

---

Aus der Klinik für Anästhesiologie  
(Prof. Dr. med. M. Quintel)  
im Zentrum Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

---

Untersuchung zum Beatmungserfolg mittels einer Larynxmaske und  
einer Gesichtsmaske durch in der Atemwegssicherung unerfahrene  
Studierende – eine Lehrevaluation vom Atemwegstrainer zum  
Patienten

INAUGURAL-DISSERTATION  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizinischen Fakultät der  
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von  
Matthias Bollinger  
aus  
Frankfurt am Main

Göttingen 2015

---

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

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. S. G. Russo, MaHM, D.E.A.A.

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. T. Raupach

3. Berichterstatterin: Prof. Dr. med. S. König

4. Berichterstatter: Prof. Dr. med. M. Oppermann

Tag der mündlichen Prüfung: 17.11.2015

---

Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden teilweise veröffentlicht in:

Russo SG, Bollinger M, Strack M, Crozier TA, Bauer M, Heuer JF (2013): Transfer of airway skills from manikin training to patient: success of ventilation with facemask or LMA-Supreme™ by medical students. *Anaesthesia* 68,1124-1131

# Inhaltsverzeichnis

## Abkürzungsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 TECHNIKEN DER ATEMWEGSSICHERUNG.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 TECHNIK DER ENDOTRACHEALEN INTUBATION.....	9
1.1.2 TECHNIK DER GESICHTSMASKENBEATMUNG .....	11
1.1.3 TECHNIK DER ATEMWEGSSICHERUNG MIT SUPRAGLOTTISCHEN ATEMWEGEN.....	14
1.1.3.1 Larynxmasken.....	16
1.1.3.2 LMA-Supreme™ .....	17
1.1.3.3 Klinische Lagetests .....	19
<b>1.2 STELLENWERT DER VERSCHIEDENEN VERFAHREN IN DER ATEMWEGSSICHERUNG .....</b>	<b>20</b>
1.2.1 STELLENWERT DER ENDOTRACHEALEN INTUBATION .....	20
1.2.1.1 Inzidenz der schwierigen Intubation .....	21
1.2.1.2 Erlernen der endotrachealen Intubation .....	23
1.2.1.3 Komplikationen bei Nicht-Beherrschen des Verfahrens .....	23
1.2.1.4 Die endotracheale Intubation als Goldstandard der Atemwegssicherung .....	24
1.2.2 STELLENWERT DER GESICHTSMASKENBEATMUNG IN DER ATEMWEGSSICHERUNG .....	25
1.2.3 STELLENWERT DER SUPRAGLOTTISCHEN ATEMWEGE IN DER ATEMWEGSSICHERUNG .....	25
<b>1.3 QUALITÄT DER UNTERSUCHUNGEN ZU SUPRAGLOTTISCHEN ATEMWEGEN .....</b>	<b>26</b>
<b>1.4 ZIELSETZUNG DIESER ARBEIT .....</b>	<b>28</b>
<b>2. MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 METHODE UND STUDIENAUFBAU .....</b>	<b>29</b>
2.1.1 AUSWAHL DER STUDIERENDEN.....	29
2.1.2 AUFBAU DER CURRICULAREN LEHRE IM FACH ANÄSTHESIOLOGIE ZUM STUDIENZEITPUNKT.....	29
2.1.3 DURCHFÜHRUNG DER DATENERHEBUNG UND STUDIENDESIGN.....	31
2.1.3.1 Evaluation am Atemwegstrainer.....	32
2.1.3.2 Evaluation während des OP-Praktikums.....	33

2.1.3.2.1	Narkoseeinleitung und anästhesiologisches Management .....	33
2.1.3.2.2	Einstellungen des Narkoserespirators.....	34
2.1.3.2.3	Gesichtsmaskenbeatmung.....	34
2.1.3.2.4	Insertion der LMA-Supreme™ .....	35
2.1.3.3	Befragung der Studierenden .....	36
2.1.4	STATISTISCHE METHODE .....	36
<b>2.2</b>	<b>WEITERES MATERIAL .....</b>	<b>37</b>
2.2.1	GESICHTSMASKE .....	37
2.2.2	GÜDELTUBUS .....	37
2.2.3	CUFFDRUCK-MESSER.....	37
<b>3.</b>	<b><u>ERGEBNISSE.....</u></b>	<b>38</b>
<b>3.1</b>	<b>ERGEBNISSE ZUM LERNERFOLG AM ATEMWEGSTRAINER .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2</b>	<b>ERGEBNISSE ZUM LERNERFOLG AM PATIENTEN .....</b>	<b>39</b>
3.2.1	ERFOLGSRATEN AM PATIENTEN .....	39
3.2.2	ZEITEN BIS ZUR ETABLIERUNG EINER SUFFIZIENTEN BEATMUNG AM PATIENTEN.....	39
3.2.3	AM PATIENTEN ERREICHTE ATEMMINUTEN- UND TIDALVOLUMINA .....	40
3.2.4	EINFLUSS DER VERWENDUNG EINES GÜDELTUBUS AUF PRIMÄRE UND SEKUNDÄRE ENDPUNKTE .....	41
3.2.5	DIE INZIDENZ VON LECKAGEN.....	42
3.2.6	DIE INZIDENZ EINES POSITIVEN <i>BUBBLE-TEST</i> .....	42
3.2.7	PRÄDIKTOREN EINER ERSCHWERTEN BEATMUNG.....	43
<b>3.3</b>	<b>ERGEBNISSE DER BEFRAGUNG DER STUDIERENDEN .....</b>	<b>43</b>
<b>4.</b>	<b><u>DISKUSSION.....</u></b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>STELLENWERT VON ATEMWEGSTRAINERN .....</b>	<b>44</b>
4.1.1	WERT VON ATEMWEGSTRAINERN ALS AUSBILDUNGSHILFSMITTEL.....	44
4.1.2	BEDEUTUNG FÜR DIE LEHRE IM FACH ANÄSTHESIOLOGIE AN DER MEDIZINISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT GÖTTINGEN .....	45
4.1.3	WERT VON STUDIEN AN ATEMWEGSTRAINERN ZUR KLÄRUNG WISSENSCHAFTLICHER FRAGESTELLUNGEN .....	46
<b>4.2</b>	<b>BEATMUNG DURCH IN DER ATEMWEGSSICHERUNG UNERFAHRENE.....</b>	<b>46</b>
4.2.1	BEATMUNGSQUALITÄT BEI BEATMUNG DURCH IN DER ATEMWEGSSICHERUNG UNERFAHRENE .....	47
4.2.2	EINFLUSS DES GÜDELTUBUS AUF BEATMUNGSERFOLG UND -QUALITÄT .....	48

4.2.3	INZIDENZ VON LECKAGEN BEI ATEMWEGSSICHERUNG DURCH UNERFAHRENE .....	48
4.2.4	DIE KOMPETENZ VON IN DER ATEMWEGSSICHERUNG UNERFAHRENE, IHRE EIGENEN FÄHIGKEITEN EINZUSCHÄTZEN.....	49
4.2.5	BEDEUTUNG DER ERGEBNISSE DER VORLIEGENDEN UNTERSUCHUNG HINSICHTLICH DER ATEMWEGSSICHERUNG DURCH UNERFAHRENES PERSONAL.....	50
<b>4.3</b>	<b>LIMITATIONEN.....</b>	<b>50</b>
<b>5.</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</u></b>	<b><u>52</u></b>
<b>6.</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>53</u></b>
<b>7.</b>	<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS: .....</u></b>	<b><u>59</u></b>
<b>8.</b>	<b><u>TABELLENVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>60</u></b>

# Abkürzungsverzeichnis

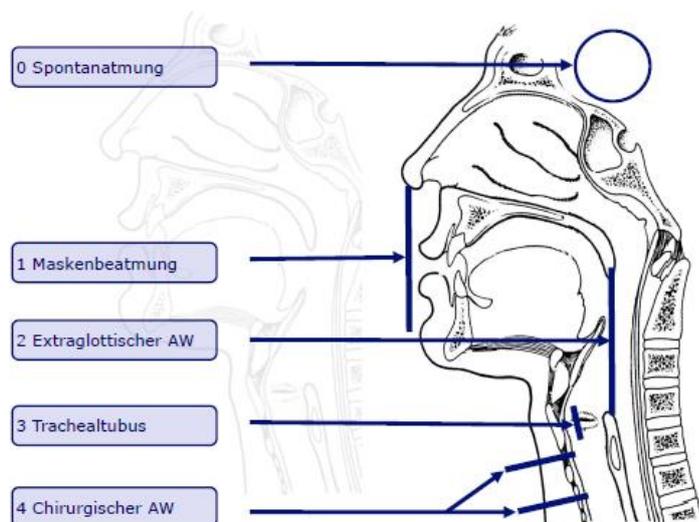
AF	Atemfrequenz
AMV	Atemminutenvolumen
BMI	Body Mass Index
C&L	Klassifikation nach Cormack und Lehane
cm	Zentimeter
cmH <sub>2</sub> O	Zentimeter Wassersäule
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
ERC	European Resuscitation Council
GMB	Gesichtsmaskenbeatmung
I/E	Verhältnis von In- zu Expirationszeit
l.min <sup>-1</sup>	Liter pro Minute
LMA	Larynxmaske
LMA-S	LMA-Supreme™
mg.kg.h <sup>-1</sup>	Milligramm mal Kilogramm pro Stunde
mg.kg <sup>-1</sup>	Milligramm pro Kilogramm
ml	Milliliter
ml/kgKG	Milliliter pro Kilogramm Körpergewicht
n	Anzahl
n.s.	nicht signifikant
OP	Operationssaal
PCV	druckkontrollierte Beatmung ( <i>pressure controlled ventilation</i> )
PEEP	positiver Endexpiratorischer Druck ( <i>positive endexpiratory pressure</i> )
sog.	sogenannte
SOP	Standard Vorgehensweise ( <i>standard operating procedures</i> )
V <sub>t</sub>	Tidalvolumen
µg.kg <sup>-1</sup>	Mikrogramm pro Kilogramm

# 1. Einleitung

„Every anaesthetist knows (but perhaps occasionally forgets) that patients will succumb not from failure to be intubated, but from failure to be ventilated.“ (Williamson et al. 1993)

Die Sicherung der Atemwege und die Beatmung eines Patienten sind elementare Fertigkeiten ärztlicher Praxis. Dies gilt insbesondere für die Behandlung von Notfallpatienten. Der endotrachealen Intubation kommt hierbei in internationalen Handlungsempfehlungen (Deakin et al. 2010) ein hoher Stellenwert zu, da sie als Verfahren mit hohem Aspirationsschutz als Goldstandard der Atemwegssicherung (Breckwoldt et al. 2011) in der Notfallsituation gilt. Gleichwohl stellt die Intubation nicht die einzige Möglichkeit dar, eine adäquate Ventilation und Oxygenierung des Patienten zu gewährleisten. Neben der konventionellen Gesichtsmaskenbeatmung wurde - mit Einführung der Larynxmaske und der Etablierung der Gruppe der supraglottischen Atemwegshilfen durch Archibald Brain ab 1983 (Brain 1983; Brain 1991; Wedekind und Krier 1993) - eine weitere Möglichkeit geschaffen, Patienten beatmen zu können.

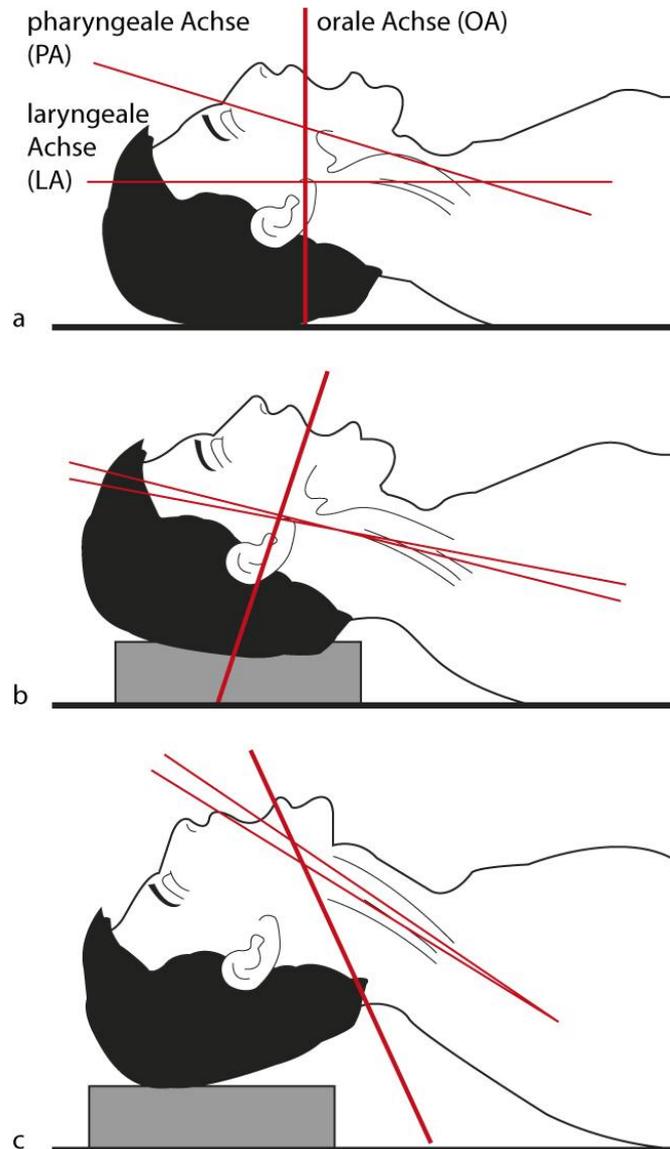
## 1.1 Techniken der Atemwegssicherung



**Abbildung 1:** Überblick über die verschiedenen Techniken der Atemwegssicherung (AW: Atemweg) und deren Invasivitätsgrade (modifiziert nach (Russo 2012): Atemwegssicherung in der Notfallsituation. Vorlesung im Rahmen des Moduls 6.2, der Georg-August-Universität Göttingen, gehalten am 26.11.2012. Die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung von PD Dr. S.G. Russo).

### 1.1.1 Technik der endotrachealen Intubation

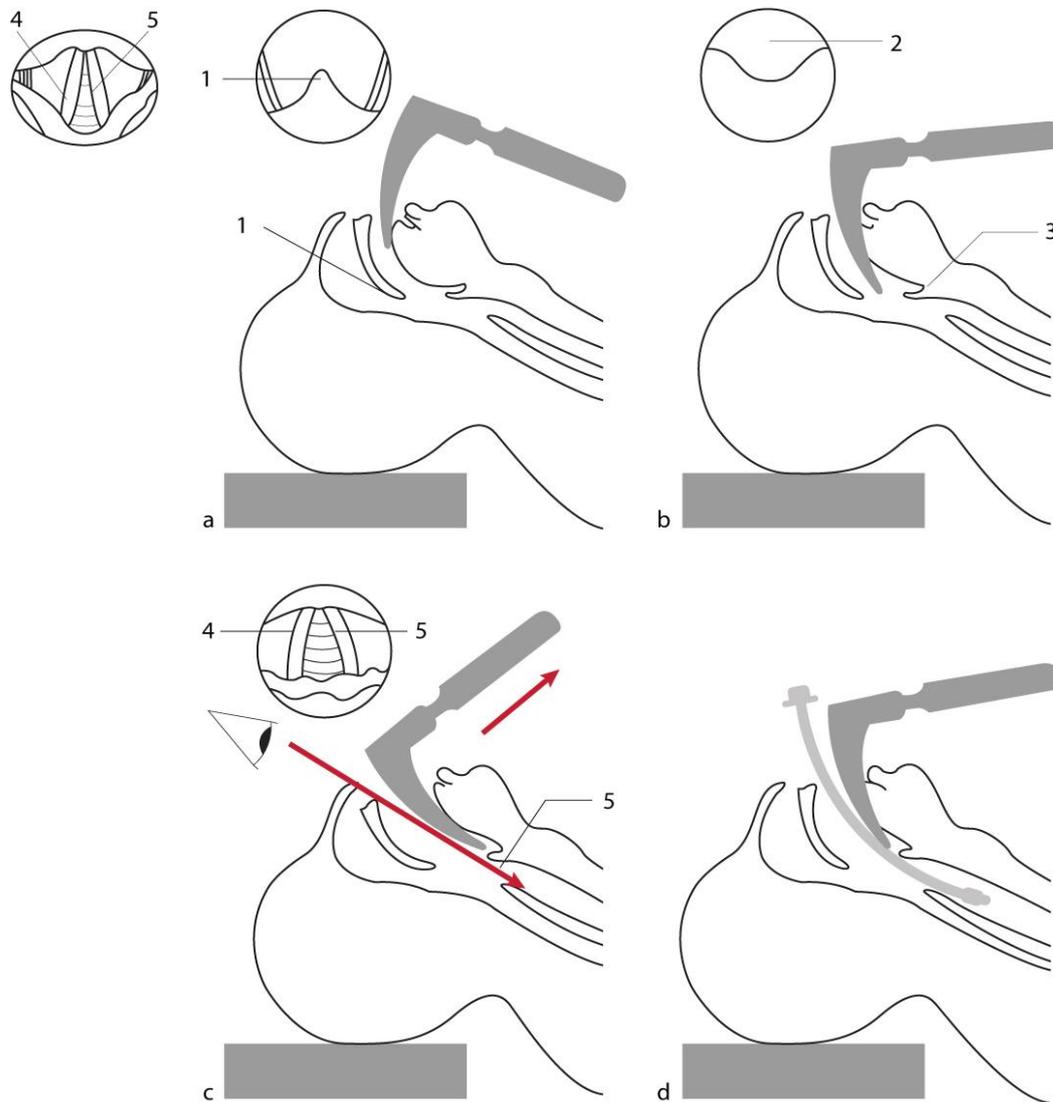
Bei der endotrachealen Intubation wird ein Tubus in die Trachea eingeführt. Dies geschieht durch den Mund (orotracheal) oder die Nase (nasotracheal) des Patienten.



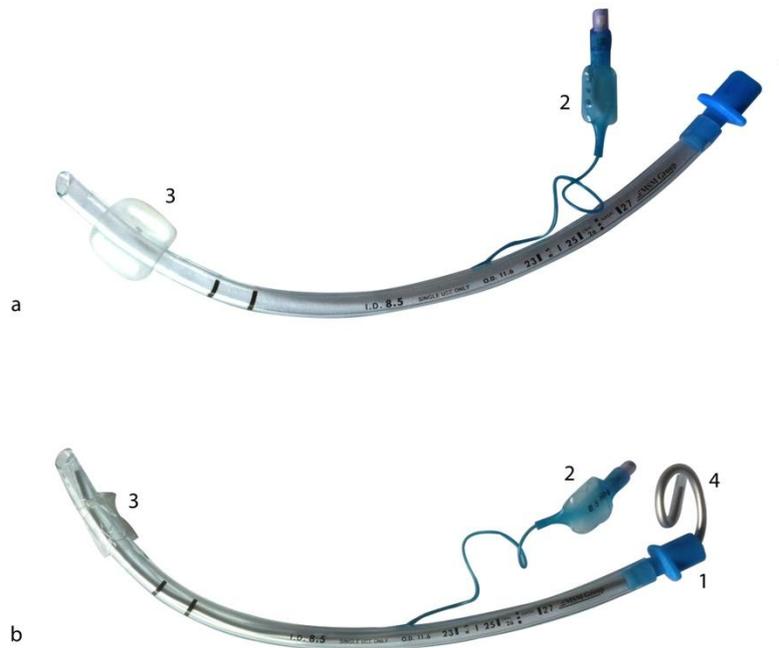
**Abbildung 2:** a-c Orale, pharyngeale und tracheale Achse werden durch anheben und Reklination des Halses übereinander gebracht (sog. Jackson-Position).

Zur Intubation liegt der Patient auf dem Rücken. Der Kopf des Patienten wird erhöht gelagert und der Hals überstreckt (sog. Jackson-Position). Dadurch nähern sich die Achsen der Mundöffnung, des Rachens, des Larynx und der Trachea einander an (siehe Abbildung 2).

Um die Glottis darzustellen (Laryngoskopie), wird im deutschsprachigen Raum überwiegend ein Laryngoskop mit einem sogenannten Macintosh-Spatel verwendet (siehe auch Abbildung 3). Das Laryngoskop wird in den rechten Mundwinkel des Patienten eingeführt, die Zunge mit dem Spatel leicht nach links zur Seite geschoben, die Spitze des Spatels in die zwischen Zunge und Kehldeckel gelegene Plica glossoepiglottica vorgeschoben und ein Zug in Richtung des Mundbodens ausgeübt. Hierdurch richtet sich der Kehldeckel auf und es besteht in der Regel eine direkte Sicht auf die Glottis (siehe Abbildung 3 a-c).



**Abbildung 3:** a-d Intubationsvorgang: 1 Uvula, 2 und 3 Epiglottis, 4 Stimmbänder, 5 Glottis.



**Abbildung 4:** Endotrachealtubus: 1 Standardkonnektor, 2 Pilotballon mit Schlauch zum Blocken des Cuffs, 3 Cuff, 4 Führungsmandrin.

Nach Darstellung der Glottis wird der Endotrachealtubus zwischen den Stimmbändern hindurchgeschoben und der am Ende des Tubus befindliche, nun hinter der Stimmritze in der Luftröhre gelegene Cuff (siehe Abbildung 4) mit Luft geblockt, bis er dicht mit der Trachea abschließt und keine Luft mehr an ihm vorbei entweichen kann.

### 1.1.2 Technik der Gesichtsmaskenbeatmung

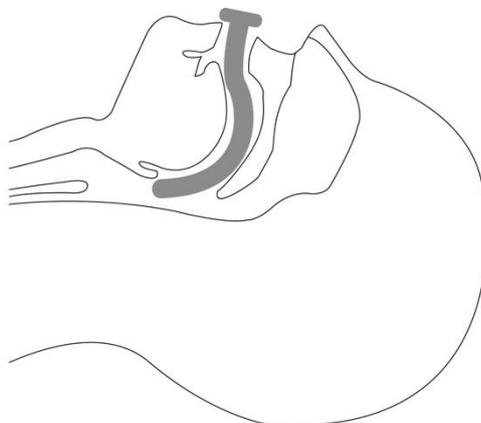
Bei der Gesichtsmaskenbeatmung wird die Maske auf Mund und Nase des Patienten platziert, sodass ihre Basis auf dem Sulcus mentolabialis und ihre Spitze auf der Nasenwurzel zu liegen kommt (siehe Abbildung 5 und 6). Die Auswahl der richtigen Maskengröße sowie der dichte Abschluss der Maske mit dem Gesicht des Patienten sind für den Beatmungserfolg wichtig.



**Links: Abbildung 5:** Platzierung der Gesichtsmaske

**Rechts: Abbildung 6:** C-Griff

Da beim bewusstlosen Patienten die Zunge nach hinten gegen die Rachenhinterwand fallen und den Atemweg verlegen kann, muss der Atemweg durch Reklination des Halses (Anspannung des Platysmas und Anhebung des Zungengrundes) oder Einlage eines oropharyngealen Tubus (Güdel-tubus) häufig offen gehalten werden (siehe Abbildung 7 und 8).



**Abbildung 7:** Güdel-tubus in situ: Der Güdel-tubus verhindert eine Verlegung des Atemweges durch die gegen den Rachen fallende Zunge.



**Abbildung 8:** Einlage des Guedeltubus: der Guedeltubus wird dem harten Gaumen folgend eingelegt und um 180° gedreht.

Bei der einhändigen Gesichtsmaskenbeatmung wird die Gesichtsmaske mittels des C-Griffes gehalten. Dabei bilden Daumen und Zeigefinger des Anwenders ein „C“ um die Maske, die mit diesem „C“ auf Mund und Nase des Patienten fixiert wird. Gleichzeitig greifen die übrigen Finger an den Unterkiefer und Kieferwinkel des Patienten und üben so einen Zug auf den Unterkiefer aus. Der Hals wird dabei rekliniert und das Gesicht des Patienten „in die Maske gezogen“. Die zweite Hand bleibt dabei frei, um den Beatmungsbeutel zu komprimieren und die Ventilation herzustellen.

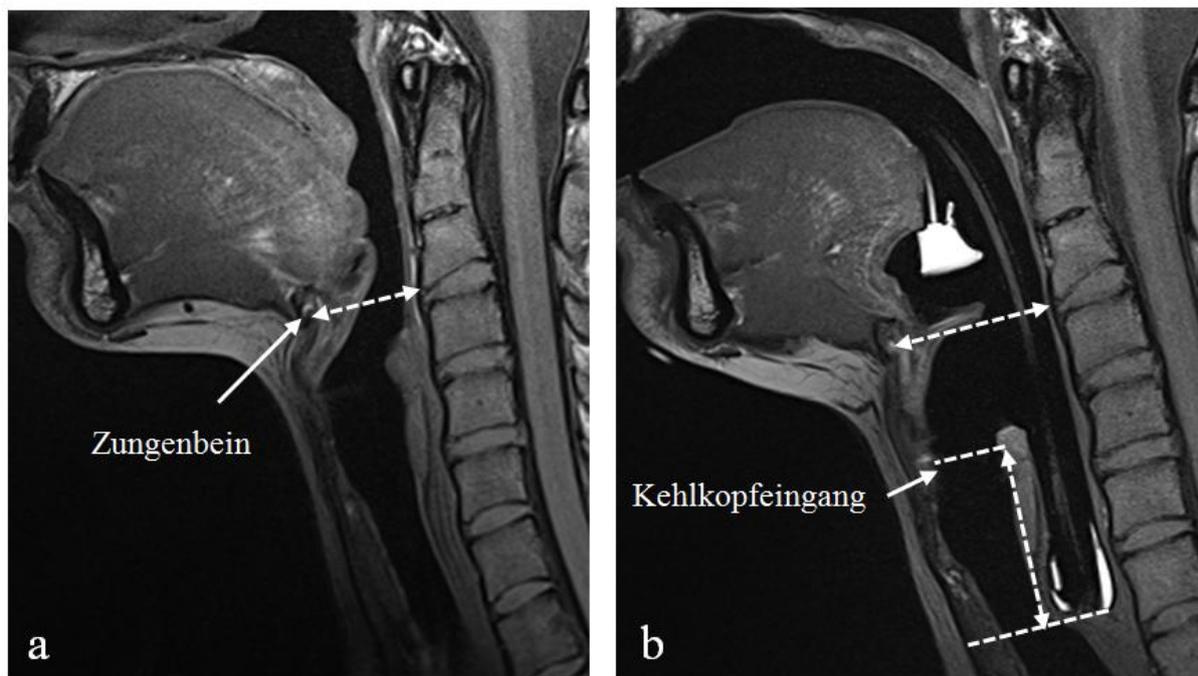
Der doppelte C-Griff stellt eine Möglichkeit dar, die Gesichtsmaskenbeatmung des Patienten zu verbessern oder herzustellen, falls eine Beatmung mittels einfachem C-Griff misslingt. Sie wird vom ERC als Technik für die Gesichtsmaskenbeatmung empfohlen (Deakin et al. 2010). Dabei wird die Maske mit beiden Händen gehalten, wobei wieder Daumen und Zeigefinger beider Hände ein „C“ bilden um die Maske zu fixieren und die übrigen Finger eine Unterkieferprotrusion und eine Reklination des Kopfes durchführen (siehe Abbildung 9). Diese Technik der Zweihandbeatmung setzt in der Regel die Präsenz eines zweiten Helfers voraus, der den Beatmungsbeutel komprimiert.



**Abbildung 9:** Technik der Zweihandbeatmung, wie sie vom ERC empfohlen wird. Ein zweiter Helfer bedient den Beutel.

### 1.1.3 Technik der Atemwegssicherung mit supraglottischen Atemwegen

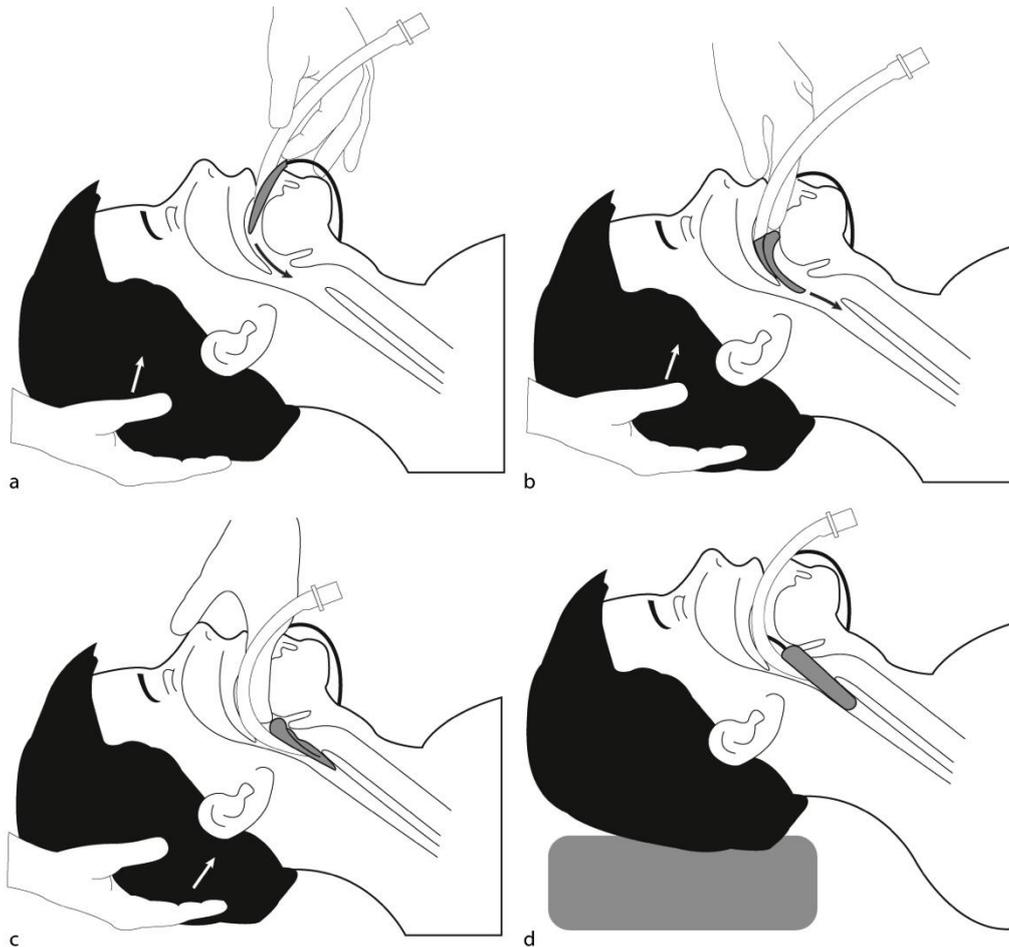
Eine weitere Möglichkeit der Atemwegssicherung stellt die große Gruppe der supraglottischen Atemwegshilfen dar. Von diesen existieren mittlerweile zahlreiche verschiedene Modelle. Das grundsätzliche Prinzip und namensgebende Merkmal besteht in der Ventilation der Lungen über einen Beatmungsschlauch, der - im Gegensatz zum endotrachealen Tubus - nicht durch die Stimmritze hindurchtritt, sondern supraglottisch zu liegen kommt. Die notwendige Dichtigkeit der Verbindung zwischen Beatmungsschlauch und Kehlkopf wird über eine Abdichtung zum Ösophagus (ösophageale Dichtigkeit) und über eine Abdichtung zum Hypopharynx (oropharyngeale Dichtigkeit) hergestellt. Die Insertionstechnik variiert leicht zwischen den verschiedenen Hilfsmitteln und es werden abweichend von den Herstellerempfehlungen oft weitere unterschiedliche Techniken in der Literatur beschrieben. Allen gemeinsam ist jedoch, dass die Spitze des supraglottischen Atemweges in den oberen Ösophagussphinkter eingeführt werden soll, um eine Abdichtung des oberen Ösophagussphinkters zu erreichen (siehe auch Abbildung 10). Damit wird im Vergleich zur Gesichtsmaskenbeatmung die Gefahr einer iatrogenen Luftinsufflation sowie einer Aspiration von Magensaft reduziert.



**Abbildung 10:** Sagittale MRT-Bilder: a zeigt das native Bild; b zeigt dieselbe Person mit einer LMA-Supreme™ in situ. Die Abbildung zeigt, wie tief die Spitze des supraglottischen Atemweges in den oberen Ösophagus sphinkter inseriert wird, um eine Trennung des Respirations- vom Gastrointestinaltrakt zu erreichen. Abbildung modifiziert nach Russo et al. 2012 (Russo et al. 2012). Die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung von PD Dr. S.G. Russo.

Die Güte der Abdichtung zum Pharynx wird durch den oropharyngealen Leckagedruck beschrieben. Dieser ist definiert als der Atemwegsdruck, bei welchem die Abdichtung undicht wird und eine Leckage auftritt.

Larynxmasken waren die ersten Vertreter der Gruppe der supraglottischen Atemwege und sind in der klinischen Realität am weitesten verbreitet. Da sich die vorliegende Arbeit auch mit einem Vertreter der Larynxmasken befasst, wird hier im Verlauf primär auf Larynxmasken als supraglottischen Atemweg eingegangen.



**Abbildung 11:** Einlage der Larynxmaske

### 1.1.3.1 Larynxmasken

Die Larynxmaske war der erste Vertreter der supraglottischen Atemwege und wurde erstmalig 1983 durch A. Brain vorgestellt. Sie besteht aus einem Luftkissenring (ähnlich der Gesichtsmaske). Dieser wird in den Hypopharynx eingeführt und kommt direkt vor dem Larynx zum liegen. Der Luftkissenring (*Cuff*) wird nach Einführen der Maske über einen Schlauch geblockt. Der Cuff legt sich um den Kehlkopfeingang und dichtet diesen nach oben gegen den Pharynx und nach unten gegen den Ösophagus ab. Bei optimaler Lage der Larynxmaske liegt die Spitze dieses Luftkissenrings innerhalb des oberen Ösophagusphinkters und die lateralen Anteile füllen die Sinus piriformes aus. Die Epiglottis liegt innerhalb der Larynxmaske (siehe Abbildung 10 und 11). Über einen direkt an der Maske befindlichen Beatmungsschlauch kann der Patient beatmet werden und bei Bedarf ein Narkosegasgemisch zugeführt werden (Larsen 2006).

Gegenüber der Gesichtsmaskenbeatmung bietet die Einlage einer Larynxmaske vor allem den Vorteil, dass sie nach Positionierung und Fixierung nicht weiter vom Anwender gehalten werden muss. Eine Eigenschaft, welche insbesondere in Notfallsituationen einen deutlichen Vorteil gegenüber der Gesichtsmaske bietet.

Weiterhin bietet die Larynxmaske einen besseren Schutz vor Mageninsufflation und der damit verbundenen Gefahr der Regurgitation und Aspiration (Davies et al. 1990).

Im Vergleich zur Intubation ist die Einlage in der Regel einfacher und weniger traumatisch; vor allem, da das Verfahren keiner Laryngoskopie bedarf. Die Larynxmaske wird im Gegensatz zum Endotrachealtubus auch in geringer Narkosetiefe toleriert und es besteht nicht die Gefahr einer einseitigen Belüftung oder Fehlintubation des Ösophagus. Andererseits bietet die Larynxmaske nicht in gleichem Maße Schutz vor Makroaspiration wie es für einen geblockten Endotrachealtubus während der Beatmung postuliert wird und die maximal möglichen Beatmungsdrücke sind niedriger im Vergleich zum Endotrachealtubus.

Seit Einführung der klassischen Larynxmaske in die klinische Praxis in den 80er Jahren hat diese die Möglichkeiten der Atemwegssicherung deutlich erweitert. Mit der Weiterentwicklung der supraglottischen Atemwege (siehe unten) haben sich das Spektrum der möglichen Indikationen erweitert und die absoluten Kontraindikationen zunehmend relativiert (Russo und Wulf 2014).

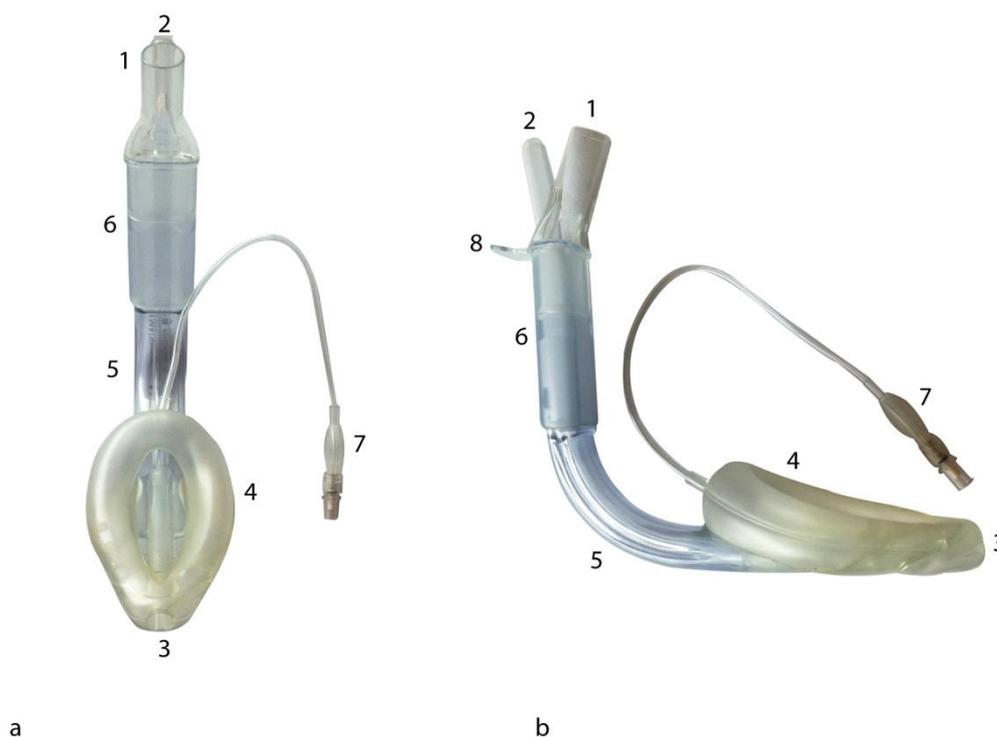
### 1.1.3.2 LMA-Supreme™

Ausgehend von der klassischen Larynxmaske kam es zur Entwicklung der supraglottischen Atemwege der so genannten 2. Generation. Zu diesen gehört u.a. die LMA-Supreme™ (LMA-Supreme™, LMA Deutschland GmbH, Bonn, Deutschland). Die Einteilung zu supraglottischen Atemwegen der 2. Generation erfolgt durch einen im Beatmungsschlauch verlaufenden Drainagekanal, der an der Spitze der Maske endet. Über diesen kann Mageninhalt (Luft oder Flüssigkeiten) passiv entweichen. Darüber hinaus kann eine Magensonde eingelegt werden.

Die durch den Drainagekanal erreichte Trennung des Respirationstraktes vom Ösophagus, sowie die verbesserte anatomische Form der LMA-Supreme™ gewährleisten einen höheren Schutz vor Regurgitation und Aspiration (Timmermann et al. 2008; Timmermann et al. 2009) und ermöglichen hohe oropharyngeale Leckagedrücke. Untersuchungen hierzu geben den erreichten mittleren oropharyngealen Leckagedruck, bei einem vom Hersteller empfohlenen Cuffdruck von 60 cmH<sub>2</sub>O, mit 20 cmH<sub>2</sub>O (Zhang et al. 2011), 28 cmH<sub>2</sub>O (Timmermann et al.

2009), 29 cmH<sub>2</sub>O (Timmermann et al. 2008), bis hin zu 37 cmH<sub>2</sub>O (van Zundert und Brimacombe 2008) an.

Die LMA-Supreme™ zeichnet sich im Unterschied zur klassischen Larynxmaske außerdem durch einen relativ starren, gebogenen Atemwegsschlauch aus. Dieser erleichtert die Insertion und ermöglicht Lagekorrekturen, ohne dass dafür eine Neueinlage erforderlich ist.



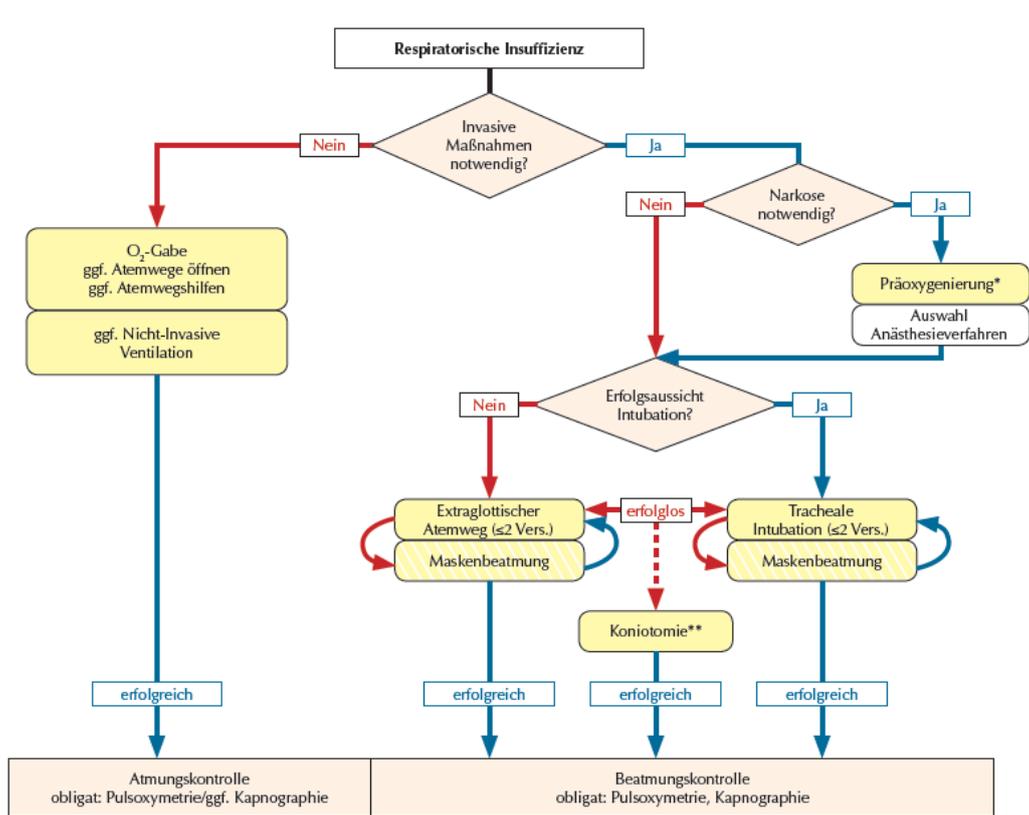
**Abbildung 12:** LMA-Supreme™: 1 Standardkonnektor, 2 Drainagekanal, 3 Mündung des Drainagekanals auf der verstärkten Cuffspitze, 4 Cuff, 5 starrer Atemwegsschlauch, 6 Beißschutz, 7, Pilotballon zum Blocken des Cuffs, 8 Fixierungslasche.

### 1.1.3.3 Klinische Lagetests

Zur Verifizierung der Larynxmaske in situ kommen verschiedene Tests zum Einsatz:

1. Für eine korrekte Lage des supraglottischen Atemweges ist eine korrekte Insertionstiefe notwendig. Um diese zu erreichen, soll die LMA-Supreme™ soweit inseriert werden, bis ein federnder Widerstand zu spüren ist. Der Beißblock sollte nun zwischen oberer und unterer Zahnreihe liegen und die Fixierungslasche 1-2,5 cm von der Oberlippe des Patienten entfernt sein (Wong et al. 2012; LMA Deutschland GmbH 2007).
2. Beim *Bubble-test* oder auch *Lube-Tube-Test* werden einige Milliliter eines Gleitgels in den Drainagekanal der LMA-Supreme™ gespritzt. Bei einer inkorrekten Lage der Larynxmaskenspitze können Ösophagus und Respirationstrakt miteinander kommunizieren. Über den Beatmungsschlauch insufflierte Luft würde so retrograd durch den Drainagekanal aufsteigen und die inserierte Gelsäule aus dem Drainagekanal heraus drücken. Ein Aufsteigen von Blasen bzw. Gleitmittel deutet somit auf eine Leckage im Bereich des oberen Ösophagussphinkters hin (Brimacombe und Keller 2005; Timmermann et al. 2009).
3. Durch Kompression der Incisura Jugularis kann bei korrekter Lage die Gelsäule im Drainagekanal bewegt werden (*suprasternal-notch-tap-test*). Bei inkorrekt Lage ist dies nicht möglich.
4. Durch Einführen einer Magensonde durch den Drainagekanal kann ausgeschlossen werden, dass die Larynxmaskenspitze umgeschlagen ist.
5. Ein Leckagegeräusch kann in Verbindung mit einem niedrigen Atemwegsdruck auf eine oropharyngeale Leckage hindeuten und damit ebenfalls ein Hinweis auf eine inkorrekte Position der LMA-Supreme™ sein.

## 1.2 Stellenwert der verschiedenen Verfahren in der Atemwegssicherung



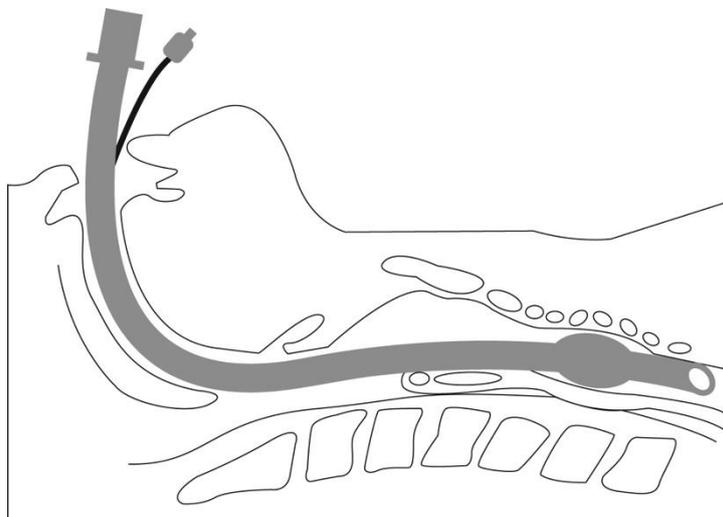
**Abbildung 13:** Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement:

Die Entscheidung zur Atemwegssicherung mittels Endotrachealtubus hängt von der Kompetenz des Anwenders und den Umgebungsbedingungen ab. Wird die Erfolgsaussicht niedrig eingestuft, so sollte primär ein supraglottischer Atemweg zur Atemwegssicherung verwendet werden. Intubationsversuche sollten nicht länger als 30 Sekunden dauern. (Timmermann et al. 2012, S.304) Die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Verlages.

### 1.2.1 Stellenwert der endotrachealen Intubation

Ein Vorteil der Intubation mittels Endotrachealtubus liegt im Schutz vor Makroaspiration (Russo et al. 2010) durch den geblockten Cuff des Endotrachealtubus (siehe Abbildung 14). Die endotracheale Intubation gilt daher auch in den aktuellen Empfehlungen des European Resuscitation Council zur Reanimation als bewährtestes und optimales Verfahren der Atemwegssicherung (Deakin et al. 2010). Allerdings wird auf Grund des hohen Komplexitätsgrades und der notwendigen Expertise, die diese Maßnahme voraussetzt,

zunehmend kritisch hinterfragt, in welchen Situationen und für Personal welchen Ausbildungsstandes die endotracheale Intubation wirklich empfohlen werden darf und kann.

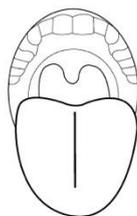


**Abbildung 14:** Endotrachealtubus in situ: der geblockte Cuff bietet optimalen Schutz vor Makroaspiration und Verlegung der Atemwege.

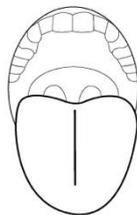
#### 1.2.1.1 Inzidenz der schwierigen Intubation

Die während einer Laryngoskopie erreichte Sicht auf die laryngealen Strukturen wurde durch Cormack und Lehane klassifiziert (Cormack und Lehane 1984). Die Sichtgrade von III und IV sind auf Grund der eingeschränkten Sicht mit einer deutlich erschwerten Durchführung der trachealen Intubation vergesellschaftet (siehe Abbildung 15). In einer Untersuchung bezüglich der Inzidenz schwieriger Intubationen stellten el-Ganzouri et al. im OP eine Inzidenz von 6% für Cormack-Lehane-Scores III-IV fest (el-Ganzouri et al. 1996). Für den präklinischen Bereich wurden von Timmermann et al. mit ca. 20% eine noch deutlich höhere Inzidenz für Cormack-Lehane-Scores III-IV festgestellt (Timmermann et al. 2006). Bei dieser Untersuchung konnten 2% der Patienten präklinisch nicht erfolgreich intubiert werden.

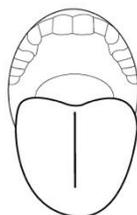
**Klasse I**  
Pharynxhinterwand,  
Uvula, Gaumenbogen und  
weicher Gaumen sichtbar



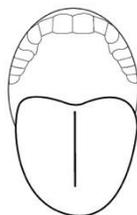
**Klasse II**  
Uvulaspitze durch Zungen-  
basis verdeckt, Gaumenbogen  
und weicher Gaumen sichtbar



**Klasse III**  
nur weicher Gaumen sichtbar



**Klasse IV**  
nur harter Gaumen sichtbar  
(Modifikation nach Samssoon  
und Young)



**Grad 1**  
Glottis frei einsehbar



**Grad 2**  
nur hinteres Drittel der Glottis und  
hintere Kommissur sichtbar



**Grad 3**  
Glottis völlig verdeckt, nur  
Epiglottis erkennbar



**Grad 4**  
Glottis völlig verdeckt, Epiglottis durch  
Mundbodenstrukturen überlagert

**Abbildung 15:** Cormack-Lehane-Klassifikation der Sicht auf die Glottis unter direkter Laryngoskopie (rechts) und Mallampati-Klassifikation der Sicht auf den Gaumen bei der Mundöffnung. Beide dienen der Klassifikation und Abschätzung einer schwierigen Intubation; C&L III und IV gelten als schwierige Intubation.

Eine weitere Arbeit von Breckwoldt et al. verglich die Inzidenz von schwierigen Intubationen bei Notärzten ohne anästhesiologische Ausbildung mit jener bei anästhesiologischen Notärzten. Die nicht-anästhesiologischen Notärzte gaben dabei doppelt so häufig schwierige Intubationen an wie ihre anästhesiologischen Kollegen (Breckwoldt et al. 2012). Die endotracheale Intubation stellt somit eine komplexe Fertigkeit dar, für deren Erlernen eine ausreichende Praxis notwendig ist.

### 1.2.1.2 Erlernen der endotrachealen Intubation

Eine Untersuchung zur Lernkurve der endotrachealen Intubation mittels direkter Laryngoskopie von Bernhard et al. zeigte, dass erst nach 51-75 Intubationen eine Erfolgswahrscheinlichkeit von 80% für die endotracheale Intubation besteht. Selbst nach 200 Intubationen lag die Erfolgsrate bei abflachender Lernkurve weiterhin nur bei 80% (Bernhard et al. 2012). Ähnliche Ergebnisse wurden durch Mulcaster et al. erhoben. Unerfahrene Anwender waren erst nach ca. 47 durchgeführten Intubationen in der Lage, innerhalb von 30 Sekunden mit einer 90%-Wahrscheinlichkeit erfolgreich endotracheal zu intubieren (Mulcaster et al. 2003). Obwohl die von Mulcaster et al. untersuchten Studienteilnehmer bereits vor Durchführung der Intubation am Patienten 20 Intubationen am Intubationssimulator erfolgreich durchgeführt hatten, hatten die meisten Studienteilnehmer selbst unter optimalen Bedingungen im OP Schwierigkeiten, die Intubation erfolgreich durchzuführen bei einer durchschnittlich benötigten Zeit von über einer Minute. Mulcaster et al. kommen auf Grund dieser Daten auch zu dem Schluss, dass das (fast) ausschließliche Training am Intubationssimulator vieler im Gesundheitswesen tätiger Berufsgruppen wie Ärzte, Rettungsassistenten und Krankenschwestern inadäquat für das Erlernen der endotrachealen Intubation ist.

Gleichzeitig wird im notärztlichen Bereich die Intubation vergleichsweise selten durchgeführt. Studien hierzu geben die Inzidenz der präklinischen Intubationen, die durchschnittlich auf jeden Notarzt pro Monat entfallen, mit 0,5- 6,7 Intubationen pro Monat (Genzwürker et al. 2010; Gries et al. 2006) an. Einer Untersuchung von Timmermann et al. zufolge gaben 70% aller nicht anästhesiologischen Notärzte an, weniger als 100 innerklinische Intubationen durchgeführt zu haben, 18% hatten weniger als 20 innerklinische Intubationen vorzuweisen (Timmermann et al. 2007a). Für das nicht-ärztliche Rettungsdienstpersonal existieren Studien, die eine ähnlich niedrige Inzidenz präklinisch durchgeführter Intubationen angeben (Wang et al. 2003; Colwell et al. 2005; Nolan und Lockey 2009; Fullerton et al. 2009).

### 1.2.1.3 Komplikationen bei Nicht-Beherrschen des Verfahrens

Mangelnde Ausbildung, Übung und Erfahrung können auf Grund der hohen Komplexität des Verfahrens schwerwiegende Komplikationen für den Patienten haben. Neben einer erhöhten Atemwegsmorbidität nach multiplen (nicht erfolgreichen) Intubationsversuchen sind hier vor allem nicht erkannte Fehllagen (Wang et al. 2003; Colwell et al. 2005) zu nennen. Letztere

werden mit unterschiedlich hoher Inzidenz angegeben. So reichen die Angaben hier von Fehllagen in 25% der untersuchten Fälle (Katz und Falk 2001) bis hin zu 5,8% (Jones et al. 2004). Für das Notarzt-basierte Rettungsdienstsystem in Deutschland konnte eine ähnlich hohe Inzidenz unerkannter Tubusfehllagen ermittelt werden. Timmermann et al. fanden eine Inzidenz unerkannter ösophagealer Tubuslagen von 7% (Timmermann et al. 2007c). Die Letalität betrug bei diesen Patienten 70%. Ein vergleichbares Patientenkollektiv mit korrekter Tubuslage hatte hingegen eine Letalität von nur 10%.

Nicht erfolgreiche, zu lange andauernde Intubationsversuche sind darüber hinaus oft mit einer prolongierten Hypoxämie vergesellschaftet (Mort 2004). Diese entwickelt sich in Notfallsituationen deutlich schneller als unter den Bedingungen einer elektiven Narkoseeinleitung. Dies liegt zum einen an der im Vorfeld ungenügend oder nicht durchgeführten Präoxygenierung oder Ventilation der Lungen und zum anderen an der Pathophysiologie der Grunderkrankung wie zum Beispiel einer mit der Grunderkrankung oder Verletzung vergesellschafteten hämodynamisch wirksamen Schocksituation oder einem vermehrten Sauerstoffverbrauch (Pehböck et al. 2010; Mort 2005). Pehböck et al. zufolge kommt es bei einer Kombination aus größerem Blutverlust und einer fehlenden oder unzureichenden Präoxygenierung bereits bei Apnoezeiten von ca. 30 Sekunden zu peripheren Sauerstoffsättigungen von 70%.

#### *1.2.1.4 Die endotracheale Intubation als Goldstandard der Atemwegssicherung*

Auf Grund der Komplexität des Verfahrens und den schwerwiegenden Folgen bei Versagen wird die endotracheale Intubation als Goldstandard zunehmend kritisch diskutiert. Bei den allermeisten nicht-anästhesiologisch tätigen Ärzten dürfte die entsprechende Erfahrung in der Sicherung der Atemwege mittels Intubation fehlen, sodass hier die endotracheale Intubation nicht als das für den Patienten beste Verfahren gelten kann. Williamson et al. stellten bereits 1993, nach Auswertung von 2000 Berichten über Narkosezwischenfälle fest, dass kein Patient daran stirbt, nicht intubiert zu werden, sondern daran, nicht beatmet zu werden respektive daran verstorbt, dass man nicht aufhört ihn intubieren zu wollen (Williamson et al. 1993; Paix et al. 2005; Russo et al. 2010; Mort 2004). Die Frage nach dem Goldstandard der Atemwegssicherung könnte daher anders formuliert werden nämlich: welche Methode der Atemwegssicherung ist für welchen Anwender die geeignetste, um einen Patienten suffizient zu beatmen und die Hypoxie nicht zu verlängern oder sogar zu verursachen?

Für den in der Atemwegssicherung Unerfahrenen bestehen hier insbesondere zwei Möglichkeiten zur Ventilation eines Patienten: Mittels einer Gesichtsmaske oder über einen supraglottischen Atemweg.

### 1.2.2 Stellenwert der Gesichtsmaskenbeatmung in der Atemwegssicherung

Die Gesichtsmaskenbeatmung kann sowohl zur Überbrückung bis zur definitiven Atemwegssicherung mittels Intubation genutzt werden als auch als Rückfallebene (Goedecke et al. 2006) bei nicht möglicher Intubation. Allerdings ist es gerade bei der Beatmung von Notfallpatienten durch unerfahrene Ärzte oder Assistenzpersonal fraglich, ob mittels der Gesichtsmaskenbeatmung eine suffiziente Ventilation des Patienten etabliert und aufrechterhalten werden kann.

Studien zur schwierigen Gesichtsmaskenbeatmung geben, abhängig von der Definition, ein Vorliegen einer schwierigen Gesichtsmaskenbeatmung von bis zu 15% an (Langeron et al. 2000; El-Orbany und Woehlck 2009). Auch hier zeigen Daten, dass für eine erfolgreiche Ventilation des Patienten mittels Gesichtsmaske ausreichendes Training und Erfahrung nötig sind. Diese sind selbst bei notfallmedizinischem Personal nicht immer vorhanden (Walsh et al. 2003; Stone et al. 1998; Elling und Politis 1983; Regge et al. 2006). Darüber hinaus kam es in der Studie von Stone et al. bei einem erheblichen Anteil der untersuchten Patienten von über 12% zu einer Regurgitation als Folge einer gastralen Luftinsufflation während der Gesichtsmaskenbeatmung (Stone et al. 1998). Neben dem erhöhten Risiko einer Regurgitation kann eine gastrale Luftinsufflation zusätzlich zu einer (weiteren) hämodynamischen Verschlechterung des Patienten führen (Paal et al. 2009) und sollte daher vermieden werden.

### 1.2.3 Stellenwert der supraglottischen Atemwege in der Atemwegssicherung

Es existieren bereits zahlreiche Studien, die nahelegen, dass die Platzierung und Beatmung über einen supraglottischen Atemweg erheblich leichter ist als die Beatmung mittels Gesichtsmaske. Insbesondere in der Atemwegssicherung Unerfahrene können mittels supraglottischer Atemwegshilfen eine erheblich bessere Ventilation des Patienten herstellen, als ihnen dies mit Gesichtsmaskenbeatmung oder über die Intubation gelingt.

1993 ließen Alexander et al. 10 freiwillige, in der Atemwegssicherung Unerfahrene nach einem formalen Training in der Handhabung der Larynxmaske und des Guedeltubus in Verbindung mit der Gesichtsmaske 104 gesunde Erwachsene im Rahmen einer Narkose

beatmen. Die Gesamterfolgsrate lag bei dieser Studie für die Larynxmaske bei 87%, im Gegensatz zu nur 43% bei der Beatmung mittels Guedeltubus und Gesichtsmaske (Alexander et al. 1993). Außerdem gaben die Studienteilnehmer bei der Gesichtsmaskenbeatmung von 83 der 104 Patienten nach 2 Minuten eine Erschöpfung der Handmuskulatur an. Ähnliche Ergebnisse wurden auch schon von Abdi et al. sowie Timmermann et al. und von Howes et al. für die LMA-Supreme™ berichtet (Abdi et al. 2009; Timmermann et al. 2008; Howes et al. 2010).

Im Vergleich zur Gesichtsmaskenbeatmung bieten Larynxmasken einen besseren Schutz vor gastraler Luftinsufflation und (nachfolgender) Regurgitation (Stone et al. 1998) und den damit verbundenen Auswirkungen auf die hämodynamische Situation des Patienten (Paal et al. 2009). Des Weiteren müssen im Rahmen einer Reanimation die Thoraxkompressionen für die Einführung des supraglottischen Atemweges im Gegensatz zur endotrachealen Intubation in der Regel nicht unterbrochen werden (Gatward et al. 2008). Dies ist die Grundlage für die Empfehlung des ERC in den Leitlinien von 2010 die supraglottischen Atemwegshilfen als Alternative für in der Atemwegssicherung unerfahrenes Personal zu empfehlen (Deakin et al. 2010).

Schon seit Jahren hat die Larynxmaske ihren Platz in der Beherrschung des schwierigen Atemwegs (Apfelbaum et al. 2013; Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin und Berufsverband Deutscher Anästhesisten 2004). Dies gilt insbesondere für Situationen, in denen sowohl die Maskenbeatmung als auch die endotracheale Intubation nicht möglich sind (*can't intubate, can't ventilate*). Seit einiger Zeit stehen weiterentwickelte Modelle der Larynxmaske wie die LMA-Supreme™ zur Verfügung, die auf Grund ihrer oben beschriebenen Eigenschaften auch in der Notfallmedizin Berücksichtigung finden (Truhlar und Ferson 2008).

### 1.3 Qualität der Untersuchungen zu supraglottischen Atemwegen

Bereits 2003 wurden in einem Beitrag von Cook 14 verschiedene supraglottische Atemwegshilfen aufgezählt (Cook 2003). Eine Meta-Analyse von Mihai et al. nennt 2008 weitere 13 Atemwegshilfen (Mihai et al. 2008). Bei dieser Menge an neuen verfügbaren supraglottischen Atemwegen lässt sich bisher nicht sagen, welche Atemwegshilfe sich unter welchen Umständen am besten zur Atemwegssicherung eignet.

In den letzten Jahren wurden daher zahlreiche Untersuchungen zur Evaluation supraglottischer Atemwege durchgeführt. Häufig wird hierfür auf Übungsmodelle und Simulatoren zurückgegriffen (Rai und Popat 2011). Die Vorteile einer Studiendurchführung am Atemwegstrainer liegen auf der Hand: Die Zustimmung einer Ethikkommission ist in der Regel nicht erforderlich. Für die Datenerhebung müssen keine geeigneten Patienten rekrutiert werden und die Datenerhebung kann abseits der Patientenversorgung stattfinden. Die Phase der Datenerhebung kann so außerdem erheblich verkürzt werden, sodass eine solche Studie innerhalb von Tagen, anstatt von Monaten, abgeschlossen werden kann.

Angesichts dieses Trends, stellt sich allerdings die Frage, bis zu welchem Grad an Simulatoren gewonnene Daten sich auf die Realität übertragen lassen (Rai und Popat 2011). Studien, die verschiedene supraglottische Atemwege an verschiedenen Atemwegssimulatoren untersucht haben, zeigen darüber hinaus, dass die unterschiedlichen supraglottischen Atemwege auch in Abhängigkeit vom Atemwegssimulator unterschiedliche Ergebnisse zeigen (Cook et al. 2007; Jackson und Cook 2007).

## 1.4 Zielsetzung dieser Arbeit

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung, in wie weit im Rahmen der studentischen Ausbildung am Atemwegstrainer erlernte Fähigkeiten auf den Patienten übertragbar sind. Die primären Endpunkte der Untersuchung waren hierbei die Erfolgsraten einer suffizienten Ventilation mittels einer Gesichtsmaskenbeatmung und einer LMA-Supreme™. Sekundäre Endpunkte waren die zur Herstellung der Ventilation benötigten Zeiten sowie Atemminuten- und Atemhubvolumina (Tidalvolumina).

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Methode und Studienaufbau

Mit Genehmigung der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen (Antragsnummer: 24/1/11) wurden die hier präsentierten Daten im Rahmen der curricularen Ausbildung der Medizinstudierenden des 6. Fachsemesters im Fach Anästhesiologie (F2) erhoben. Die Erhebung wurde im Wintersemester 2010/2011 und Sommersemester 2011 durchgeführt.

#### 2.1.1 Auswahl der Studierenden

Studierende, die vor dem Studium bereits im Rettungsdienst oder auf einer Intensivstation gearbeitet hatten, bereits eine Famulatur in der Anästhesiologie oder Intensivmedizin absolviert hatten oder sonstige Erfahrungen in der Beatmung von Patienten erworben hatten, wurden gleichermaßen theoretisch und praktisch ausgebildet. Für die Ermittlung des Lernerfolges wurden diese Studierenden jedoch ausgeschlossen.

#### 2.1.2 Aufbau der curricularen Lehre im Fach Anästhesiologie zum Studienzeitpunkt

Bestandteil dieses Moduls sind Basisvorlesungen zu verschiedenen Anästhesieverfahren sowie zur Pharmakologie relevanter Anästhetika. Bezüglich der hier vorgestellten Untersuchung fand eine Vorlesung zu den Grundlagen der Atemwegssicherung statt. In dieser wurden die Indikationen, Kontraindikationen sowie Vor- und Nachteile einzelner Methoden und Strategien zur Atemwegssicherung erörtert. Diese beinhalteten sowohl die endotracheale Intubation als auch die Verwendung der LMA-Supreme™.

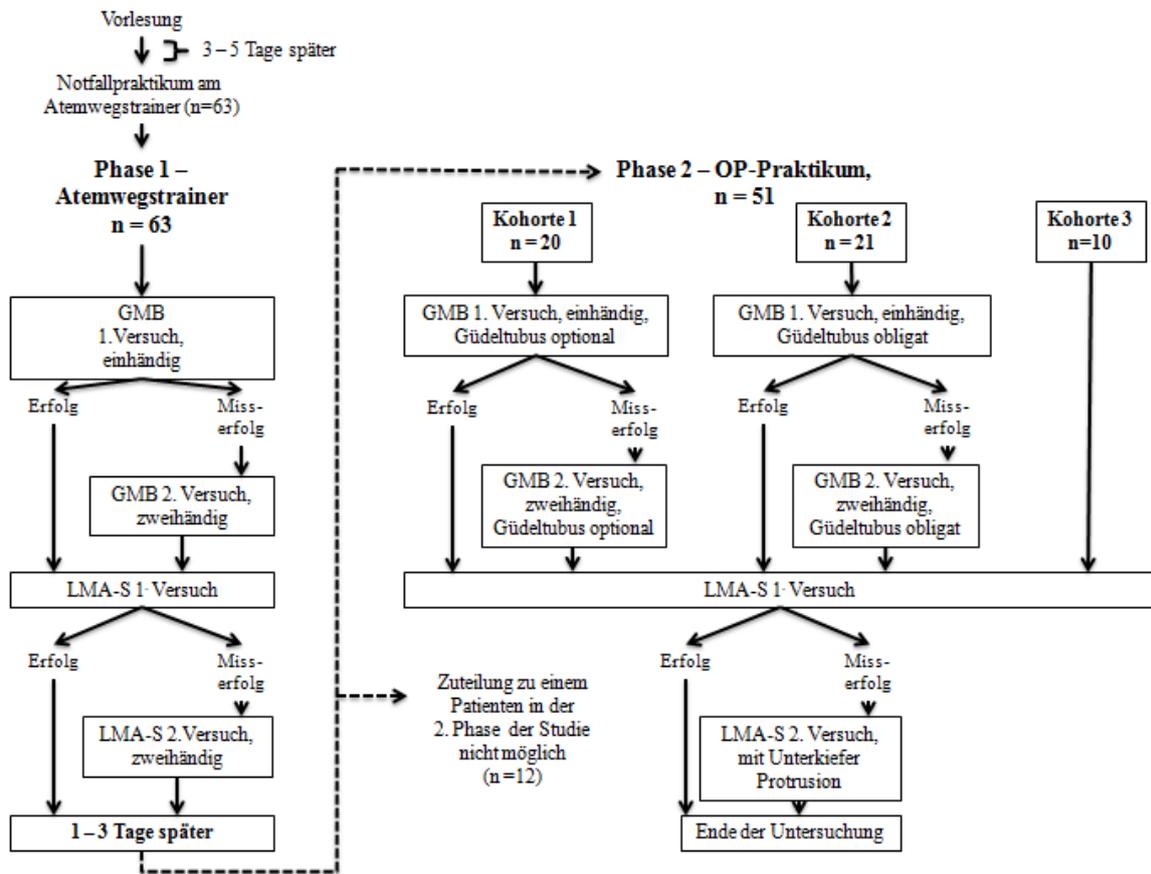
Die praktische Ausbildung erfolgte sowohl am Übungsmodell als auch am Patienten. Für die Ausbildung am Übungsmodell wurde ein Atemwegstrainer (Laerdal Medical, Stavanger, Norwegen) verwendet. Hier wurde den Studierenden die Einlage eines oropharyngealen Atemweges (Güdel-tubus), die Gesichtsmaskenbeatmung in Ein- und Zweihandbeatmung (C-Griff, doppelter-C-Griff) sowie die Einlage der LMA-Supreme™ entsprechend den Herstellerangaben demonstriert. Die Studierenden hatten Gelegenheit, diese Maßnahmen am Atemwegstrainer vor dem Praxisunterricht im Zentral-OP zu üben. Darüber hinaus wurde mit den Studierenden die zunehmende Eskalation der Gesichtsmaskenbeatmung von der Ein-

Hand-Beatmung über die Zwei-Hand-Beatmung bis hin zur Verwendung eines Oropharyngealtubus in Kombination mit einer Zwei-Hand-Beatmung diskutiert.

Alle Studierenden hatten einen bis drei Tage später praktischen Unterricht im Zentral-OP der Universitätsklinik. Zu Beginn des Unterrichts erfolgte eine Verteilung der Studierenden in Zweiergruppen auf die OP-Säle mit einer Vollnarkose an erster Stelle des OP-Programms. Die Zuteilung der Studierenden pro Saal war zufällig. Einschränkungen hiervon waren nur die bevorzugte Zuteilung von weiblichen Studierenden bei gynäkologischen Eingriffen sowie die Zuteilung von männlichen Studierenden zu urologischen Patienten.

Während die Studierenden im Sinne der Ausbildung auf alle OP-Säle mit einer Vollnarkose verteilt wurden, erfolgte die Evaluation des Lernerfolges nur dann, wenn erwachsene Patienten während der Narkose gemäß der SOP der Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Göttingen mit einer LMA-Supreme™ beatmet werden sollten. Des Weiteren wurden die Studierenden nicht an Patienten ausgebildet, deren Beatmung von einem Anästhesisten trotz Einlage eines oropharyngealen Atemweges als schwierig oder unmöglich eingestuft wurde.

## 2.1.3 Durchführung der Datenerhebung und Studiendesign



**Abbildung 16:** Studienablauf: GMB = Gesichtsmaskenbeatmung; LMA-S = LMA-Supreme™ (Russo et al. 2013, S.1126; Abbildung ins Deutsche übersetzt).

Die primären Endpunkte der Untersuchung waren die Erfolgsraten der Studierenden bezüglich der Gesichtsmaskenbeatmung und Beatmung mittels LMA-Supreme™ am Atemwegstrainer und am Patienten. Die sekundären Endpunkte waren die zum Herstellen einer suffizienten Beatmung benötigte Zeit sowie – am Patienten – die erreichten Tidal- und Atemminutenvolumina.

### 2.1.3.1 *Evaluation am Atemwegstrainer*

Nach der Ausbildung der Studierenden am Atemwegstrainer wurden deren Leistungen am gleichen Atemwegstrainer evaluiert. Jeder Studierende hatte zwei Versuche, die Gesichtsmaskenbeatmung am Atemwegstrainer erfolgreich herzustellen. Während des ersten Versuches sollten die Studierenden die Beatmung mittels einhändigem C-Griff herstellen. Gelingt dies nicht, so konnten die Studierenden im zweiten Versuch die Gesichtsmaske mit doppeltem C-Griff (zweihändige Beatmung) fixieren, während ein Ausbilder den Beatmungsbeutel bediente. Zusätzlich wurden die Studierenden ermutigt, einen oropharyngealen Atemweg zu nutzen (Güdeltracheal), was Ihnen für beide Versuche freigestellt wurde. Die maximale Zeit für die Etablierung einer suffizienten Beatmung wurde pro Versuch auf 60 Sekunden begrenzt. Konnte die Beatmung in dieser Zeit nicht hergestellt werden, wurde der Versuch abgebrochen und als nicht erfolgreich gewertet. Die Erfolgsrate am Atemwegstrainer und die Zeit, welche benötigt wurde, um eine Beatmung herzustellen, wurden erhoben. Eine Beatmung wurde als erfolgreich gewertet wenn sich die Lunge des Atemwegstrainers sichtbar füllte. Die Zeit wurde ab der Übergabe von Beatmungsbeutel und Gesichtsmaske bzw. ab Einführen des oropharyngealen Atemweges gemessen. Konnte erst im zweiten Versuch eine Beatmung etabliert werden, so wurden die 60 Sekunden des ersten Versuches zur gemessenen Zeit bis zur Etablierung einer Beatmung im zweiten Versuch addiert.

Danach sollten die Studierenden die Beatmung des Atemwegstrainers mittels LMA-Supreme™ durchführen. Auch hier hatten die Studierenden wieder maximal zwei Versuche von 60 Sekunden Länge, um eine erfolgreiche Beatmung zu etablieren. Während des ersten Versuches sollten die Studierenden die LMA-Supreme™ ohne Hilfe so einlegen, wie Ihnen dies in ihrer Ausbildung beigebracht wurde. Gelingt dies nicht, so wurde im zweiten Versuch durch den Ausbilder ein Esmarch-Handgriff durchgeführt, um die Einlage der Larynxmaske zu erleichtern. Es wurde erfasst, ob der Studierende die Beatmung im ersten oder zweiten Versuch erfolgreich herstellen konnte und wie viel Zeit für das Herstellen der Beatmung benötigt wurde. Als erfolgreich wurde die Beatmung gewertet, wenn sich die Lunge des Atemwegstrainers sichtbar füllte.

Die Zeit wurde ab der Übergabe der LMA-Supreme™ an den Studierenden genommen. Gelingt die erfolgreiche Beatmung erst im zweiten Versuch, wurden die 60 Sekunden des ersten nicht erfolgreichen Versuches zur Gesamtzeit addiert.

### 2.1.3.2 *Evaluation während des OP-Praktikums*

Für die Untersuchung wurde ein Studierender der Zweiergruppe nach dem Zufallsprinzip ausgewählt.

Die Studierenden der Kohorte 1 und 2 führten am Patienten die Gesichtsmaskenbeatmung durch, gefolgt von der Einlage der LMA-Supreme™. Die Studierenden der Kohorte 1 konnten frei entscheiden ob sie einen oropharyngealen Atemweg einlegen, um die Gesichtsmaskenbeatmung zu erleichtern. Für Kohorte 2 war die Einlage eines oropharyngealen Atemweges obligat.

Die Kohorte 3 führte keine Gesichtsmaskenbeatmung durch, sondern beatmete nur mittels LMA-Supreme™ (siehe Abbildung 16).

#### 2.1.3.2.1 *Narkoseeinleitung und anästhesiologisches Management*

Größe, Gewicht, Geschlecht und Alter des Patienten, sowie eventuelle Prädiktoren für eine erschwerte Gesichtsmaskenbeatmung (Anamnestisches Schnarchen, Bart, Zahnlosigkeit, entfernte Ober- oder Unterkieferzahnprothesen, schlechter Zahnstatus) wurden entsprechend der anästhesiologischen Routine erhoben und anonymisiert dem Narkoseprotokoll entnommen. Außerdem wurde das Geschlecht des Studierenden erfasst. Die Narkoseeinleitung wurde entsprechend dem Standardvorgehen der Klinik für Anästhesiologie durchgeführt. Das anästhesiologische Management wurde durch die Ausbildung der Studierenden und die begleitende Datenerhebung nicht verändert.

Nach Präoxygenierung des Patienten mit 100% Sauerstoff durch den Anästhesisten, wurde ein Bolus von  $0,2 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  Sufentanil und ein Bolus von  $2 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Propofol verabreicht, um die Narkose zu induzieren. Die Narkoseaufrechterhaltung erfolgte mit einer kontinuierlichen Propofolinfusion über Spritzenpumpe in einer Dosierung von  $4 \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ . Nach Eintreten der Narkose wurde der Patient vom zuständigen Anästhesisten kurz mittels Gesichtsmaske beatmet um eine eventuell schwierige Beatmung oder eine unter Umständen nicht ausreichende Narkosetiefe feststellen zu können.

Erhoben wurde in dieser Phase der Untersuchung ob bei der Beatmung durch den Anästhesisten eine Thoraxexkursion zu sehen war, ob in der Kapnographiekurve ein Plateau zu erkennen war und ob während der Beatmung durch den Anästhesisten ein Guedeltubus oder ein doppelter C-Griff verwendet werden musste. Der Anästhesist wurde gebeten, den Schwierigkeitsgrad der Gesichtsmaskenbeatmung des Patienten entsprechend der Einteilung

sehr leicht, leicht, schwierig oder unmöglich einzuschätzen. Wurde die Beatmung vom Anästhesisten trotz Einlage eines GÜdeltubus als schwierig oder unmöglich angegeben, so fand keine Ausbildung der Studierenden und keine Evaluation statt.

Die notwendige Narkosetiefe wurde mittels *Jaw-Thrust* Manöver durch den Anästhesisten verifiziert, wie dies für die Einlage der LMA-Supreme™ das Standardvorgehen darstellt (Drage et al. 1996). Dabei wird durch den Anwender der für den Patienten schmerzhafteste Esmarch-Handgriff durchgeführt, bei dem der Unterkiefer beidseits am Kieferwinkel nach ventral gezogen wird um die Atemwege frei zu machen. Toleriert der Patient diesen Handgriff, so ist von einer ausreichenden Narkosetiefe für die Einlage einer Kehlkopfmaske auszugehen.

#### 2.1.3.2.2 *Einstellungen des Narkoserespirators*

Für die Ventilation der Patienten wurde der Standardnarkoserespirator Fabius Tiro (Fabius Tiro, Draeger Medical, Kiel, Deutschland) verwendet. Dieser befindet sich in allen Narkoseeinleitungsräumen im Zentral-OP. Es wurden nachfolgend folgende Respiratoreinstellungen sowohl für die Ventilation mittels Gesichtsmaske als auch mittels LMA-Supreme™ verwendet

- a) Eine druckkontrollierte Beatmung mit einer Druckobergrenze von 20 cmH<sub>2</sub>O und einem positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) von 3 cmH<sub>2</sub>O (PCV: 20/3)
- b) Eine Atemfrequenz von 16 pro Minute (AF 16)
- c) Ein Verhältnis von Inspiration zu Expiration von 1:1 (I/E 1:1)
- d) Ein maximaler Frischgasfluss mit 100% Sauerstoff

Sobald diese Vorbereitungen abgeschlossen waren konnte der Studierende mit dem ersten Versuch der Gesichtsmaskenbeatmung beginnen.

#### 2.1.3.2.3 *Gesichtsmaskenbeatmung*

In Kohorte 1 sollten die Studierenden im ersten Versuch weder GÜdeltubus noch doppelten C-Griff benutzen, d.h. die Beatmung des Patienten sollte nur mittels Einhand-beatmung mit C-Griff und unter leichter Reklination des Kopfes erfolgen. Konnte innerhalb 60 Sekunden keine suffiziente Gesichtsmaskenbeatmung durch den Studierenden etabliert werden, wurde ein zweiter Versuch von erneut 60 Sekunden Länge unternommen. Im zweiten Versuch eine suffiziente Gesichtsmaskenbeatmung herzustellen, durften und sollten die Studierenden die Beatmung mit beiden Händen (doppelter C-Griff) und unter Durchführung des Esmarch-

Handgriffes herstellen. Die Entscheidung einen oropharyngealen Atemweg zu nutzen wurde in Kohorte 1 den Studierenden überlassen.

In Kohorte 2 wurden die Studierenden gebeten, im ersten Versuch einen Guedeltubus einzulegen. Ansonsten unterschied sich das Vorgehen nicht von Kohorte 1. Falls nötig, wurde der Patient zwischen dem ersten und zweiten Versuch der Gesichtsmaskenbeatmung noch einmal vom zuständigen Anästhesisten ventiliert, um eine ausreichende Oxygenierung des Patienten sicherzustellen.

Als Parameter für eine suffiziente Ventilation wurden eine expiratorische Kapnographie und eine Beatmung mit einem expiratorischen Tidalvolumen von mindestens 2 ml/kgKG angenommen, welche der Studierende über einen Zeitraum von mindestens 15 Sekunden aufrechterhalten können musste. Es wurde die Zeit von der Übergabe der Gesichtsmaske an den Studierenden bis zur ersten Thoraxexkursion oder bis zum ersten CO<sub>2</sub>-Signal gemessen. Das unter den gegebenen Respiratoreinstellungen erreichte Tidalvolumen (V<sub>t</sub>) und Atemminutenvolumen (AMV) wurde registriert. Darüber hinaus wurde das Auftreten eines Leckagegeräusches notiert.

#### *2.1.3.2.4 Insertion der LMA-Supreme™*

Im Anschluss an die Gesichtsmaskenbeatmung sollte die Beatmung mittels einer LMA-Supreme™ etabliert werden. Dieses folgte in allen drei Kohorten dem gleichen Vorgehen. Der Kopf des Patienten wurde dazu in eine Neutralposition gebracht und dem Studierenden wurde die vorbereitete LMA-Supreme™ gereicht. Die Larynxmaske sollte von den Studierenden so eingelegt werden, wie sie dies im Unterricht am Atemwegstrainer geübt hatten und wie es vom Hersteller der Maske empfohlen wird. Der Cuff der Maske wurde nach erfolgreicher Insertion entsprechend der klinischen Routine mit Luft auf einen Druck von 60 cmH<sub>2</sub>O gefüllt.

Den Studierenden wurde für beide Versuche 60 Sekunden Zeit eingeräumt. Falls es dem Studierenden im ersten Versuch nicht gelang, eine suffiziente Beatmung mittels LMA-Supreme™ herzustellen, erfolgte im zweiten Versuch eine Unterkieferprotrusion durch einen Helfer.

Als Parameter für eine suffiziente Ventilation wurde wieder ein expiratorisches Kapnographie-Signal oder eine sichtbare Thoraxexkursion und eine Beatmung mit einem endexpiratorisch gemessenen Atemhubvolumen von mindestens 2 ml/kgKG, das über einen Zeitraum von mindestens 15 Sekunden aufrechterhalten werden musste, angenommen.

Während der Versuche zur Etablierung einer Beatmung mittels LMA-Supreme™ wurden die Zeiten gemessen, die die Studierenden für die Etablierung einer suffizienten Beatmung benötigten. Die Zeiten wurden ab der Übergabe der LMA-Supreme™ an den Studierenden bis zum Auftreten einer Thoraxexkursion oder bis zum Auftreten eines expiratorischen Kapnographie-Signals genommen. Wieder wurden die unter den gegebenen Respiratoreinstellungen erreichten Tidal- und Atemminutenvolumina registriert.

Hatte der Studierende sichtbar Schwierigkeiten, die LMA-Supreme™ in der korrekten Technik einzuführen oder hatte der anwesende Anästhesist Sorge bezüglich der Atemwegsmorbidität des Patienten, so wurde die Ausbildung der Studierenden abgebrochen und der Anästhesist übernahm die Kontrolle über den Atemweg des Patienten.

Entsprechend dem Standardvorgehen wurde bei erfolgreicher Beatmung unter Zuhilfenahme eines auf dem Larynx des Patienten platzierten Stethoskopes das Vorhandensein eines Leckagegeräusches evaluiert. Ein *Bubble-test* sowie ein *suprasternal-notch-tap-test* wurden durchgeführt und das Ergebnis im Narkoseprotokoll notiert. Nach erfolgreicher LMA-Supreme™ Platzierung wurde die Maske für den chirurgischen Eingriff belassen und durch den Anästhesisten eine Magensonde der Größe 16 Charrière eingelegt.

#### 2.1.3.3 Befragung der Studierenden

Sowohl am Ende der Untersuchung am Atemwegstrainer als auch am Ende der Untersuchung im OP wurden die Studierenden befragt, welches der beiden Verfahren sie in einer Notfallsituation bevorzugen würden.

#### 2.1.4 Statistische Methode

Die Erfolgsraten der erfolgreich hergestellten Beatmungen wurden mittels McNemar's test miteinander verglichen. Unabhängige Gruppen wurden mit dem exakten Test nach Fisher miteinander verglichen. Kontinuierliche Variablen wurden – je nach Anforderung – mit ein- oder zweiseitigem t-Test verglichen. Ein p-Wert  $< 0,05$  wurde als signifikant angenommen.

Der Einfluss des Guedeltubus auf Erfolg und die Dauer bis zur Etablierung einer Gesichtsmaskenbeatmung wurde mittels zweifaktorieller Varianzanalyse berechnet. Um feststellen zu können, ob generelle Erfolgsprädiktoren für die Beatmung mittels LMA-Supreme™ oder Gesichtsmaske existieren, wurden Prädiktoren einer erschwerten Gesichtsmaskenbeatmung mittels der Bravais-Pearson-Korrelation  $r$  zum Beatmungserfolg

korreliert. Die Häufigkeiten von Leckagegeräuschen oder einem positiven *Bubble-test* wurden prozentual ausgewertet. Die Antworten auf die an die Studierenden gerichtete Frage am Ende der Untersuchung am Atemwegstrainer und im OP wurden mittels einer Kreuz-Tabelle ausgewertet.

## 2.2 Weiteres Material

### 2.2.1 Gesichtsmaske

Als Gesichtsmasken wurden Einwegmasken mit weichem Cuff verwendet (UltraSeal, Ambu®, Bad Nauheim, Deutschland). In der Regel wurden Frauen mit einer Gesichtsmaske der Größe 4, Männer mit einer Gesichtsmaske der Größe 5 versorgt.

### 2.2.2 Guedeltubus

Als Oropharyngealtubus wurden Standard Guedeltuben (Güdel-Airway, Rüsch®, Kernen, Deutschland) verwendet. Die Größe des Guedeltubus wurde durch Abmessen zwischen Mundwinkel und Kieferwinkel ermittelt. Bei den verwendeten Guedeltuben handelte es sich ebenfalls um Einwegprodukte.

### 2.2.3 Cuffdruck-Messer

Um den Cuff der LMA-Supreme™ standardisiert immer mit einem Druck von 60 cm H<sub>2</sub>O blocken zu können wurde ein Cuffdruckmesser (Pocket, VBM Medizintechnik GmbH, Sulz am Neckar, Deutschland) verwendet.

### 3. Ergebnisse

Insgesamt konnte der Lernerfolg von 63 Studierenden am Atemwegstrainer erhoben werden. In fünf Fällen konnten die Ergebnisse der Gesichtsmaskenbeatmung nicht registriert werden und wurden als fehlende Werte dokumentiert. Während des Praktikums im OP konnten 12 Studierende nicht zu Patienten zugeteilt werden, welche während des operativen Eingriffs über eine Larynxmaske beatmet werden sollten. Der Lernerfolg von 51 Studierenden konnte vollständig dokumentiert werden: 20 Studierende der Kohorte 1, 21 Studierende in Kohorte 2, sowie 10 Studierende in Kohorte 3.

#### 3.1 Ergebnisse zum Lernerfolg am Atemwegstrainer

Die Ergebnisse bezüglich der Erfolgsraten und Zeiten am Atemwegstrainer sind in Tabelle 1 und 2 dargestellt.

Erfolgsrate am Atemwegstrainer	Gesichtsmaske (n=58)	LMA-Supreme™ (n=63)	p-Wert
1. Versuch	53 (91%)	58 (92%)	n.s.
2. Versuch	5/5 (100%)	5/5 (100%)	n.s.
Kumuliert	58 (100%)	63 (100%)	n.s.

**Tabelle 1:** Erfolgsraten am Atemwegstrainer unter Verwendung der Gesichtsmaske und der LMA-Supreme™. Die Ergebnisse sind als absolute Zahlen (Prozentanteil) dargestellt.

Zeit bis zur Beatmung (Sekunden)	Gesichtsmaske (n=58)	LMA-Supreme™ (n=63)	p-Wert
1. Versuch	21,6 (9,7)	34,0 (13,1)	0,001
2. Versuch	34,4 (34,3)	39,6 (19,1)	n.s.
Kumuliert	27,8 (24,4)	38,6 (22,0)	0,008

**Tabelle 2:** Zur Herstellung einer suffizienten Beatmung benötigte Zeiten am Atemwegstrainer unter Verwendung der Gesichtsmaske und der LMA-Supreme™. Die Ergebnisse sind als Mittelwert (Standardabweichung) dargestellt.

## 3.2 Ergebnisse zum Lernerfolg am Patienten

### 3.2.1 Erfolgsraten am Patienten

Die Studierenden waren mit der LMA-Supreme™ wesentlich häufiger in der Lage, eine suffiziente Beatmung herzustellen, als mit der Gesichtsmaske (siehe Tabelle 3). Die 10 Studierenden der Kohorte 3, lagen mit einer Erfolgsrate von 70% nach dem ersten Versuch und einer Erfolgsrate von 100% nach dem zweiten Versuch noch über den Erfolgsraten der 41 Studierenden aus Kohorte 1 und 2.

	Gesichtsmaske			LMA-Supreme™	
	Kohorte 1 (n = 20)	Kohorte 2 (n = 21)	Kohorten 1 & 2 (n = 41)	Kohorten 1 & 2 (n = 41)	Kohorte 3 (n = 10)
1.Versuch	6(30%)	6(29%)	12(29%)*	27(66%)*	7(70%)
2.Versuch	4/14(30%)	11/15(73%)	15/29(52%)	10/14(71%)	3/3(100%)
kumuliert	10(50%)	17(81%)	27(66%) <sup>#</sup>	37(90%) <sup>#</sup>	10(100%)
* p = 0.007; <sup>#</sup> p = 0.006					

**Tabelle 3:** Erfolgsraten für die Herstellung einer suffizienten Beatmung mittels Gesichtsmaske und LMA-Supreme™ am Patienten. Die Ergebnisse sind als absolute Zahlen (Prozentanteil) dargestellt.

### 3.2.2 Zeiten bis zur Etablierung einer suffizienten Beatmung am Patienten

Sichtbare Thoraxexkursionen waren in dieser Untersuchung immer mit einem messbaren expiratorischen Kapnographiesignal verbunden. Das Auftreten eines CO<sub>2</sub>-Signals wurde daher als einziges Kriterium definiert, um die Zeit bis zum Herstellen einer Ventilation zu messen. Die zur Etablierung einer suffizienten Ventilation benötigten Zeiten werden in Tabelle 4 dargestellt.

Zeit bis zur Beatmung in Sekunden	Gesichtsmaske			LMA-Supreme™	
	Kohorte 1 (n = 10)	Kohorte 2 (n = 17)	Kohorten 1 & 2 (n = 27)	Kohorten 1 & 2 (n = 37)	Kohorte 3 (n = 10)
1.Versuch	32,7 (11,4)	36,0 (11,6)	34,3 (11,1)	41,9 (15,4)	47,6 (6,5)
2.Versuch	11,3 (3,9)	22,0 (15,8)	19,1 (14,4)	32,3 (14,0)	35,0 (7,0)
kumuliert	48,1 (21,8)	65,8 (26,7)	59,2 (26,0)	55,5 (27,1)	61,8 (23,7)

**Tabelle 4:** Benötigte Zeit zur Etablierung einer suffizienten Beatmung mittels Gesichtsmaske und LMA-Supreme™ am Patienten (nur erfolgreiche Versuche). Die Ergebnisse sind als Mittelwert (Standardabweichung) in Sekunden dargestellt.

26 Studierende konnten sowohl mittels Gesichtsmaske, als auch mittels LMA-Supreme™ eine Beatmung etablieren. Diese Studierenden benötigten für die Etablierung einer Gesichtsmaskenbeatmung 60 (26,2) Sekunden und für das Herstellen einer Beatmung über LMA-Supreme™ 57,3 (26,6) Sekunden ( $p=0.71$ ).

### 3.2.3 Am Patienten erreichte Atemminuten- und Tidalvolumina

Bei den Patienten bei denen eine Beatmung mittels Gesichtsmaske oder LMA-Supreme™ gelang, wurden jeweils die höchsten erreichten Atemminuten- und Tidalvolumina erfasst. Die erreichten Atemminuten- und Tidalvolumina sind in Tabelle 5 dargestellt.

	Kohorten 1 & 2		Kohorte 3
	Gesichtsmaske (n = 27)	LMA-Supreme™ (n = 37)	LMA-Supreme™ (n = 10)
Tidalvolumen in ml			
1. Versuch	437 (200)	730 (207)	790 (258)
Kumuliert	426 (190)	729 (223)	750 (264)
Atemminutenvolumen in l.min <sup>-1</sup>			
1. Versuch	5,4 (2,5)	9,8 (3,3)	12,3 (4,1)
Kumuliert	5,4 (2,6)	10,1 (3,7)	11,3 (4,5)

**Tabelle 5:** Am Patienten erreichte Tidal- und Atemminutenvolumina (nur erfolgreiche Versuche). Die Ergebnisse sind als Mittelwert (Standardabweichung) in ml und l/min dargestellt.

Den 26 Studierenden, denen sowohl die Beatmung mittels Gesichtsmaske als auch die Beatmung mittels LMA-Supreme™ gelang, erreichten ein durchschnittliches Atemminutenvolumen von 5,65 (2,5) Litern pro Minute und ein durchschnittliches Tidalvolumen von 431 (192) Millilitern mit der Gesichtsmaskenbeatmung und signifikant höhere durchschnittliche Atemminuten- und Tidalvolumina von 10 (3,7) Litern pro Minute respektive von 751 (221) Millilitern ( $p=0.001$  für Atemminuten- und Tidalvolumina) mit der LMA-Supreme™.

### 3.2.4 Einfluss der Verwendung eines Guedeltubus auf primäre und sekundäre Endpunkte

Die Erfolgsraten zwischen dem ersten Versuch der Kohorte 1 und dem ersten Versuch der Kohorte 2 lagen bei 30% bzw. 29%. Im zweiten Versuch erreichten die Studierenden der Kohorte 2 jedoch eine Erfolgsrate von 73% im Vergleich zu einer Erfolgsrate von 30% im zweiten Versuch der Kohorte 1. Diese Erfolgsrate ist ähnlich hoch wie die Erfolgsrate bei der Einlage der LMA-Supreme™. Im zweiten Versuch durften die Studierenden die Gesichtsmaske mit beiden Händen (doppelter-C-Griff) halten, was alleine aber ebenfalls nicht zu einer höheren Wahrscheinlichkeit führte, den Patienten erfolgreich zu ventilieren. Nur die

Kombination aus Zweihandbeatmung und Einlage eines oropharyngealen Atemweges im zweiten Versuch der Kohorte 2 erhöhte die Wahrscheinlichkeit eine erfolgreiche Ventilation durchführen zu können ( $p=0.027$ , siehe Tabelle 3). Durch die Einlage eines GÜdeltubus wurde allerdings, wenn auch nicht signifikant, mehr Zeit benötigt um eine Gesichtsmaskenbeatmung herzustellen ( $p=0.089$ , Tabelle 4).

Auf die erreichten Atemminuten- und Tidalvolumina hatte die Anwendung eines GÜdeltubus oder die Unterkieferprotrusion keinen signifikanten Effekt. Kohorte 1 erreichte im ersten Versuch der Gesichtsmaskenbeatmung ein Tidalvolumen von 414 (236) Millilitern und ein Tidalvolumen von 450 (259) Millilitern im zweiten Versuch. Kohorte 2 erreichte im ersten Versuch ein Tidalvolumen von 460 (175) Millilitern und 408 (179) Milliliter im zweiten Versuch. Die erreichten Atemminutenvolumina waren für Kohorte 1 5,4 (2,5) Liter pro Minute im ersten Versuch und 5,3 (3,5) Liter pro Minute im zweiten Versuch. Kohorte 2 erreichte durchschnittliche Atemminutenvolumina von 6,2 (2,3) Litern pro Minute im ersten Versuch und 5,5 (2,5) Litern pro Minute im zweiten Versuch.

### 3.2.5 Die Inzidenz von Leckagen

Die Inzidenz von Leckagen zwischen Gesichtsmaske und Gesicht war in dieser Untersuchung signifikant höher als die Inzidenz oropharyngealer Leckagen der LMA-Supreme™ ( $p=0.003$ ). In 17 der 27 mittels Gesichtsmaske erfolgreich durchgeführten Ventilationen trat ein deutlich hörbares Leckagegeräusch (63%) auf, verglichen mit 12 von 47 erfolgreich hergestellten Beatmungen mittels LMA-Supreme™, in denen ein Leckagegeräusch ermittelt werden konnte (26%).

### 3.2.6 Die Inzidenz eines positiven *Bubble-test*

Bei fünf von 47 erfolgreich inserierten LMA-Supreme™ Larynxmasken zeigte der *Bubble-test* eine Leckage durch den Drainagekanal und damit eine nicht ausreichend tiefe Insertion der Maske an (12%). In allen Fällen konnte dies durch eine tiefere Insertion der Maske behoben werden. Die Leckage durch den Drainagekanal der Larynxmaske war nicht mit einem hörbaren Leckagegeräusch assoziiert. Die Einlage einer Magensonde konnte bei allen erfolgreich platzierten Larynxmasken vorgenommen werden.

### 3.2.7 Prädiktoren einer erschwerten Beatmung

Es wurde eine signifikante negative Korrelation zwischen der Erfolgsrate der Gesichtsmaskenbeatmung und dem Körpergewicht gefunden ( $p=0.048$ ,  $r=-0.31$ ).

## 3.3 Ergebnisse der Befragung der Studierenden

Die Studierenden wurden jeweils nach der Übung am Atemwegstrainer als auch nach der Durchführung der Beatmung mittels Gesichtsmaske und LMA-Supreme™ am Patienten befragt, welches Hilfsmittel sie in einer Notfallsituation präferieren würden. Nach der Übung am Atemwegstrainer entschieden sich von 63 befragten Studierenden 33 für die Verwendung einer Gesichtsmaske und 29 für den Einsatz einer LMA-Supreme™, ein Studierender konnte sich nicht entscheiden. Ähnlich waren die Daten bei der Befragung der Studierenden nach der Beatmung des Patienten verteilt. Von 41 befragten Studierenden der Kohorten 1 und 2 entschieden sich hier 10 für den Einsatz einer Gesichtsmaske und 11 für die LMA-Supreme™. Zwanzig Studierende konnten sich nicht entscheiden, welches Verfahren sie bevorzugen würden. Es gab keine Korrelation zwischen dem erfolgreichen Einsatz eines der beiden Verfahren und der vom Studierenden angegebenen Präferenz.

## 4. Diskussion

Die Hauptergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung sind:

- 1) Nach einer minimalen Ausbildung sind die Ergebnisse bezüglich des Ventilationserfolges am Atemwegstrainer für Gesichtsmaskenbeatmung und LMA-Supreme™ gleich.
- 2) Die Ausbildungsergebnisse am Atemwegstrainer decken sich nicht mit den Ergebnissen zur Beatmung von Patienten.
- 3) Im Vergleich zur Gesichtsmaskenbeatmung gelingt es unerfahrenen Anwendern signifikant häufiger und effektiver, einen Patienten mit einer LMA-Supreme™ zu ventilieren.

### 4.1 Stellenwert von Atemwegstrainern

#### 4.1.1 Wert von Atemwegstrainern als Ausbildungshilfsmittel

Die Ergebnisse zeigen, dass bezüglich der hier untersuchten Techniken am Atemwegstrainer erlernte Verfahren nur sehr begrenzt auf den Einsatz an Patienten vorbereiten können. Die Ergebnisse für das Erlernen der Gesichtsmaskenbeatmung und der Beatmung über LMA-Supreme™ stimmen mit früheren Ergebnissen von Mulcaster et al. überein, die Ähnliches bereits zum Erlernen der endotrachealen Intubation postulierten (Mulcaster et al. 2003).

Miller stellte 1990 ein vierstufiges Modell vor, um verschiedene Kompetenzniveaus in der Ausbildung von Medizinern voneinander abzugrenzen (Miller 1990). Die erste Stufe in Miller`s Lernpyramide stellt das medizinische Fachwissen dar (Kennen/Wissen). Die zweite Stufe (Kompetenz/wissen wie) entspricht dem eher theoretischen Wissen um die richtige Indikation dieser Maßnahme und wie diese durchzuführen ist. Die dritte Stufe der Pyramide (Durchführung/zeigen wie) stellt die Fähigkeit des Lernenden dar, diese Maßnahme tatsächlich erfolgreich durchzuführen. Die vierte und höchste Stufe (Handlung/in der Realität anwenden) bildet den Transfer der neu erlernten Fähigkeit in die klinische Praxis ab.

Die Ergebnisse der hier vorgelegten Untersuchung zeigen, dass durch die Ausbildung an Atemwegstrainern im Anschluss an eine theoretische Unterweisung primär das zweite - und nur in Teilen das dritte - Kompetenzniveau abgedeckt werden kann. Gleichwohl ist das grundsätzliche Erlernen und Erleben von Vorgehensweisen am Atemwegstrainer

zweifelsohne sinnvoll, um ein manuelles Basiswissen bereits vor der Anwendung am Patienten zu erhalten.

Ein weiterer Vorteil der Ausbildung am Atemwegstrainer ist die unbegrenzte Möglichkeit, verschiedene Prozeduren und deren Ablauf üben zu können, ohne dadurch einen Patienten zu gefährden. Das Training und die Erfahrung, die sich aus der Ausbildung an Patienten ergibt, können diese jedoch nur sehr begrenzt ersetzen, da die Übertragbarkeit des Lernerfolges auf den Patienten meist niedrig ist.

#### 4.1.2 Bedeutung für die Lehre im Fach Anästhesiologie an der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Der Lernzielkatalog der Universität Göttingen sieht für die Studierenden die endotracheale Intubation und die Sicherung der Atemwege als Fähigkeit vor, die diese in Rahmen ihrer Ausbildung angewendet respektive unter ärztlicher Anleitung durchgeführt haben sollen. Durch die Vorlesungen und Seminare wird das erste Kompetenzniveau nach Miller abgebildet (Miller 1990). Unsere Ergebnisse zeigen, dass der Unterricht am Atemwegstrainer primär das zweite - und nur partiell das dritte - Kompetenzniveau adressiert. Die Fähigkeit, eine ausreichend erfolgreiche Atemwegssicherung am Patienten durchzuführen, kann letztlich nur durch die Ausbildung am Patienten erreicht werden. Sowohl die Lehrenden als auch Auszubildenden müssen sich hierüber im Klaren sein, um den Atemwegstrainer im Sinne eines didaktischen und methodischen Gesamtkonzeptes richtig einzusetzen und zu bewerten. Andernfalls besteht die Gefahr, dem Studierenden eine „Schein-Kompetenz“ zu vermitteln.

Die curriculare Ausbildung im Fach Anästhesiologie bietet allein aus logistischen Gründen nicht die Möglichkeit, alle Studierenden so umfassend an Patienten auszubilden, als dass diese die verschiedenen Verfahren erfolgreich werden anwenden können. Inhaltlich bedeutet dies für die Lehre im Fach Anästhesiologie die Notwendigkeit zur Fokussierung auf jene Verfahren, die die Studierenden im vorgegebenen Zeitrahmen mit hoher Wahrscheinlichkeit dazu befähigen, eine lebensrettende Ventilation des Patienten erfolgreich herstellen zu können. Die Gruppe der supraglottischen Atemwege sollte daher im Rahmen der Lehre noch mehr in den Vordergrund gerückt werden und die Gesichtsmaskenbeatmung sollte – wo immer möglich – mit zwei Händen und Guedeltubus erfolgen.

### 4.1.3 Wert von Studien an Atemwegstrainern zur Klärung wissenschaftlicher Fragestellungen

Die Ergebnisse von an Atemwegstrainern durchgeführten Untersuchungen zur Atemwegssicherung werden zunehmend als kritisch angesehen (Rai und Popat 2011). In der Tat erscheinen die Zweifel auf Grund der hier vorgestellten Ergebnisse als berechtigt, da sich die am Übungsmodell gewonnenen Ergebnisse nicht auf die Anwendung am Patienten übertragen lassen.

Für einige ausgewählte Fragestellungen, beispielsweise zum strategischen Vorgehen, mag die Auswertung von an Simulatoren gewonnenen Daten hilfreich und nützlich sein. Für die Untersuchung der meisten klinischen Fragestellungen, insbesondere aber, um verschiedene supraglottische Atemwegshilfen miteinander zu vergleichen, erscheint dieses Vorgehen auch vor dem Hintergrund dieser Untersuchungsergebnisse als unzulässig.

## 4.2 Beatmung durch in der Atemwegssicherung Unerfahrene

Beatmung und Sicherung des Atemweges sind zentrale Maßnahmen in der Versorgung von Notfallpatienten. Hierbei gilt die endotracheale Intubation als Goldstandard der Atemwegssicherung. Vor allem in der Notfallsituation gilt die Sicherung der Atemwege jedoch auf Grund logistischer und medizinischer Rahmenbedingungen als deutlich schwieriger (Timmermann et al. 2006; Breckwoldt et al. 2012). Verschiedenste Untersuchungen konnten eine hohe Rate an Fehlintubationen zeigen. Selbst sehr erfahrenen Anwendern (Anästhesisten im mindestens 4. Weiterbildungsjahr) misslingt in der präklinischen Anwendung die Intubation in ca. 3% der Fälle (Russo et al. 2010). Die endotracheale Intubation stellt ein komplexes Verfahren dar und eine erfolglose bzw. eine unerkannte Fehlintubation ist für den Patienten mit schwerwiegenden Komplikationen verbunden (Timmermann et al. 2007c). Nicht für jeden Anwender kann von einer ausreichenden Expertise bezüglich der endotrachealen Intubation als Atemwegssicherung ausgegangen werden.

Da die Patienten allerdings nicht auf Grund einer erfolglosen Intubation versterben, sondern an den Folgen einer mangelnden Oxygenierung und Ventilation, haben die Gesichtsmaskenbeatmung und die Beatmung über einen supraglottischen Atemweg in internationalen Handlungsempfehlungen einen hohen Stellenwert erhalten.

Die Lernkurven für die erfolgreiche Anwendung von supraglottischen Atemwegen sind steiler, sodass eine Ventilation häufig und mit geringem Training zuverlässig etabliert werden kann (Davies et al. 1990; Timmermann et al. 2007b). Verschiedene Autoren haben die Gesichtsmaskenbeatmung mit der Anwendung von supraglottischen Atemwegen verglichen und konnten hierfür zeigen, dass die Verwendung von supraglottischen Atemwegen bezüglich des Ventilationserfolges gegenüber der Gesichtsmaskenbeatmung mindestens als gleichwertig einzuschätzen ist (Timmermann et al. 2007b; Abdi et al. 2009).

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Untersuchung zeigen, dass die in der Atemwegssicherung unerfahrenen Studierenden mittels LMA-Supreme™ deutlich häufiger in der Lage sind, die Beatmung eines Patienten erfolgreich zu etablieren. Für das Herstellen einer suffizienten Ventilation benötigen die Studierenden dabei mittels LMA-Supreme™ nicht länger als mittels konventioneller Gesichtsmaske. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse stimmen hierin mit den Ergebnissen bereits bestehender Studien überein (Abdi et al. 2009; Timmermann et al. 2008; Howes et al. 2010).

#### 4.2.1 Beatmungsqualität bei Beatmung durch in der Atemwegssicherung Unerfahrene

Ein weiterer im Rahmen dieser Arbeit untersuchter Aspekt war der Vergleich der Beatmungsqualität zwischen LMA-Supreme™ und Beatmung via Gesichtsmaske. Hierzu wurden die mittels beider Verfahren erreichten Atemminuten- und Tidalvolumina als Maß für die Qualität der Ventilation miteinander verglichen. Mittels LMA-Supreme™ konnten wesentlich höhere Atemminuten- und Tidalvolumina erreicht werden, als es den Studierenden mittels Gesichtsmaske gelang. Darüber hinaus lagen die mittels Gesichtsmaske durchschnittlich erreichten Atemminuten- und Tidalvolumina an der unteren Grenze der zur Ventilation des Patienten benötigten Volumina. Unter Berücksichtigung der Standardabweichungen lagen daher bei vielen Patienten die Atemminuten- und Tidalvolumina in einem Bereich, der für die suffiziente Ventilation des Patienten als nicht ausreichend angesehen werden muss, insbesondere unter Berücksichtigung des unter Umständen bei Notfallpatienten erhöhten Sauerstoffverbrauches (Paal et al. 2009; Mort 2005). Dies deckt sich mit den bereits von Abdi et al. berichteten Ergebnissen, welche ebenfalls eine niedrigere Beatmungsqualität bei der Gesichtsmaskenbeatmung gegenüber der Beatmung über LMA-Supreme™ zeigen konnten (Abdi et al. 2009).

Darüber hinaus ist die Inzidenz einer iatrogenen gastralen Luftinsufflation bei der Verwendung eines supraglottischen Atemweges im Vergleich zur Gesichtsmaskenbeatmung reduziert (Stone et al. 1998). Die LMA-Supreme™ scheint also auch in Bezug auf eine möglichst hohe Beatmungsqualität die bessere Alternative zur Gesichtsmaskenbeatmung für in der Atemwegssicherung Unerfahrene darzustellen.

#### 4.2.2 Einfluss des Guedeltubus auf Beatmungserfolg und -qualität

Die Studierenden erreichten nur unter Nutzung eines oropharyngealen Atemweges und unter Einsetzen des doppelten-C-Griffes vergleichbar hohe Erfolgsraten mittels Gesichtsmaskenbeatmung, wie sie während der Beatmung mittels LMA-Supreme™ gesehen wurden. Die dabei erreichten Atemminuten- und Tidalvolumina blieben allerdings auch unter Ausschöpfung aller Hilfsmittel deutlich niedriger als unter Beatmung mittels LMA-Supreme™. Auf Grund der hier vorgestellten Ergebnisse sollte daher im Notfall die Verwendung eines Guedeltubus als eindeutige Empfehlung gelten.

#### 4.2.3 Inzidenz von Leckagen bei Atemwegssicherung durch Unerfahrene

Die Korrekte Lage der LMA-Supreme™, welche für die Trennung des Respirationstraktes vom Ösophagus entscheidend ist, konnte in einem hohen Prozentsatz erreicht werden. Nur in zwölf Prozent der Fälle trat ein positiver *Bubble-test* auf, der auf eine inkorrekte Lage der LMA-Supreme™ hindeutete. Die Inzidenz von Fehllagen war damit allerdings höher als in früher publizierten Studien (Timmermann et al. 2009). Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer ausreichend tiefen Insertion und einer korrekten Insertionstechnik, die am Atemwegstrainer nur unzureichend dargestellt werden kann.

Unabhängig davon konnte in diesen Fällen trotzdem immer eine erfolgreiche und ausreichende Ventilation des Patienten hergestellt werden. Die LMA-Supreme™ kann somit einen Schutz vor Mageninsufflation und Aspiration bieten, welcher durch Gesichtsmasken konzeptionell nicht gewährleistet werden kann. Insbesondere bei der Beatmung durch in der Atemwegssicherung Unerfahrene, welche potentiell mit deutlich höheren Atemwegsdrücken einhergeht, stellt dies einen deutlichen Vorteil dar.

#### 4.2.4 Die Kompetenz von in der Atemwegssicherung Unerfahrenen, ihre eigenen Fähigkeiten einzuschätzen

Obwohl die Studierenden mit der LMA-Supreme™ wesentlich häufiger in der Lage waren, eine Ventilation zu etablieren, die zudem qualitativ besser war als mittels Gesichtsmaskenbeatmung, ließ sich bei der Befragung der Studierenden, welches Verfahren sie in einer Notfallsituation wählen würden, keine klare Präferenz gegenüber einer der beiden Masken erkennen. Vermutlich hat diese Einschätzung mit der mangelnden Erfahrung auf dem Gebiet der Atemwegssicherung zu tun und mit dem sich hieraus ergebenden Problem, die eigenen Fähigkeiten nicht korrekt einschätzen zu können. Ein in der Atemwegssicherung Unerfahrener hat also nicht nur Probleme damit, einen Patienten erfolgreich zu beatmen, darüber hinaus hat er vermutlich auf Grund seines niedrigen Erfahrungsgrades auch Schwierigkeiten damit, das für ihn hierfür am besten geeignete Verfahren zu wählen. Diese Hypothese wird von der Beobachtung gestützt, dass sich in Kohorte 1 nur 4 Studierende dazu entschieden, einen oropharyngealen Atemweg zu benutzen.

Dieser Erklärungsansatz deckt sich mit Ergebnissen, zu denen Kruger und Dunning 1999 kamen, nachdem sie eine Reihe von Untersuchungen zur Fähigkeit die eigenen Kompetenzen selbst einschätzen zu können, durchgeführt hatten (Kruger und Dunning 1999). Kruger und Dunning zufolge neigen Menschen dazu, ihre eigenen Fähigkeiten auf sozialen oder intellektuellen Gebieten zu überschätzen. Diese Selbstüberschätzung resultiert zum Teil aus dem Unvermögen, die eigene Inkompetenz zu erkennen. Laut Kruger und Dunning tragen inkompetente Personen eine doppelte Bürde: Sie ziehen auf Grund ihrer Unfähigkeit nicht nur irrtümliche Schlüsse und treffen fehlerhafte Entscheidungen, sie sind darüber hinaus auch unfähig, dies zu realisieren. Dies liegt vor allem daran, dass für die Fähigkeit, einen Sachverhalt korrekt einschätzen zu können, im Wesentlichen dieselben Voraussetzungen gelten wie für das Erkennen eines korrekten Urteils. Eine Untersuchung von Hodges et al. überprüfte und bestätigte diese Ergebnisse in einer ähnlichen Studie mit Anfängern im Arztberuf (Hodges et al. 2001).

Diese Erkenntnisse unterstreichen die Wichtigkeit klarer Leitlinien. Gerade der in der Atemwegssicherung Unerfahrene profitiert also von festen Empfehlungen und einem standardisierten Vorgehen, welches sich am Grad der Erfahrung des Anwenders orientiert.

#### 4.2.5 Bedeutung der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung hinsichtlich der Atemwegssicherung durch unerfahrenes Personal

Die klassische Alternative zur endotrachealen Intubation stellt die Gesichtsmaskenbeatmung dar. Mit Einführung der supraglottischen Atemwegshilfen in die Notfallmedizin gilt auch diese Gruppe als eine weitere Option. Trotz der wachsenden Hinweise, dass die Einlage einer supraglottischen Atemwegshilfe sich für in der Atemwegssicherung Unerfahrene einfacher gestaltet als die Beatmung über Gesichtsmaske und damit zu einer sichereren und suffizienteren Beatmung führt, finden sich in den aktuellen Leitlinien bis jetzt keine entsprechenden Empfehlungen. Die in dieser Studie gewonnenen Ergebnisse legen jedoch nahe, dass zumindest die LMA-Supreme™, als ein Vertreter der supraglottischen Atemwege, für in der Atemwegssicherung unerfahrene Anwender ein der Gesichtsmaske überlegenes Verfahren darzustellen scheint. Eine Empfehlung zu Gunsten von supraglottischen Atemwegen, z.B. der LMA-Supreme™ wird dadurch unterstrichen, dass in der Atemwegssicherung Unerfahrene nicht in der Lage sind, das für sie geeignete Verfahren der Atemwegssicherung auszuwählen.

In der Atemwegssicherung Unerfahrene scheinen demnach in doppelter Hinsicht von Handlungsempfehlungen, welche die primäre Verwendung von supraglottischen Atemwegen für diese Anwender empfehlen, zu profitieren, da sie weder in der Lage sind, einen Patienten mittels Gesichtsmaske regelhaft suffizient zu beatmen noch in der Lage sind, ihr eigenes Unvermögen adäquat einzuschätzen.

### 4.3 Limitationen

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Unterweisung am Atemwegstrainer noch detaillierter hätte sein können und die Studierenden vor allem durch die Fokussierung auf potentielle Probleme beim Patienten besser auf die klinische Praxis hätten vorbereitet werden können. Dies hätte zumindest theoretisch einen höheren Wissenstransfer in die klinische Realität zur Folge haben können. Allerdings waren die Dozenten am Atemwegstrainer alle erfahrene Anästhesiologen und Dozenten der curriculare Lehre, so dass von einer vollumfänglichen Unterweisung am Atemwegstrainer, inklusive entsprechender Hinweise auf die klinische Anwendung, ausgegangen werden kann.

Hinsichtlich der Bedeutung der hier vorgestellten Ergebnisse für die klinische Praxis und Empfehlung für die Ventilation und Oxygenierung von Notfallpatienten, muss einschränkend festgestellt werden, dass sich die Bedingungen für die Gesichtsmaskenbeatmung, die Einlage eines supraglottischen Atemweges sowie die Übungssituation am Atemwegstrainer unter kontrollierten Bedingungen deutlich von denen unter Notfallbedingungen unterscheiden. In der Regel sind die Bedingungen für die Atemwegssicherung im Notfall deutlich schlechter als unter kontrollierten Übungsbedingungen. Vor allem die unter Umständen fehlende Relaxierung, eine unzureichende Narkosetiefe, die Positionierung des Patienten oder auch Erbrochenes erschweren die Atemwegssicherung und führen eher zu höheren Versagensraten der Gesichtsmaskenbeatmung und endotrachealen Intubation. Umso mehr erscheint die Empfehlung zur Verwendung einer supraglottischen Atemwegshilfe, bzw. der 2-Hand-Beatmung unter Verwendung eines Oropharyngealtubus gerechtfertigt.

Da die Studierenden die Insertion einer LMA-Supreme™ in den Kohorten 1 und 2 stets im Anschluss an die Gesichtsmaskenbeatmung durchgeführt haben, wäre ein Gewöhnungseffekt an die Gesamtsituation zumindest denkbar. Da die Ergebnisse der Kohorte 3 hinsichtlich der Anwendung der LMA-Supreme™ denen der Kohorte 1 und 2 entsprechen, gehen wir jedoch davon aus, dass eine Gewöhnung allenfalls eine untergeordnete Rolle gespielt hat.

Ein weiterer limitierender Faktor ist die unverblindete Dokumentation der Leckagen.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Das Training an Übungsmodellen (hier Atemwegstrainer) stellt eine sinnvolle Vorbereitung für die weiterführende Ausbildung am Patienten dar. Das Training an Übungsmodellen kann die Ausbildung am Patienten jedoch nicht ersetzen. Für die Ausbildung angehender Ärzte ist daher das Erlernen der verschiedenen Techniken der Atemwegssicherung am Patienten, so wie dies vom Lernzielkatalog der medizinischen Fakultät Göttingen vorgesehen ist, unverzichtbar. Die Limitationen der Ausbildung an Übungsmodellen muss den Lehrenden und Lernenden bewusst sein, um „Schein“-Kompetenzen zu vermeiden.

Im Rahmen der Lehre an der medizinischen Fakultät der Universität Göttingen könnten die supraglottischen Atemwege einen noch größeren Stellenwert für die in der Beatmung unerfahrenen Studierenden erhalten. Die Gesichtsmaskenbeatmung sollte entsprechend den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit mit doppeltem C-Griff und oropharyngealem Atemweg gelehrt werden.

Die hier gewonnenen Ergebnisse unterstützen die kritische Betrachtung wissenschaftlicher Untersuchungen an Atemwegstrainern, da diese nur einen begrenzten Schluss auf die klinische Realität zulassen. Für die Evaluation supraglottischer Atemwege und deren Eigenschaften am Patienten (z.B. Schwierigkeit der Einlage, Möglichkeiten der Beatmung) scheinen Simulatorstudien nicht zulässig zu sein.

Mit Einführung der Larynxmaske in die klinische Praxis durch Dr. A. Brain entstand eine Alternative zur Beatmung mittels Endotrachealtubus und Gesichtsmaske. Mittlerweile existieren zahlreiche weitere Hilfsmittel zur Atemwegssicherung. Die meisten supraglottischen Atemwege dürften der Gesichtsmaske bei Beatmung durch in der Atemwegssicherung unerfahrenes medizinisches Personal überlegen sein. Für die hier untersuchte LMA-Supreme™ konnte dies gezeigt werden. Zukünftige Empfehlungen zur Beatmung von Notfallpatienten sollten diese Ergebnisse daher mindestens für in der Atemwegssicherung unerfahrene Anwender berücksichtigen.

Unklar bleibt, welcher der zahlreichen supraglottischen Atemwege sich, bei größtmöglicher Sicherheit für den Patient, mit Blick auf die Handhabbarkeit für den Einsatz durch in der Atemwegssicherung Unerfahrene am besten eignet.

## 6. Literaturverzeichnis

Abdi W, Dhonneur G, Amathieu R, Adhoum A, Kamoun W, Slavov V, Barrat C, Combes X (2009): LMA Supreme™ Versus Facemask Ventilation Performed by Novices: A Comparative Study in Morbidly Obese Patients Showing Difficult Ventilation Predictors. *Obes Surg* 19,1624–1630

Alexander R, Hodgson P, Lomax D, Bullen C (1993): A comparison of the laryngeal mask airway and Guedel airway, bag and facemask for manual ventilation following formal training. *Anaesthesia* 48,231–234

Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, Benumof JL, Berry FA, Bode RH, Cheney FW et al. (2013): Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 118,251–270

Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A (2012): Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand* 56,164–171

Brain AI (1983): The laryngeal mask--a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 55,801–805

Brain AI (1991): The development of the Laryngeal Mask--a brief history of the invention, early clinical studies and experimental work from which the Laryngeal Mask evolved. *Eur J Anaesthesiol Suppl* 4,5–17

Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Mochmann H, Arntz H (2011): Difficult prehospital endotracheal intubation – predisposing factors in a physician based EMS. *Resuscitation* 82,1519–1524

Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Arntz H, Mochmann H (2012): Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians—Comparing ‘proficient performers’ and ‘experts’. *Resuscitation* 83,434–439

Brimacombe J, Keller C (2005): Prime the ProSeal drain tube with lube from a tube! *Can J Anaesth* 52,338–339

- Colwell CB, McVaney KE, Haukoos JS, Wiebe DP, Gravitz CS, Dunn WW, Bryan T (2005): An evaluation of out-of-hospital advanced airway management in an urban setting. *Acad Emerg Med* 12,417–422
- Cook TM (2003): Novel airway devices: spoilt for choice? *Anaesthesia* 58,107–110
- Cook TM, Green C, McGrath J, Srivastava R (2007): Evaluation of four airway training manikins as patient simulators for the insertion of single use laryngeal mask airways. *Anaesthesia* 62,713–718
- Cormack RS, Lehane J (1984): Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 39,1105–1111
- Davies PR, Tighe SQ, Greenslade GL, Evans GH (1990): Laryngeal mask airway and tracheal tube insertion by unskilled personnel. *Lancet* 336,977–979
- Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, Perkins GD (2010): European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation* 81,1305–1352
- Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Berufsverband Deutscher Anästhesisten (2004): Airway Management: Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. 4. Auflage. *Anästh Intensivmed* 45,302–306
- De-Regge M, Vogels C, Monsieurs KG, Calle PA (2006): Retention of ventilation skills of emergency nurses after training with the SMART BAG compared to a standard bag-valve-mask. *Resuscitation* 68,379–384
- Drage MP, Nunez J, Vaughan RS, Asai T (1996): Jaw thrusting as a clinical test to assess the adequate depth of anaesthesia for insertion of the laryngeal mask. *Anaesthesia* 51,1167–1170
- el-Ganzouri AR, McCarthy RJ, Tuman KJ, Tanck EN, Ivankovich AD (1996): Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index. *Anesth Analg* 82,1197–1204
- Elling R, Politis J (1983): An evaluation of emergency medical technicians' ability to use manual ventilation devices. *Ann Emerg Med* 12,765–768
- El-Orbany M, Woehlck HJ (2009): Difficult Mask Ventilation. *Anesth Analg* 109,1870–1880
- Fullerton JN, Roberts KJ, Wyse M (2009): Can experienced paramedics perform tracheal intubation at cardiac arrests? Five years experience of a regional air ambulance service in the UK. *Resuscitation* 80,1342–1345

- Gatward JJ, Thomas, M J C, Nolan JP, Cook TM (2008): Effect of chest compressions on the time taken to insert airway devices in a manikin. *Br J Anaesth* 100,351–356
- Genzwürker H, Finteis T, Wegener S, Hess-Jähniig F, Segiet W, Kuhnert-Frey B, Ellinger K, Hinkelbein J (2010): Inzidenz der endotrachealen Intubation im Notarztdienst: adäquate Erfahrung ohne klinische Routine kaum möglich. *Anesthesiologie und Intensivmedizin* 51,202–210
- Goedecke A von, Keller C, Voelckel WG, Dunser M, Paal P, Torgersen C, Wenzel V (2006): Mask ventilation as an exit strategy of endotracheal intubation. *Anaesthesist* 55,70–79
- Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T (2006): Realistic assessment of the physician-staffed emergency services in Germany. *Anaesthesist* 55,1080–1086
- Hodges B, Regehr G, Martin D (2001): Difficulties in recognizing one's own incompetence: novice physicians who are unskilled and unaware of it. *Acad Med* 76,S87-9
- Howes BW, Wharton NM, Gibbison B, Cook TM (2010): LMA Supreme™ insertion by novices in manikins and patients. *Anaesthesia* 65,343–347
- 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
- Jones JH, Murphy MP, Dickson RL, Somerville GG, Brizendine EJ (2004): Emergency physician-verified out-of-hospital intubation: miss rates by paramedics. *Acad Emerg Med* 11,707–709
- Katz SH, Falk JL (2001): Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. *Ann Emerg Med* 37,32–37
- Kruger J, Dunning D (1999): Unskilled and unaware of it: how difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *J Pers Soc Psychol* 77,1121–1134
- Langeron O, Masso E, Huraux C, Guggiari M, Bianchi A, Coriat P, Riou B (2000): Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology* 92,1229–1236
- Larsen R: Anästhesie, 8. Auflage; Elsevier. Urban Fischer, München 2006
- LMA Deutschland GmbH (2007): Gebrauchsanweisung LMA-Supreme™. LMA-Deutschland GmbH Bonn

- Mihai R, Blair E, Kay H, Cook TM (2008): A quantitative review and meta-analysis of performance of non-standard laryngoscopes and rigid fiberoptic intubation aids. *Anaesthesia* 63,745–760
- Miller GE (1990): The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. *Acad Med* 65, 63-67
- Mort TC (2004): Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 99,607-13
- Mort TC (2005): Preoxygenation in critically ill patients requiring emergency tracheal intubation. *Crit Care Med* 33,2672–2675
- Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, Imrie D, Field C (2003): Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology* 98,23–27
- Nolan JP, Lockey D (2009): Airway management for out-of-hospital cardiac arrest--more data required. *Resuscitation* 80,1333–1334
- 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
- Paix AD, Williamson JA, Runciman WB (2005): Crisis management during anaesthesia: difficult intubation. *Qual Saf Health Care* 14,e5
- Pehböck D, Wenzel V, Voelckel W, Jonsson K, Herff H, Mittlböck M, Nagele P (2010): Effects of Preoxygenation on Desaturation Time during Hemorrhagic Shock in Pigs. *Anesthesiology* 113,593-599
- Rai MR, Popat MT (2011): Evaluation of airway equipment: man or manikin? *Anaesthesia* 66,1–3
- Russo SG: Atemwegssicherung in der Notfallsituation. Zitiert nach Inhaltsangabe des Vortrages (gehalten 26.11.2012). Vorlesung im Rahmen des Moduls 6.2, Göttingen
- Russo SG, Wulf H (2014): Erweiterte Indikationen der Larynxmaske - Wo liegen die Limitationen? *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 49,152–161
- Russo SG, Zink W, Herff H, Wiese C (2010): Tod durch (k)einen Atemweg. *Anaesthesist* 59,929–939
- Russo SG, Cremer S, Eich C, Jipp M, Cohnen J, Strack M, Quintel M, Mohr A (2012): Magnetic resonance imaging study of the in vivo position of the extraglottic airway devices i-

- gel and LMA-Supreme in anaesthetized human volunteers. *British Journal of Anaesthesia* 109,996–1004
- Russo SG, Bollinger M, Strack M, Crozier TA, Bauer M, Heuer JF (2013): Transfer of airway skills from manikin training to patient: success of ventilation with facemask or LMA-Supreme TM by medical students. *Anaesthesia* 68,1124–1131
- 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
- Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Brauer A, Rosenblatt WH, Braun U (2006): Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation* 70,179–185
- Timmermann A, Braun U, Panzer W, Schlaeger M, Schnitzker M, Graf BM (2007a): Out-of-hospital airway management in northern Germany. Physician-specific knowledge, procedures and equipment. *Anaesthesist* 56,328–334
- Timmermann A, Russo SG, Crozier TA, Eich C, Mundt B, Albrecht B, Graf BM (2007b): Novices ventilate and intubate quicker and safer via intubating laryngeal mask than by conventional bag-mask ventilation and laryngoscopy. *Anesthesiology* 107,570–576
- Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, Quintel M (2007c): The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg* 104,619–623
- Timmermann A, Cremer S, Heuer J, Braun U, Graf BM, Russo SG (2008): Larynxmaske LMA Supreme™: Anwendung durch im Airwaymanagement unerfahrenes medizinisches Personal. *Anaesthesist* 57,970–975
- Timmermann A, Cremer S, Eich C, Kazmaier S, Bräuer A, Graf BM, Russo SG (2009): Prospective Clinical and Fiberoptic Evaluation of the Supreme Laryngeal Mask Airway™. *Anesthesiology* 110,262-265
- Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M, Dörjes V (2012): Handlungsempfehlungen für das präklinische Atemwegsmanagement: Für Notärzte und Rettungsdienstpersonal. *Anästhesiologie Intensivmedizin* 53,294–308
- Truhlar A, Ferson DZ (2008): Use of the Laryngeal Mask Airway Supreme in pre-hospital difficult airway management. *Resuscitation* 78,107–108

- van Zundert A, Brimacombe J (2008): The LMA Supreme™- a pilot study. *Anaesthesia* 63,209–210
- Walsh K, Loveday K, O'Rathaille M (2003): A comparison of the effectiveness of pre-hospital bag-valve-mask ventilation performed by Irish emergency medical technicians and anaesthetists working in a tertiary referral teaching hospital. *Ir Med J* 96,77–79
- Wang HE, Kupas DF, Paris PM, Bates RR, Costantino JP, Yealy DM (2003): Multivariate predictors of failed prehospital endotracheal intubation. *Acad Emerg Med* 10,717–724
- Wedekind LV, Krier C (1993): The laryngeal mask--an overview 1983-1993. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 28,137–147
- Williamson JA, Webb RK, Szekely S, Gillies ER, Dreosti AV (1993): The Australian Incident Monitoring Study. Difficult intubation: an analysis of 2000 incident reports. *Anaesth Intensive Care* 21,602–607
- Wong DT, Yang JJ, Jagannathan N (2012): Brief review: The LMA Supreme™ supraglottic airway. *Can J Anesth/J Can Anesth* 59,483–493
- Wulf H (2013): Erweiterte Indikationen für die "neue Generation" der Larynxmaske. *Anästhesi Intensivmed* 54,170–171
- Zhang L, Seet E, Mehta V, Subramanyam R, Ankichetty SP, Wong DT, Chung F (2011): Oropharyngeal leak pressure with the laryngeal mask airway Supreme™ at different intracuff pressures: a randomized controlled trial. *Can J Anesth/J Can Anesth* 58,624–629

## 7. Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Überblick über die verschiedenen Techniken der Atemwegssicherung und deren Invasivitätsgrade.....	8
Abbildung 2: a-c Orale, pharyngeale und tracheale Achse werden durch anheben und Reklination des Halses übereinander gebracht (sog. Jackson-Position) .....	9
Abbildung 3: a-d Intubationsvorgang .....	10
Abbildung 4: Endotrachealtubus:.....	11
Abbildung 5: Platzierung der Gesichtsmaske. ....	12
Abbildung 6: C-Griff.....	12
Abbildung 7: Guedeltubus in situ .....	12
Abbildung 8: Einlage des Guedeltubus.....	13
Abbildung 9: Technik der Zweihandbeatmung.....	14
Abbildung 10: Sagittale MRT-Bilder einer LMA-Supreme™ in situ .....	15
Abbildung 11: Einlage der Larynxmaske.....	16
Abbildung 12: LMA-Supreme™... ..	18
Abbildung 13: Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement: .....	20
Abbildung 14: Endotrachealtubus in situ .....	21
Abbildung 15: Cormack-Lehane-Klassifikation .....	22
Abbildung 16: Studienablauf .....	31

## 8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfolgsraten am Atemwegstrainer unter Verwendung der Gesichtsmaske und der LMA-Supreme™ .....	38
Tabelle 2: Zur Herstellung einer suffizienten Beatmung benötigte Zeiten am Atemwegstrainer unter Verwendung der Gesichtsmaske und der LMA-Supreme™ .....	38
Tabelle 3: Erfolgsraten für die Herstellung einer suffizienten Beatmung mittels Gesichtsmaske und LMA-Supreme™ am Patienten.....	39
Tabelle 4: Benötigte Zeit zur Etablierung einer suffizienten Beatmung mittels Gesichtsmaske und LMA-Supreme™ am Patienten (nur erfolgreiche Versuche) .....	40
Tabelle 5: Am Patienten erreichte Tidal- und Atemminutenvolumina (nur erfolgreiche Versuche) .....	41

## Danksagung:

Diese Arbeit wurde im Zentrum für Anästhesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin der Georg-August-Universität Göttingen angefertigt. Ich danke allen Personen, die mich bei der Durchführung dieser Untersuchung unterstützt haben und allen Studierenden, welche an dieser Untersuchung teilgenommen haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Doktorvater und Betreuer Herrn PD. Dr. med. Sebastian G. Russo für die außerordentlich gute Zusammenarbeit im Rahmen der Dissertationsarbeit und über diese hinaus.

Des Weiteren möchte ich Frau PD. Dr. rer. nat. Micha Strack für die Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten danken.

## Lebenslauf:

Ich, Matthias Bollinger, wurde am 21.03.1985 in Frankfurt am Main als Sohn des Architekten Detlef Bollinger und der Bankkauffrau Jutta Bollinger geboren. Meine Schulzeit schloss ich 2004 mit dem Abitur am Georg-Büchner-Gymnasium in Bad Vilbel ab.

Nach der Ableistung meines Zivildienstes im Rettungsdienst und nach Abschluss meiner Ausbildung zum Rettungsassistenten qualifizierte ich mich weiter zum Lehrrettungsassistenten und zum Organisatorischen Leiter Rettungsdienst.

Während und nach meiner Schulzeit war ich ehrenamtlich bei der Pfadfinderschaft Schwarze Falken und im 2. Katastrophenschutzzug des Wetteraukreises engagiert und engagiere mich derzeit in der Bergwacht Hessen Bereitschaft Großer Feldberg des Deutschen Roten Kreuzes.

Ab dem Sommersemester 2008 studierte ich Humanmedizin an der Georg-August-Universität Göttingen. Im Frühjahr 2010 legte ich das erste Staatsexamen ab. Im Wintersemester 2010/2011 begann ich meine Promotionsarbeit bei PD Dr. med. S.G. Russo am Zentrum für Anästhesie, Rettungs- und Intensivmedizin der Universitätsmedizin der Georg-August Universität Göttingen. Das zweite Staatsexamen in Medizin legte ich am 24.04.2014 ab. Am 08.05.2014 erhielt ich die Approbation als Arzt.

Im September 2013 wurde ich auf dem *17<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Airway Management Scientific Meeting* in Philadelphia, USA, für die Präsentation dieser Untersuchungen mit dem *Trainee Award* der *Society for Airway Management* ausgezeichnet.