmung (IPPV) .....	40
7.3	Mageninsufflation und die Magendrainage .....	47
7.4	Skills und Guidelines .....	55
8	Diskussion und Vergleichende Studien.....	59
8.1	Endotracheale Intubation, Larynxmaske und Beutelmaskenbeatmung bei Paramedics .....	59
8.2	Der Larynxtubus und die Beutelmaskenbeatmung.....	61
8.3	Vergleich einer Larynxmaske und der endotrachealen Intubation in der Notfallmedizin .....	63
8.4	Der Vergleich der Larynxmaske mit der Beutel-Masken-Beatmung unter Berücksichtigung der Regurgitation .....	66
8.5	Der abschließende Vergleich zwischen Larynxmaske und dem Larynxtubus – Positionierung, Leckage und gastrale Insufflation .....	68
8.6	Erfolgsraten in der Positionierung des Larynxtubus als präklinischer Atemweg.	70
9	Zusammenfassung und persönliches Fazit .....	71
10	Literatur .....	73

# I. **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Seitenansicht, Höhe der einzelnen Devices (Timmermann 2011, S. 46).....	4
Abbildung 2: Entscheidungsbaum einer Beatmungseskalation mit den verschiedenen Devices und Möglichkeiten in der präklinischen Notfallmedizin (Byhahn und Döriges 2007, S. 484).....	5
Abbildung 3: Überlebenskette der ERC (Perkins et al. 2015, S. 750) .....	6
Abbildung 4: Korrekter Ablauf einer Wiederbelebung (Basic-Life-Support) für Laien (Perkins et al. 2015, S. 752) .....	7
Abbildung 5: ERC-Guidelines für den Advanced Life Support (Soar et al. 2015, S. 780)...	8
Abbildung 6: Richtiges Einführen eines oropharyngealen Tubus (Gräsner und Döriges 2011, S. 569) .....	11
Abbildung 7: Richtiges Einführen eines nasopharyngealen Tubus (Gräsner und Döriges 2011, S. 569) .....	11
Abbildung 8: Achsenlage im Seitenschnitt ohne Reklination des Kopfes (Genzwürker 2009, S. 255) .....	13
Abbildung 9: Jackson-Position und Einstellen der Epiglottis durch Reklination des Kopfes (Genzwürker 2009, S. 255) .....	14
Abbildung 10: Seitliche Laryngoskopie und Vorschub eines endotrachealen Tubus (Genzwürker 2009, S. 256) .....	15
Abbildung 11: Schematische Darstellung des Kehlkopfes aus Sicht des Intubierenden bei einer erfolgreichen Einstellung durch eine Laryngoskopie (Genzwürker 2009, S. 256) .....	15
Abbildung 12: Erfolgsrate bei jungen AnästhesistInnen nach vorangegangenen Intubationsanwendungen (Bernhard et al. 2012, S. 167) .....	19
Abbildung 13: Diverse Larynxmasken (Schwarzkopf 2012, S. 532).....	23

Abbildung 14: Korrekte Position einer Larynxmaske (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 104) .....	24
Abbildung 15: Korrekte Positionierung einer Larynxmaske (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 104).....	25
Abbildung 16: Korrekte Positionierung einer Larynxmaske 2 (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 103).....	25
Abbildung 17: Korrekte Positionierung einer Larynxmaske 3 (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 103).....	25
Abbildung 18: Ösophagotrachealer Kombitubus, Skizze (Genzwürker 2009, S. 261).....	27
Abbildung 19: Ösophagotrachealer Kombitubus in ösophagealer Position & Ventilation durch Tubus Nr. 1 (Genzwürker 2009, S. 262).....	28
Abbildung 20: Ösophagotrachealer Kombitubus in trachealer Position & Ventilation via Tubus 2 (Genzwürker 2009, S. 262).....	28
Abbildung 21: Larynxtubus (LT) (Genzwürker 2009, S. 263).....	29
Abbildung 22: Korrekte Positionierung des LT und Luftstrom (Genzwürker und Ellinger 2007, S. 492) .....	30
Abbildung 23: Vergleich des ersten LTS (links) zum "reversed LTS-D" (rechts), 1: Pilotballon, 2: Farbcodierter Normkonnektor, 3: Öffnung für Magendrainage, 4: pharyngealer Ballon, 5: mehrere Ventilationsöffnungen, 6: ösophagealer Ballon, 7: ösophageale Öffnung für Magendrainage (Kriege et al. 2017, S. 2) .....	42
Abbildung 24: Magenblähung axiale Schnittaufnahme, links Höhe BWK12, mitte Höhe LWK1, rechts Höhe LWK3 (in Anlehnung an[Mann et al. 2013, S. 288]).....	48
Abbildung 25: Magenblähung Computertomographische Schnittebene links Koronarebene, rechts Sagittalebene (Mann et al. 2013, S. 288).....	48
Abbildung 26: Studienprotokoll der Reanimationsmaßnahmen nach Zeit (Paal et al. 2009, S. 366) .....	49

Abbildung 27: Aortaler und rechts atrialer Blutdruck nach dem Herzstillstand, mit Zunahme nach Magenblähung und Abnahme der Parameter nach Beseitigung der Überblähung (Paal et al. 2009, S. 367) .....	50
Abbildung 28: Diastolischer aortaler Blutdruck, diastolischer rechts-atrialer Blutdruck und Koronarperfusionsdruck vor Herzkreislaufstillstand, während Basis- und erweiterter Reanimationsmaßnahmen und nach einem ROSC (Paal et al. 2009, S. 367).....	51
Abbildung 29: Der mittlere Pulmonalarterien Druck bei: Baseline, Basic Life Support, Advanced Life Support und ROSC in Minuten (Paal et al. 2009, S. 368).....	51
Abbildung 30: Max. Atemwegsdruck (PAP), mittlerer AWP (MAP) und Lungencompliance (Cstat) im zeitlichen Verlauf (Paal et al. 2009, S. 369).....	52
Abbildung 31: links: arterieller pH, mittig: arterieller Sauerstoffpartialdruck, rechts: arterieller CO <sub>2</sub> -Partialdruck (Paal et al. 2009, S. 370) .....	52
Abbildung 32: Circulus Vitiosus der Magendistension bei Verwendung eines Larynx tubes supraglottischen Luftbrücke (Mann et al. 2013, S. 290).....	53
Abbildung 33: Derzeitig erhältliche Larynx tubes Firma VBM Medizintechnik mit (LTS II & LTS-D) und ohne (LT & LT-D) Drainage Kanal (VBM Medizintechnik GmbH 2017, S. 2) .....	54
Abbildung 34: Kapnographie während einer Reanimation (links unten): während der Intubation (rechts unten): ROSC (Soar et al. 2015, S. 787).....	58
Abbildung 35: Zeit bis zum ersten Atemhub von Beginn der Reanimation (y=Zeitachse; (Kurola et al. 2004a, S. 151) .....	59
Abbildung 36: Atemminutenvolumen (l/min) ab Beginn der Reanimation (Kurola et al. 2004a, S. 152) .....	60
Abbildung 37: Tidales Expirations- und Inspirationsvolumen bei Larynx tubes und Beutel-Maskenbeatmung in ml (Kurola et al. 2005, S. 1479) .....	62

Abbildung 38: Max. Atemwegsdruck (pMax, cm H <sub>2</sub> O) und Atemwegs Leckage (Kurola et al. 2005, S. 1479) .....	62
Abbildung 39: Boxplot mit Whiskers. Zeit bis zur erfolgreichen Positionierung einer Larynxmaske und eines endotrachealen Tubus (Deakin et al. 2005, S. 65) .....	64

## II. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Häufige Komplikationsmöglichkeiten beschrieben durch Bernhard et al (Bernhard et al. 2014, S. 592) .....	35
Tabelle 2: Probleme durch die Anlage eines Larynxtubus, Statistik aus Norwegen bei 347 PatientInnen bei präklinischen CPRs (Sunde et al. 2012, S. 4) .....	38
Tabelle 3: Leckage-Kategorien nach Asai 2000 geordnet nach Atemwegsdrücken (AWP; Asai et al. 2000, S. 1101) .....	41
Tabelle 4: Druck und Volmensvariablen der Cuffzustände in der Studie aus 2014, bei einem LTS-D und 54 ProbandInnen (Kriege et al. 2017, S. 5).....	44
Tabelle 5: Suffiziente Beatmung Aufgeschlüsselt nach Cuffdruckniveaus (Kriege et al. 2017, S. 5) .....	45
Tabelle 6: Vergleich des Ventilationserfolgs von AnästhesistInnen und Nicht- AnästhesistInnen in der Beutel-Masken-Beatmung (Deakin et al. 2010, S. 541).....	57
Tabelle 7: Erfolge der Intubationen mit einer Larynxmaske (Deakin et al. 2010, S. 541) .	57
Tabelle 8: Erfolgsraten und Mittlere Zeit zur Positionierung bei Larynxtuben und endotrachealen Intubationen (Deakin et al. 2005, S. 65) .....	63
Tabelle 9: Erfolgsraten nach Cormack und Lehand Klassifikation (Deakin et al. 2005, S. 66) .....	65
Tabelle 10: Regurgitationen bei Reanimationen, Aufgeteilt nach Devices (Stone et al. 1998, S. 5) .....	66
Tabelle 11: Atemwegsdruck und Leckage bei Larynxtuben und Larynxmasken (Asai et al. 2002b, S. 731) .....	68
Tabelle 12: Intubationserfolge bei Larynxtuben nach Studien (Bernhard et al. 2016, S. 2)	70

### III. Zusammenfassung

Der Gegenstand dieser Diplomarbeit ist die Darstellung von modernen Aspekten der Atemwegssicherung und eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit den Vorzügen und Problemen von supraglottischen Airway - Devices während einer cardio - pulmonalen Reanimation. Dabei wurde ein sicherer alternativer Atemweg als eine Grundvoraussetzung für die präklinische Notfallmedizin definiert. Sowohl ungeübte RettungssanitäterInnen als auch NotärztInnen benötigen ein Device, welches schnell, einfach, und ohne größere Komplikationen anwendbar ist. In diversen Studien konnten zahlreiche schwerwiegende Problemfelder der bisher sicher geltenden supraglottischen Luftbrücken festgestellt werden. Neben den Komplikationen einer Zungenschwellung bei etwa 40 % und einer Magendistention bei etwa 10 % der Fälle (Schalk et al. 2014, S. 1629 f.), stellen Ventilationsprobleme wegen nicht erkannter Dislokationen (Bernhard et al. 2014, S. 589 f.) die Hauptprobleme dar. Trotz der guten Erfolgswerte bei der Intubation (Sunde et al. 2012, S. 1 ff.), die sogar von wenig trainiertem Personal erreicht werden können, sollen in dieser Literaturrecherche die Problemfelder und deren Lösungsvorschläge näher beleuchtet werden. Dabei werden unter anderem supraglottische Atemwege untereinander als auch mit der endotrachealen Intubation und der Beutel-Masken-Beatmung verglichen. Hier zeigt sich, dass der Larynxtubus auf Grund einer verbesserten Dichtigkeit bei hohen Atemwegsdrücken und der Möglichkeit einer Magendrainage vor allem der Beutel-Masken-Beatmung als auch der Larynxmaske überlegen scheint. Golden-Standard bleibt trotz allen Vorteilen die endotracheale Intubation.

## IV. Abstract

The objective of this diploma thesis was to show the modern aspects of airway-management in emergency medicine, especially during cardio pulmonary resuscitation. The aim was to compare the devices used nowadays and to point out the benefits and disadvantages of those supraglottic Airway - Devices used during CPR by emergency technicians as well as emergency physicians. Especially during manoeuvres like securing the airway, skills, time and environment are critical parts of success or failure for inserting a device. Therefore, emergency response teams need an easy and quick device, that allows even untrained personnel to ventilate a critically ill patient. Despite their outstanding benefits, supraglottic Airway Devices have shown fatal complications in numerous studies. Beside severe tongue swelling in 40% of the cases, also serious stomach distentions occurred in 10% of the cases (Schalk et al. 2014, S. 1629 f.) Furthermore critical complications included ventilation problems and not recognised dislocations of the tubes with hypoxaemia have been possible negative side effects of supraglottic Airway Devices (Bernhard et al. 2014, S. 589 f.). In this diploma thesis emerging problems with these devices will be discussed and possible solutions presented.

# 1 Der Weg zur modernen Atemwegssicherung und Reanimation in der Notfallmedizin

Als traditioneller Auftrag der heutigen Notfallmedizin in Zentral- und Westeuropa konnte sich der Ansatz durchsetzen, dass sich ein/e ausgebildete/r Akutmedizinerin oder ein Akutmediziner von einem zentralen Standort aus zu den schwerverletzten oder -erkrankten Personen begibt. Dort werden vorab medizinische Basisdiagnostik durchgeführt, sowie lebensrettende Sofortmaßnahmen eingeleitet. Unterstützt werden sie von eigens geschulten und qualifizierten Rettungsmannschaften. Aufgrund der Abdeckung von größeren Einsatzgebieten sind diese oft die zuerst eintreffenden Fachkräfte, die mit den notfallmedizinischen Basismaßnahmen beginnen können (Madler und Luiz 2009, S. 3 f.).

Bereits frühzeitig wurde noch vor der Notwendigkeit der Herzstimulation mit Strom oder mechanischen Thorax Kompressionen, die Wichtigkeit der Atemwegssicherung erkannt. Während man historisch bereits mit Schilfrohren und Blasebälgen versucht hatte, Luft in die PatientInnen zu befördern, verhalf erst die Entwicklung der endotrachealen Intubation zu einer suffizienten Maßnahme der Atemwegssicherung. Neben diversen Erkenntnissen in der Notfallmedizin, förderte zusätzlich die technische Komplexität einer sicheren Intubation die Entstehung von ausgebildeten NotfallmedizinerInnen und der Etablierung von mobilen NotärztInnen Teams in den frühen 60er Jahren des letzten Jahrhunderts (Hellwig und Bauer 2005, S. 607).

Durch die geringe Hypoxietoleranz der Gehirnzellen ist es jedoch frühzeitig erforderlich PatientInnen auch im Rahmen von Wiederbelebungsmaßnahmen zu beatmen (Bahr 2009, S. 384). Da jedoch die Zeit vom Eintritt des Herzstillstandes bis zum Eintreffen eines Notarztes oder einer Notärztin regional unterschiedlich ausfallen kann, müssen geschulte

SanitäterInnen und NotfallsanitäterInnen bis zum Eintreffen des Notarztes oder der Notärztin eine Atemwegssicherung mit vereinfachten Devices herstellen können. Dadurch wurden in den letzten Jahren zusätzlich zur herkömmlichen Masken-Beutel Beatmung auch supraglottische Atemwegshilfen, wie der z.B. Larynxtubus in die Kompetenzen für das dafür ausgebildete Rettungspersonal aufgenommen (Genzwürker 2009, S. 260 ff.).

## 2 Der Atemweg – Physiologie und Pathologie bei Reanimationen

Eine suffiziente Atmung ist für das Überleben unabdingbar. Aus den Erfahrungen in der Notfallmedizin haben sich schnell, vor allem im angloamerikanischen Raum, Algorithmen und Schemata für den Ablauf und das Handling in Notfallsituationen entwickelt. Leitend für kritische oder reanimationspflichtige PatientInnen ist hier beispielsweise das ABCDE – Schema (Gräsner und Döriges 2011, S. 562). Als erstes Kriterium in diesem Schema kommt mit A die Sicherung des Atemweges zur Geltung, womit bereits die Wichtigkeit als erste Basismaßnahme in einer Reanimation definiert ist.

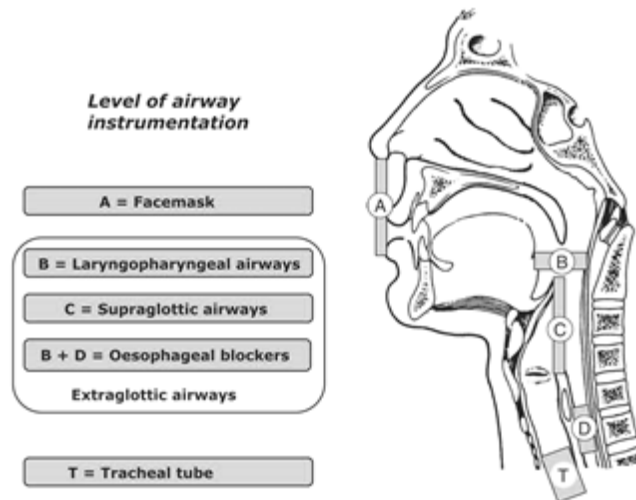
Die Ursachen für Atemwegsstörungen bei Patienten und Patientinnen können durchaus sehr diffus ausfallen und zur korrekten Therapie wird neben dem Erkennen auch das Wissen um den Hergang der Störung benötigt. So muss bei einer Verlegung der Atemwege wie etwa durch Fremdkörper oder Blut und Erbrochenem oder Schwellungen im Bereich der Atemwege eine andere Beatmungsweise gewählt werden, wie bei Atemdepressionen aufgrund von Traumen, intrazerebralen Geschehnissen oder Intoxikationen (Gräsner und Döriges 2011, S. 563).

Ebenfalls gilt es Atemstörungen an sich rasch zu erkennen. Neben regelrechten und gleichmäßigen Thoraxexkursionen sind auch die Atemgeräusche wichtig, da inspiratorische und expiratorische Geräusche einen Hinweis auf Fremdkörper oder partielle Verlegungen der Atemwege geben können (Gräsner und Döriges 2011, S. 564).

Sollte nun ein Atemstillstand entdeckt werden, sind nach der Kontrolle und Fremdkörperentfernung rasche Basismaßnahmen zu setzen, um eine Ventilation und Oxygenierung erreichen zu können. Neben den anatomischen Besonderheiten und den Umständen des Notfalls ist vor allem auch die Kompetenz und Erfahrung der

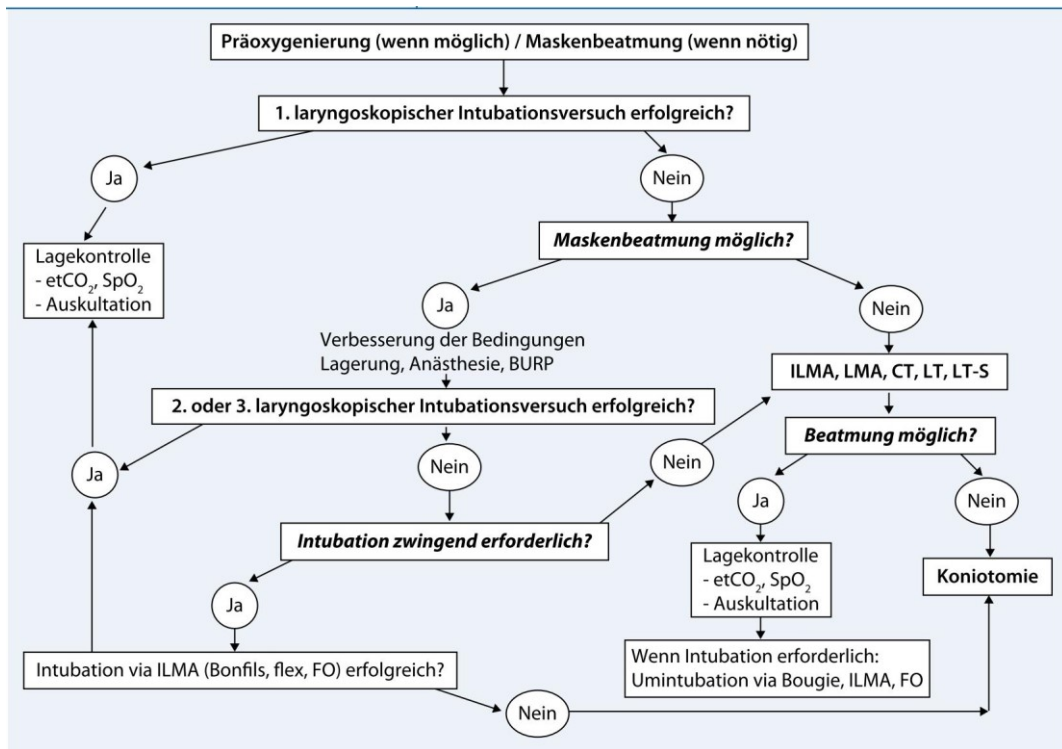
durchführenden Einsatzkraft essentiell für die Wahl des Atemwegsmanagements sowie die Effektivität der Maßnahme (Genzwürker 2009, S. 249).

Abbildung 1 zeigt zum ersten Verständnis die unterschiedlichen „Angriffspunkte“ der einzelnen Möglichkeiten nach Höhe der Anwendung am seitlichen Schnittmodell.



**Abbildung 1: Seitenansicht, Höhe der einzelnen Devices (Timmermann 2011, S. 46)**

Neben den verschiedenen alternativen Atemwegen sowie dem „Golden Standard“ der endotrachealen Intubation stehen verschiedene Eskalationsstufen zur Verfügung, die in einer entsprechenden Reihenfolge angewandt werden sollten, wie sie in Abbildung 2 anhand eines Entscheidungsbaumes aufgelistet sind (Byhahn und Dörges 2007, S. 484; Dirks et al. 2007, S. 467).



**Abbildung 2: Entscheidungsbaum einer Beatmungseskalation mit den verschiedenen Devices und Möglichkeiten in der präklinischen Notfallmedizin (Byhahn und Döriges 2007, S. 484)**

## 3 Die Guidelines cardio-pulmonale Reanimation

### 3.1 Guidelines der European Resuscitation Council

Die European Resuscitation Council veröffentlicht alle fünf Jahre eine aktualisierte Lehrmeinung und Leitlinien für eine möglichst effiziente Form der Reanimation von verunglückten oder erkrankten Menschen. Mittlerweile unterscheiden sich auch die verschiedenen Algorithmen in Abhängigkeit von den Fähigkeiten und Ausbildungsgrundlagen der Retterinnen und Retter. Grundlage dafür war der grundsätzliche Konsens, dass die Schnelligkeit des Eintreffens von qualifizierten Rettungskräften maßgeblich für den Ausgang einer kardipulmonalen Reanimation ausschlaggebend ist. So beinhalten die Guidelines die Laienreanimation als Aufgabe für beistehende Zeugen oder Angehörigen sowie den Basic Life Support für SanitäterInnen bzw. den Advanced Life Support für Fachkräfte und NotfallmedizinerInnen (Soar et al. 2015, S. 775 ff.).

#### 3.1.1 Laienreanimation und Basic Life Support

Weniger als 10% der reanimationspflichtigen Menschen überleben einen akuten Herzstillstand. Gründe dafür sind mitunter die geringe Menge an Laienhelferinnen und Laienhelfern, die mit einer unverzüglichen Herzdruckmassage beginnen sowie professionelle Hilfe holen sollten (Naths et al. 2007, S. 350 f.).

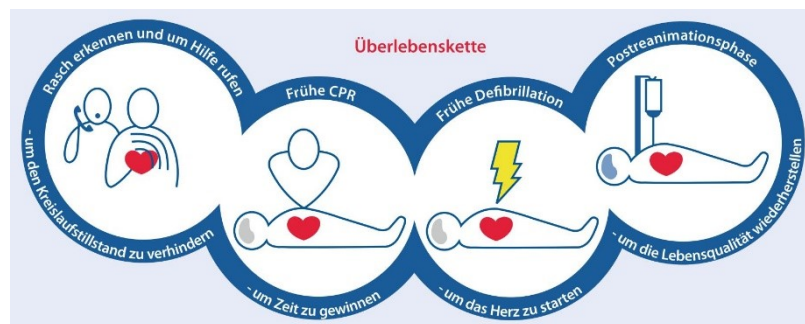
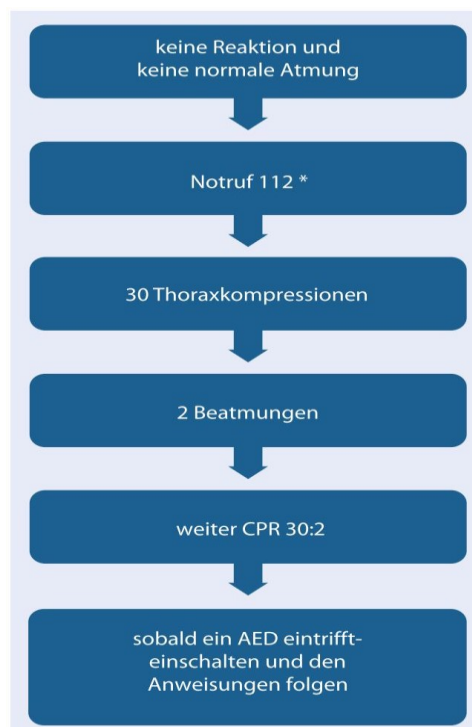


Abbildung 3: Überlebenskette der ERC (Perkins et al. 2015, S. 750)

Angeleitet von NotfalldisponentInnen der Rettungsleitstellen sollen die beistehenden PassantInnen eine effektive Herzdruckmassage, mit ausreichender Kraft, ausüben bis die ersten Rettungskräfte eintreffen. Durch einen absolvierten Wiederbelebungs-kurs für die Zivilbevölkerung sollte zusätzlich auch jeder Laie einen Basic-Life-Support ausüben können. Neben der Herzdruckmassage werden nach einem Rhythmus von 30 Druckmassagen zwei Beatmungen mit dem Mund angeschlossen. Sollte ein Defibrillator zur Verfügung stehen, ist dieser anzubringen und nach dem einprogrammierten Schema vorzugehen. Der Basic-Life-Support für RettungssanitäterInnen unterscheidet sich von dem der Laien nur minimal. So ist es Laien freigestellt, eine Beatmung zu unterlassen, sollte diese für sie aus unterschiedlichen Gründen nicht durchführbar sein und „nur“ eine durchgehende Herzdruckmassage („Compression-only CPR“ s.u.) durchzuführen (Perkins et al. 2015, S. 751 ff.). Abbildungen 3 und 4 zeigen die Rettungskette sowie das Schema der Basisreanimation.



**Abbildung 4: Korrekter Ablauf einer Wiederbelebung (Basic-Life-Support) für Laien (Perkins et al. 2015, S. 752)**

### 3.1.2 Advanced Life Support

Sobald fachkundige Rettungskräfte oder Notärztinnen bzw. Notärzte zur Reanimation stoßen, müssen erweiterte Reanimationsmaßnahmen eingeleitet werden. Diese beinhalten, die ehestmögliche Sicherung des Atemweges, einen Venenzugang zur Applikation von Reanimationsmedikamenten sowie ein Monitoring über die Defibrillationselektroden eines halbautomatischen Defibrillators. Während diesen Maßnahmen muss die „Hands-off-Time“, also eine Unterbrechung der Herzdruckmassage, nur so gering wie möglich bis höchstens 5 Sekunden ausfallen. Neben den Antiarrhythmika und Stimulationsmedikamenten (Amiodaron und Adrenalin) sollen die NotärztInnen nach Einleitung der ersten Schritte im Advanced Life Support auch an eine Behandlung von reversiblen Ursachen denken (Soar et al. 2015, S. 778 ff.). Der Algorithmus des Advanced Life Support wird in Abbildung 5 durch die ERC dargestellt.

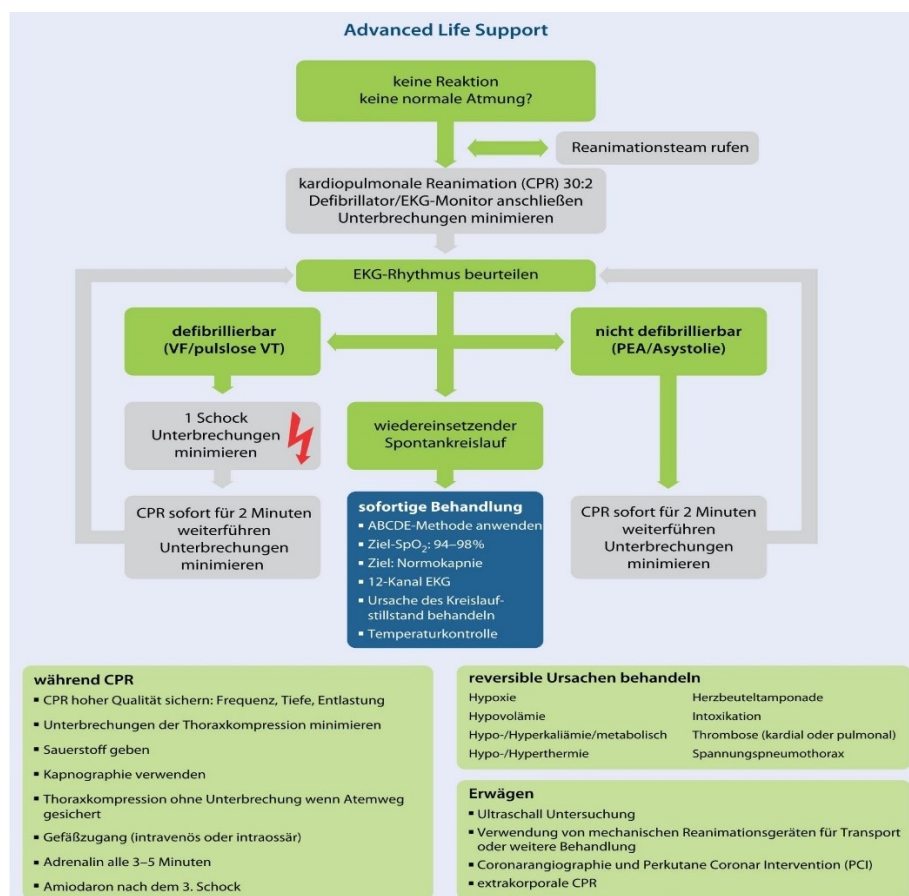


Abbildung 5: ERC-Guidelines für den Advanced Life Support (Soar et al. 2015, S. 780)

### **3.2 Stellenwert der Beatmung bei der Reanimation von Laien**

Wie bereits oben erwähnt, gelten in der Beatmung von Notfallpatientinnen und Notfallpatienten seit einigen Jahren neue Guidelines für beistehende Laien. Die erhöhte Angst, sich mit einem Keim der Patientin oder des Patienten zu infizieren, sowie der Ekel vor der Atemspende durch Blut oder Erbrochenem, hemmte viele Laien eine Mund-zu-Mund-Beatmung durchzuführen. Folglich führte dies dazu, dass vielfach die Reanimation zur Gänze unterlassen wurde (Wenzel et al. 1997, S. 133 f.).

Die American Heart Association veröffentlichte deshalb 2008 eine Zusammenfassung der aktuellen Probleme in der Reanimation sowie eine Handlungsempfehlung für Zeugen des Herz-Kreislaufstillstandes. Darin wurde postuliert, dass in der überwiegenden Mehrheit der Herzstillstände eine kardiale Ursache zu finden ist. Die Annahme, dass zu diesem Zeitpunkt vermutlich noch genügend Sauerstoff für wenige Minuten Zirkulation im Blut vorhanden ist, führte zur neueren Lehrmeinung eine „Compression-only CPR“ als Empfehlung für alle Laien zu publizieren (Kreimeier et al. 2008, S. 340 ff.).

## **4 Maßnahmen zur Sicherung eines Atemwegs**

### **4.1 Maske-Beutel-Beatmung**

Die Beatmung mithilfe eines Sauerstoffbeutels ist vermutlich eine der ältesten Maßnahmen, die allgemein jedoch unterschätzt wird. Um eine suffiziente Masken-Beutel Beatmung auch bei schwierigen PatientInnen durchführen zu können, ist ein Training an der Simulationspuppe sowie im sicheren innerklinischen Setting notwendig.

Hauptprobleme bei dieser Beatmungsform sind der dichte Abschluss der Maske, die Gefahr einer Überblähung des Magens durch zu hohe Atemwegsdrücke, sowie eine insuffiziente Ventilation der Lungen (Genzwürker 2009, S. 250).

Wesentliche Vorteile dieser Beatmungsmaßnahme allerdings sind eine nicht-invasive Beatmungsform, eine ausgesprochen rasche Beatmungsmöglichkeit ohne langwierige Vorbereitung sowie bei korrekter Handhabung und mit den ausgewiesenen Hilfsmitteln die Möglichkeit einer annähernd gleichen Oxygenierung wie bei einer endotrachealen Intubation (Genzwürker 2009, S. 250).

Zur sicheren Abdichtung der Maske sowie Ventilation der Lungen ist zuerst eine Überstreckung des Kopfes notwendig sowie das Umfassen der Maske und des Unterkiefers mit dem sog. „C-Griff“. Da jedoch trotz dieser Reklination die Zunge in den Hypopharynx sacken kann, sind zusätzliche naso- oder oropharyngeale Tuben eine probate Hilfestellung. Abbildung 6 und 7 zeigen die korrekten Einführtechniken bei PatientInnen (Gräsner und Dörjes 2011, S. 569).

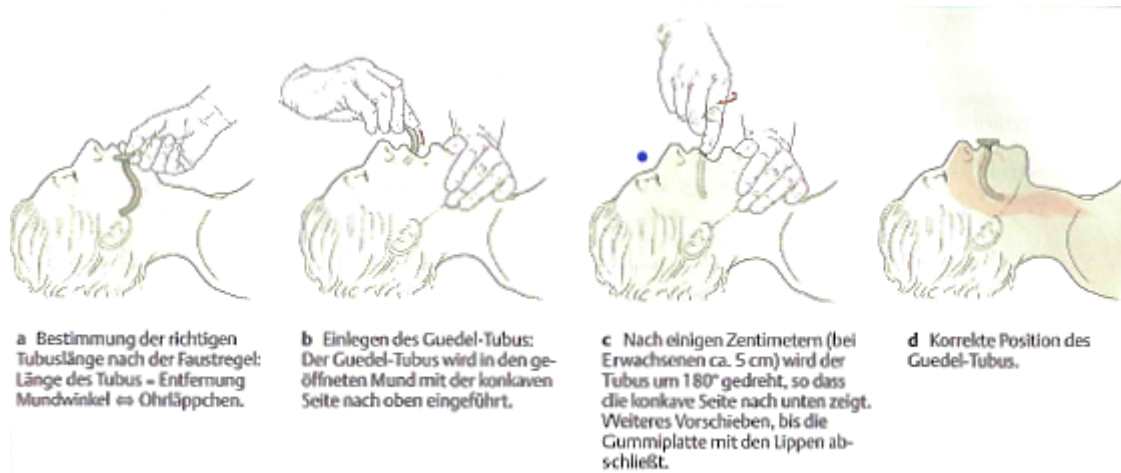


Abbildung 6: Richtiges Einführen eines oropharyngealen Tubus (Gräsner und Döriges 2011, S. 569)



Abbildung 7: Richtiges Einführen eines nasopharyngealen Tubus (Gräsner und Döriges 2011, S. 569)

## **4.2 Der „Gold-Standard“: Die Endotracheale Intubation**

Der „Gold-Standard“ der Atemwegssicherung ist die orotracheale Intubation und unter Berücksichtigung spezieller Umstände, die beste und sicherste Möglichkeit zur Atemwegssicherung mit einhergehendem Aspirationsschutz und geeigneter Ventilation und Oxygenierungsmöglichkeit.

Nach wie vor gültig ist der Leitspruch, wenn nur irgend möglich soll die Sicherung des Atemweges mittels endotrachealer Intubation vorgenommen werden (Genzwürker 2009, S. 252).

Außer des großen Vorteils des weitestgehend sicheren Aspirationsschutzes bietet die endotracheale Intubation auch die Möglichkeit eines Atemdruckmanagements mittels Druckflusskurvenmanipulation, PEEP Kontrolle und maschineller Beatmung sowie der endotrachealen Absaugung, eventueller endobronchialen Medikamentengabe und Beatmung mit maximaler Sauerstoffkonzentration (Gräsner und Dörges 2011, S. 569).

Trotz der großen Vorteile, die die endotracheale Intubation mit sich bringt, so ist sie auch mit teilweise entsprechend großen Nachteilen behaftet. Grundlegend ist die Entscheidung zur Intubation, die Wiederherstellung der Ventilation bei einem Atem- oder Atem-Kreislauf-Stillstand. Hier gibt es einen Leitspruch unter AnästhesistInnen und NotfallmedizinerInnen, der in unterschiedlichen Ausführungen in Lehrbüchern abgedruckt wurde, wie zum Beispiel: „Tödlich ist nie der fehlende Tubus, sondern die Hypoxämie“ (Genzwürker 2009, S. 252).

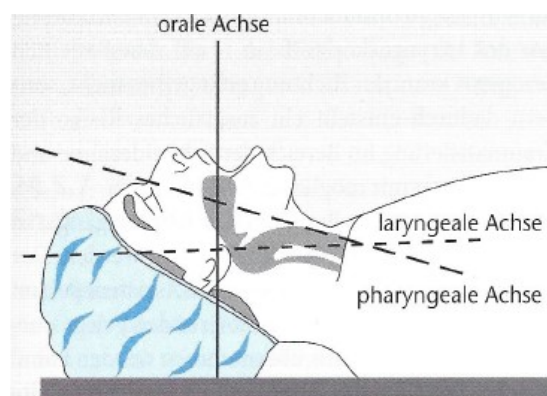
Dieser Leitspruch betrachtet im Wesentlichen bereits einen der größten Problempunkte der endotrachealen Intubation. Aufgrund der komplexen Durchführung dieser Maßnahme wird eine längerdauernde Vorbereitung der Geräte benötigt und zusätzlich verschlingt das

Einsetzen und Kontrollieren des Tubus Zeit, während der Patient oder die Patientin keine Beatmung erhält (Krucher und Hammerschmidt 2005, S. 341 ff.).

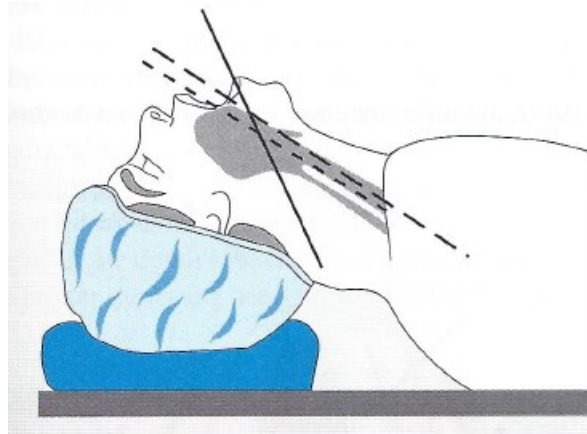
Um diese ventilationslose Phase so gering wie möglich zu halten sowie die Toleranz der NotfallpatientInnen zu erhöhen gibt es verschiedene Maßnahmen und Möglichkeiten.

Grundsätzlich ist eine gute Vorbereitung der Materialien durch AssistentInnen eine wichtige Maßnahme für eine rasche Intubation. Weiters muss eine entsprechende Präoxygenierung der NotfallpatientInnen sowie eine Verbesserung der Lagerung des Kopfes und der Sichtposition des Notarztes oder der Notärztin erfolgen (Genzwürker 2009, S. 254 ff.).

Sind die Basisvorbereitungsmaßnahmen korrekt eingeleitet worden, erfolgt durch die Laryngoskopie die Einstellung in die Jackson-Position, die Sichtbarmachung der Epiglottis und anschließenden Platzierung des Tubus unter Sicht zwischen den Stimmlippen (siehe Abbildungen 8, 9 und 10; Genzwürker 2009, S. 255 f.).



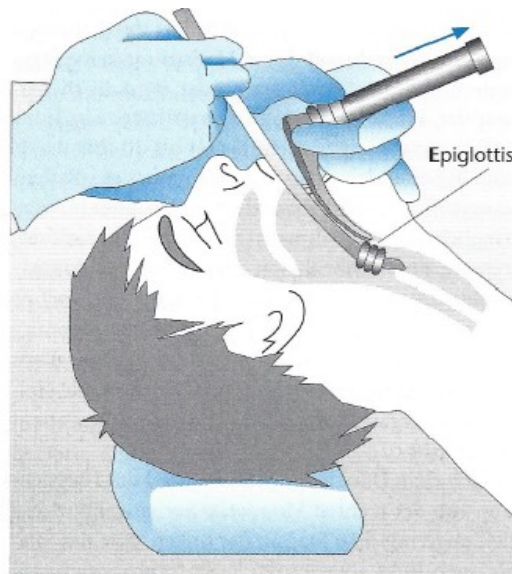
**Abbildung 8: Achsenlage im Seitenschnitt ohne Reklination des Kopfes (Genzwürker 2009, S. 255)**



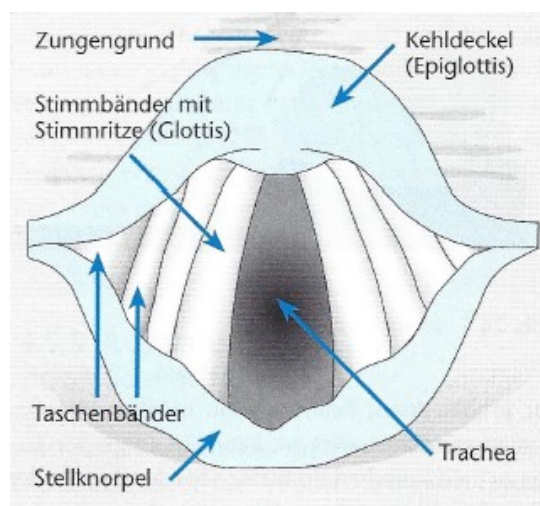
**Abbildung 9: Jackson-Position und Einstellen der Epiglottis durch Reklination des Kopfes  
(Genzwürker 2009, S. 255)**

Hier ergeben sich bereits die ersten Hindernisse. An vielen Notfallorten ist der Zugang zu PatientInnen erschwert oder eine korrekte Lagerung ist vielfach nicht möglich. Maßgeblich für den Erfolg spielt hier bereits die Erfahrung des Intubierenden (Küßner und Popp 2017, S. 103; Genzwürker 2009, S. 254 f.; Byhahn und Dörger 2007, S. 483).

Ist die Lagerung geglückt, folgt jedoch die nächste Schwierigkeit. Das Einstellen der Epiglottis sowie das sichere Einführen des Tubus durch die Stimmlippen in die Trachea. In Notfall-Situationen ist wesentlich häufiger mit verlegten Atemwegen und damit erschwerter Sicht auf den Kehlkopf zu rechnen. In Summe ist der Anteil von PatientInnen mit erschwerten Intubationsbedingungen am Notfallort rund 3-5 mal häufiger als im innerklinischen Setting bei elektiven Operationen.



**Abbildung 10: Seitliche Laryngoskopie und Vorschub eines endotrachealen Tubus (Genzwürker 2009, S. 256)**



**Abbildung 11: Schematische Darstellung des Kehlkopfes aus Sicht des Intubierenden bei einer erfolgreichen Einstellung durch eine Laryngoskopie (Genzwürker 2009, S. 256)**

Abbildung 10 und 11 zeigen einen optimalen Verlauf einer Laryngoskopie sowie einen „Laryngoskopiebefund“. Wie jedoch bereits oben erwähnt ist diese Einstellung oft ein ausgesprochen schwieriges Unterfangen. Erschwert werden kann die Einstellung und somit die erfolgreiche Intubation auch durch physiologische Bedingungen und anatomische Besonderheiten, Verletzungen durch Traumata und Verlegungen durch Mageninhalt, Blut oder Fremdkörper (Krucher und Hammerschmidt 2005, S. 348 ff.).

## **5 Komplikationen der Atemwegssicherung**

### **5.1 Problemfelder der Beutel-Masken-Beatmung**

Trotz der schnellen Anwendbarkeit dieser Methode ergeben sich mit dieser Beatmungsform ebenfalls einige Probleme. Bei akuten Verlegungen, Schwellungen oder Flüssigkeitsansammlungen im Hypopharynx wie etwa Blut oder Mageninhalt besteht durch die Beutel-Masken Technik kein sicherer Atemweg und Zugang zur Ventilation. Ebenfalls besteht weder durch einen naso- noch oropharyngealen Tubus ein Aspirationsschutz (Genzwürker 2009, S. 251). Diese Problematik verschärft sich noch zusätzlich durch unkontrollierte Beatmungsdrücke der Beutelbeatmung. Erhöhte Atemwegsdrücke sowie Tidalvolumina übersteigen den Verschlussdruck des unteren Ösophagussphinkters, der aufgrund erhöhter Druckverhältnisse durch die Herzdruckmassage und verminderte Schutzreflexe ohnehin stark beeinträchtigt ist. Es kommt somit zu Regurgitationen von Mageninhalt. Da bei Out-of-Hospital Cardiac Arrests“ zum überwiegenden Teil nicht nüchterne PatientInnen auftreten besteht hier eine erhöhte Aspirationsgefahr, die eine Beutel-Maskenbeatmung nicht verhindern kann (Stone et al. 1998, S. 3 ff.).

Zusätzlich besteht bei traumatisierten PatientInnen mit möglichen Schädel-Basis-Frakturen oder Verletzungen des Mittelgesichtes eine erhöhte Gefahr von weiteren Verletzungen und schweren Blutungen im Frakturbereich durch das Platzieren eines nasopharyngealen Tubus (Genzwürker 2009, S. 252).

Ein weiterer erschwerender Faktor für eine effiziente Maskenbeatmung ist die Dichtigkeit der Atemmaske. Verschiedene Gesichtsformen, Gesichtsbehaarung, kachektische PatientInnen sowie zahnlose Patientinnen und Patienten behindern das Aufsetzen der Maske und somit die effektive Beatmung. Ebenfalls wird eine große Anzahl an bereits

durchgeführten Masken-Beatmungen sowohl an einer Übungspuppe als auch am lebenden Menschen benötigt um eine bessere Effektivität erzielen zu können.

Dieser Umstand kann zwar durch das Anwenden eines doppelten C-Griffs mittels einer 2-Helfer-Methode und dem damit stärkeren Aufdrücken der Maske verbessert werden, jedoch stehen im Falle einer Reanimation meistens nicht genügend Helferinnen und Helfer zur Verfügung um eine suffiziente Herzdruckmassage und ein korrektes Abdichten der Maske sowie korrekte Beatmungsdrücke gewährleisten zu können (Genzwürker 2009, S. 250 f.).

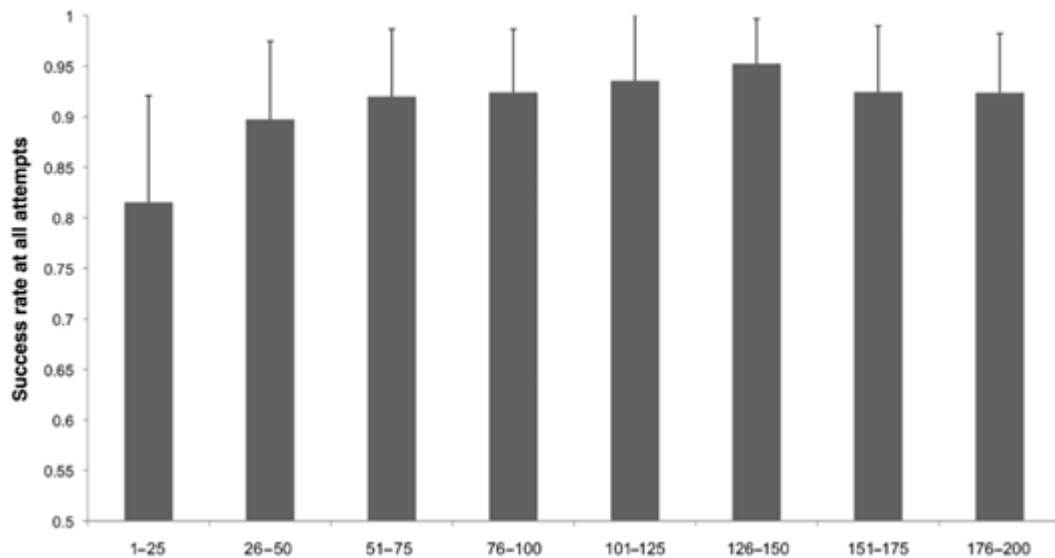
Eine länger dauernde Beatmung mit dieser Methode ist somit in der Notfallmedizin keine Option. Eine genaue manometrische Druckmessung der Atemwegsdrücke sowie des Tidalvolumens wären dafür notwendig.

## **5.2 Problemfelder Intubation**

Studien zeigten jedoch auch vermehrt, dass Schwierigkeiten bei der Atemwegssicherung durch eine endotracheale Intubation nicht nur PatientInnen bedingte Faktoren haben. So wurde von Byhahn und Döriges ermittelt, dass die Erfolgsrate nach maximal zweimaligen präklinischen Intubationsversuchen bei notärztlich gestützten Rettungsdiensten zwischen 88% und 96% liegen. Sind diese Notfallsysteme nur durch Paramedics gestützt, fällt die Erfolgsrate jedoch nur mehr auf bis zu 50% (Byhahn und Döriges 2007, S. 482).

Diese Zahlen zeigten bereits, dass ohne notwendige Vorkenntnisse und regelmäßiges Anwenden in nicht notfallmäßigen Settings, wie innerklinischen Intubationen, während Operationen, eine erfolgreiche Durchführung der Maßnahme „endotracheale Intubation“ mit Fehlschlägen und schwerwiegenden Komplikationen einhergeht (Byhahn und Döriges 2007, S. 482 ff.; Bernhard et al. 2012, S. 165 ff.).

Bernhard et al. (2012) führten zwischen 2007 bis 2010 eine Studie durch, in der sie junge Anästhesistinnen und Anästhesisten in deren ersten Jahr beobachteten, und deren erfolgreiche Intubationsversuche nach vorangegangenen Intubationsanwendungen und den bisherigen Arbeitstagen aufschlüsselten. Sie konnten so zeigen, dass für ausgebildete Paramedics im präklinischen Bereich bei Reanimationen zumindest 100 vorangegangene Intubationen im geschützten klinischen und angeleiteten Setting durchgeführt werden mussten, um eine entsprechende Grundsicherheit vorweisen zu können (Bernhard et al. 2012, S. 165). Weiters konnten die AutorInnen die Lernkurve der auszubildenden AnästhesistInnen zeigen. In Abbildung 12 ist die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch aufgeschlüsselt, auf jeweils 25 vorangegangene Intubationen ersichtlich.



**Abbildung 12: Erfolgsrate bei jungen AnästhesistInnen nach vorangegangenen Intubationsanwendungen (Bernhard et al. 2012, S. 167)**

Die Komplikation einer **bemerkten fehlgeschlagenen** Intubation ist jedoch noch eine der eher einfacheren korrigierbaren Probleme der endotrachealen Intubation. Neben den bereits erwähnten notwendigen Fähigkeiten zur korrekten Positionierung des Tubus, können auch weitere schwerwiegende Komplikationen entstehen.

Zu erwähnende Frühkomplikationen der endotrachealen Intubation sind hier beispielsweise schwere Verletzungen mit anschließenden Schwellungen oder Blutungen des Weichteilgewebes im Bereich der Glottis, Pharynx, Larynx oder Trachea, sowie der **nicht erkannten** Fehlintubation in den Ösophagus, die unerkannt ein sicheres Todesurteil für die Patientin oder den Patienten darstellen (Krucher und Hammerschmidt 2005, S. 350 ff.; Küßner und Popp 2017, S. 103).

Diese Komplikationen und fehlenden Erfahrungs- und Praxiswerte vieler NotfallsanitäterInnen und NotärztInnen zeigen, dass gerade in erschwerten Notfallsituationen, wie im Straßenverkehr, witterungsbedingt, nachts und anderen

Einflüssen die zusätzlich mit teils nicht eingespielten Teams ablaufen müssen, mit einer erhöhten Gefahr von Komplikationen bei einer endotrachealen Intubation einhergehen. Wird dieses Problem mit den Schwierigkeiten der Masken-Beutel Beatmung subsummiert, lässt sich schnell die Notwendigkeit von weiteren alternativen Atemwegssicherungen erkennen. Diese müssen schnell, einfach und sicher bei etwaigen oben erwähnten Komplikationen verwendet werden können (Küßner und Popp 2017, S. 103; Nolan et al. 2005, S. 46 f.).

Im nachfolgenden Kapitel werden die Funktion sowie die gängigen Devices der alternativen Atemwege genauer erklärt.

## 6 Devices für die alternative Atemwegssicherung

Aus den vorgehenden Kapiteln lässt sich ableiten, dass unter sicheren Bedingungen eine endotracheale Intubation das erstrebenswerte Mittel der Wahl sein muss, da diese den optimalen Atemweg und Aspirationsschutz darstellt (Dirks et al. 2007, S. 467).

Wie jedoch ebenfalls bereits erwähnt wurde, herrschen gerade in Notfallsituationen, besonders während Reanimationsszenarien, eben keine optimalen Bedingungen wodurch die Durchführung einer Intubation erheblich erschwert wird. Gründe können die Situation (Licht, Witterung, räumliche Lage, Equipment, traumatische Verletzungen), die fehlende Ausbildungs- und Trainingskapazität der durchführenden ÄrztInnen und SanitäterInnen, oder die bereits physiologisch vorhandenen erschwerten Intubationsbedingungen des Patienten oder der Patientin sein. Unabhängig von der Ursache, entsteht durch alle genannten Hindernisse das gleiche akut lebensbedrohliche Problem: die Hypoxie (Kurola et al. 2004b, 150 ff).

Diese Problematik erfordert nun, wie gerade in der präklinischen Notfallmedizin üblich und unabdingbar, schnelles und effizientes Reagieren sowie Improvisieren. Da die Improvisationsmöglichkeiten ebenfalls von der Erfahrung der behandelnden Notfallmedizinerin oder des behandelnden Notfallmediziners abhängen, befinden wir uns erneut bei der gleichen Ausgangslage. Die Beatmung muss auch für nicht langjährig trainierte AnästhesistInnen durchführbar sein (Gräsner und Dörjes 2011, S. 570).

Es wird ein technisches Hilfsmittel oder eine Atemwegssicherung benötigt, die in der Anwendung einige Voraussetzungen erfüllen muss, um dem Kriterium eines geeigneten alternativen Atemwegs gerecht zu werden (Genzwürker und Ellinger 2007, S. 490 ff.).

Diese müssen ebenso für wenig trainierte medizinische Fachkräfte als auch

NotfallmedizinerInnen blind und ohne der Hilfe eines Laryngoskops einführbar und korrekt platzierbar sein. Es muss eine suffiziente Ventilation der Lunge ohne Belüftung des Magens möglich sein und es sollte einen annähernd sicheren Aspirationsschutz darstellen. Eine Dislokation und somit Fehlbelüftung darf nur erschwert möglich sein und das Gerät muss in verschiedenen Größen vorhanden sein, um auf die physiologischen Bedingungen wie Körpermaße reagieren zu können (Genzwürker 2009, S. 260 ff.).

Als geeignete Hilfsmittel konnten hier in den letzten 20-30 Jahren die supraglottischen Atemwegsdevices entwickelt und inzwischen auch zahlreich angewandt und getestet werden. „Supraglottisch“ bezieht sich hier bereits auf die Position des Hilfsmittels, da sie durch Cuff-Ballone ihre vorgesehene Position einnehmen können, sowie den Luftströmungsweg vorgeben und eine Ventilation ermöglichen (Schwarzkopf 2012, S. 531 ff.).

In den Guidelines finden sich bisweilen drei bewährte Hilfsmittel: die Larynxmaske, der ösophago-tracheale Kombitubus und der weitläufig bekanntere Larynxtubus.

In ihrer Funktionsweise unterschiedlich, und somit auch mit verschiedenen Vor- und Nachteilen ausgestattet, kommen sie in der Reanimation immer häufiger zum Einsatz (Dirks et al. 2007, S. 260 ff.).

## 6.1 Die Larynxmaske

Die Larynxmaske wurde bereits Mitte der 1980er Jahre erfunden und weitläufig während kurzen Eingriffen innerklinisch zu Atemwegssicherung und Ventilation verwendet (Genzwürker 2009, S. 260 f.). Diverse Bauweisen ermöglichen entweder eine Wiederverwendung nach Aufbereitung, ein Einmalgerät oder bereits einen zweiten Kanal zum Einführen und platzieren einer Magensonde. Dies dient sowohl zum Absaugen von Magenflüssigkeit, und somit verminderten Gefahr von Aspirationen, als auch der Entlastung von Luft aus dem Magen, und somit der Verringerung des intraabdominellen Drucks. Dies verbessert auch die Pumpleistung des Herzens (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 102 ff.). Dazu folgt in Kapitel 7.3 eine genauere Erläuterung. Unter anderem wurden auch Intubationslarynxmasken verwendet, die nach der Platzierung der Kehlkopfmaske unter Zuhilfenahme einer fieberoptischen Führung das Einlegen eines endotrachealen Tubus ermöglichen (Schwarzkopf 2012, S. 531 f.). Abbildung 13 zeigt die drei derzeit gängigsten Devices.

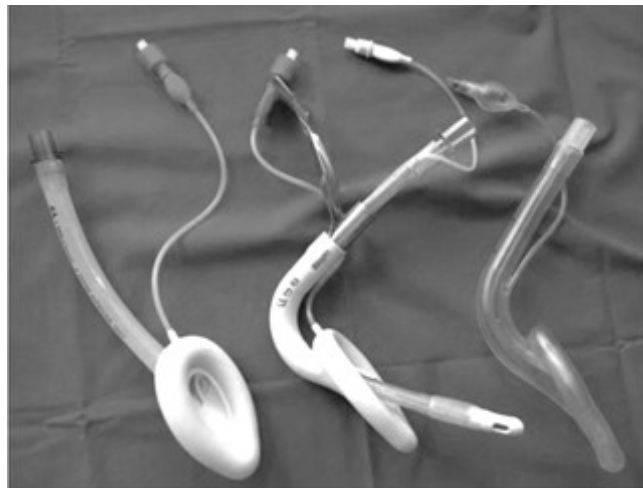
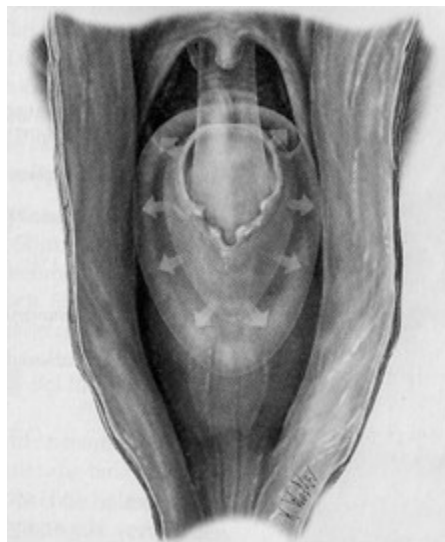


Abbildung 13: Diverse Larynxmasken (Schwarzkopf 2012, S. 532)

Als erweiternde alternative Möglichkeit zur „Bag-Valve-Ventilation“ (BVM, Beutel-Maskenbeatmung) wird die Larynxmaske blind und ohne Hilfe eines Laryngoskops eingeführt, wo sie sich mit ihrer Passform von hinten an den Kehlkopf anschmiegt,

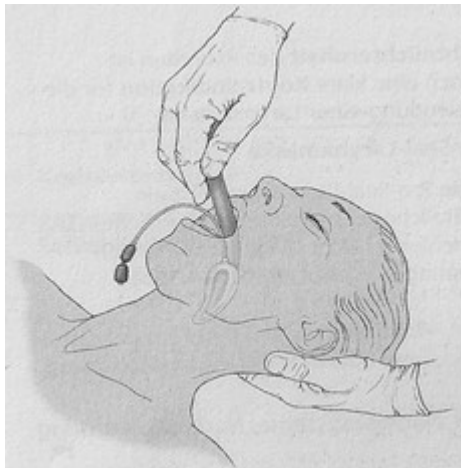
während der ballonartige Cuff nach Füllung mit Luft den Larynxbereich zum Ösophagus und Pharynx hin abdichtet. Durch eine Überdruckbeatmung und einer großlumigen Öffnung, die bei richtiger Positionierung direkt vor dem Abgang der Trachea zu liegen kommen sollte, ist nun eine Ventilation sowie innerklinisch sogar Gasnarkose möglich (Schwarzkopf 2012, S. 531 f.; Genzwürker 2009, S. 260 ff.). Abbildung 14 zeigt die richtige Position der Larynxmaske von dorsal aus gesehen. Das richtige Einführen sowie Positionierung zeigen die Abbildungen 15-17. Die Larynxmaske wird bei geöffnetem Mund und fixierter Zunge entlang des harten Gaumens vorgeschoben. Ohne die Maske zu knicken wird der Tubus in einer raschen Bewegung bis in den Hypopharynx vorgeschoben, wo ein federnder Widerstand auf die korrekte Position hinweist. Die Cuffblockierung erfolgt mit einem vorgegebenen Luftvolumen (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 103).



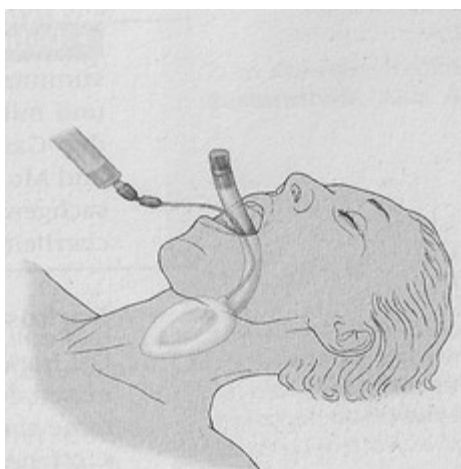
**Abbildung 14: Korrekte Position einer Larynxmaske (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 104)**



**Abbildung 15: Korrekte Positionierung einer Larynxmaske (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 104)**



**Abbildung 16: Korrekte Positionierung einer Larynxmaske 2 (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 103)**



**Abbildung 17: Korrekte Positionierung einer Larynxmaske 3 (Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 103)**

Neben der klinischen Anwendung bei Operationen konnte sich die Larynxmaske frühzeitig in der Verwendung als Notfalloption bei einem schwierigen Atemweg, oder seit wenigen Jahren als Atemwegshilfe für wenig trainiertes Rettungspersonal während cardiopulmonalen Reanimationen etablieren (Mann et al. 2013, S. 287). Auch in den Guidelines der European Resuscitation Council 2015 wird eindeutig auf die supraglottischen Devices als Alternative zu der ETI (Endotrachealen Intubation) hingewiesen (Soar et al. 2015, S. 783). Neben der einfachen Handhabung gestalten sich dennoch auch aufgrund der Bauweise und Funktion der Larynxmasken einige Problemfelder und somit Einschränkungen in der Nutzbarkeit.

Bei der Beatmung von Patientinnen und Patienten entsteht durch einen Atemwegsdruck von mehr als 20 mbar bereits eine Leckage, die besonders bei Reanimationen ein Problem verursachen kann, da durch die Thoraxkompressionen erhöhte intrathorakale Drücke vorherrschen (Piepho et al. 2005, S. 127). Zum einen kann eine Leckage den Atemwegsdruck soweit mindern und eine suffiziente Beatmung schlussendlich zum Erliegen bringen, zum anderen erhöht sich bei zu großen Drücken die Gefahr einer Mageninsufflation mit Regurgitation und Aspiration (Schwarzkopf 2012, S. 532).

## 6.2 Der Ösophagotrachealer Kombitubus

Neben der Larynxmaske wurde ebenfalls in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts der „Kombitubus“ entwickelt. Dieses Device besteht aus einer Kombination aus Endotrachealtubus sowie einem weiteren Tubus, mit Öffnungsschlitz an der Seite. Komplementiert wird der Tubus von zwei Cuffs unterschiedlicher Stärke, einem größeren proximalen sowie einem kleineren distalen Ballon (Genzwürker 2009, S. 261), wie es in Abbildung 18 zu sehen ist.

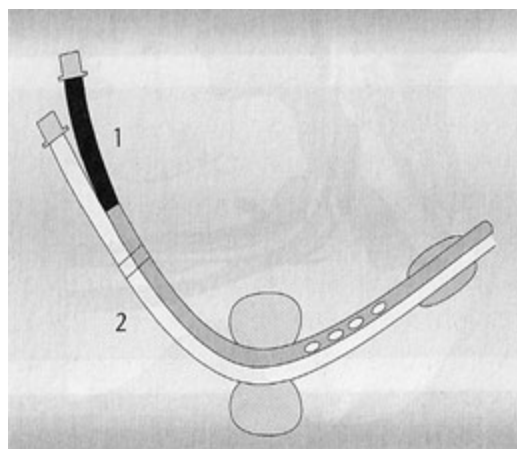
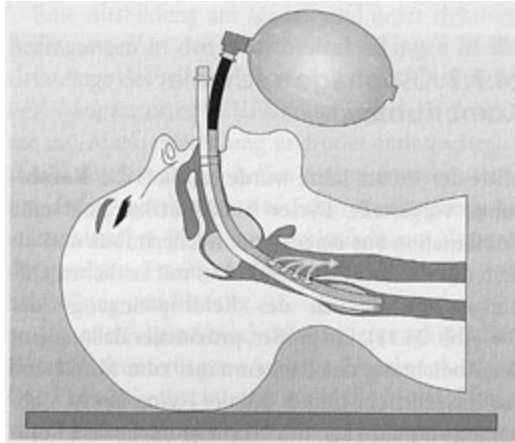


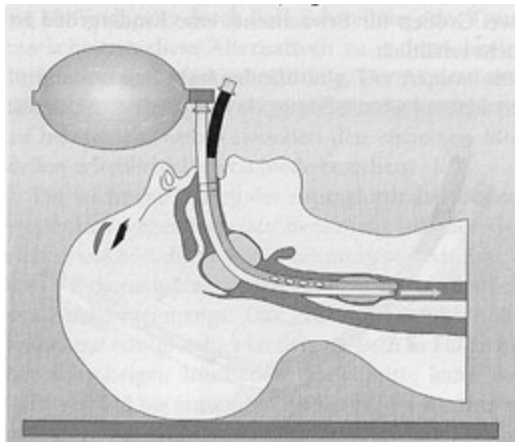
Abbildung 18: Ösophagotrachealer Kombitubus, Skizze (Genzwürker 2009, S. 261)

Dieser Tubus erlaubt ebenso eine Platzierung unter Sicht und mit Hilfe eines Laryngoskops, als auch für die Qualifizierung zu einem alternativen Atemweg notwendige „blinde“ Positionierung. In der Regel kommt der Kombitubus bei einfachem Vorschub im Ösophagus zu liegen. Nach dem Blockieren beider Cuffs, wird proximal der Rachenraum und distal der Ösophagus abgedichtet. So erfolgt die Beatmung über den distal verschlossenen Tubus (Abb. 18, Nr. 1) und die Luft kann über die seitlichen Öffnungen in die Lunge einströmen (Genzwürker 2009, S. 261 f.). Ein weiterer positiver Effekt ist der vorhandene Kanal über den zweiten Tubus, der eine Anlage einer Magendrainage erlaubt (Schwarzkopf 2012, S. 532 f.). Selbst in ösophagealer Lage dichtet der ETC (ösophagotrachealer Kombitubus) bis zu einem Atemwegsdruck von ca. 40 mbar ab (Piepho et al. 2005, S. 124 f.).



**Abbildung 19: Ösophagotrachealer Kombitubus in ösophagealer Position & Ventilation durch Tubus Nr. 1 (Genzwürker 2009, S. 262)**

Zweiter wesentlicher Vorteil ist, dass bei blindem Vorschub und „akzidentiellem“ Platzieren des Kombitubus in der Trachea der distale Cuff geblockt werden kann, und über Tubus 2 (Abb. 18, Nr. 2) gleich wie bei einem endotrachealen Tubus beatmet werden kann (Abb 20.).



**Abbildung 20: Ösophagotrachealer Kombitubus in trachealer Position & Ventilation via Tubus 2 (Genzwürker 2009, S. 262)**

Wesentliche Nachteile sind die Limitierung auf lediglich zwei Größen für Erwachsene und somit eine Mindestgröße des Patienten oder der Patientin von 120 cm. Zusätzlich kann aufgrund der seitlichen Öffnungen eine Verletzung oder Obstruktion der Schleimhäute eine Beatmung verhindert werden (Piepho et al. 2005, S. 124 f.).

### 6.3 Der Larynxtubus

Der Larynxtubus ist ähnlich wie der Kombitubus aufgebaut, besitzt jedoch nur einen einlumigen Tubus dessen Spitze ausschließlich im Ösophagus bleibt. Er besitzt einen proximalen sowie einen distalen Cuff. Diese dichten wieder den Pharynxraum sowie den proximalen Ösophagus, unterhalb der Glottis ab. Die Ventilation erfolgt wiederum über eine Öffnung die auf der Höhe der Glottis zu liegen kommt, wie in Abbildung 21 ersichtlich ist (Küßner und Popp 2017, S. 104; Genzwürker 2009, S. 263 f.).

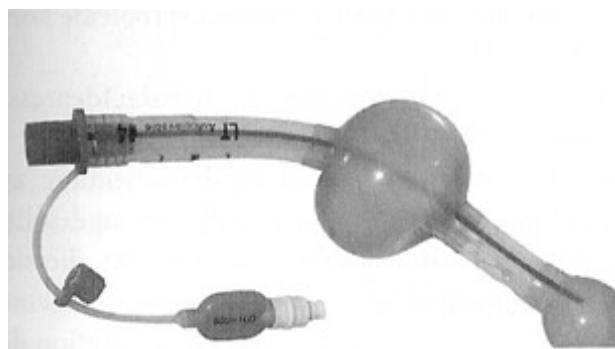
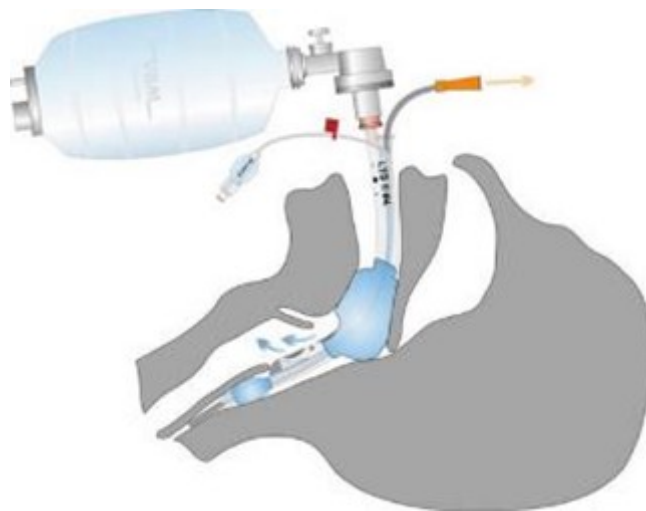


Abbildung 21: Larynxtubus (LT) (Genzwürker 2009, S. 263)

Entwickelt wurde der Larynxtubus Ende der 1990er Jahre, als schnelle Notfallalternative zur endotrachealen Intubation während chirurgischen Eingriffen. Dieser vereint einige Vorteile der Larynxmaske sowie des Kombitubus. Der Larynxtubus besitzt nur einen Konnektor am proximalen Ende, sowie ein einziges Cuffventil mit jedoch zwei geteilten Cuffballons (Schwarzkopf 2012, S. 533).

Eingeföhrt wird der Larynxtubus ähnlich wie die Larynxmaske. Der Tubus wird entlang des harten Gaumens bis in den Rachenraum geschoben, dabei wird die richtige Lage in der Regel durch einen federnden Widerstand angedeutet. Mithilfe der vom Hersteller nach

Größe in Farben kodierten Spritze für die Luftmenge des Cuffs wird der Larynxstüb in die entsprechende Position gedrückt (siehe Abb. 22; Schwarzkopf 2012, S. 533).



**Abbildung 22: Korrekte Positionierung des LT und Luftstrom (Genzwürker und Ellinger 2007, S. 492)**

Kontrolliert wird die richtige Lage, neben den behelfsmäßigen Markierungen für die vordere Zahnreihe sowie Tiefe am Tubusschaft, durch einige Probebeatmungen mit Sicht auf Thoraxexkursionen sowie einer Auskultation über beiden Lungen und dem Magen (Genzwürker 2009, S. 263).

Vorteile dieses Devices sind wie bereits oben erwähnt die vereinfachte Handhabung und das Einführen, sowie die einfachere Bauweise und somit Bedienung. Ein wesentlicher positiver Faktor ist des Weiteren die Größen der Larynxstüben (1 bis 5), die von Kleinkindern bis zu großen Erwachsenen reichen, sowie deren farbliche Codierung. Dabei wird eine Spritze für die Cufffüllmenge mitgeliefert, die ebenfalls farblich markiert ist und die richtige Luftmenge für den jeweiligen Larynxstüb und dessen Cuff einstellt (Schwarzkopf 2012, S. 533). Zusätzlich erlaubt der Larynxstüb mit Beatmungsdruckspitzen um die 30 mbar höhere Drücke und somit eine effektivere Dichtigkeit als die Larynxmaske (Piepho et al. 2005, S. 126).

Neuere Geräte, wie der Larynx Tubus Suction (LTS II)<sup>®</sup>, weisen zusätzlich bereits einen zweiten Kanal auf. Über diesen kann eine Magendrainage gelegt werden. Hinsichtlich Aspirationsschutz ist er jedoch nach wie vor dem endotrachealen Tubus unterlegen (Genzwürker 2009, S. 263; Schwarzkopf 2012, S. 533).

#### **6.4 Als Ultima Ratio: Die Notfall Koniotomie**

Der letzte verzweifelte Weg Luft in die Patientin oder den Patienten zu bekommen, bleibt der rettende chirurgische Atemweg. Bei schwerwiegenden „Cannot-ventilate-cannot-intubate“ (Küßner und Popp 2017, S. 107) Situationen, also Ereignissen die weder eine Ventilation mittels Masken-Beutel-Beatmung noch eine Intubation durch endotracheale Tuben oder supraglottische Luftbrücken ermöglichen, benötigt die Notärztin oder der Notarzt einen raschen Ausweg. Die Möglichkeit schneidend über das Ligamentum circothyreoideum zwischen dem Schild- und dem Ringknorpel die Luftröhre zu eröffnen und einen Tubus einzulegen, ist zwar der rettende Anker, jedoch fehlt den meisten AnwenderInnen die notwendige Routine (Küßner und Popp 2017, S. 107). Ohne regelmäßiges Training an entsprechenden Übungsdummies oder Leichen, kann trotz gut ausgestatteter Notfallkoniotomiesets der Einsatzteams die Durchführung ausgesprochen schwierig werden. Ebenso kann die Fehleranfälligkeit mit einhergehenden schwerwiegenden Komplikationen drastisch steigen (Genzwürker 2009, S. 264).

## **7 Der Larynxtubus – Problemfelder und Lösungsmöglichkeiten**

Nichtsdestotrotz kommen auch die alternativen Atemwege nicht ohne erhebliche Komplikationen aus. Das Einführen und Platzieren der Hilfsmittel durch verkleinerte Mundöffnungen sowie traumatisch verengte Atemwege muss möglich sein. Diese erfordern jedoch ein Mindestmaß, je nach Model Typ, von ca. 1,5-2,5 cm. Weiters sind supraglottische Atemwegsdevices bei Boli, Schwellungen oder Traumen distal der Glottis entweder bereits wirkungslos oder nicht ausreichend. Schlussendlich kann der Aspirationsschutz, obwohl bereits durch verschiedene Devices Hilfsmaßnahmen zum Abführen von Magenflüssigkeit implementiert wurden, nicht als 100% sicher gesehen werden. Dieses Problem ist jedoch gerade unter Reanimationsbedingungen zu vernachlässigen, insofern eine adäquate Ventilation möglich ist (Genzwürker 2009, S. 260 ff.; Schulte am Esch und Gottschalk 2011, S. 102 ff.).

## **7.1 Case Reports und häufig aufgetretene schwerwiegende**

### **Komplikationen**

Bernhard et al. konnten 2014 mehrere Fallberichte aus den Universitätszentren Heidelberg, Fulda und Leipzig sammeln, die schwerwiegende Komplikationen bei der Verwendung des Larynxtubus in verschiedenen Ausführungen der Firma VBM (Sulz, Deutschland) beschreiben. Dabei wurden die PatientInnen nach der Behandlung durch präklinische SanitäterInnen oder NotärztInnen, vom Personal sowie geschulten NotfallmedizinerInnen der klinischen Notaufnahmen beurteilt und evaluiert (Bernhard et al. 2014, S. 589 ff.). Die Fälle beschreiben zwar auch Notfälle ohne cardiopulmonale Reanimationen, jedoch ist der Überblick des alternativen Atemwegs bei anderen Notfällen zur Entscheidungsfindung absolut essentiell.

In den Studien, die die Effektivität der Larynxtuben beschreiben, wurden sie wie bereits erwähnt als schnell zu erlernend und sicher einsetzbar eingestuft. Diese Studien wurden hauptsächlich in innerklinischen Settings und an entsprechenden Reanimationspuppen durchgeführt, sodass neben dem alternativen Atemweg bei einem Problem mit der endotrachealen Intubation die Meinung vorlag, dass der supraglottische Atemweg der Beutel-Masken-Beatmung überlegen ist (Bernhard et al. 2014, S. 591).

Wie jedoch Bernhard et al. sowie Schalk et al. in ihren retrospektiven Fallstudien ermitteln konnten, können die verheerenden Komplikationen des Larynxtubus zwar leicht behoben werden, dafür müssen sie aber zwingend frühzeitig erkannt werden (Bernhard et al. 2014, S. 592 ff.; Schalk et al. 2014, S. 1629 ff.) In Tabelle 1 sind diese aufgelistet.

## Komplikationen bei der Verwendung von Larynxtuben

Scheitern der initialen Platzierung (Verzögerung der Zeit)
Nicht tief genug platziert (falsche Größe/Anwendung)
(unbemerkte) Dislokation
(unbemerkte) endotracheale Obstruktion
Zungenschwellung
Blutungen und/oder Schwellungen des Oropharynx/Larynx

**Tabelle 1: Häufige Komplikationsmöglichkeiten beschrieben durch Bernhard et al (Bernhard et al. 2014, S. 592)**

Beschrieben werden diese Probleme ohne Prozentangaben, jedoch machen die AutorInnen vier wesentliche Gründe für diese Komplikationen aus (Bernhard et al. 2014, S. 592):

- Larynxtubus (Bauweise, Funktion)
- Fahrlässig fehlendes Monitoring und Überwachung
- Benutzerdefizite
- PatientInnenmanagement mit supraglottischen Atemwegsdevices und fehlende Problemlösungskompetenz durch fehlendes intrahospitales Training

Beginnend mit den Problemen der Bauart des Larynxtubus, können Hypoxie durch Verlegung der Trachea durch den Larynxtubus oder seiner Cuffs entstehen. Herniationen im dorsalen Pharynxbereich nach Traumen im Cervikalbereich und dessen Immobilisierung können durch Blutungen ebenfalls Probleme erzeugen, wie eine Drehung des Tubus um seine longitudinale Achse durch mechanische Einwirkungen oder allgemeines Verrutschen und Dislokation der Luftbrücke (Bernhard et al. 2014, S. 592 f.). Neben der drohenden Hypoxie entweicht die Atemwegsluft, bei einem fehlenden Erkennen der Obstruktion, in den Ösophagus und übt somit Druck auf den oberen ösophagealen Sphinkter aus (Bernhard et al. 2014, S. 592ff.). Die richtige Position des Tubus, die

Cuffdichte und effektive Ventilation muss somit frühzeitig überprüft werden. Diese Kontrolle muss zum einen über eine Auskultation (Bernhard et al. 2014, S. 592) erfolgen, als auch mittlerweile leitliniengerecht durch eine kontinuierliche endtidale (etCO<sub>2</sub>) Kapnographie oder Kapnometrie (Böttiger et al. 2015, S. 649 f.). Durch die Kontrolle der Position beziehungsweise engmaschige und kontinuierliche Überwachung können diese Probleme minimiert werden und sollte bei ordnungsgemäßen Durchführungen dieses Notfallweges kein Hindernis für den oder die auszuführende Fachkraft mehr darstellen (Bernhard et al. 2014, S. 592).

Als zweite größere Komplikation, die eindeutig mit dem Larynxtubus assoziiert wurde, ist eine fortschreitende Zungenschwellung durch den liegenden Tubus beziehungsweise ein für die vorherrschenden Verhältnisse zu hoher und somit unpassender Cuffdruck (Bernhard et al. 2014, S. 592 f.). Wird die vorgegebene Menge der farblich codierten Spritze für den Larynxtubus eingesetzt, erreicht der Cuffdruck ein exzessiv hohes Druckniveau von teilweise über 100 mmHg, die somit sowohl den venösen Abfluss als auch den arteriellen Zufluss behindern und eine ödematöse Schwellung verursachen (Bernhard et al. 2014, S. 592 f.).

Schalk et al. ermittelten in einer großangelegten prospektiven Studie, in einem Zeitraum von sechs Jahren, die Komplikationen von prähospital angelegten Larynxtuben bei 189 PatientInnen durch qualifizierte und trainierte RettungssanitäterInnen und NotfallmedizinerInnen aus Frankfurt am Main und dem Kanton Appenzell, Schweiz (Schalk et al. 2014, S. 1629 ff.).

Dabei wurde der initiale Cuffdruck nach Herstellerangaben mit der vorgefertigten Spritze und dem codierten Volumen hergestellt, und bei Eintreffen in der Notaufnahme von teilnehmenden Anästhesistinnen und Anästhesisten sowie Anästhesiepflegekräften evaluiert. Hier wurde ermittelt, dass der mediane Wert des Cuffdrucks, bei vorgegebener

Volumens-Menge, den intrahospital verwendeten Werten sowie dem Perfusionsdruck des pharyngalen Gewebes (Kriege et al. 2017, S. 4 f.) mit 100 cm H<sub>2</sub>O (Range: 50-120 cm H<sub>2</sub>O) weit überstieg, und sogar in sechs weiteren Fällen einen unmessbaren Wert von über 120 cm H<sub>2</sub>O erreichte. Diese enorm erhöhten Drücke führten zu der häufigsten Komplikation der Zungenschwellung in 38,6% (n=73) und mussten nach Eintreffen in der Notaufnahme unverzüglich mit einem endotrachealen Tubus versehen werden (Schalk et al. 2014, S. 1630). Die Tubusanlage der Patientinnen und Patienten erfolgte durch eine Videolaryngoskopie (V.MAC, C-MAC mit Macintosh Blades), zwei der PatientInnen mussten aufgrund der schweren Verlegung der Atemwege durch die Schwellungen und unmöglichen Einstellung sogar fiberoptisch intubiert werden. In beiden Fällen entstand ein hypoxischer Schaden (SpO<sub>2</sub> >50%) mit einer darauf folgenden Bradykardie und anschließendem Herzstillstand (Schalk et al. 2014, S. 1630).

Diese Statistiken zeigen eindeutig die Problematik der Zungenschwellung, und des maligen erhöhten Füllungsdruckes, der durch die zu große Menge erreicht wird.

Schalk und KollegInnen empfehlen hier eine Verringerung des Cuffdrucks sowie eine Messung und Einstellung mittels Manometer. Einen schnellen Hinweis für eine drohende Zungenschwellung kann der optische Vergleich der Farbe der Lippen und der Zunge ergeben, da beide Gebiete aus unterschiedlichen Gefäßsystemen versorgt werden, und somit eine Stauung der Zunge von einer generalisierten Zyanose wie bei einem Herzstillstand unterschieden werden (Schalk et al. 2014, S. 1631).

Die dritte wesentlich beschriebene Komplikation war die teilweise großflächig fehlende Expertise im Handling des Larynxtubus oder ähnlicher supraglottischer Devices an lebenden PatientInnen. Zahlreiche Statistiken präsentieren hier einen substantiellen Unterschied zwischen einem reinen Training an Übungspuppen und im innerklinischen Setting, der unter Anleitung durchgeführten Atemwegssicherungen und fortführenden

Praxis, sowie alleine durch die Modellauswahl der Übungspuppe an sich (Bernhard et al. 2014, S. 594 ff.; Jackson und Cook 2007, S. 388 ff.).

Neben den Deutschen Rettungsgesellschaften, wurden die Larynx tuben und ihre Problemfelder ebenfalls in Norwegen untersucht. Sunde et al. fassten hier retrospektiv 347 erwachsene Patientinnen und Patienten aus den Universitätsspitalern der Regionen Haukeland und Innlandet zusammen, die einen nicht-traumatischen „out-of-hospital cardiac arrest“ (außerklinischer Herzstillstand) erlitten haben, und dabei mit einem Larynx tubus durch fachtrainiertes Rettungspersonal versorgt wurden (Sunde et al. 2012, S. 1 ff.).

Ähnlich ausgebildete und trainierte Rettungssanitäterinnen und Rettungssanitäter kommen hier ebenfalls auf eine erfolgreiche Intubationsrate mit einem SGA (Larynx tubus) von über 85% wie in Deutschland und beschreiben statistisch in Tabelle 2 abgebildete häufigen Probleme (Bernhard et al. 2014, S. 589 ff.; Bernhard et al. 2016, S. 1 ff.; Sunde et al. 2012, S. 1 ff.).

<b>Probleme nach dem Einführen</b>	<b>Anzahl/ %</b>
Keine	164 (47,3%)
Fehlende Atemgeräusche (bei Auskultation)	100 (28,8%)
Schweres initiales Positionieren	85 (24,5%)
Leckage	61 (17,6%)
Positionierungszeit länger als 30 Sekunden	46 (13,3%)
Erbrechen/Aspirieren	44 (12,7%)
Dislokation des Larynx tubus	17 (4,9%)

**Tabelle 2: Probleme durch die Anlage eines Larynx tubus, Statistik aus Norwegen bei 347 PatientInnen bei präklinischen CPRs (Sunde et al. 2012, S. 4)**

Wie aus den bis jetzt aufgezählten Studien hervorgeht, bedeutet die einfache Anlage eines alternativen Atemwegs leider keinerlei Sicherheit und Garantie für das Vorliegen eines sicheren Atemweges. Die Problemfelder scheinen zu groß und bei beinahe 40-50% Komplikationsrate dürfen diese nicht ignoriert werden. Durch beständige Verbesserung der Geräte und Schulung der ausübenden Kräfte können diese Problemfelder entweder eliminiert, minimiert oder frühzeitig abgewendet werden (Bernhard et al. 2014, S. 589 ff.).

## **7.2 Optimierte Cuffvolumen und Druck bei kontinuierlicher Volumen kontrollierter Überdruckbeatmung (IPPV)**

Ein bekanntes Problem der supraglottischen ösophagealen Einlagetuben ist ein stauungsbedingtes Gewebeödem der oberen Atemwege und eine langsam bedrohlich werdende Atemwegsverengung, der frühzeitig Einhalt geboten werden muss.

Diese Notwendigkeit zur Optimierung der Füllmenge sowie des Cuffdrucks, aber mit trotzdem einhergehender suffizienter Ventilation ohne drohende Leckage und gleichzeitiger stabiler Abdichtung der Atemwege als Schutz vor Aspiration wurden bereits 2000 von Asai et al. erkannt und untersucht, sowie 2017 von King et al. weiter analysiert.

Asai und KollegInnen untersuchten an der Kansai Medical University in Japan anhand 50 ausgewählten Patientinnen und Patienten, ab welchem Atemwegsdruck, bei gleichbleibendem kontrolliert gemessenen Cuffvolumen und Cuffdruck eine Leckage bei einem Larynx-tubus entsteht. Alle PatientInnen wurden mittels EKG, Blutdruckmanschette und Pulsoxymetrie monitorisiert und nach Allgemeinnarkose mit einem Doppel-Cuff Larynx-tubus der ersten Generation (® Fa. VBM, Deutschland) intubiert. Das Cuffvolumen ist, nachdem diese Larynx-tuben mit zwei getrennten Beuteln ausgestattet waren, nicht mehr relevant. Beide Cuffs wurden jedoch auf einen Fülldruck von 60 cm H<sub>2</sub>O aufgeblasen, was immer noch den Herstellerangaben entspricht (Asai et al. 2000, S. 1099 f.).

Nach der kapnographischen Kontrolle der optimalen Ventilation, wurden vier Kategorien eingeteilt, in denen die Atemwegsdrücke (AWP, „Airway pressure“) mit Leckagen auftraten. Diese wurden nach Anzahl der Personen und Prozente in Tabelle 3 eingetragen (Asai et al. 2000, S. 1100 f.):

Kategorien	Anzahl / Prozent
Keine Leckage bei 30 cm H <sub>2</sub> O AWP	25 (50%)
Leckage zwischen 18 – 28 cm H <sub>2</sub> O AWP	16 (32%)
Leckage bei 10 – 16 cm H <sub>2</sub> O AWP	3 (6%)
Leckage bei < 8 cm H <sub>2</sub> O AWP	3 (6%)
Fehlschlag dem 1. Versuch der Intubation mittels LT	3 (6%)

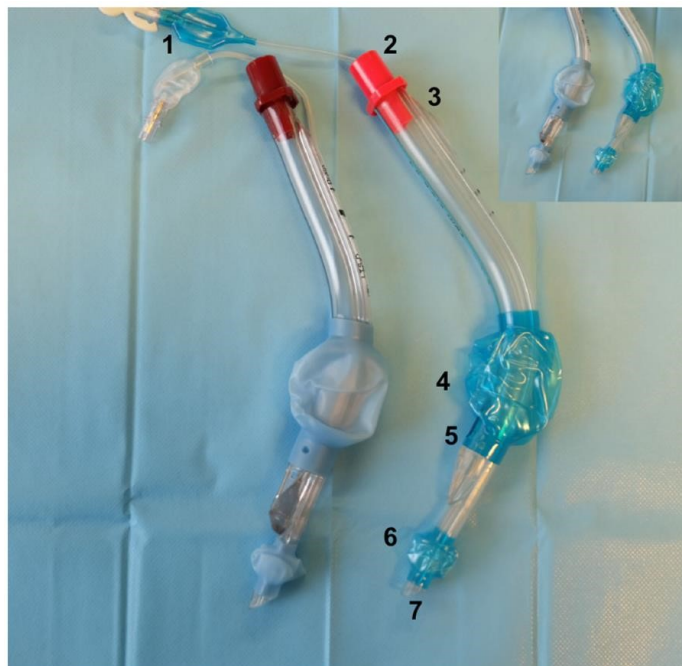
**Tabelle 3: Leckage-Kategorien nach Asai 2000 geordnet nach Atemwegsdrücken (AWP; Asai et al. 2000, S. 1101)**

So konnte bereits 2000 festgestellt werden, dass der Larynxtubus im Vergleich zur Larynxmaske erhöhte Atemwegsdrücke ohne Leckage verkraften konnte, sowie über 82% der Patientinnen und Patienten einen minimalen Atemwegsdruck von 18 cm H<sub>2</sub>O und einem Median von 587 ml Tidalvolumen erreichten (Asai et al. 2000, S. 1101). Diese Eigenschaften qualifizierten laut den AutorInnen den Larynxtubus besser für Reanimationsbedingungen als eine Larynxmaske, da besonders in diesem Setting mit erhöhten Atemwegsdrücken zu rechnen ist (Asai et al. 2000, S. 1101).

Wie jedoch aus dem vorherigen Kapitel ersichtlich wurde, entstanden durch die hohen Cuffdrücke bedingte Schäden entlang der oberen Atemwege. Aus diesem Grund schlugen Schalk et al. in der Publikation vor, den Druck in den Cuffs der Larynxtuben nach der Füllung mit der vorgegebenen Menge, mittels eines Cuffmanometers soweit zu senken, solange noch keine wesentliche Leckage feststellbar ist (Schalk et al. 2014, S. 1630 f.). Weiters schlussfolgerten Schalk und KollegInnen, dass unter Reanimationsbedingungen die vorgegebene Füllmenge benutzt werden sollte und der Cuffdruck erst nach einem ROSC („Return of spontaneous circulation“, Erfolgreiche Wiederbelebung) angepasst werden sollte.

Generell wird jedoch in der Studie empfohlen, auch den Larynxtubus frühestmöglich unter optimalen Bedingungen, wie beispielsweise in einem Schockraum mit anwesenden AnästhesistInnen gegen einen endotracheal platzierten Tubus zu tauschen (Schalk et al. 2014, S. 1631 f.).

Neben den veränderten Druckverhältnissen entwickelte die Firma VBM Medizintechnik GmbH den von ihnen entwickelten Larynxtubus ebenfalls weiter. Neben einem Doppellumentubus mit zwei zusammenhängenden Cuffs mit weicherem und elastischerem Material, veränderte sich auch die Biegung von ursprünglich 45° auf 60° für ein einfacheres einführen. Ein Vergleich ist in Abbildung 23 zu sehen (Kriege et al. 2017, S. 2).



**Abbildung 23: Vergleich des ersten LTS (links) zum "reversed LTS-D" (rechts), 1: Pilotballon, 2: Farbcodierter Normkonnektor, 3: Öffnung für Magendrainage, 4: pharyngealer Ballon, 5: mehrere Ventilationsöffnungen, 6: ösophagealer Ballon, 7: ösophageale Öffnung für Magendrainage (Kriege et al. 2017, S. 2)**

Die positiven Veränderungen des Materials sind jedoch erst der halbe Weg zur erfolgreichen Therapie der Cuffdruck-Problematik, denn wie bisher beschrieben, konnte

nur ansatzweise ein „richtiger“ Cuffdruck eingestellt werden. Kriege et al. ermittelten in einer prospektiven Studie an der Universitätsklinik Mainz, wie weit der Cuff Druck gesenkt werden kann, ohne eine ernsthafte Leckage zu verursachen (Kriege et al. 2017, S. 1 f.). Insgesamt wurden 54 PatientInnen unter Vollnarkose und ohne Muskelrelaxanz mit einem neuen LTS-D intubiert, und als Beatmungseinstellungen eine IPPV-Beatmung mit einem TV von 8ml/kg, Pmax 30 mbar, 0 Peep und I:E = 1:1 vorgenommen. Verwendet wurden die Größen 3-5 (Kriege et al. 2017, S. 1):

- #3 <155 cm KG, codierte Füllmenge: 60 ml
- #4 155-180 cm KG, codierte Füllmenge: 80 ml
- #5 >180 cm KG, codierte Füllmenge 90 ml

Bei den Probandinnen und Probanden der Studie wurde das Cuffvolumen mit der nach Herstellerangaben normkodierten Füllmenge aufgeblasen, der aktuelle Cuffdruck ermittelt und anschließend eine maschinelle Ventilation mit den oben genannten Parametern eingestellt (Kriege et al. 2017, S. 1 ff.).

Der nächste Schritt beinhaltete ein Ablassen des Cuffvolumens auf einen Cuffdruck von 60 cm H<sub>2</sub>O, mit unmittelbarer Messung des verbleibenden Cuffvolumens, der entlassenen Menge, des aktuellen Tidalvolumens sowie eine Veränderung des Peak Flow.

Dieser Schritt wurde immer wieder nach wenigen Sekunden und mit jeweiligen Pausenintervallen in Schritten von 10 cm H<sub>2</sub>O wiederholt, bis der Cuffdruck einen Wert von 30 cm H<sub>2</sub>O erreichte. Eine suffiziente Ventilation war laut StudienleiterInnen dann gegeben, solange keine hörbare Leckage sowie eine Leckagerate von weniger als 10% auftrat (Kriege et al. 2017, S.1 ff.). Die Studienergebnisse sind in Tabelle 4 ersichtlich:

		<b>LTS-D Größe</b>		
		<b>#3</b>	<b>#4</b>	<b>#5</b>
<b>Variablen nach Cuff Blockierung mit vorgegebenem Füllungsvolumen</b>	Cuff Druck (cmH <sub>2</sub> O)	120 (110-120)	110 (85-120)	105 (90-120)
	Cuff Volumen (ml)	60	80	90
	Tidal Volumen (ml)	389 (366-559)	482 (449-559)	640 (613-672)
	AWP Peak High (cmH <sub>2</sub> O)	11 (9,8-16,5)	13 (12-16)	11,5 (11-13,3)
<b>Cuff Druck Kontrolle bei 60 cmH<sub>2</sub>O</b>	Cuff Druck (cmH <sub>2</sub> O)	60		
	Cuff Volumen (ml)	47 (43,5-53,8)	70 (65-72,5)	77 (74,5-82)
	entlassenes Cuff Vol (ml)	13 (6-17)	10 (8-15)	13 (8-16)
	Tidal Volumen (ml)	388 (364-424)	479 (443-532)	656 (617-694)
	AWP Peak High (cmH <sub>2</sub> O)	12,5 (9,8-16,8)	13 (12-16)	11,5 (11-14)
<b>Cuff Druck Kontrolle bei 50 cmH<sub>2</sub>O</b>	Cuff Druck (cmH <sub>2</sub> O)	50		
	Cuff Volumen (ml)	47 (28-54,6)	65 (60-70)	74 (68,5-78)
	entlassenes Cuff Vol (ml)	13 (5-32)	15 (10-20)	16 (12-22)
	Tidal Volumen (ml)	366 (312-397)	477 (442-518)	665 (627-702)
	AWP Peak High (cmH <sub>2</sub> O)	12,5 (9,8-16,8)	13 (11-16)	12 (11-14)
<b>Cuff Druck Kontrolle bei 40 cmH<sub>2</sub>O</b>	Cuff Druck (cmH <sub>2</sub> O)	40		
	Cuff Volumen (ml)	49 (40-54)	60 (56-65)	68 (64-74)
	entlassenes Cuff Vol (ml)	11 (6-20)	20 (15-25)	22 (17-27)
	Tidal Volumen (ml)	352 (336-402)	467 (433-528)	649 (622-689)
	AWP Peak High (cmH <sub>2</sub> O)	13 (9-18)	13 (11-16)	12 (11-14,5)
<b>Cuff Druck Kontrolle bei 30 cmH<sub>2</sub>O</b>	Cuff Druck (cmH <sub>2</sub> O)	30		
	Cuff Volumen (ml)	40 (35-45)	55 (52-60)	65 (55,8-67,3)
	entlassenes Cuff Vol (ml)	20 (15-25)	25 (20-28)	25 (23-34)
	Tidal Volumen (ml)	347 (335-401)	460 (434-527)	644 (583-668)
	AWP Peak High (cmH <sub>2</sub> O)	13 (9-18)	12 (11-15)	12 (10,3-14)

**Tabelle 4: Druck und Volumensvariablen der Cuffzustände in der Studie aus 2014, bei einem LTS-D und 54 ProbandInnen (Kriege et al. 2017, S. 5)**

Die Studie zeigte, dass die Initialdrücke nach der normierten Füllmenge in allen Fällen mit einem Median von 100 cmH<sub>2</sub>O bedeutend zu hoch waren. Während der Druckminderung auf 30 cmH<sub>2</sub>O wurden bis zu 25 ml abgelassen, der Atemwegsdruck Peak erreichte einen

Bereich zwischen 11 und 13 cmH<sub>2</sub>O. Während der Ventilation mit der vorgegebenen Menge wurden keinerlei Leckagen ermittelt, während bei einem Cuffdruck von 60 cmH<sub>2</sub>O zwei ProbandInnen und bei 50 cmH<sub>2</sub>O drei eine hörbare Leckage aufweisen.

Wird der Cuffdruck jedoch unter 50 cmH<sub>2</sub>O gesenkt, entstehen signifikante Leckagen die keine suffiziente Ventilation mehr garantieren können. Die Erfolgsrate für eine korrekte Position nach dem ersten Versuch lag wieder bei 85% sowie weiteren 5% nach dem zweiten Versuch (Kriege et al. 2017, S. 3 ff.).

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die aufgeschlüsselten Leckagen bei den Probandinnen und Probanden nach Druckniveau in den Cuffs veranschaulicht:

Cuffdruck	Suffiziente Ventillation	LTS-D Größe		
		#3	#4	#5
Normierte Füllmenge	54 (100%)	4 / 4	40 / 40	10 / 10
60 cmH <sub>2</sub> O	52 (96%)	3 / 4	39 / 40	10 / 10
50 cmH <sub>2</sub> O	51 (94%)	3 / 4	39 / 40	9 / 10
40 cmH <sub>2</sub> O	44 (81%)	3 / 4	33 / 40	8 / 10
30 cmH <sub>2</sub> O	35 (65%)	2 / 4	28 / 40	5 / 10

**Tabelle 5: Suffiziente Beatmung Aufgeschlüsselt nach Cuffdruckniveaus (Kriege et al. 2017, S. 5)**

Wie bereits Schalk und KollegInnen vermuteten und als Empfehlung herausgaben, bestätigten Kriege und AutorInnen als Schlussfolgerung, dass die Cuffdrücke aus den normcodierten Spritzen des Herstellers zu hoch sind, und niedrigere Drücke zwischen 50 bis 60 cmH<sub>2</sub>O für eine suffiziente Ventilation ausreichen. Auch wenn trotzdem noch der Mucosagewebeperforationsdruck deutlich überstiegen wird, so sind bei den geringeren Füllmengen und Drücken weniger Komplikationen und Probleme mit den oberen Atemwegen entstanden (Kriege et al. 2017, S. 5 f.). Als Empfehlung zur Verminderung des Drucks in den Cuffs, empfehlen die StudienleiterInnen eine generelle Verminderung der Füllmenge um jedenfalls 10 ml beziehungsweise als dringliche Empfehlung mit einem Manometer auf etwas über 50 cmH<sub>2</sub>O bis maximal 60 cmH<sub>2</sub>O, solange keine hörbare

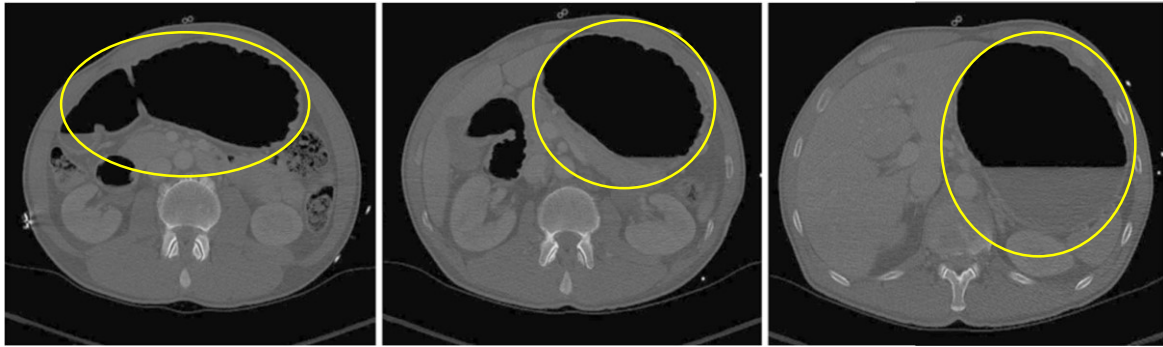
Leckage auftritt (Kriege et al. 2017, S. 6). Diese Empfehlung wurde sogar bereits durch die herstellende Firma VBM als Wegweiser angenommen und auf ihrer Website veröffentlicht (VBM Medizintechnik GmbH, 2017).

### **7.3 Mageninsufflation und die Magendrainage**

Neben den Schwellungen und Verlegungen aufgrund zu hoher Cuffdrücke besteht ein weiteres schwerwiegendes Problem, das zwingend durch entsprechende Maßnahmen entschärft werden muss. Zu hohe Atemwegsdrücke mit einhergehenden Leckagen oder fehlender Atemwegsabdichtung durch eine Beutel-Masken Beatmung (Thierbach et al. 2007, S. 471 ff.), verdrehte oder falsch platzierte Devices (Bernhard et al. 2014, S. 589 ff.), sowie diverse andere Probleme verursachen eine Mageninsufflation mit einhergehender Regurgitation, Aspiration, Magendistention und dem nachfolgenden Circulus Vitiosus (Mann et al. 2013, S. 287 ff.).

Ursächlich kann eine Mageninsufflation entstehen, wenn ein Atemwegsdruck von ca. 20 cmH<sub>2</sub>O überwunden wird. Dieser Wert wurde bei kreislaufstabilen Patientinnen und Patienten ermittelt, diese Problematik verschärft sich jedoch um ein Vielfaches während einer cardiopulmonalen Reanimation. Zum einen senkt sich der Verschlussdruck des oberen Ösophagussphinkters um ca. weitere 5 cmH<sub>2</sub>O (Paal et al. 2009, S. 365 f.), und wie bereits zuvor erwähnt, steigt der intrathorakale und somit intraabdominelle Druck aufgrund der mechanischen Thoraxkompressionen während der Wiederbelebung (Piepho et al. 2005, S. 123 ff.).

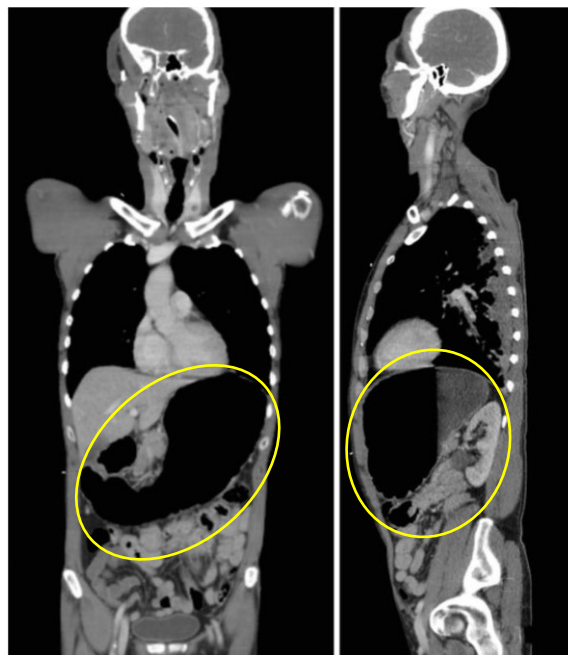
Mann et al. zeigte in einem 2013 veröffentlichten Paper eine Fallpräsentation mit der Erfassung dieser gravierenden Problemstellung. Abbildungen 24 und 25 zeigen die Computertomographischen Aufnahmen in axialer, koronarer und sagittaler Schnittebene und, farblich markiert, die enorme Überblähung des Magentraktes mit einer ermittelten Füllmenge von über 3 Liter Luft (Mann et al. 2013, S. 288).



**Abbildung 24: Magenblähung axiale Schnittaufnahme, links Höhe BWK12, mitte Höhe LWK1, rechts**

**Höhe LWK3 (in Anlehnung an[Mann et al. 2013, S. 288])**

Der vorliegende Fall stellte ein Schädel Hirn Trauma nach Treppensturz dar. Der Patient wurde von der anwesenden Notärztin wegen akuter Vigilanzminderung, GCS <8, Verdacht auf Aspiration und Gefahr der Verlegung der Atemwege mit einem Larynxtubus Typ LT-D®<sup>®</sup>, nach dem Versagen einer endotrachealen Tubusanlage, intubiert. Bei Eintreffen in der Notaufnahme zeigte der Patient eine gravierende Ventilationsstörung mit einem etCO<sub>2</sub> von >80 mmHg, pH 7,035 und einem pCO<sub>2</sub> 81,6 mmHg durch einen dislozierten Larynxtubus, einer daraus resultierenden Mageninsufflation und aufgrund eines fehlenden Magendrainagekanals, eine resultierende Magendistention (Abb. 25; Mann et al. 2013, S. 285 ff.).

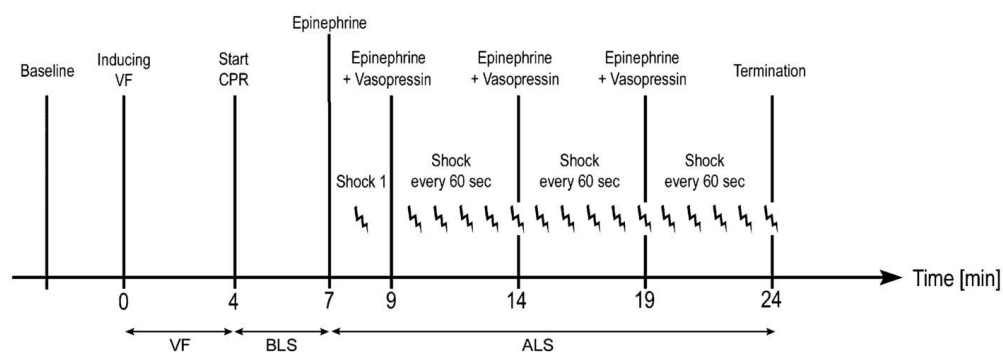


**Abbildung 25: Magenblähung Computertomographische Schnittebene links Koronarebene, rechts**

**Sagittalebene (Mann et al. 2013, S. 288)**

Der durch diese Magendistention entstehende Circulus vitiosus wurde von Wenzel et al. im Tierversuch 1998 bereits erstmals formuliert und 2008 von Paal et al. an der Medizinischen Universität Innsbruck wiederholt. Paal und KollegInnen verwendeten in dieser Studie 21 gesunde, 12-16 Wochen alte Schweine beider Geschlechter mit einem Gewicht zwischen 30 – 50 kg. Neben Basis Monitoring EKG, Pulsoxymetrie wurden zusätzlich eine invasive aortale Blutdruckmessung, sowie ein Katheter für den rechts atrialen und pulmonal arteriellen Druck als auch dem kardialen Output angelegt. Respirations- und Ventilationsvariablen wurden durch einen Pneumotachographen, eine endtidale CO<sub>2</sub> Messung sowie einer Blutgasanalyse ermittelt (Paal et al. 2009, S. 365 f.).

Die Ventilation wurde mittels eines endotrachealen Tubus und die entsprechende Magenblähung (0, 5 und 10L) mit einem ösophageal liegendem Tubus sichergestellt. Die Tiere wurden in drei Versuchsgruppen eingeteilt (n=7) mit den drei Magendistentionismengen, und anschließend nach einem künstlichen Herzstillstand nach vorgegebenen guidelinegerechten Maßnahmen (Abb. 26) reanimiert (Paal et al. 2009, S. 366 ff.).

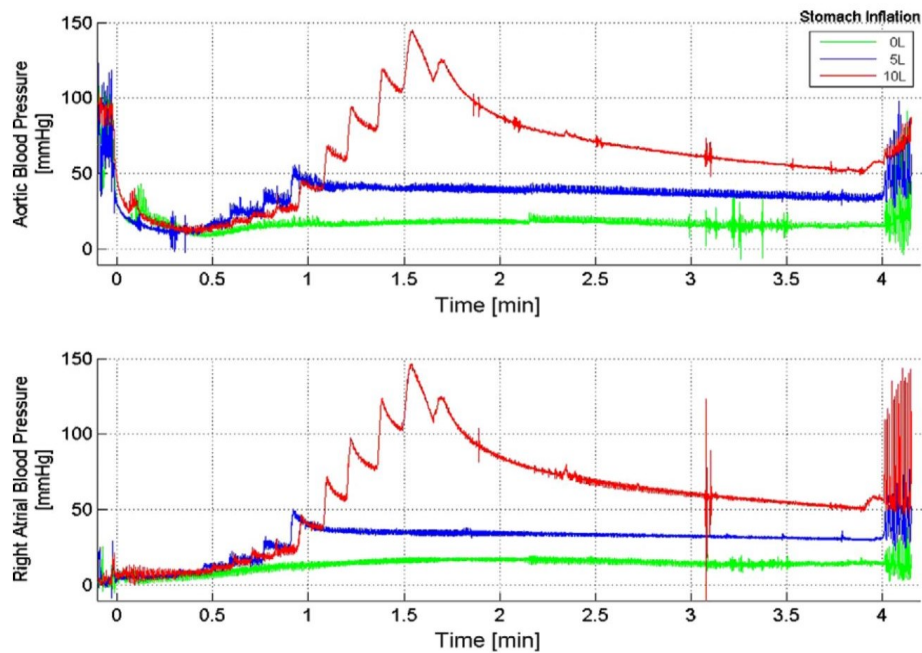


**Abbildung 26: Studienprotokoll der Reanimationsmaßnahmen nach Zeit (Paal et al. 2009, S. 366)**

Die Studienergebnisse wurden in den Abbildungen 27-31 eingetragen und genauer erläutert.

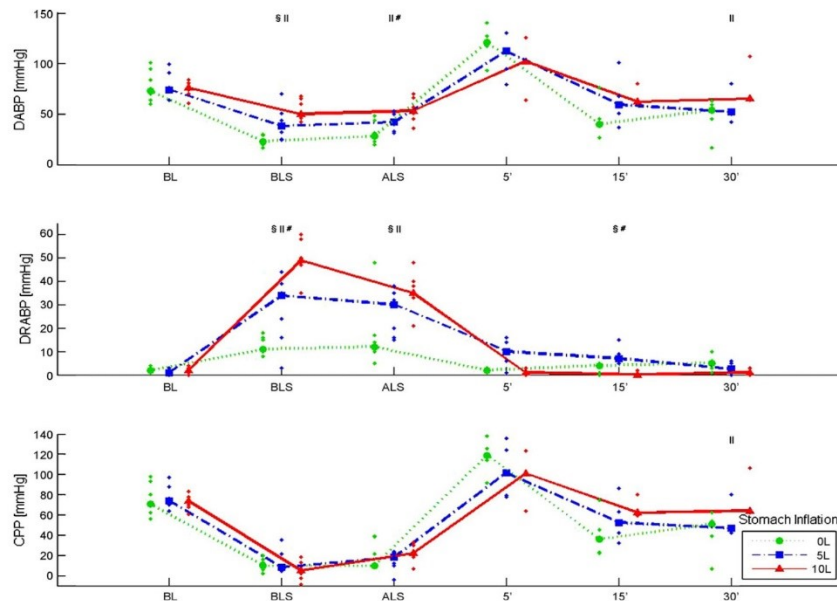
Vor dem verursachten Herzstillstand konnten keinerlei Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden (BL). Während der laufenden Reanimation zeigten die

Gruppen mit der Magendistention sowohl einen erhöhten Aortalen als auch rechts atrialen Blutdruck sowie eine Verminderung nach Beseitigung der Blähung (Abb. 27; Paal et al. 2009, S. 368).



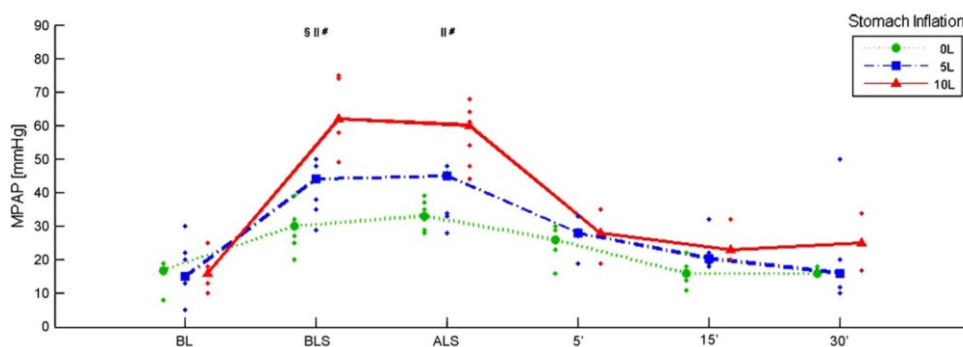
**Abbildung 27: Aortaler und rechts atrialer Blutdruck nach dem Herzstillstand, mit Zunahme nach Magenblähung und Abnahme der Parameter nach Beseitigung der Überblähung (Paal et al. 2009, S. 367)**

Während der signifikanten Steigerung der atrialen Druckverhältnisse, konnte eine Drucksteigerung im diastolischen Schenkel ebenfalls beobachtet werden. Ein erwarteter Unterschied mit Minderperfusion der Koronargefäße blieb jedoch aus (Abb. 28; Paal et al. 2009, S. 368).



**Abbildung 28: Diastolischer aortaler Blutdruck, diastolischer rechts-atrialer Blutdruck und Koronarperfusionsdruck vor Herzkreislaufstillstand, während Basis- und erweiterter Reanimationsmaßnahmen und nach einem ROSC (Paal et al. 2009, S. 367)**

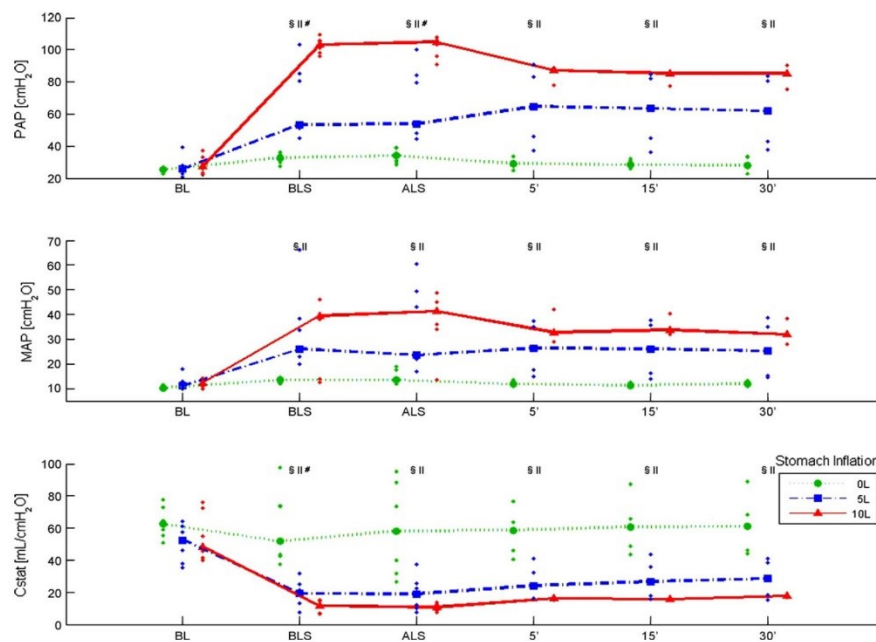
Neben der Druckkurvenveränderung steigt auch durch die Belastung der mittlere Pulmonalarterien Druck um etwa 30 cmH<sub>2</sub>O im Vergleich zu der maximal geblähten Gruppe (Abb. 29; Paal et al. 2009, S. 368 f.).



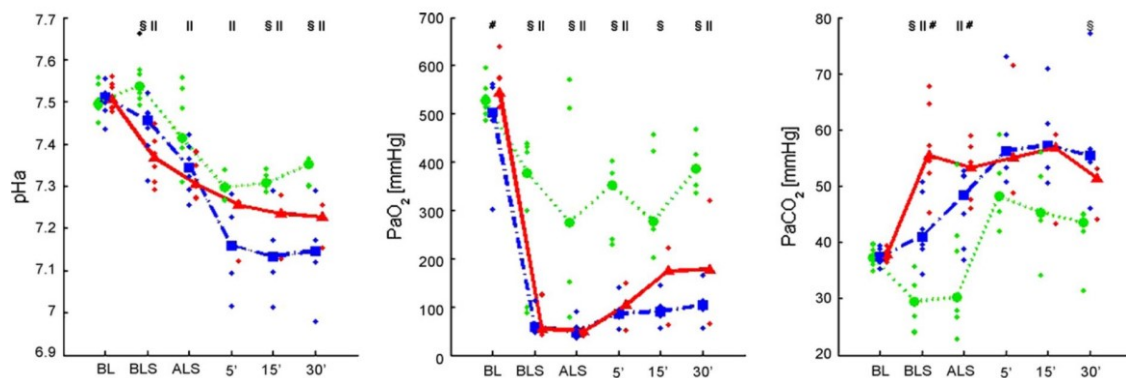
**Abbildung 29: Der mittlere Pulmonalarterien Druck bei: Baseline, Basic Life Support, Advanced Life Support und ROSC in Minuten (Paal et al. 2009, S. 368)**

Die erhöhten Druckverhältnisse aus den Abbildungen 27, 28 und 29 förderten nicht nur eine Verschlechterung des hämodynamischen Systems. Durch die enormen Druckverhältnisse verschlechterte dies auch den maximalen Atemwegsdruck (PAP), den mittleren Atemwegsdruck (MAP) und die Lungencompliance (Cstat; Abb. 30). Die daraus

resultierende Ventilations- und Oxygenierungsstörung konnte in der Blutgasanalyse ermittelt und in Abbildung 31 graphisch dargestellt werden (Paal et al. 2009, S. 368 ff.).



**Abbildung 30: Max. Atemwegsdruck (PAP), mittlerer AWP (MAP) und Lungencompliance (Cstat) im zeitlichen Verlauf (Paal et al. 2009, S. 369)**

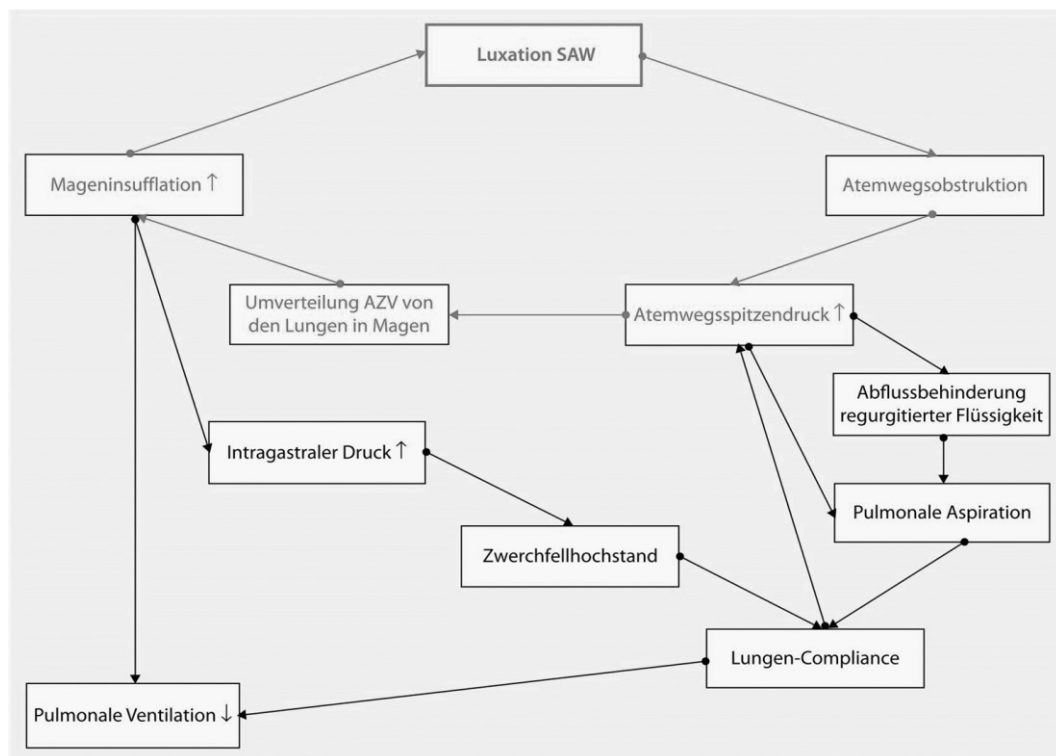


**Abbildung 31: links: arterieller pH, mittig: arterieller Sauerstoffpartialdruck, rechts: arterieller CO<sub>2</sub>-Partialdruck (Paal et al. 2009, S. 370)**

Wie aus dieser Studie ersichtlich wird, ergeben sich durch die Magendistention mehrere Problemfelder. Die arterielle Oxygenierung sowie die Elimination von Kohlendioxid haben sich aufgrund der erhöhten Atemwegsdrücke verschlechtert. Eine resultierende respiratorische Azidose verschlechtert die Allgemeinsituation einer Reanimation

zusätzlich, zur bereits vorhandenen metabolischen Laktatazidose. Trotz 100% Sauerstoffventilation fiel in den Blutgasanalysen der Sauerstoffpartialdruck bei der Gruppe mit maximaler Magendistention von ~500 auf 59 mmHg bedeutend weiter als bei der Vergleichsgruppe 0, mit einem Abfall auf nur ~300 mmHg. Durch die Volumenskontrollierte Überdruck Beatmung (IPPV) erreichte die geblähte Gruppe einen Pmax von Druckspitzenwerten über 100 cmH<sub>2</sub>O, welche zu schwerwiegenden Barotraumen der Lunge führten. Ein akuter Hinweis auf die Verschlechterung der Lungenfunktion, ist die Abnahme der Lungencompliance. Zusätzlich indiziert ein zunehmend steigender pulmonaler Druck, mit einer Abnahme der Auswurfleistung des Herzens ein akut verschlechterndes Rechtsherzversagen (Paal et al. 2009, S. 367 ff.).

Diesen Teufelskreis aus zunehmender Magenblähung, verschlechternder Ventilation und daraus resultierender Atemwegssteigerung haben Mann und KollegInnen in Abbildung 32 in einem Verlaufsdiagramm dargestellt (Mann et al. 2013, S. 290).



**Abbildung 32: Circulus Vitiosus der Magendistension bei Verwendung eines Larynx-tubus supraglottischen Luftbrücke (Mann et al. 2013, S. 290)**

Neben der Lungencompliance- sowie Ventilationsproblematik zeigte sich zusätzlich ein abdominelles Kompartement-Syndrom durch den erhöhten intraabdominalen Druck. Alle abdominalen Organe leiden unter der akuten Minderperfusion trotz adäquater Reanimation. Dies beschleunigt deutlich ein Multiorganversagen was eine Verbesserung des Outcomes einer Reanimation zunichtemacht (Mann et al. 2013, S. 291; Paal et al. 2009, S. 370). Als Reaktion auf diese Problemstellung empfehlen die AutorInnen geschlossen die ausschließliche Verwendung von Larynxtuben, beziehungsweise Larynxmasken, der neuen zweiten Generation mit einem Doppellumensystem und einer Möglichkeit eine gastrale Distention mittels Drainage zu entlasten (Abb. 33) sowie auf eine initiale Masken-Beutelbeatmung zu verzichten (Mann et al. 2013, S. 291; Danninger und Wenzel 2008, S. 425 f.; Paal et al. 2009, S.368 ff.).



**Abbildung 33: Derzeitig erhältliche Larynxtuben Firma VBM Medizintechnik mit (LTS II & LTS-D) und ohne (LT & LT-D) Drainage Kanal (VBM Medizintechnik GmbH 2017, S. 2)**

## **7.4 Skills und Guidelines**

Während nun die wesentlichen technischen Baustellen der supraglottischen Atemwegsdevices aufgezählt und im Ansatz die Lösung dieser Problemfelder erläutert werden konnten, entsteht noch ein weiterer wesentlicher Faktor als Gefahr für schwerwiegende Komplikationen in der präklinischen Intubation: Die Kenntnisse und Fähigkeiten der Anwenderin oder des Anwenders.

Die Ausbildung der jeweiligen medizinischen Fachkräfte und präklinischen Rettungsdienste hängt jedoch stark von der jeweiligen Region ab. Hinzu kommen unterschiedlich lange Ausbildungszeiten. Somit divergieren auch die Kompetenzrechte zwischen den verschiedenen Ländern enorm, sodass teils gravierende Unterschiede in den Fähigkeiten der Notfallmedizinerinnen und Notfallmediziner zu beklagen sind (Byhahn und Dörge 2007, S. 482 f.).

Untersuchungen zeigten, neben den innerklinischen Lernkurven junger Anästhesistinnen und Anästhesisten beim Intubieren mittels eines endotrachealen Tubus, dass für ein sicheres Kenntnisniveau einer Fachkraft im präklinischen Setting in etwa 100 klinische endotracheale Intubationen sowie zehn Intubationen mit dem jeweiligen supraglottischen Device unbedingte Grundlage sein sollten (Bernhard et al. 2012, S. 165 ff.). Weiters wurde ermittelt, dass zur Aufrechterhaltung der Routine in etwa zehn endotracheale Intubationen sowie drei supraglottische Intubationen pro Jahr von Nöten sind (Mann et al. 2013, S. 287 ff.).

Diese Fachempfehlungen sind jedoch einigen Limitationen unterlegen. Studien zu Erfolgsraten werden entweder an geeigneten Übungspuppen oder durch bereits sehr erfahrene Fachärztinnen und Fachärzten in klinischen Settings getestet (Timmermann 2011, S. 47). Diese Übungsgeräte sind jedoch nur bedingt als Studienobjekte geeignet, da sie den realen Gegebenheiten eines Patienten oder Patientin kaum entsprechen können

(Timmermann 2011, S. 47). Ein geeignetes Training an realen PatientInnen im innerklinischen Setting ist für Rettungsdienstmitarbeiterinnen und -mitarbeiter jedoch auch kaum realisierbar. Schon wegen der großen Menge an Auszubildenden ist bereits eine Limitation anhand der Geräteauswahl vorhanden. Wird während chirurgischen Eingriffen doch hauptsächlich eine herkömmliche Larynxmaske als Luftbrücke verwendet, so ist in der Regel nur ein Larynx-tubus für Rettungsdienste verfügbar (Bernhard et al. 2014, S. 593 f.). Nicht-anästhesiologische Fachkräfte können somit aufgrund der fehlenden Übungsmöglichkeiten kaum geeignete Vorkenntnisse für die präklinische endotracheale Intubation erwerben.

Dennoch beschreiben zahlreiche Studien mit Übungspuppen (Asai et al. 2002a, S. 173 f.) oder nach klinischer Evaluation von eingetroffenen NotfallpatientInnen (Sunde et al. 2012, S. 1 ff.), dass bei unerfahrenen als auch trainierten RettungsdienstmitarbeiterInnen die Erfolgsrate bei der Benutzung eines supraglottischen Atemwegsdevices annähernd gleich hoch sei.

Sunde et al. konnten so in seiner groß angelegten Studie aus Norwegen eine Erfolgsquote von 85,3 % (reine SGA) erreichen, wobei der Schwierigkeitsgrad der Platzierungen von den Einsatzkräften in 62,5% als „einfach“, in 24,8% als „mittel“ und lediglich in 8,1% als „schwer“ beschrieben wurden. Ein weiterer wesentlich positiver Faktor war eine ausgesprochen schnelle Positionierungszeit und somit geringe No-Flow-Time bzw. Hands-off-Time während Reanimationen, von ca. 87% mit weniger als 30 Sekunden (Sunde et al. 2012, S. 2 f.). Problematisch kann hier lediglich die Art der Übungspuppen für das Training der Sanitäterinnen und Sanitäter werden.

Jackson und Cook untersuchten 2006 anhand der vier gängigsten Übungspuppen und mittels acht verschiedener supraglottischen Atemwegsdevices, die Effektivität der Übungspuppen. Dabei stellten sie gravierende Unterschiede zwischen den Puppen und der

Anwendbarkeit der verschiedenen Luftbrücken fest. Die Auswahl eines geeigneten Dummies zur Intubationsübung muss somit an das verwendete Device angepasst werden (Jackson und Cook 2007, S. 388 ff.).

Deakin et al. publizierte 2010 eine in Großbritannien durchgeführte Studie, in der junge Ärztinnen und Ärzte, aufgeteilt in Anästhesistinnen und Anästhesisten sowie Nicht-Anästhesistinnen und Nicht-Anästhesisten (NotfallmedizinerInnen, IntensivmedizinerInnen) in Gruppen zusammengefasst wurden. Untersucht wurde bei ASA 1 & ASA 2 PatientInnen eine erfolgreiche Durchführung einer Beutel – Masken - Beatmung sowie eine anschließende Positionierung einer LMA (Larynxmaske) mit Einführungszeit. Hier sollte untersucht werden, ob der vorgeschriebene ALS Kurs von 50 Minuten eine ausreichende Kenntnis zur Atemwegssicherung bei intrahospitalen Herzstillständen ermöglichte. Tabelle 6 zeigt die Unterscheidung zwischen beiden Gruppen nach adäquater, teilweise adäquater oder ineffizienter Ventilation mit einem Beatmungsbeutel, sowie Tabelle 7 die erfolgreichen Intubationen mit einer Larynxmaske (Deakin et al. 2010, S. 539 ff.).

	<b>Adäquate Ventilation</b>	<b>Teilweise adäquate Ventilation</b>	<b>Ineffiziente Ventilation</b>
<b>AnästhesistInnen (n=20)</b>	18/20 (90%)	2/20 (10%)	0/20 (0%)
<b>Nicht-AnästhesistInnen (n=16)</b>	5/16 (31%)	5/16 (31%)	6/16 (38%)

**Tabelle 6: Vergleich des Ventilationserfolgs von AnästhesistInnen und Nicht-AnästhesistInnen in der Beutel-Masken-Beatmung (Deakin et al. 2010, S. 541)**

	<b>Erfolgreiche Intubation</b>	<b>Erfolg in &lt;30 Sekunden</b>	<b>Kein Erfolg</b>
<b>AnästhesistInnen (n=20)</b>	20/20 (100%)	18/20 (90%)	0/20 (0%)
<b>Nicht-AnästhesistInnen (n=16)</b>	10/16 (62,5%)	4/16 (25%)	6/16 (38%)

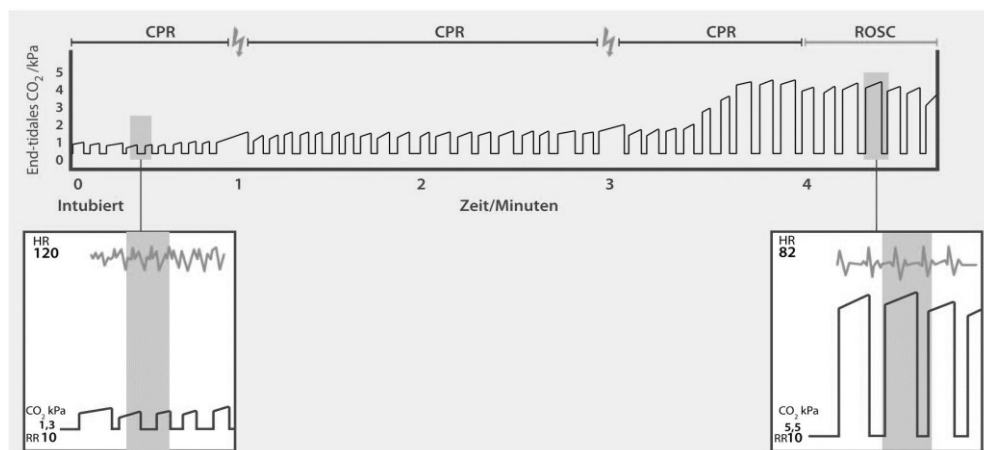
**Tabelle 7: Erfolge der Intubationen mit einer Larynxmaske (Deakin et al. 2010, S. 541)**

Diese Veröffentlichung zeigt mit unter ein ähnliches Bild wie die bisher präsentierten Studien, nach denen Notfallkräfte ohne notwendige Vorbildung und Training keine ausreichenden Fähigkeiten zur Atemwegssicherung besitzen.

Die European Resuscitation Council sowie viele nationale anästhesiologischen Vereinigungen empfehlen deshalb einen erhöhten Trainingsbedarf im Advanced Life Support. Aufgrund der Limitierung in den Übungsmöglichkeiten und angebotener Zeit soll ein Training nach genauen Algorithmen und Leitlinien erfolgen um den Einsatzkräften ein standardisiertes Vorgehen und somit vereinfachte Schritte im Ernstfall zu ermöglichen (Heidegger und Gerig 2007, S. 476 f.; Soar et al. 2015, S. 794 ff.).

Als wesentliches Merkmal neben den weiter unten beschriebenen Reanimationsmaßnahmen ist auch das genaue Durchführen und Interpretieren der Monitoring - Möglichkeiten während einer Reanimation. Hier ist besonders, neben einem EKG, eine Kapnometrie mittels Flusskuvenanzeige ein entscheidender Faktor für Tubuslagenkontrolle und Effizienz der Ventilation (Soar et al. 2015, S. 787).

Abbildung 34 zeigt eine Kapnographie wie sie jeder Standardmonitor während einer Reanimation darstellen kann. Kapnographien können, wie von Bernhard et al. beschrieben, ein frühzeitiges Erkennen und Lösen der Problematik bei Komplikationen ermöglichen (Bernhard et al. 2014, S. 589 ff.).



**Abbildung 34: Kapnographie während einer Reanimation (links unten): während der Intubation (rechts unten): ROSC (Soar et al. 2015, S. 787)**

## 8 Diskussion und Vergleichende Studien

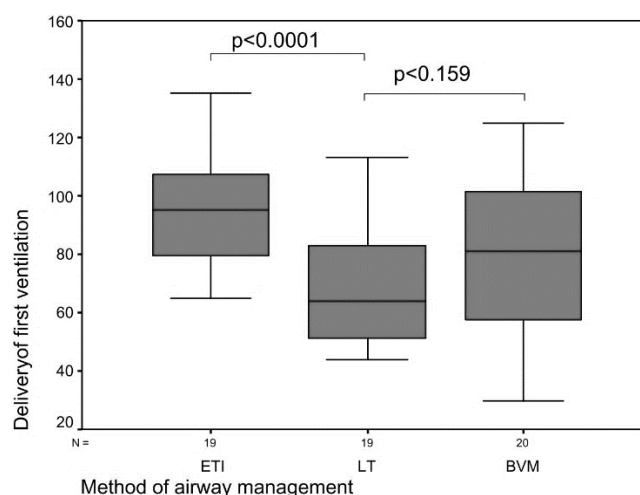
### 8.1 Endotracheale Intubation, Larynxmaske und

#### *Beutelmaskenbeatmung bei Paramedics*

Vergleichende Studien zu Larynxtuben, Endotrachealen Intubationen, Beutel-Masken-Beatmungen sowie anderen supraglottischen Luftbrücken wurden in den letzten Jahren vielfach veröffentlicht. Einige wurden prospektiv unter guten Bedingungen an PatientInnen oder Puppen untersucht, andere Ergebnisse wurden wiederum retrospektiv aus Einsätzen mit den Devices zusammengeführt.

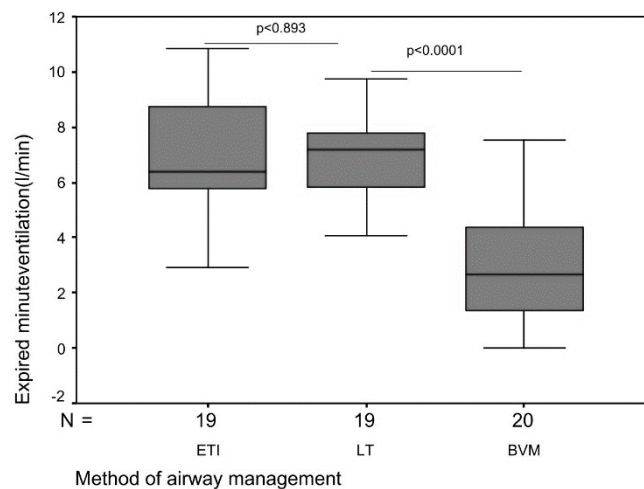
Kurola et al. untersuchten 2004 an der Kuopio Universität in Finnland anhand 60 auszubildender Paramedics der Feuerwehrbrigade die Schnelligkeit sowie das Atemzugsvolumen anhand Übungspuppen bei einer endotrachealen Intubation, einem Larynxtubus sowie einer herkömmlichen Masken-Beutel-Beatmung.

Die Studie ergab, dass der Larynxtubus als auch die endotracheale Intubation zwar bei allen TeilnehmerInnen beim ersten Versuch glückte, die Zeiten zur Positionierung und dem ersten Atemhub (ETI: 95,0 sek.; LT: 64 sek) sich jedoch signifikant unterschied (Abbildung 35; (Kurola et al. 2004a, S. 150ff.).



**Abbildung 35: Zeit bis zum ersten Atemhub von Beginn der Reanimation (y=Zeitachse; (Kurola et al. 2004a, S. 151)**

Das Atemminutenvolumen unterschied sich jedoch zwischen endotrachealer Intubation (ETI) und einem Larynxtubus (LT) kaum. Verglichen mit der Beutel-Maskenbeatmung (BVM) wurde allerdings ein signifikanter Unterschied festgestellt (ETI: 6,3 l/min; LT: 7,1 l/min; BVM: 2,6 l/min) und dieser ist in Abbildung 36 dargestellt (Kurola et al. 2004a, S. 152).

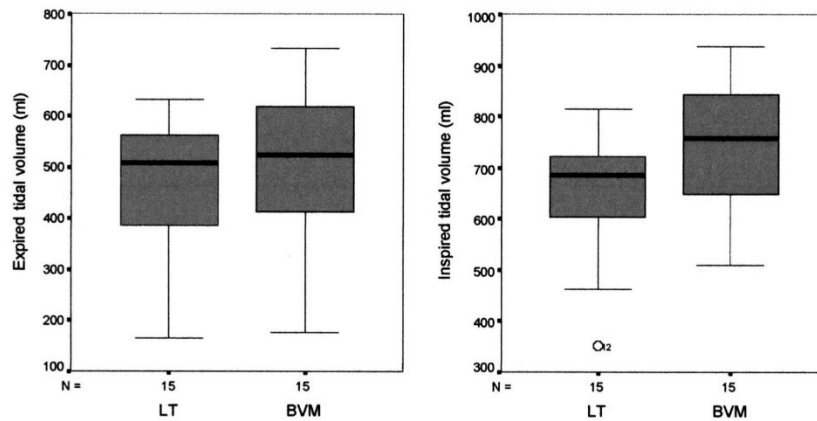


**Abbildung 36: Atemminutenvolumen (l/min) ab Beginn der Reanimation (Kurola et al. 2004a, S. 152)**

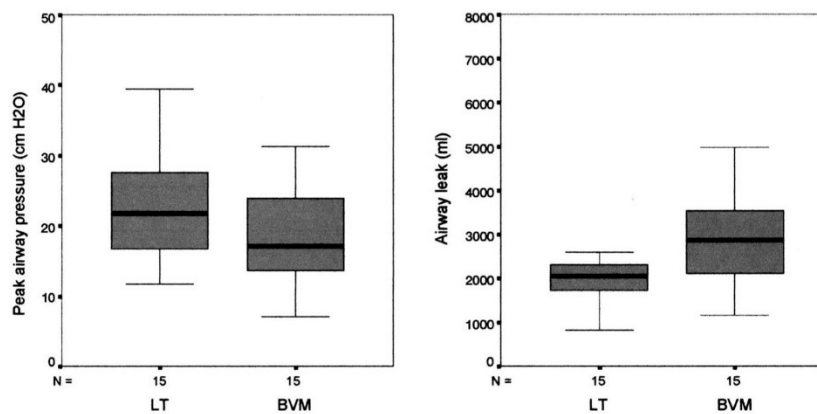
Diese Ergebnisse sind jedoch nur bedingt auf die Praxis anwendbar. So konnten bisherige Studien die 100% Erfolgsquote sowohl in der endotrachealen Intubation als auch in der Intubation mit einer Larynxmaske nicht erreichen. Dies hängt, wie bereits weiter oben ermittelt, mit der groben Unschärfe bei Studien mit Übungspuppen und deren Abweichungen zur Praxis bei lebenden PatientInnen zusammen. Weiters ist, wie in dieser Studie vorgenommen, eine Lagekontrolle nur mittels Auskultation fahrlässig und fehleranfällig. Ein guter Hinweis dieser Studie war das erneute schlechtere Abschneiden der Beutel-Masken-Beatmung. Dies ließ sich trotz fehlender Kontrolle einer drohende Mageninsufflation wegen zu hoher Atemwegsdrücke schlussfolgern.

## **8.2 Der Larynxtubus und die Beutelmaskenbeatmung**

Kurola et al. untersuchten 2005 zusätzlich die Erfolge eines Larynxtubus oder einer Beutel-Masken-Beatmung mit Paramedic-Studentinnen und Studenten dieser Universität anhand 30 anästhesierten PatientInnen vor einer gynäkologischen Operation. Die Ausbildung zur Sicherung der Atemwege der StudentInnen erfolgte innerhalb der ersten beiden Semester in einer 20 stündigen Vorlesungs- und Übungsreihe (Kurola et al. 2005, S. 1477). In dieser Studie wurden 15 Larynxtuben positioniert. Dabei wurde die Zeit, der Erfolg, sowie das Atemminutenvolumen und Tidalvolumen gemessen. Bei den 15 ProbandInnen mit der Beutel-Masken-Beatmung wurden nach der Narkose die PatientInnen mithilfe der Maske für eine Minute beatmet. Dabei wurden die gleichen Parameter gemessen. Die Gruppe der Larynxtuben erreichte eine mittlere Erfolgsrate von 1,4 Versuchen. 73% (11 StudentInnen) konnten Larynxtubus beim ersten Versuch erfolgreich platzieren. Alle weiteren StudentInnen konnten einen Erfolg beim zweiten Versuch erzielen. Dabei wurde eine Zeit von mittleren 48,2 Sekunden benötigt. Werden die Gesamtversuche hineinberechnet, wurde ein Erfolg gemittelt nach 80,0 Sek. erreicht. Werden die expirativen und inspirativen Tidalvolumina verglichen so sind diese zwar annähernd gleich, es zeigt sich jedoch eine größere Leckage bei der Beutel-Maskenbeatmung (Abbildung 37 & 38; Kurola et al. 2005, S. 1477 f.).



**Abbildung 37: Tidales Expirations- und Inspirationsvolumen bei Larynx tuben und Beutel-Maskenbeatmung in ml (Kurola et al. 2005, S. 1479)**



**Abbildung 38: Max. Atemwegsdruck (pMax, cm H<sub>2</sub>O) und Atemwegs Leckage (Kurola et al. 2005, S. 1479)**

Die Anwendbarkeit dieser Studie für die präklinische Notfallmedizin während Reanimationen ist jedoch ebenfalls fragwürdig. Die Stichproben bestehend aus 30 PatientInnen war eine vergleichend kleine Stichprobe. Weiters waren herausragende Bedingungen und Überwachungsmöglichkeiten vorhanden. Die Dauer der Beutel-Masken-Beatmung war für eine effektive Aussage mit einer Minute sehr gering. Trotz der kurzen Messzeit trat in dieser Versuchsreihe eine Leckage auf. Kurola und KollegInnen betonten jedoch, dass die vorliegende Studie darauf hinweist, dass der Larynx tubus in der Notfallmedizin nach entsprechender Ausbildung und Übung eine gute Atemwegsmaßnahme für Paramedics darstellt (Kurola et al. 2005, S. 1480 f.).

### **8.3 Vergleich einer Larynxmaske und der endotrachealen**

#### ***Intubation in der Notfallmedizin***

Als Vergleich der endotrachealen Intubation zur Larynxmaske und deren Effektivität in der Notfallmedizin haben Deakin et al. eine ähnliche Studie wie Kurola et al. (2004) in Großbritannien durchgeführt. Auch hier absolvieren Paramedics in ihrer Ausbildung einen mehrwöchentlichen Kurs für das Atemwegsmanagement. Zudem mussten die Rettungskräfte zur Absolvierung des Kurses auch zumindest 25 praktische innerklinische Intubationen aufweisen (Deakin et al. 2005, S. 64).

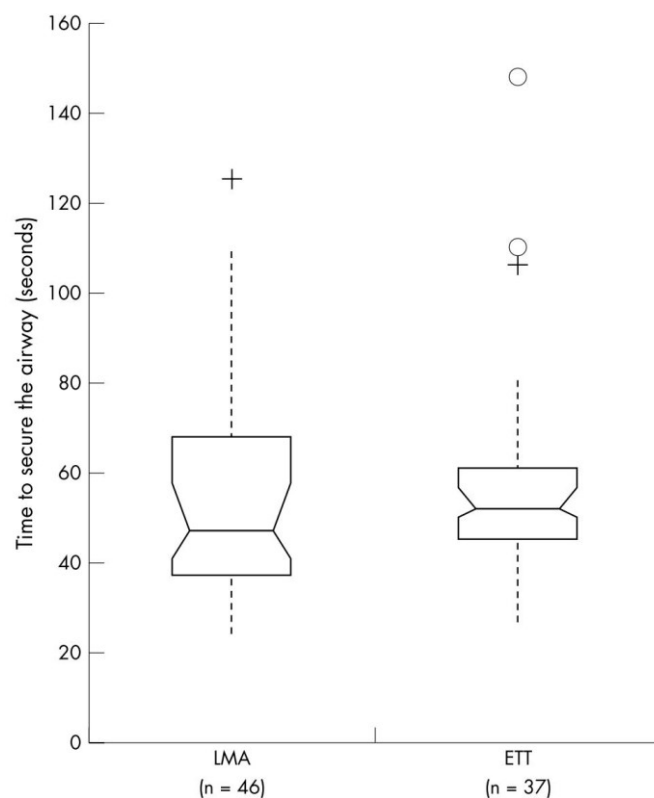
Mit Berücksichtigung der Studien zur hohen Anzahl an Komplikationen während und nach präklinischen Intubationen, wurde auch in Großbritannien der Ruf nach einer effektiveren Atemwegssicherung laut.

Deakins et al. teilten den StudienteilnehmerInnen PatientInnen zu, die sich einer Vollnarkose im Zuge einer elektiven Herzchirurgischen Operation unterzogen. Dabei wurde zuerst eine Larynxmaske platziert und mittels etCO<sub>2</sub> Messung verifiziert. Nach kurzer Ventilation wurde die Larynxmaske entfernt und eine endotracheale Intubation versucht. Es wurden jeweils die Zeiten und Versuche gemessen, sollten mehr als zwei Versuche benötigt werden, galt der Versuch als fehlgeschlagen. Dabei ergaben sich die Ergebnisse wie sie in Tabelle 8 dargestellt werden (Deakin et al. 2005, S. 65 ff.).

	<b>Erfolg: Anzahl und Prozent</b>	<b>Mittlere Zeit der Platzierung (Sek.)</b>
<b>Larynxmaske</b>	46/52 (88,5%)	47,0
<b>Endotracheale Intubation</b>	37/52 (71,2%)	52,0

**Tabelle 8: Erfolgsraten und Mittlere Zeit zur Positionierung bei Larynxtuben und endotrachealen Intubationen (Deakin et al. 2005, S. 65)**

Auch in dieser Studie wird bereits ersichtlich, dass trotz einer geringen Vorkenntnis auch unter optimalen Bedingungen in einem Operationssaal die Erfolgsrate von endotrachealen Intubationen mit 30% Fehlschlägen ausgesprochen hoch ist. Der zu erwartende Atemweg in der Präklinik wird dieser Statistik noch eine weitere Minderung zufügen. Die Zeit zur erfolgreichen Positionierung wurden in Abbildung 39 in einem Box-Whiskers-Plot festgehalten (Deakin et al. 2005, S. 65).



**Abbildung 39: Boxplot mit Whiskers. Zeit bis zur erfolgreichen Positionierung einer Larynxmaske und eines endotrachealen Tubus (Deakin et al. 2005, S. 65)**

Zeitlich gesehen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den erfolgreichen Positionierungen festgestellt werden. Ein wesentliches Merkmal lässt sich jedoch festlegen, wenn man in einer Tabelle die erfolgreichen Versuche nach der „Cormack and Lehane“ Klassifizierung aufteilt, abgebildet in Tabelle 9:

<b>Cormack and Lehand Grad</b>	<b>Grad I</b>	<b>Grad II</b>	<b>Grad III</b>	<b>Grad IV</b>
<b>Aufteilung %</b>	61,5 (31/52)	30,8 (16/52)	7,7 (4/52)	0
<b>Erfolgsrate der Endotracheale Intubation % (n)</b>	87,5 (28/32)	56,3 (9/16)	0 (0/4)	-
<b>Erfolgsrate der Larynxmaske % (n)</b>	90,6 (29/32)	87,5 (14/16)	75,0 (3/4)	-

**Tabelle 9: Erfolgsraten nach Cormack und Lehand Klassifikation (Deakin et al. 2005, S. 66)**

Wie in Tabelle 9 ersichtlich ist, ergeben sich die Probleme mit zunehmender Verschlechterung der Sicht beziehungsweise Reklinationsmöglichkeiten des Nackens. Auffallend ist auch hier, dass eine Larynxmaske ein probates Mittel als alternativer Atemweg darstellt (Deakin et al. 2005, S. 66).

Im Rückblick auf die in vorhergehenden Kapiteln besprochenen Studien zur Überdruckbeatmung und Dichtigkeit der Larynxmaske, dürfte sie jedoch bei Reanimationen ebenfalls keine geeignete Anwendung finden. Deakin et al. schließen ab, dass die Larynxmaske bei narkotisierten TraumapatientInnen mit immobilisierten Wirbelsäulen ein probates Mittel zur Wahl darstellen kann (Deakin et al. 2005, S. 66).

## **8.4 Der Vergleich der Larynxmaske mit der Beutel-Masken- Beatmung unter Berücksichtigung der Regurgitation**

Die gastrale Regurgitation ist wie bereits in Kapitel 2.3 eine schwerwiegende Komplikation mit diversen Verschiebungen der Parameter und einer kritischen Verschlechterung des Outcomes.

Stone et al. untersuchten bereits in einer retrospektiven Datenanalyse des Conquest Hospital in Hastings, Großbritannien, die Daten von 797 PatientInnen die in der Klinik in einem Zeitraum von 3,5 Jahren reanimationspflichtig wurden. Von diesem PatientInnenkollektiv wurden die Fälle ohne Atemwegsmanagement herausgenommen. Es wurde die Art des Atemwegs unterteilt sowie die Anzahl von Regurgitationen ermittelt. Dabei galt eine Regurgitation als stattgehabt, falls Speisebrei oder Blut während der Reanimation im Pharynx oder der Mundhöhle entdeckt werden konnten (Stone et al. 1998, S. 3 ff.). Diese Werte sind in Tabelle 10 aufgezeichnet.

<b>Atemwegsdevice</b>	<b>Anzahl an PatientInnen</b>	<b>Regurgitation während der CPR</b>	<b>Regurgitation nach der CPR</b>
<b>BVM (ohne LMA)</b>	466	58 (12,4%)	7 (1,5%)
<b>LMA (ohne BVM)</b>	86	3 (3,5%)	0 (0%)
<b>BVM &amp; LMA</b>	170	20 (11,8%)	8 (4,7%)

**Tabelle 10: Regurgitationen bei Reanimationen, Aufgeteilt nach Devices (Stone et al. 1998, S. 5)**

Stone et al. konnten bezüglich Regurgitation so schon frühzeitig einen gravierenden Unterschied in der Atemwegsversorgung feststellen. Bedeutend ist, dass bei einer alleinigen Sofortversorgung mit einem SGA die sichtbare Regurgitation nur einen Bruchteil dessen entspricht, wenn zusätzlich eine Beutel-Masken-Beatmung verwendet

wurde. Dies entspricht auch den bereits zuvor erwähnten Studien mit den zu hohen Atemwegsdrücken durch eine Masken-Beutel-Beatmung (Stone et al. 1998, S. 5 f.). Eine wesentliche Limitation dieser Studie waren jedoch die gesetzten Rahmenbedingungen. Lediglich sichtbares Erbrochenes als Qualifikationsmerkmal einer Regurgitation zu verwenden scheint unter Anbetracht der vorhergehenden Studien als unzureichend. Ebenso wurde der Magendistention von den AutorInnen keinerlei Beachtung geschenkt und diese Problematik kommt somit erschwerend zu diesem Studienergebnis hinzu. Eine wichtige Erkenntnis dieser Studie, die sich auf die Notfallmedizin anwenden lässt, sind die größer werdenden Zweifel an der Effizienz einer initialen Beutel-Masken-Beatmung (Stone et al. 1998, S. 6).

## **8.5 Der abschließende Vergleich zwischen Larynxmaske und dem Larynxtubus – Positionierung, Leckage und gastrale Insufflation**

Wie bereits in einem vorhergehenden Artikel erwähnt, untersuchten Asai et al. 2002 in Japan den direkten Vergleich zwischen Larynxtubus und Larynxmaske hinsichtlich Positionierungserfolg, maximaler Atemwegsdruck und einhergehender Leckage sowie gastraler Luftinsufflation (Asai et al. 2002b, S. 729).

Die AutorInnen verwendeten bei 22 anästhesierten Patientinnen und Patienten in einer randomisierten Reihenfolge nacheinander beide Devices, füllten das Cuffvolumen bis auf einen vorgegebenen Druck von 60 cm H<sub>2</sub>O und begannen mit der Druckbeatmung bei einem Atemwegsdruck von 18 cm H<sub>2</sub>O. Nach der Lagekontrolle durch das etCO<sub>2</sub> und der suffizienten Beatmung wurden die Atemwegsdrücke kontinuierlich und langsam um je zwei cm H<sub>2</sub>O auf ein Plateau von 30 cm H<sub>2</sub>O erhöht, und dabei auskultatorisch eine Mageninsufflation kontrolliert (Asai et al. 2002b, S. 730 f.).

Die Positionierung für den Larynxtubus als auch bei der Larynxmaske war bei 21 PatientInnen mit dem ersten Versuch erfolgreich, jeweils eine Person konnte mit den Devices nicht beatmet werden. Die Ergebnisse der Studie sind in Tabelle 11 eingetragen.

<b>Kategorie</b>	<b>AWP mit Leckage</b>	<b>Larynxtubus</b>	<b>Larynxmaske</b>
<b>Ausgezeichnet</b>	Keine Leckage bei 30 cm H <sub>2</sub> O	12/22 (55%)	0/22 (0%)
<b>Gut</b>	Leckage bei 18-28 cm H <sub>2</sub> O	8/22 (36 %)	15/22 (68%)
<b>Ausreichend</b>	Leckage bei 10-16 cm H <sub>2</sub> O	1/22 (5%)	6/22 (27%)
<b>Insuffizient</b>	Leckage bei > 8 cm H <sub>2</sub> O	0/22 (0%)	0/22 (0%)
<b>Gescheitert</b>	Fehlgeschlagene Intub./Vent.	1/22 (5%)	1/22 (5%)

**Tabelle 11: Atemwegsdruck und Leckage bei Larynxtuben und Larynxmasken (Asai et al. 2002b, S.**

731)

Die AutorInnen veröffentlichten die Ergebnisse und betonten, dass bei einer bedeutenden Mehrheit der Larynxtuben keine Leckage trotz hoher Atemwegsdrücke auftrat und bei keiner Patientin und keinem Patienten eine gastrale Insufflation durch den Larynxtubus

festgestellt werden konnte. Der mittlere Wert ab dem bei einem Larynxtubus eine messbare Gasleckage auftrat lag bei 26 cm H<sub>2</sub>O, im Gegensatz zur Larynxmaske bei 19 cm H<sub>2</sub>O. Die Dichtigkeit und somit Sicherheit des Larynxtubus, trotz der „geringeren“ Füllmenge von 60 cm H<sub>2</sub>O, konnte als signifikant höher ermittelt werden und die Verwendung im Vergleich zur Larynxmaske bei Reanimationen wird somit ausdrücklich empfohlen (Asai et al. 2002b, S. 730 ff.).

## 8.6 Erfolgsraten in der Positionierung des Larynxtubus als präklinischer Atemweg

Neben den vielen Studien zur Effizienz, Leckage, Ventilation und auch in den direkten Vergleichen fehlte noch eine größere Fallzahl in der präklinischen Notfallmedizin um den Erfolg des Larynxtubus als sicheren Atemwegsdevice in der Notfallmedizin zu ermitteln. Der Larynxtubus ist ein vergleichsweise neueres Gerät. Die Daten der Studien konnten so erst in den letzten Jahren gesammelt werden.

Bernhard et al. suchten in einer retrospektiven Metaanalyse Daten zu Larynxtubus Anwendungen sowie deren initialer als auch genereller Positionierungserfolge. Dabei wurden für diese Suche 53 relevante Studien aus 17 verschiedenen Ländern gefunden. 36 davon waren mit 1897 Patientinnen und Patienten während Vollnarkosen und vor Operationen durch hauptsächlich AnästhesistInnen durchgeführt worden, vier weitere Studien beinhalteten Reanimationsregister, in denen intrahospital Notfallsanitäter, Basic-Life-Support KrankenpflegerInnen sowie StudentInnen und SchülerInnen die Maßnahmen an 151 Personen durchführten. 13 Studien konnten aus dem präklinischen Bereich aquiriert werden, in denen 1552 Patientinnen und Patienten von NotärztInnen, SanitäterInnen und KrankenpflegerInnen versorgt wurden (Bernhard et al. 2016, S. 1 ff.). Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 eingetragen.

Versorgungsort mit LT-Device	Studienanzahl (n)	Personenanzahl (n)	Fachkräfte	Initialerfolg	Gesamterfolg
<b>Präoperativ elektiv</b>	36	1897	AnästhesistInnen, sonst. ÄrztInnen, Paramedics	82,5 %	93,6 %
<b>CPR intrahospital</b>	4	151	Paramedics, BLS-KrankenpflegerInnen, ...	53,2 %	87,4 %
<b>CPR prähospital</b>	13	1552	NotärztInnen, SanitäterInnen, KrankenpflegerInnen	78,1 %	91,8 %
<b>Gesamtergebnis</b>	53	3600	s.o.	<b>80,1 %</b>	<b>92,6 %</b>

Tabelle 12: Intubationserfolge bei Larynxtuben nach Studien (Bernhard et al. 2016, S. 2)

## 9 Zusammenfassung und persönliches Fazit

Wie in den vier vorangegangenen Kapiteln beschrieben, ist die schnellstmögliche Sicherung des Atemweges eine unverzichtbare Maßnahme zur Stabilisierung der PatientInnen sowie der Verbesserung eines Post Reanimations Outcomes. Die Methoden, dieser doch handwerklichen Tätigkeit, haben sich in den letzten Jahren grundsätzlich verändert.

Obwohl auch nach dieser Literaturrecherche das oberste Ziel die Versorgung des Atemweges durch einen endotracheal liegenden Tubus im Laufe der Notfallversorgung gewährleistet werden muss, hat sich in der akuten präklinischen Versorgung einer reanimationspflichtigen Person der Larynxtubus als probates Mittel herausgefiltert.

Unter Berücksichtigung entsprechender Trainingseinheiten für SanitäterInnen, sowohl im Umgang mit dem Larynxtubus, als auch in der Handhabung des richtigen Monitorings ist der Larynxtubus eine sichere Atemwegsvariante für erst eintreffende Notfallkräfte.

Bedingung dafür ist allerdings auch die Schulung der Fehlerquellen, deren Erkennung und Lösung, um die beschriebenen Komplikationen zu vermindern

Wie beschrieben wurde, scheint eine Einschulung von NotfallsanitäterInnen oder Paramedics auf eine endotracheale Intubation nicht sinnvoll. Die Fallzahlen zur Erreichung eines entsprechenden Qualitätsniveaus könnte flächendeckend nie zufriedenstellend erreicht werden. Mit der weit geringeren Fallzahl bei supraglottischen

Atemwegssicherungen wäre es jedoch eine gute Option, wenn ausführende SanitäterInnen diese auch in der Praxis an echten PatientInnen üben könnten. Eine gleiche Empfehlung lässt sich für NotärztInnen und BLS-KrankenpflegerInnen ohne anästhesiologische Ausbildung ableiten.

Der Larynxtubus hat sich gegenüber der Beutel-Masken-Beatmung auch schon in der Initialphase als höherwertig herauskristallisiert, da bei ausbleibender Maskenbeatmung und sofort erfolgender Positionierung eines SGAs die Mageninsufflation und somit Regurgitation geringer ausfällt. Der LT ist weiters in der Reanimation der Larynxmaske aufgrund seiner besseren Dichtigkeit bei hohen Atemwegsdrücken überlegen.

Ein Fazit für die Auswahl des Devices lässt sich mittlerweile auch aussprechen. Wie in Kapitel 7.3 erwähnt, ist die Magendistention der Beginn einer akut verlaufenden Verschlechterung für beatmete und reanimierte Patientinnen und Patienten. Ein Device ohne installiertem Drainagekanal sowie der Einlage einer Magensonde scheint aus den oben ermittelten Daten fahrlässig und negativ für die PatientInnen.

Außerdem benötigt das Cuffvolumen eine genauere Betrachtung. Die in Kapitel 7.2 erwähnten Studien sowie der Hersteller empfehlen zwar für eine Reanimation die kodierte Füllmengen, jedoch nach Wiederherstellung eines ROSC, eine Verminderung um etwa 15 ml. Bestenfalls sollte mittels manometrischer Kontrolle auf ein Druckniveau von 50-60 cm H<sub>2</sub>O gemindert werden, um Gewebeschäden und ödematöse Schwellungen im oberen Atemtrakt zu verhindern.

Abschließend lässt sich sagen, dass den Studien zufolge im Gesamten die neuen Devices eine positive Entwicklung für die Notfallmedizin darzustellen scheinen. Nicht außer Acht zu lassen ist aber der erhöhte Ausbildungs- und Übungsbedarf der Einsatzkräfte in der aktiven Positionierung, die Assistenz der durchführenden Person sowie Überwachung der PatientInnen, als sie derzeit in den Curricula vorkommen.

## 10 Literatur

Am Schulte Esch J, Gottschalk A (2011) Allgemeinanästhesie. In: Am Schulte Esch J, Bause H (Hrsg) *Anästhesie. Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie* ; 232 Tabellen. Thieme, Stuttgart, S 84–185

Asai T, Murao K, Shingu K (2000) Efficacy of the laryngeal tube during intermittent positive-pressure ventilation. *Anaesthesia* 55:1099–1102. doi:10.1046/j.1365-2044.2000.01710.x

Asai T, Hidaka I, Kawachi S (2002a) Efficacy of the laryngeal tube by inexperienced personnel. *Resuscitation* 55:171–175. doi:10.1016/S0300-9572(02)00170-3

Asai T, Kawashima A, Hidaka I, Kawachi S (2002b) The laryngeal tube compared with the laryngeal mask; Insertion, gas leak pressure and gastric insufflation. *British journal of anaesthesia* 89:729–732

Bahr J (2009) Die Reanimation durch Laien. In: Madler C, Jauch K-W, Werdan K, Siegrist J, Pajonk F-G (Hrsg) *Akutmedizin - Die ersten 24 Stunden. Das NAW-Buch*. Urban & Fischer in Elsevier, München, S 385–391

Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A (2012) Developing the skill of endotracheal intubation; Implication for emergency medicine. *Acta anaesthesiologica Scandinavica* 56:164–171. doi:10.1111/j.1399-6576.2011.02547.x

Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim C-A, Kaisers UX, Gries A (2014) Prehospital airway management using the laryngeal tube. An emergency department point of view. *Der Anaesthesist* 63:589–596. doi:10.1007/s00101-014-2348-1

Bernhard M, Gries A, Ramshorn-Zimmer A, Wenzel V, Hossfeld B (2016) Insertion Success of the Laryngeal Tube in Emergency Airway Management. *BioMed research international* 2016:1–13. doi:10.1155/2016/3619159

- Böttiger BW, Baubin M, Mauri R, Dirks B (2015) Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council. *Notfall Rettungsmed* 18:649–650. doi:10.1007/s10049-015-0111-z
- Byhahn C, Dörges V (2007) Präklinische Intubation. *Notfall Rettungsmed* 10:482–487. doi:10.1007/s10049-007-0957-9
- Danninger T, Wenzel V (2008) Verminderte Magenbeatmung vs. optimierte Thoraxkompressionen. *Notfall Rettungsmed* 11:425–426. doi:10.1007/s10049-008-1047-3
- Deakin CD, Peters R, Tomlinson P, Cassidy M (2005) Securing the prehospital airway; A comparison of laryngeal mask insertion and endotracheal intubation by UK paramedics. *Emergency medicine journal : EMJ* 22:64–67. doi:10.1136/emj.2004.017178
- Deakin CD, Murphy D, Couzins M, Mason S (2010) Does an advanced life support course give non-anaesthetists adequate skills to manage an airway? *Resuscitation* 81:539–543. doi:10.1016/j.resuscitation.2010.02.001
- Dirks B, Kreimeier U, Waydhas C (2007) Atemwegsmanagement in der Notfallmedizin. *Notfall Rettungsmed* 10:467–468. doi:10.1007/s10049-007-0974-8
- Genzwürker H, Ellinger K (2007) Atemwegsmanagement; Alternative Techniken. *Notfall Rettungsmed* 10:488–493. doi:10.1007/s10049-007-0956-x
- Genzwürker H (2009) Maßnahmen der Atemwegssicherung. In: Madler C, Jauch K-W, Werdan K, Siegrist J, Pajonk F-G (Hrsg) *Akutmedizin - Die ersten 24 Stunden. Das NAW-Buch*. Urban & Fischer in Elsevier, München, S 249–268
- Gräsner J-T, Dörges V (2011) Notfallmedizin. In: Am Schulte Esch J, Bause H (Hrsg) *Anästhesie. Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie ; 232 Tabellen*. Thieme, Stuttgart, S 562–592

Heidegger T, Gerig HJ (2007) Algorithmen für das Management des schwierigen Atemwegs innerhalb des Krankenhauses. *Notfall Rettungsmed* 10:476–481.  
doi:10.1007/s10049-007-0969-5

Hellwig HH, Bauer M (2005) Geschichte des Rettungsdienstes. In: Kühn D, Luxem J, Runggaldier K, Aechter J (Hrsg) *Rettungsdienst. Mit 80 Tabellen*. Elsevier Urban & Fischer, München, S 604–608

Jackson KM, Cook TM (2007) Evaluation of four airway training manikins as patient simulators for the insertion of eight types of supraglottic airway devices. *Anaesthesia* 62:388–393. doi:10.1111/j.1365-2044.2007.04983.x

Kreimeier U, Dirks B, Arntz HR, Bahr J, Goldschmidt P, Roessler M, Sasse M, Toursarkissian M (2008) Stellenwert der Beatmung bei der Laienreanimation. *Notfall Rettungsmed* 11:340–344. doi:10.1007/s10049-008-1081-1

Kriege M, Alflen C, Eisel J, Ott T, Piepho T, Noppens RR (2017) Evaluation of the optimal cuff volume and cuff pressure of the revised laryngeal tube "LTS-D" in surgical patients. *BMC anesthesiology* 17:1–7. doi:10.1186/s12871-017-0308-4

Krucher H, Hammerschmidt W (2005) Endotracheale Intubation und Notfallrespiratoren. In: Kühn D, Luxem J, Runggaldier K, Aechter J (Hrsg) *Rettungsdienst. Mit 80 Tabellen*. Elsevier Urban & Fischer, München, S 340–362

Kurola J, Harve H, Kettunen T, Laakso J-P, Gorski J, Paakkonen H, Silfvast T (2004a) Airway management in cardiac arrest--comparison of the laryngeal tube, tracheal intubation and bag-valve mask ventilation in emergency medical training. *Resuscitation* 61:149–153. doi:10.1016/j.resuscitation.2004.01.014

Kurola J, Harve H, Kettunen T, Laakso J-P, Gorski J, Paakkonen H, Silfvast T (2004b) Airway management in cardiac arrest--comparison of the laryngeal tube, tracheal

intubation and bag-valve mask ventilation in emergency medical training. *Resuscitation* 61:149–153. doi:10.1016/j.resuscitation.2004.01.014

Kurola JO, Turunen MJ, Laakso J-P, Gorski JT, Paakkonen HJ, Silfvast TO (2005) A comparison of the laryngeal tube and bag-valve mask ventilation by emergency medical technicians; A feasibility study in anesthetized patients. *Anesthesia and analgesia* 101:1477–1481. doi:10.1213/01.ANE.0000182330.54814.70

Küßner T, Popp E (2017) A – Atemweg. *Notfall Rettungsmed* 20:100–110.  
doi:10.1007/s10049-017-0271-0

Madler C, Luiz T (2009) Von der Notfallmedizin zur Akutmedizin. In: Madler C, Jauch K-W, Werdan K, Siegrist J, Pajonk F-G (Hrsg) *Akutmedizin - Die ersten 24 Stunden*. Das NAW-Buch. Urban & Fischer in Elsevier, München, S 3–12

Mann V, Mann ST, Alexandre-Lafont E, Rohrig R, Weigand MA, Muller M (2013) Supraglottische Atemweghilfen in der Notfallmedizin; Stellenwert der Magendrainage. *Der Anaesthesist* 62:285–292. doi:10.1007/s00101-013-2154-1

Naths G, Jürgens C, Peter A (2007) First Responder als Ergänzung des Rettungsdienstes. *Notfall Rettungsmed* 10:350–356. doi:10.1007/s10049-007-0929-0

Nolan JP, Deakin CD, Soar J, Böttiger BW, Smith G (2005) European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 67 Suppl 1:S39-86. doi:10.1016/j.resuscitation.2005.10.009

Paal P, Neurauter A, Loedl M, Pehböck D, Herff H, Goedecke A von, Lindner KH, Wenzel V (2009) Effects of stomach inflation on haemodynamic and pulmonary function during cardiopulmonary resuscitation in pigs. *Resuscitation* 80:365–371.  
doi:10.1016/j.resuscitation.2008.12.001

Perkins GD, Handley AJ, Koster RW, Castrén M, Smyth MA, Olasveengen T, Monsieurs KG, Raffay V, Gräsner J-T, Wenzel V, Ristagno G, Soar J (2015) Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener und Verwendung automatisierter externer Defibrillatoren. *Notfall Rettungsmed* 18:748–769. doi:10.1007/s10049-015-0081-1

Piepho T, Thierbach A, Werner C (2005) Supraglottische Beatmungshilfen in der Notfallmedizin. *Notfall & Rettungsmedizin* 8:123–128. doi:10.1007/s10049-004-0712-4

Schalk R, Seeger FH, Mutlak H, Schweigkofler U, Zacharowski K, Peter N, Byhahn C (2014) Complications associated with the prehospital use of laryngeal tubes--a systematic analysis of risk factors and strategies for prevention. *Resuscitation* 85:1629–1632.

doi:10.1016/j.resuscitation.2014.07.014

Schwarzkopf K (2012) Supraglottische Atemwegshilfen. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin* 107:531–536. doi:10.1007/s00063-012-0088-z

Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB, Sunde K, Deakin CD (2015) Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („adult advanced life support“). *Notfall Rettungsmed* 18:770–832.

doi:10.1007/s10049-015-0085-x

Stone, Stone BJ, Chantler PJ, Baskett PJ (1998) The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation; A comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. *Resuscitation* 38:3–6

Sunde GA, Brattebo G, Odegarden T, Kjernlie DF, Rodne E, Heltne J-K (2012) Laryngeal tube use in out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Norway. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 20:1–6. doi:10.1186/1757-7241-20-84

Thierbach A, Piepho T, Kreimeier U (2007) Sicherung der Atemwege beim Notfallpatienten. *Notfall Rettungsmed* 10:469–475. doi:10.1007/s10049-007-0960-1

Timmermann A (2011) Supraglottic airways in difficult airway management; Successes, failures, use and misuse. *Anaesthesia* 66:45–56. doi:10.1111/j.1365-2044.2011.06934.x

VBM Medizintechnik GmbH VBM EMPFIEHLT CUFFDRUCKMESSUNG.

<https://www.vbm-medical.de/aktuelles/cuffdruck/>. Zugegriffen: [19. Oktober 2017]

VBM Medizintechnik GmbH (2017) Produktbeschreibung - Der neue LTS-D; Die 2.

Generation supraglottischer Atemwegshilfen – sowohl für elektive Anwendungen als auch für Notfalleingriffe. <https://www.vbm-medical.de/produkte/airway-management/larynx-tuben/>. Zugegriffen: [19. Oktober 2017]

Wenzel V, Lindner KH, Prengel AW (1997) Beatmung während der kardiopulmonalen Reanimation (CPR); Eine Literaturstudie und Analyse von Beatmungsstrategien. *Der Anaesthesist*:133–141.