

Aus der Klinik für Anästhesiologie  
des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck  
Direktor: Prof. Dr. med. P. Schmucker

---

## Der Larynxtubus

Evaluierung einer neuen supraglottischen Beatmungshilfe

INAUGURALDISSERTATION

zur  
Erlangung der Doktorwürde  
der Universität zu Lübeck  
**- Aus der medizinischen Fakultät -**

vorgelegt von  
Hans-Thomas Schumann  
aus Brehna

Lübeck 2004

**1. Berichterstatter: Priv.- Doz. Dr. med. Volker Döriges**

**2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Elke Muhl**

**Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.2004**

**zum Druck genehmigt. Lübeck, den 20.12.2004**

**gez. Prof. Dr. med. Peter Dominiak  
- Dekan der Medizinischen Fakultät -**

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>3</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>6</b>
<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1. ZIELSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>15</b>
<b>2. MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. BEATMUNGSMANAGEMENT.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.1. Beatmungsbeutel.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1.2. Gesichtsmaske.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3. Larynxtubus.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. UNTERSUCHUNGSPLAN MODELLVERSUCH.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1. Probanden.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2.2. Versuchsdurchführung am Modell.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3. UNTERSUCHUNGSPLAN KLINISCHE STUDIE.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.1. Patienten.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.2. Studienablauf Klinische Studie.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4. STATISTISCHE AUSWERTUNG.....</b>	<b>37</b>
<b>3. ERGEBNISSE.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. ERGEBNISSE MODELLVERSUCH.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.1. Platzierungszeit.....</b>	<b>38</b>
<b>3.1.2. Platzierungsversuche.....</b>	<b>39</b>

<b>3.1.3. Beatmungsparameter.....</b>	<b>39</b>
3.1.3.1. Expiratorisches Tidalvolumen ( $V_{texp}$ ).....	39
3.1.3.2. Atemwegsspitzenndruck ( $Paw_{peak}$ ).....	40
3.1.3.3. Ösophagealer Spitzenndruck ( $Poes_{peak}$ ).....	41
3.1.3.4. Mageninsufflation.....	42
<b>3.1.4. Objektive Bewertung der Beatmungshilfen durch den     Versuchsleiter.....</b>	<b>43</b>
<b>3.1.5. Subjektive Einschätzung der Beatmungshilfen durch die     Probanden.....</b>	<b>43</b>
<b>3.2. ERGEBNISSE KLINISCHE STUDIE.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.1. Platzierungszeit und Anzahl der Platzierungsversuche.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.2. Herz-Kreislauf-Parameter.....</b>	<b>44</b>
3.2.2.1. Blutdruck (RR) und Herzfrequenz (HF).....	44
<b>3.2.3. Beatmungsparameter.....</b>	<b>45</b>
3.2.3.1. Expiratorisches Tidalvolumen ( $V_{texp}$ ).....	45
3.2.3.2. Atemwegsspitzenndruck ( $Paw_{peak}$ ), end- expiratorischer Kohlendioxidanteil ( $etCO_2$ ) und peripher- kapilläre Sauerstoffsättigung ( $SpO_2$ ).....	46
<b>3.2.4. Blutgasanalyse (BGA).....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.5. Oropharyngealer Leckagedruck.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.6. Subjektive Einschätzung des Larynxtubus.....</b>	<b>49</b>

<b>4. DISKUSSION.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. MODELLVERSUCH.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2. KLINISCHE STUDIE.....</b>	<b>55</b>
<b>5. ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>59</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>61</b>
<b>7. ANHANG.....</b>	<b>72</b>
<b>7.1. ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE MODELLVERSUCH.....</b>	<b>72</b>
<b>7.2. ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE KLINISCHE STUDIE.....</b>	<b>73</b>
<b>7.3. ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>74</b>
<b>7.4. TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>75</b>
<b>8. DANKSAGUNG.....</b>	<b>76</b>
<b>9. CURRICULUM VITAE.....</b>	<b>77</b>
<b>10. VERÖFFENTLICHUNGEN.....</b>	<b>80</b>

## **ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

Abb.	Abbildung
ACLS	Advanced Cardiac Life Support; erweiterte Maßnahmen der Wiederbelebungs
AF	Atemfrequenz
AHA	American Heart Association
AIDS	acquired immunodeficiency syndrom
AMV	Atemminutenvolumen
ARC	Australian Resuscitation Council
ASA	American Society of Anesthesiologists
BE	base excess; Basenüberschuss
BGA	blood gas analysis; Blutgasanalyse
BLS	Basic Life Support; Basismaßnahmen der Wiederbelebungs
ca.	zirka
CLAR	Council of Latin America for Resuscitation
cm	Zentimeter
cmH <sub>2</sub> O	Zentimeter Wassersäule
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COPD	chronic obstructive pulmonary disease; chronisch obstruktive Lungenerkrankung
CPR	cardiopulmonary resuscitation; kardiopulmonale Reanimation
ERC	European Resuscitation Council
et al.	et alii; und andere
etCO <sub>2</sub>	end-expiratorischer Kohlendioxidanteil

exp	expiratorisch; die Ausatmung betreffend
FiN <sub>2</sub> O	inspiratorische Lachgaskonzentration
FiO <sub>2</sub>	inspiratorische Sauerstoffkonzentration
G	Gauge; Maß für Durchmesser
Gew.	Gewicht
GM	Gesichtsmaske
Gr.	Größe
h	Stunde
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Bikarbonat
HDM	Herzdruckmassage
HF	Herzfrequenz
HIV	human immunodeficiency virus
HNO	Hals – Nasen – Ohren
HSFC	Heart and Stroke Foundation of Canada
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
ILMA	Intubationslarynxmaske
insp	inspiratorisch; die Einatmung betreffend
ISO	International Standard Organization
i.v.	intravenös
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
kPa	Kilopascal
KT	Kombitubus
l	Liter
LESP	lower esophageal sphincter pressure; unterer Ösophagusshinkterdruck
LMA	Larynxmaske
LSM	lebensrettende Sofortmaßnahmen
LT	Larynxtubus
MAD	mittlerer arterieller Druck
mbar	Millibar
mg	Milligramm
min	Minute

min <sup>-1</sup>	pro Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
mmol	Millimol
MW	Mittelwert
µg	Mikrogramm
n	Anzahl
Nr.	Nummer
NRC	National Research Council
NZRC	New Zealand Resuscitation Council
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
P	Signifikanzniveau
pCO <sub>2</sub>	Partialdruck des Kohlendioxids
pO <sub>2</sub>	Partialdruck des Sauerstoffs
Paw <sub>peak</sub>	Atemwegsspitzenndruck
PEEP	positive end-expiratory pressure; positiv end-expiratorischer Druck
pH	potentia hydrogenii; Potenz der Wasserstoffionenkonzentration
Poes <sub>peak</sub>	Ösophagusspitzenndruck
RCSA	Resuscitation Council of Southern Africa
RR	Blutdruck nach Riva Rocci
RR <sub>sys</sub>	systolischer Blutdruckwert
RR <sub>dias</sub>	diastolischer Blutdruckwert
s	Sekunde
SO <sub>2</sub>	arterielle Sauerstoffsättigung
SpO <sub>2</sub>	periphere Sauerstoffsättigung
SD	standard deviation; Standardabweichung
t	Zeit
Tab.	Tabelle
v.a.	vor allem
vgl.	vergleiche
Vo <sub>es</sub>	Magenbelüftungsvolumen



vs.	versus
Vt	Tidalvolumen; Atemzugvolumen
z.B.	zum Beispiel

## 1. EINLEITUNG

Die häufigste Ursache für das Auftreten des plötzlichen Herztodes ist die ischämische Herzkrankheit (75, 118, 124). Die unzureichende Pumpleistung des Herzens führt dabei zu mangelnder Blutzirkulation, gestörter Organperfusion, verringertem pulmonalen Gasaustausch und nachfolgend zur Organhypoxie. Dies wiederum bedingt v. a. an Hirn und Myokard ein massives Sauerstoffdefizit mit ausgeprägter metabolischer Übersäuerung und mündet schließlich in einem „Circulus vitiosus“, der ein akutes Kreislaufversagen herbeiführen kann.

Das akute Ereignis eines Kreislaufstillstandes führt bereits nach 8 Sekunden sistierender Hirndurchblutung zur funktionellen Lähmung der Hirnzellen mit auftretender Bewusstlosigkeit (27). Diese Störungen sind bei einer Körperkerntemperatur von 37 °C theoretisch bis zu 8 Minuten reversibel, jedoch sinken bereits nach 4 Minuten Sauerstoffmangel die Erfolgchancen einer kardiopulmonalen Reanimation (CPR) erheblich (127).

Die Auswertung von 55.961 beschriebenen Reanimationen in der internationalen Fachliteratur ergab einen primären Wiederbelebungserfolg von insgesamt 27 %. Davon waren Reanimationsmaßnahmen die innerhalb von einer Minute erfolgten in 47 % der Fälle erfolgreich, während nach 4 - 5 Minuten noch 27 % der Fälle und nach einer Zeit von  $\geq 5$  Minuten nur noch 6 % der Reanimationsmaßnahmen primär zum Erfolg führten (27). Andere Studien zum Reanimationserfolg ergaben vergleichbare Ergebnisse. Darin gelang die primäre Wiederbelebung in 20 - 40 % der Fälle, sofern die Reanimationsmaßnahmen innerhalb von 4 Minuten einsetzten (23, 80, 99, 110, 122, 129).

In diesen lebensbedrohlichen Situationen stellen die Schaffung eines sicheren Atemweges für die künstliche Beatmung und die Wiederherstellung einer kontinuierlichen Blutzirkulation mittels externer Herzdruckmassage die zentralen Säulen der Reanimationsbemühungen dar und haben oberste Priorität, um die letalen Folgen von Hypoxie und Hyperkapnie abzuwenden.

Derartige Wiederbelebungsmaßnahmen reichen weit in die Historie zurück. Wenzel et al. haben im Rahmen einer Übersichtsarbeit diesbezüglich eine geschichtliche Dokumentation zusammengestellt (136).

Die wesentliche Säule früherer Wiederbelebungsmaßnahmen war die Atemspende im Rahmen der Mund-zu-Mund-Beatmung (73), die entgegen vielfach beschriebener Erfolge (6, 48, 55, 67, 82, 83) erstmals 1958 als geeignete Maßnahme zur Wiederbelebung vom National Research Council (NRC) anerkannt wurde.

Mit der Etablierung der anästhesiologischen Fachdisziplin in den sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurden umfangreiche Bestrebungen unternommen, der Grundanforderung einer suffizienten Versorgung des Organismus mit Sauerstoff zu entsprechen. Zunehmende wissenschaftliche Erkenntnisse zu den pathophysiologischen Zusammenhängen des respiratorischen Systems und die Kenntnisse der kausalpathologischen Wechselwirkungen unterschiedlichster Einflussfaktoren führten zur Entwicklung vielfältiger Beatmungsmöglichkeiten, die auf der von William Mc Ewen 1880 (94) erstmals beschriebenen endotrachealen Intubation, dem sichersten künstlichen Atemweg, beruhten (12).

Auch unter heutigen notfallmedizinischen Standards ist die endotracheale Intubation das Mittel der ersten Wahl zur Sicherung des Atemweges bei akuter respiratorischer Insuffizienz und gilt im Rahmen der erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen (Advanced Cardiac Life Support, ACLS) in der gesamten wissenschaftlichen Literatur als „Gold-Standard“ (5, 28, 30, 71, 100).

Da aber auch die endotracheale Intubation multifaktoriellen Einflüssen unterliegt, kann sie nicht in jedem Falle erfolgreich angewendet werden. Neben den speziellen Notfallsituationen und den patientenbezogenen individuellen Besonderheiten sind es vor allem die subjektiven Erfahrungen und Fähigkeiten des Retters, die für den Erfolg dieser Therapiemaßnahme ausschlaggebend sind. So sind umfangreiche praktische und klinische Erfahrungen bei der Durchführung der endotrachealen

Intubation und kontinuierliche Anwendung unabdingbare Voraussetzungen für den erfolgreichen Einsatz dieser Maßnahme.

Bedingt dadurch, dass nur wenige medizinische Fachbereiche eine derartige Kontinuität garantieren können, obliegt es überwiegend dem anästhesiologischen und intensivmedizinischen Fachpersonal oder aber dem im Management von präklinischen Notfallsituationen erfahrenen Rettungsdienstpersonal, die endotracheale Intubation, die per se eine „ärztliche Maßnahme“ darstellt, vorzunehmen. Auf dieses Fachpersonal kann jedoch nicht „zu jeder Zeit - an jedem Ort“ zurückgegriffen werden, sodass die Behandlung von Patienten mit akuten kardiopulmonalen Störungen in der Initialphase überwiegend von im Notfallmanagement Unerfahrenen vorgenommen werden muss (36, 120).

Dabei kommt dem therapiefreien Intervall, das den Zeitabschnitt zwischen dem akut eintretenden Notfallgeschehen und den beginnenden Wiederbelebungsmaßnahmen beschreibt (111, 126, 138), essentielle Bedeutung zu. Die Schaffung eines sicheren Atemweges und die effiziente Oxygenierung des Patienten stellen hier die zentrale Säule der Wiederbelebungsmaßnahmen dar, ohne welche alle nachfolgenden Maßnahmen erfolglos bleiben. Untersuchungen einer belgischen Multizenterstudie ergaben, dass bis zur Durchführung der endotrachealen Intubation ein Zeitintervall von durchschnittlich 17 Minuten verstreicht (74). Weiterhin bestehen erhebliche situative Unterschiede zwischen dem klinischen und präklinischen Bereich. Während innerhalb medizinischer Einrichtungen die Erstmaßnahmen zur Wiederbelebung überwiegend durch medizinisches Assistenzpersonal vorgenommen werden, sind es außerhalb dieser Einrichtungen vor allem Laienhelfer, welche die Basismaßnahmen einleiten (27, 120).

Die außergewöhnliche Bedeutung der Ersthelfer, vor allem der Laienhelfer, wird dadurch deutlich, dass weit mehr als 50 % der Fälle akuter Atem- und Kreislaufstillstände außerhalb medizinischer Einrichtungen auftreten (27). Diesbezügliche Studien ergaben, dass bei nur jedem zehnten reanimationspflichtigen Patienten von einem Laienhelfer Erstmaßnahmen eingeleitet werden (74), obwohl der Laienhelfer in 50 - 75 % der Fälle Zeuge des akuten Ereignisses ist (120). Neben mangelndem Wissen, schlechter Ausbildung, Angst vor rechtlichen Konsequenzen und fehlenden „Refresher-Kursen“ (8) stellt die Angst vor infektiösen Krankheiten, insbesondere

vor Hepatitis und AIDS, das Hauptproblem bei der Anwendung der Atemspende dar (21, 24, 30).

Untersuchungen und Begründungsansätze, die lebensrettenden Sofortmaßnahmen (LSM) ohne integrierte Mund-zu-Mund-Beatmung und nur unter Anwendung der Herzdruckmassage (HDM) durchzuführen (11), können nicht empfohlen werden (52, 79), da die gewonnenen Erkenntnisse überwiegend auf zum Teil widersprüchlichen tierexperimentellen Untersuchungen (35) beruhen, und nicht unmittelbar auf die spezifischen pathophysiologischen Mechanismen des Menschen übertragbar sind (114, 116).

Klinische Untersuchungen an 30 narkotisierten Patienten zeigten, dass es bei alleiniger Durchführung der Herzdruckmassage zur Verlegung der oberen Atemwege kommt und somit ein suffizientes Atemzugvolumen (Tidalvolumen) nicht nachgewiesen werden konnte (117). Der Nachweis der positiven Effekte von Beatmungsmaßnahmen in Situationen eingeschränkter Blutzirkulation (66), vor allem jedoch in Situationen akuter Kreislaufstillstände (68, 77, 101), und der Nachweis, dass für den Ersthelfer bei der Durchführung der Atemspende durch Mund-zu-Mund-Beatmung kein signifikant erhöhtes Infektionsrisiko gegenüber dem Hepatitis- und dem HI-Virus besteht (8, 22, 29, 49), haben dazu geführt, die Mund-zu-Mund-Beatmung auch weiterhin als obligate Ersthelfermaßnahme zu empfehlen (70, 71).

Neben der Qualifikation des Ersthelfers, die vom Laien über mehr oder weniger erfahrenes Pflegepersonal bis hin zu Rettungsassistenten und erfahrenen Anästhesisten und Intensivmedizinern reicht, existiert eine Vielzahl von weiteren Faktoren, die das Ausmaß der „vulnerablen Phase“ wesentlich beeinflussen und zu Situationen führen können, in denen die endotracheale Intubation zur Sicherung der Atemwege nicht erfolgreich durchführbar ist. So schwankt die Erfolgsrate der präklinischen Intubationen in verschiedenen internationalen Studien zwischen 92 und 100 % (1, 113, 122), während unter optimalen klinischen Bedingungen das Risiko einer erschwerten endotrachealen Intubation 1 - 4 % beträgt (9).

Treten mehrere ungünstige Faktoren zeitgleich auf, kann dies zu einer „can't intubate - can't ventilate“ - Situation führen, einer brisanten Lage, die dadurch gekennzeichnet ist, dass nach wiederholt erfolglosen Intubationsversuchen auch eine

alternative Beatmung mit dem Beutel-Masken-System ineffektiv ist (20). Drohende Hypoxie und Hyperkapnie erfordern gerade in diesen Situationen schnelles und besonnenes Handeln der Retter mit weitreichender Relevanz. So entscheidet die Wahl der Beatmungshilfe darüber, ob die Persistenz der „vulnerablen Phase“ mit fortschreitender metabolischer Übersäuerung effektiv abgewendet werden kann.

Um derartigen Situationen adäquat begegnen zu können, ist man seit einigen Jahren verstärkt bemüht, Alternativen zu entwickeln, die einen sicheren Atemweg und damit eine suffiziente Oxygenierung des Patienten gewährleisten und selbst für den Unerfahrenen leicht anzuwenden sind.

Erstmals in der Geschichte konnten im Jahre 2000 für alle im International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) organisierten Gremien inhaltlich übereinstimmende Empfehlungen hinsichtlich der Behandlung akuter Atem- und Kreislaufstillstände entwickelt und verabschiedet werden (70, 71).

Die Erstmaßnahmen (Basic Life Support, BLS) umfassen für den Laienhelfer das Freimachen und Freihalten der Atemwege, die Atemspende durch Mund-zu-Mund-Beatmung und die Herzdruckmassage. Medizinisches Fachpersonal kann im Rahmen der erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen (ACLS) Maßnahmen des erweiterten Notfall- und Atemwegsmanagements wie endotracheale Intubation, Anlage eines intravenösen Gefäßzuganges, i. v. Applikation von Notfallmedikamenten und die externe Defibrillation zur Anwendung bringen. Somit stellt das Atemwegsmanagement sowohl bei den Erstmaßnahmen (BLS) als auch bei den erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen (ACLS) eine zentrale Säule der Reanimationsmaßnahmen dar.

Für medizinisches Assistenzpersonal und in Situationen, in denen eine endotracheale Intubation nicht gelingt oder nicht durchführbar ist, empfehlen die American Heart Association und das European Resuscitation Council die Anwendung der Beutel-Masken-Beatmung (70, 71). Die Verwendung des Beutel-Masken-Systems erfordert jedoch kontinuierliches Training und bringt selbst bei sachgemäßer Anwendung eine Reihe risikoreicher Komplikationen mit sich. Häufig ist eine Systemundichtigkeit zwischen der Maskenauflagefläche und dem Patientengesicht zu beobachten, die nachfolgend zu insuffizienten pulmonalen Beatmungsvolumina führt (2, 49). Das Kardinalproblem stellt jedoch die Magenbelüftung mit nachfolgender pulmonaler

Aspiration nach Regurgitation von Mageninhalt dar (44, 47, 76, 129, 133). Unter Berücksichtigung der drohenden Komplikationen bei der Anwendung der Beutel-Masken-Beatmung im Rahmen des Notfall- und Atemwegsmanagements haben die AHA und das ERC in ihren „2000-er Empfehlungen“ ebenfalls Beatmungsalternativen aufgenommen, die in Situationen erfolgloser endotrachealer Intubation und ineffektiver Beutel-Masken-Beatmung (can't intubate - can't ventilate) anwendbar sind.

Die Larynxmaske (LMA) und der Kombitubus (KT) stellen praktikable Alternativen dar, die das oben beschriebene Problem der Magenbelüftung mit nachfolgender pulmonaler Aspiration wesentlich minimieren können (58, 92).

In jüngster Zeit wurden mit der Intubationslarynxmaske (ILMA) und dem Larynx-tubus (LT) weitere alternative supraglottische Beatmungshilfen für das Atemwegsmanagement in Situationen erschwerter endotrachealer Intubation in den Markt eingeführt. Dabei kann die Intubationslarynxmaske (ILMA) das Kardinalproblem der Magenbelüftung mit konsekutiver Aspirationsgefahr weitestgehend verhindern und gleichzeitig eine suffiziente Oxygenierung des Notfallpatienten gewährleisten (7, 88).

Während der Einsatz der Intubationslarynxmaske vom Anwender umfangreiche notfallmedizinische Erfahrungen und praktische Fertigkeiten erfordert und damit in der Hand erfahrener Rettungsassistenten und Notärzte eine wertvolle Beatmungshilfe in Situationen akuter Atem- und Kreislaufstillstände darstellt (46), soll der Larynx-tubus auch für den notfallmedizinisch weniger versierten Anwender bis hin zum Laienhelfer eine sehr praktikable Beatmungshilfe darstellen.

Die vorliegenden ersten Untersuchungen zur Anwendbarkeit des Larynx-tubus erfolgten dabei zum einen durch Assistenzärzte ohne spezielle anästhesiologische und intensivmedizinische Vorkenntnisse an einem etablierten Modell (43), welches einen ungeschützten Luftweg unter reanimationsspezifischen Bedingungen darstellte und zum anderen durch erfahrene Anästhesisten an 30 Patienten, die sich im Rahmen eines chirurgischen Routineeingriffs einer Allgemeinanästhesie zu unterziehen hatten.

## **1.1. ZIELSTELLUNG DER UNTERSUCHUNGEN**

Die vorliegende Arbeit war daraufhin ausgerichtet, folgende Fragestellungen zu untersuchen:

- Erfüllt der Larynxtubus die Grundanforderungen an eine moderne supraglottische Beatmungshilfe?
- Vermag der Larynxtubus den Atemweg über einen längeren Zeitraum zu sichern und eine suffiziente Oxygenierung zu gewährleisten?
- Kann der Larynxtubus im klinisch-anästhesiologischen Alltag adäquat eingesetzt werden?
- Stellt der Larynxtubus auch für den weniger geübten Anwender eine geeignete Beatmungshilfe in Situationen dar, in denen die endotracheale Intubation nicht durchgeführt werden kann?
- Ist der Larynxtubus eine leicht erlernbare, gut reproduzierbare und leicht anwendbare Alternative zur Beatmung mit der Gesichtsmaske?

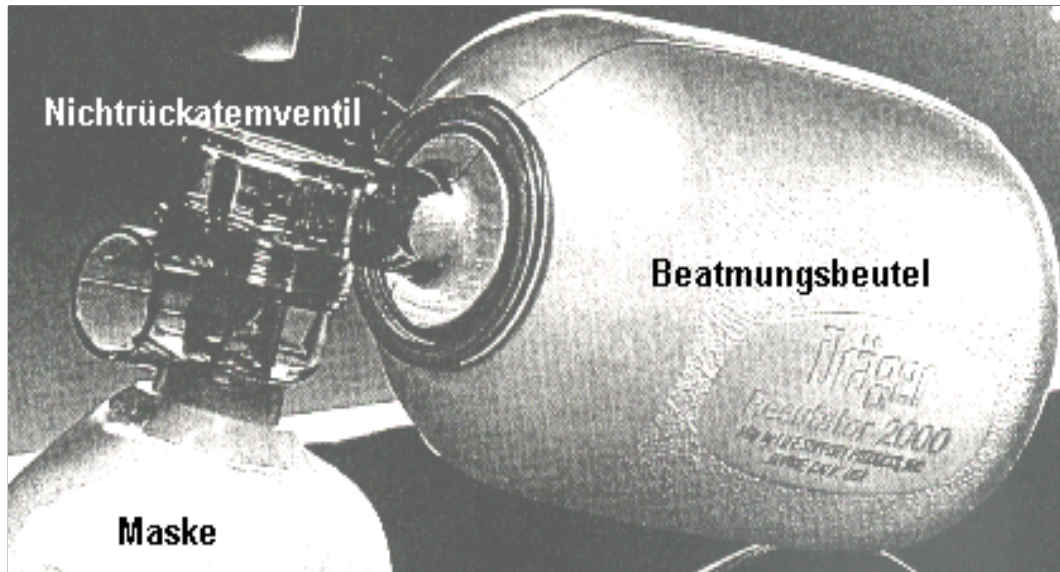
## **2. MATERIAL UND METHODEN**

### **2.1. BEATMUNGSMANAGEMENT**

#### **2.1.1. Beatmungsbeutel**

Selbstexpandierende Beatmungsbeutel, wie sie heute flächendeckend in allen klinischen und präklinischen Bereichen Anwendung finden, gehören zur Grundausstattung des Atemwegsmanagements. Es wird vom ERC die Ausstattung mit einem Nichtrückatemventil (ISO-Standard) und das Vorhandensein eines Anschlusskonus für eine externe Sauerstoffzuleitung (Flow Rate bis 15 l/min) als obligate Grundanforderungen empfohlen (53). Der Beatmungsbeutel kann mit allen Beatmungshilfen (Gesichtsmaske, Endotrachealtubus, Larynxmaske, Intubationslarynxmaske, Kombi-tubus, Larynxtubus) über den genormten Anschluss der Größe 15/22 mm (ISO-Standard) verbunden werden. In unseren Untersuchungen benutzten wir einen Beatmungsbeutel (Dräger, Lübeck, Deutschland) mit einem maximalen Füllungs-volumen von 1500 ml (Abb. 1).

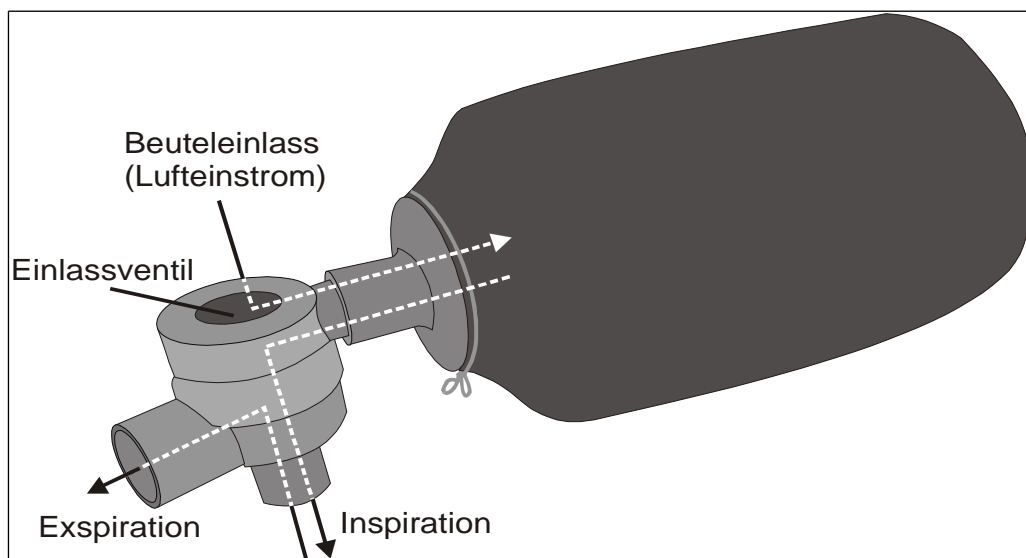




**Abbildung 1:** Beatmungssystem Beutel-Gesichtsmaske

Ansicht eines Beatmungssystems: Beutel-Gesichtsmaske mit Nichtrückatemventil und externem Sauerstoffanschluss

Beim manuellen Komprimieren des Beatmungsbeutels kann die Luft nur über das Inspirationsventil den Beatmungsbeutel verlassen, während sich das Einlassventil und das Expirationsventil in geschlossenem Zustand befinden (Abb. 2).



**Abbildung: 2** Luftströmungsverhältnisse bei Betätigung des Beatmungsbeutels

Aus: Knacke, P (2000): Notfallbeatmung bei ungesichertem Luftweg durch medizinisches Assistenzpersonal. Med. Diss. Lübeck

Die aus dem Beatmungsbeutel herausgepresste Luft kann so über die jeweils verwendete Beatmungshilfe dem Patienten appliziert werden (Inspiration). Nach dem Beenden der Kompression füllt sich der expandierende Beatmungsbeutel selbstständig mit Raumluft. Dies erfolgt über das Einlassventil, während sich das Inspirationsventil des Beatmungsbeutels gleichzeitig verschließt. Für die zeitgleich stattfindende Ausatmung kann die Ausatemluft des Patienten über das Expirationsventil in die Umgebung entweichen (Expiration), wodurch eine Rückatmung der Expirationsluft vermieden wird. Der Beatmungsbeutel kann über das Oxydem 2000 Demand-Ventil (Dräger, Lübeck, Deutschland) mit einer externen Sauerstoffquelle verbunden werden, was bei Bedarf eine inspiratorische Sauerstoffkonzentration von 100 % ( $\text{FiO}_2 = 1,0$ ) sicherstellen kann.

### 2.1.2. Gesichtsmaske

Ebenso wie der Beatmungsbeutel gehören Gesichtsmasken verschiedener Größe zum obligaten Grundinstrumentarium des Atemwegsmanagements im klinischen und präklinischen Alltag. Eine hilfreiche Ergänzung des Beutel-Masken-Systems stellt die Verwendung eines Guedeltubus dar. Beide Beatmungshilfsmittel, sowohl Gesichtsmaske (Ambu, Hanau, Deutschland) als auch Guedeltubus (Rüsch, Kernen, Deutschland) wurden bei unseren Untersuchungen kombiniert angewendet (Abb. 3a, 3b).



Abbildung 3a: Gesichtsmaske

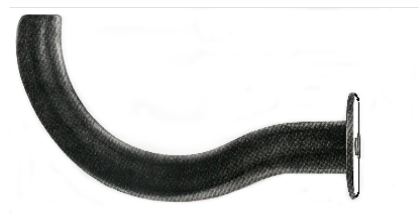


Abbildung 3b: Guedeltubus

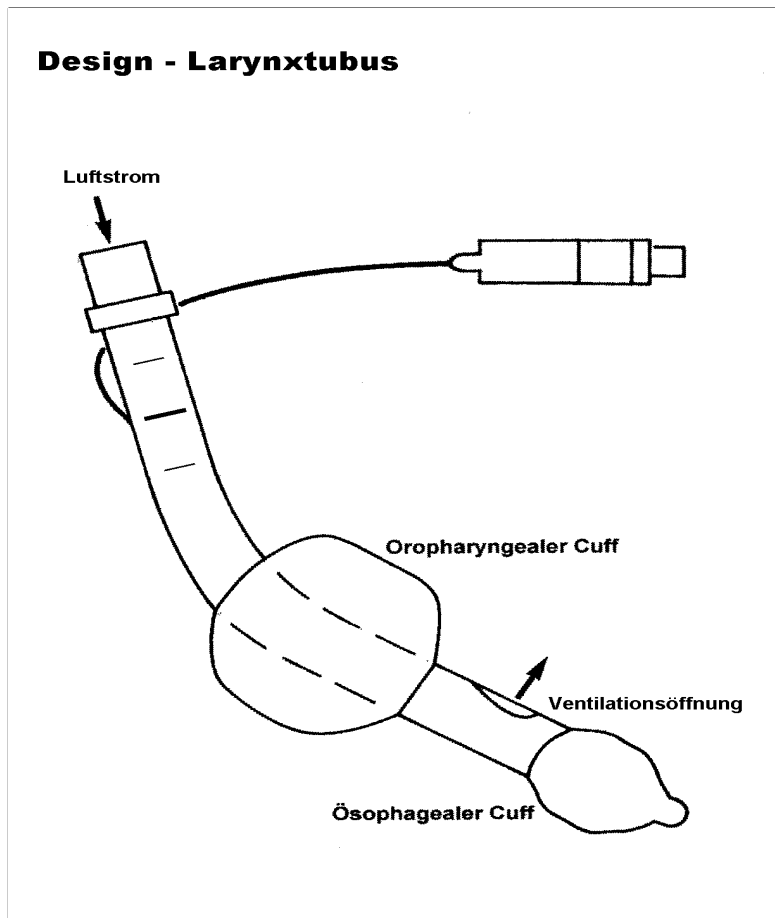
### **2.1.3. Larynxtubus**

Bei dem in unseren Untersuchungen verwendeten Larynxtubus (VBM, Sulz, Deutschland, Größe 4 und 5) mit „Oneway-Blockung“ (eine Cuff-Zuleitung für beide Cuffs) handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Anfang 1999 als Prototyp eingeführten Larynxtubus mit „Doubleway-Blockung“ (zwei separate Cuff-Zuleitungen), der seinerzeit als Alternative zum Kombitubus entwickelt wurde (63, 106). Es handelt sich dabei um einen Einlumen-Silikon-Tubus, der an seinem distalen Ende verschlossen ist und ebenso wie der Kombitubus mit zwei großlumigen Niederdruck-Cuffs (high volume-low pressure) ausgestattet ist. Der proximale oropharyngeale Cuff dient der Positionierung und Fixierung des Larynxtubus und dichtet den Oropharynx ab. Der distal gelegene ösophageale Cuff verschließt den Ösophagus und verhindert so eine Belüftung des Magens.

Beide Cuffs waren in der ursprünglichen Version des Larynxtubus entsprechend denen des Kombitubus über zwei separate Cuff-Belüftungskatheter zu blocken („Doubleway-Blockung“).

Der entscheidende Nachteil der Larynxtuben mit zwei separaten Cuff-Zuleitungen liegt im komplexen Handling und den daraus resultierenden langen Platzierungszeiten. In ersten Untersuchungen zum Prototypen ergaben sich daher Platzierungszeiten zwischen 45 und 55 s (46, 64).

Die Weiterentwicklung des Prototyps gestattet nunmehr eine „Oneway-Blockung“, wobei beide Cuffs nur noch über eine einzige Cuff-Zuleitung geblockt werden müssen. Dies ermöglicht dem Anwender eine vereinfachte Handhabung und führt so zu wesentlich verringerten Platzierungszeiten (Abb. 4).

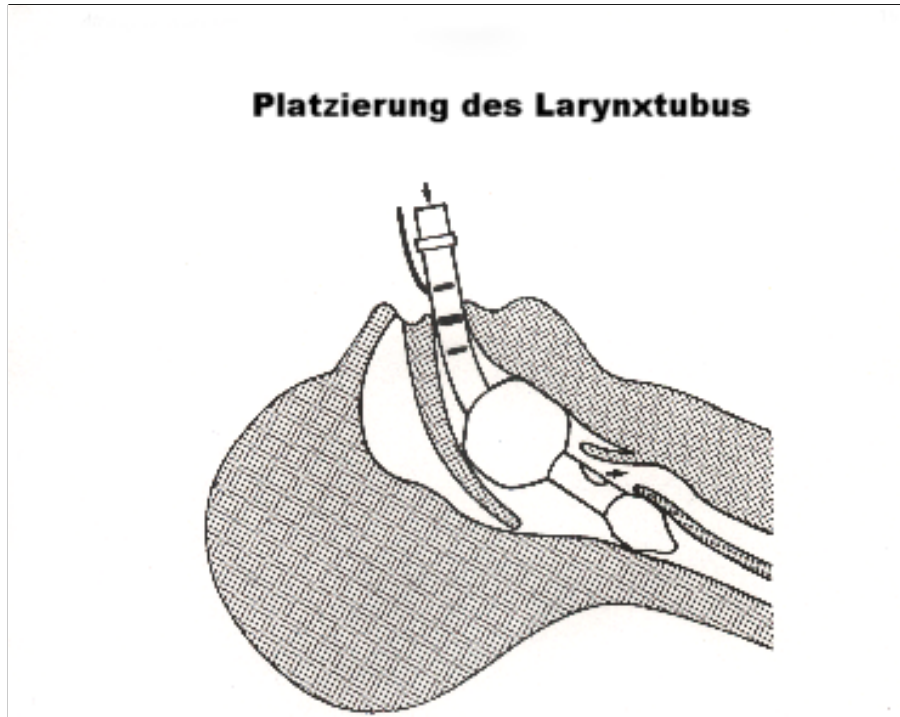


**Abbildung 4:** Ansicht Larynxtubus „Oneway-Blockung“

Durch eine spezielle Konstruktion des Larynxtubus wird zunächst der oropharyngeale Cuff gefüllt, welcher den Larynxtubus in seiner Position fixiert und stabilisiert. Sobald sich der oropharyngeale Cuff den jeweils gegebenen anatomischen Verhältnissen des Pharynx angepasst hat und diesen abdichtet, erfolgt automatisch die Belüftung des ösophagealen Cuffs, der den Ösophagus verschließt. Diese zeitversetzte Blockung wird dadurch ermöglicht, dass die externe Zuleitung zum oropharyngealen Cuff einen größeren Durchmesser besitzt als die Verbindungsleitung zwischen oropharyngealem und ösophagealem Cuff.

Zwischen dem oropharyngealen Cuff und dem ösophagealen Cuff befindet sich die Ventilationsöffnung, durch welche das in den Larynxtubus applizierte Belüftungsvolumen in die Trachea überströmen kann (Abb. 5). Bei optimaler Positio-

nierung des Larynxtubus befindet sich die Ventilationsöffnung unmittelbar gegenüber den Stimmbändern.



**Abbildung 5:** Positionierung des Larynxtubus

Larynxtubus in situ: bei korrekter Positionierung des Larynxtubus dichtet der proximale Cuff den Oropharynx ab, der distale Cuff verschließt den Ösophagus und verhindert so die Insufflation des Magens. Die Belüftung der Lungen erfolgt über eine Ventilationsöffnung zwischen den beiden Cuffs. Die Pfeile zeigen den Weg des Luftstromes an.

Die Konstruktion des Larynxtubus, insbesondere seine anatomisch gebogene Form, ermöglicht das Einführen des Tubus bei unterschiedlichsten Kopfpositionen, wobei das Einlegen in Neutralposition des Kopfes am günstigsten ist. Nach vollständiger Evakuierung der Cuffs durch eine Spritze wurden beide Cuffs mit einem schleimhautprotektiven Lokalanästhetikum lubrifiziert. Im Anschluss an die Lagerung des Kopfes und Vorbereitung des Larynxtubus wurde dieser mit der allgemein hin bekannten Grifftechnik der endotrachealen Intubation, dem „Bleistiftgriff“ eingelegt. Dabei hält die freie linke Hand den Mund z.B. mittels Kreuzgriff von Daumen und Mittelfinger geöffnet, während die aktive rechte Hand den Larynxtubus ohne weitere Hilfsmittel und ohne zusätzlichen Kraftaufwand entlang des harten Gaumens soweit in den Hypopharynx (unterer Rachenraum)

einführt, bis ein spürbarer Widerstand auftritt und sich die am proximalen Tubusschaft befindende dicke schwarze Kennlinie in Höhe der Schneidezähne befindet (Abb. 5). Die Cuffzuleitung wurde mit einem Cuffdruckmessgerät verbunden und die Cuffs entsprechend den Herstellerangaben bis zu einem Druck von 80 cmH<sub>2</sub>O belüftet (Abb. 6).



**Abbildung 6:** Cuffdruckmessgerät

Das Cuffdruckmessgerät kann über einen Silikonschlauch mit den Belüftungscuffs aller Beatmungshilfen verbunden werden. Die Anzeige beider Druckeinheiten (mmHg, cmH<sub>2</sub>O) ermöglicht stets die korrekte Belüftung der Cuffs und eine kontinuierliche Überwachung des aktuellen Cuffdruckes.

Zur Protektion der Schleimhäute wurde der Cuffdruck durch Betätigen des Ablassventils des Cuffdruckmessgerätes auf ein Druckniveau von 60 - 70 cmH<sub>2</sub>O reduziert. Für den Fall, dass ein solches Cuffdruckmessgerät nicht zur Verfügung steht, können die Cuffs des Larynx tubes auch alternativ durch Zuhilfenahme der mitgelieferten 100 ml Spritze belüftet werden. Diese weist für die unterschiedlichen Größen des Larynx tubes die jeweils farblich gekennzeichneten Füllungsvolumina aus. In unseren Untersuchungen verwendeten wir ausschließlich die Größen 4 und 5.

Die korrekte anatomische Positionierung des Larynxtubus wurde am Patienten fiberendoskopisch überprüft, und die effektive Ventilation der Lungen anhand des kapnometrisch bestimmten Kohlendioxidgehaltes der Expirationsluft und anhand der Auskultationsbefunde (negative Auskultation des Magens, positive Atemgeräusche über beiden Lungenpartien) gesichert. Treten bei dieser Überprüfung suspekten Befunde auf, ist von einer nicht optimalen Positionierung des Larynxtubus und einer insuffizienten Ventilation mit der Gefahr von Hypoxie und Hyperkapnie auszugehen (28, 106). Der Larynxtubus muss dann, nach vollständiger Evakuierung der Cuffs, erneut positioniert werden. In der überwiegenden Zahl der Fälle ist bei patientenadaptierter Auswahl der Größe des Larynxtubus mit der Lage der mittleren dicken Tubusschaftmarkierung in Höhe der Schneidezähne eine optimale Lage des Larynxtubus gewährleistet.

Um dennoch auf unterschiedliche anatomische Verhältnisse eingehen zu können, muss je nach Habitus des Patienten der Larynxtubus tiefer oder weniger tief in den Hypopharynx eingelegt werden. Bei um 1 cm tieferer Platzierung befindet sich die dünne proximale Markierung des Tubusschaftes zwischen den Zahnreihen der Schneidezähne, bei geringerer Einlagertiefe und dem Zurückziehen des Larynxtubus um 1 cm kommt die dünne distale Markierung des Tubusschaftes zwischen den Zahnreihen zu liegen (Abb. 5).

Nach erfolgter Narkoseausleitung wurde der Larynxtubus bei allen Patienten unserer klinischen Studie bis zur vollständigen Rückkehr der Schutzreflexe in geblocktem Zustand belassen, und erst dann, nach vollständiger Evakuierung der Cuffs, vorsichtig entfernt.

## **2.2. UNTERSUCHUNGSPLAN MODELLVERSUCH**

Zum Zeitpunkt unserer Studie waren zur Anwendbarkeit des Larynxtubus als alternative Beatmungsvariante im Notfall- und Atemwegsmanagement keinerlei Untersuchungen in der internationalen Fachliteratur verfügbar. Demzufolge war es zunächst notwendig, den Larynxtubus erstmals an einem geeigneten Untersuchungsmodell zu testen.

Zur Anwendung kam ein von Dörges und Sauer modifiziertes Modell zur Beurteilung supraglottischer Beatmungshilfen bei ungesicherten Luftwegen (43). Der wesentliche Vorteil dieses Modells gegenüber anderen besteht darin, dass sämtliche zum Atemwegsmanagement empfohlenen Beatmungshilfen einer exakten wissenschaftlichen Bewertung unterzogen werden können. Des Weiteren bietet dieses Modell die Möglichkeit, atemphysiologische Parameter wie Compliance, Resistance und den unteren Verschlussdruck des Ösophagussphinkters (LESP) optimal an eine Reanimationssituation anzupassen.

Die einzelnen Komponenten dieses Modells, bestehend aus Intubationstrainer (Bill I, VBM Medizintechnik, Sulz, Deutschland), Lungensimulator (Test- Lunge LS 800, Dräger, Lübeck, Deutschland) und Magenmodell (PEEP-Ventil, Druckmanometer, Pädiatrie-Volumeter 2000 K, Dräger, Lübeck, Deutschland), wurden entsprechend der Abbildung 7 angeordnet.



## Experimentelles Modelldesign

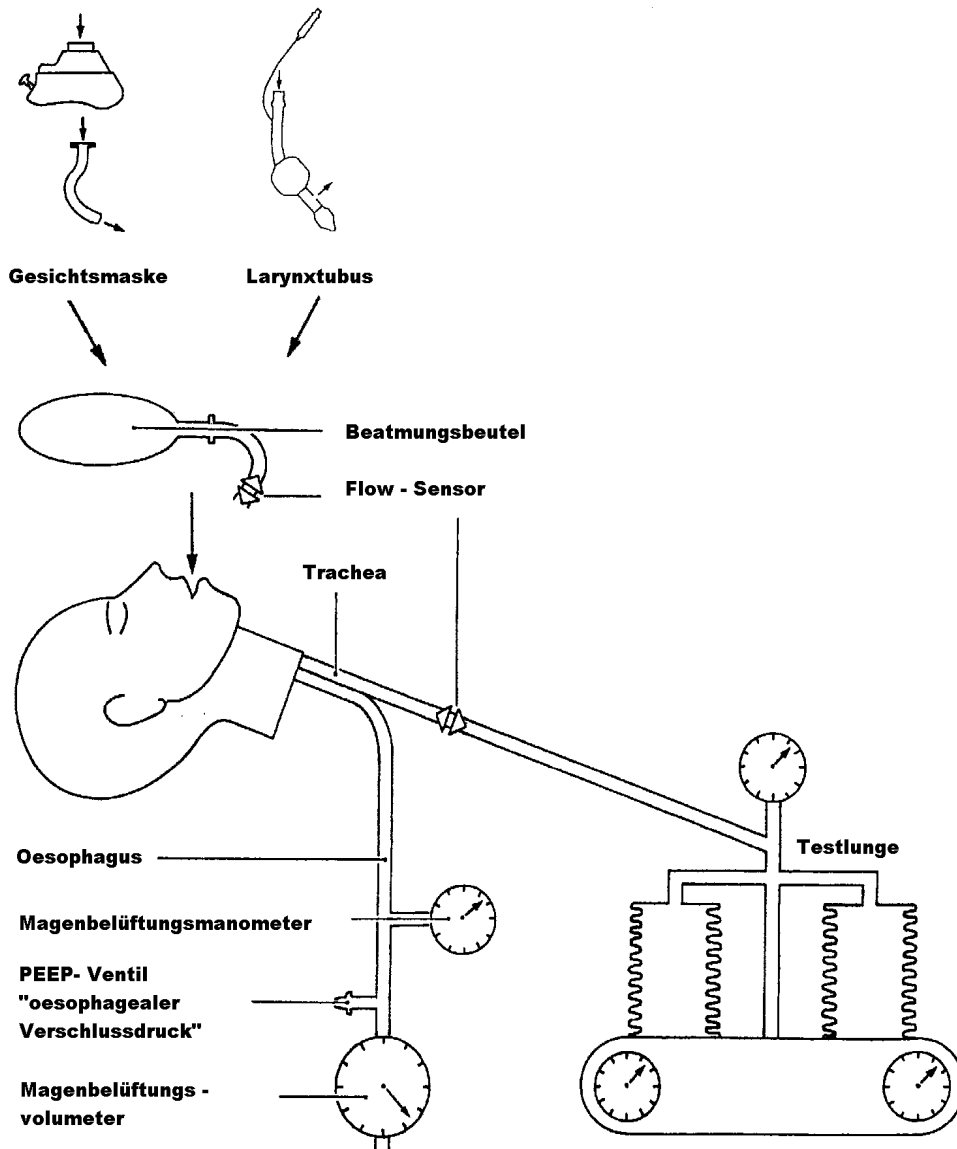


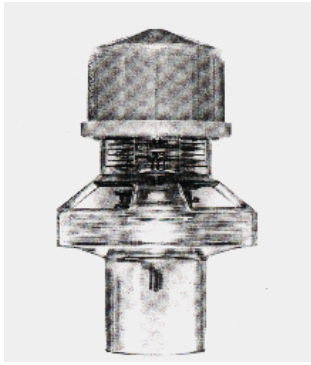
Abbildung 7: Schematische Anordnung des Beatmungsmodells

Die oberen Atemwege wurden durch den Intubationstrainer (Kopf), die unteren durch die Testlung dargestellt. Die Verbindung beider stellte den trachealen Luftweg (Trachea) dar und der integrierte Flow-Sensor diente zur Erfassung des expiratorischen Tidalvolumens ( $V_{texp}$ ), das nach jeweils einer Minute Beatmung registriert wurde.

Der gastrale Weg des Atemgases wurde durch die Verbindung der oberen Atemwege (Kopf) mit dem Magen (Volumeter) simuliert. Die hier integrierten Messgeräte erlaubten neben der Erhebung des ösophagealen Spitzendruckes ( $P_{oes_{peak}}$ ) durch das Magenbelüftungsmanometer, die Justierung des unteren ösophagealen Verschlussdruckes mit Hilfe des PEEP-Ventils (positive end-expiratory pressure) und die Erfassung der tatsächlichen Magenbelüftung durch das Pädiatrie-Volumeter. Dabei wurde der ösophageale Spitzendruck jeweils nach einer Minute und das Gesamtvolumen der Magenbelüftung jeweils nach zwei Minuten gemessen. Die atemungsphysiologischen Parameter Compliance und Resistance wurden an der Testlung fest eingestellt.

Um einen reanimationspflichtigen Patienten möglichst realistisch zu simulieren, wurden die relevanten Parameter einer solchen Situation angepasst. Die statische Lungencompliance (Volumendehnbarkeit) wurde auf die Hälfte des physiologischen Normwertes (Norm: 100 ml/cmH<sub>2</sub>O), auf 50 ml/cmH<sub>2</sub>O (16, 33, 104, 115, 121), und die Resistance (Atemwegswiderstand) auf das Achtfache des Wertes unter Ruheatmung (Ruheatmung: 2 cmH<sub>2</sub>O/l/s = 0,20 kPa/l/s), auf 16 cmH<sub>2</sub>O/l/s (1,57 kPa/l/s), eingestellt (81, 120, 129). Zwischen Intubationstrainer und Lungensimulator wurde ein Flow-Sensor integriert, der mit einem Respirationsmonitor (AS 3 Compact, Datex Ohmeda, Helsinki, Finnland) verbunden wurde und eine kontinuierliche Erfassung des expiratorischen Tidalvolumens ( $V_{texp}$ ) ermöglichte.

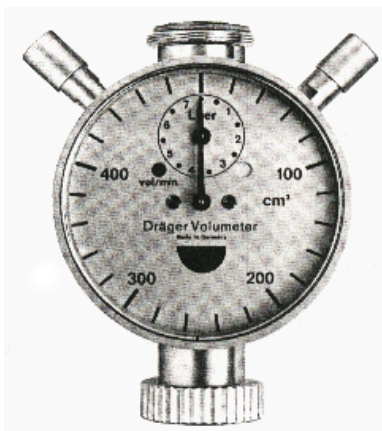
Der Verschlussdruck des unteren Ösophagussphinkters (LESP = lower esophageal sphincter pressure), der die wesentliche Barriere zum Schutz vor Magenbelüftung darstellt und der entscheidende Faktor hinsichtlich des Auftretens einer Magenbelüftung ist, wurde durch ein PEEP-Ventil simuliert und auf 6 cmH<sub>2</sub>O (16) justiert (Abb. 8).



**Abbildung 8:** PEEP-Ventil

Ansicht des PEEP-Ventils zur Justierung des unteren ösophagealen Verschlussdruckes (LESP)

Der ösophageale Verschlussdruck beträgt beim wachen, gesunden Menschen etwa 20 cmH<sub>2</sub>O (126, 129) und fällt bei einem Kreislaufstillstand bereits nach wenigen Minuten auf Werte um 5 - 6 cmH<sub>2</sub>O ab (16, 108). Bei Überschreiten des vor Versuchsbeginn eingestellten Verschlussdruckes von 6 cmH<sub>2</sub>O resultierte eine Belüftung des mit Hilfe des Pädiatrie-Volumeters (Abweichung  $\pm 2\%$ ) simulierten Magens (Abb. 9).



**Abbildung 9:** Volumeter 2000 K

Ansicht des Volumeters zur Simulation des Magens und zur Erfassung der gastralen Insufflation

Durch den zwischen Beatmungshilfe und Beatmungsbeutel integrierten Flow-Sensor wurde der Atemwegsspitzen- und -druck ( $P_{aw,peak}$ ) gemessen. Zur Sicherstellung und Kontrolle der an der Test-Lunge eingestellten Parameter Compliance und Resistance dienten die kontinuierlichen Anzeigen der Kontrollwerte auf dem Respirationmonitor.

### 2.2.1. Probanden

Insgesamt wurden 30 Assistenzärzte, die sich in ihrer theoretischen Weiterbildung zum Notarzt befanden, in unsere Untersuchungen eingeschlossen. Alle teilnehmenden Assistenzärzte verfügten nach eigenen Angaben über keine erweiterten notfallmedizinischen Fachkenntnisse und standen zwischen dem ersten und vierten Jahr ihrer Ausbildung zum Facharzt. Assistenzärzte in anästhesiologischer oder intensivmedizinischer Facharztausbildung wurden in unseren Modellversuch nicht eingeschlossen. Einen Überblick zu den einzelnen demographischen Daten (Alter, Geschlecht, Vorkenntnisse, Ausbildungsstand, Fachbereiche) gibt Tab. 1.

**Tabelle 1:** Demographische Probandendaten - Modellversuch -

Teilnehmer der Modellstudie: Assistenzärzte n = 30			
Alter in Jahre		32,1 (27 - 41)	
		absolut	%
Geschlecht	männlich	18	60,0
	weiblich	12	40,0
Vorkenntnisse Gesichtsmaske	1 = sehr gut	2	6,7
	2 = gut	7	23,3
	3 = mäßig	8	26,7
	4 = keine	13	43,3
Vorkenntnisse Beatmung mit Larynxtubus	1 = sehr gut	0	0,0
	2 = gut	0	0,0
	3 = mäßig	0	0,0
	4 = keine	30	100,0
Facharzt - weiterbildung	1. Jahr	9	30,0
	2. Jahr	7	23,3
	3. Jahr	6	20,0
	4. Jahr	8	26,7
Fachbereiche	Innere Medizin	13	43,3
	Chirurgie	8	26,7
	sonstige	9	30,0

Alter: Mittelwert (Minimum, Maximum)

Zu Beginn unserer Untersuchungen am Modell wurde jeder Teilnehmer durch den Untersuchungsleiter theoretisch und praktisch in den Gebrauch von Gesichtsmaske und Larynxtubus eingewiesen. Spezielle Ausführungen zum Untersuchungsmodell und den zu messenden Beatmungsparametern wurden nicht gegeben. Jeder Teilnehmer erhielt Gelegenheit sich bis zum Gefühl der subjektiven Sicherheit mit der jeweiligen Beatmungshilfe vertraut zu machen.

### **2.2.2. Versuchsdurchführung am Modell**

Die Messungen zur Untersuchung des Larynxtubus im Vergleich zur bisher favorisierten Maskenbeatmung am Beatmungsmodell erfolgten im Zeitraum von März bis April 1999.

Vor jedem Beatmungsversuch kontrollierte der Untersuchungsleiter die am Modell eingestellten atemungsphysiologischen Parameter Compliance ( $50 \text{ ml/cmH}_2\text{O} = 0,5 \text{ l/kPa}$ ), Resistance ( $16 \text{ cmH}_2\text{O/l/s}$ ) und unterer Verschlussdruck des Ösophagus-sphinkters ( $6 \text{ cmH}_2\text{O} = 0,58 \text{ kPa}$ ). Zum Ausschluss technischer Messfehler führte der Untersuchungsleiter vor jeder weiteren Untersuchung eine Testbeatmung durch und kontrollierte das Beatmungsmodell auf Dichtigkeit.

Jeder Teilnehmer wurde aufgefordert, sich einen ca. 70 kg schweren Patienten vorzustellen, der notfallmäßig beatmet werden musste, aber einer endotrachealen Intubation nicht zugänglich war. Die Beatmung des Modells mit Larynxtubus und Gesichtsmaske durch die Probanden erfolgte in randomisierter Reihenfolge, wobei das Modell mit jeder Beatmungshilfe über einen Zeitraum von jeweils 2 Minuten kontinuierlich zu beatmen war.

Die Messungen begannen mit der Aufnahme der Aktivitäten eines jeden Teilnehmers zur Platzierung der jeweiligen Beatmungshilfe. Dabei wurde als „Platzierungszeit“ die Zeit gemessen, die der Proband vom Beginn des Platzierungsversuches an bis zur erfolgreichen Abgabe des ersten adäquaten Atemzugvolumens benötigte.

Untersuchungen zur Evaluierung des minimal notwendigen Atemzugvolumens an narkotisierten Patienten zeigten, dass ein Tidalvolumen von etwa 180 ml als ausreichend betrachtet werden kann (6).

Als Parameter einer suffizienten Lungenbelüftung wurde in unserem Modellversuch ein Atemzugvolumen ab einem Wert von  $V_{\text{texp}} \geq 200$  ml festgelegt (28, 108). Der Platzierungsversuch wurde als erfolgreich gewertet, wenn der Teilnehmer innerhalb von  $t \leq 180$  s seinen ersten adäquaten Beatmungshub applizieren konnte. War eine der beiden Limitierungen nicht zu realisieren, so wurde dieser Platzierungsversuch als Fehlversuch gewertet.

Nach erfolgreicher Platzierung der Beatmungshilfe wurden während der nachfolgenden 2-minütigen Ventilation die studienrelevanten Parameter erfasst. Das expiratorische Tidalvolumen ( $V_{\text{texp}}$ ), der Atemwegsspitzenruck ( $P_{\text{aw,peak}}$ ) und der ösophageale Spitzenruck ( $P_{\text{oes,peak}}$ ) wurden jeweils nach einer Minute Beatmung erfasst, das Gesamtvolumen der Magenbelüftung ( $V_{\text{oes}}$ ) jeweils nach 2-minütiger Beatmung. Als definierte Messzeitpunkte wurden festgelegt:

Messzeitpunkt 1: Applikation des ersten adäquaten Atemzugvolumens

Messzeitpunkt 2: nach 1 Minute Ventilation

Messzeitpunkt 3: nach 2 Minuten Ventilation

Die Registrierung der Messdaten zu den definierten Messzeitpunkten erfolgte anhand eines standardisierten Messwertprotokolls (Abb. 10).

Im Anschluss an jeden Beatmungsversuch bewertete der Untersuchungsleiter Platzierung, Dichtigkeit und Ventilation anhand einer Rangskala von 1 (sehr gut), 2 (gut), 3 (mäßig) bis 4 (schlecht). Neben dieser objektiven Bewertung wurde jeder Teilnehmer nach Beendigung seines Beatmungsversuches um seine subjektive Einschätzung zur Handhabung der jeweils verwendeten Beatmungshilfe gebeten. Diese erfolgte ebenfalls anhand einer Rangskala von 1 bis 4 (Abb. 10).

# Erhebungsbogen „Airway - Management“ GM LT

(Zutreffendes bitte ankreuzen)

Protokollnummer:	Datum:	Fachgebiet: _____			
Geschlecht: <b>m</b> <input type="checkbox"/> <b>w</b> <input type="checkbox"/>	Alter:	Berufserfahrung _____ Jahre			
Vorkenntnisse in Maskenbeatmung: (Selbsteinschätzung)		sehr gut	gut	mäßig	keine
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Larynxtrachealintubation ist bekannt		<input type="checkbox"/>			

<b>Zeitbedarf bis zur 1. adäquaten Ventilation (exspiratorisch gemessen: <math>V_t \geq 200</math> ml)</b>	
(Beginn der Maßnahmen – 1. adäquater Atemzug)	sec.

<b>Anzahl der Platzierungsversuche:</b>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
Zeitbedarf bis zur 1. adäquaten Ventilation >180 s		<input type="checkbox"/>	

## BEATMUNGSPARAMETER

1. adäq. AtHub	$P_{aw_{peak}}$	$P_{oes_{peak}}$	$V_{t_{exp}}$	$V_{toes}$
1 min. Beatmg	$P_{aw_{peak}}$	$P_{oes_{peak}}$	$V_{t_{exp}}$	$V_{toes}$
2 min. Beatmg	$P_{aw_{peak}}$	$P_{oes_{peak}}$	$V_{t_{exp}}$	$V_{toes}$

<b>Handhabung des „Hilfsmittels“</b>	sehr gut	gut	mäßig	schlecht
Platzierung u. in Position halten:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dichtigkeit:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ventilation:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Allgemeine Handhabung</b> (subj. Einschätzung):	sehr gut	gut	mäßig	ungeeignet
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen bitte Rückseite:

**Abbildung 10:** Messwertprotokoll Modellversuch

## 2.3. UNTERSUCHUNGSPLAN KLINISCHE STUDIE

### 2.3.1. Patienten

Nach Zustimmung der Ethik-Kommission der Universität Schleswig-Holstein, Campus Lübeck und schriftlicher Einwilligung der Patienten wurden n = 30 PatientInnen in unsere Untersuchung aufgenommen (Tab. 2).

**Tabelle 2:** Demographische Patientendaten (n = 30)

Alter		52,8 Jahre (26 – 82 Jahre)	
Größe		176 cm (156 cm - 197 cm)	
Gewicht		76,8 kg (59 kg - 104 kg)	
		absolut	%
Geschlecht	männlich	18	60
	weiblich	12	40
Narkoserisikogruppe	ASA I	18	60
	ASA II	12	40

Alter, Größe und Gewicht: Mittelwert (Minimum, Maximum)

Es wurden ausschließlich PatientInnen ohne nennenswerte Vorerkrankungen (ASA I/II, ASA = American Society of Anesthesiologists), die sich einem kleinen chirurgischen Eingriff in Allgemeinanästhesie zu unterziehen hatten, in unsere Studie eingeschlossen.



Dabei galten als definitive Ausschlusskriterien:

- erhöhtes Regurgitations- und Aspirationsrisiko  
nichteingehaltene Nahrungskarenz, Dysphagie (Schluckbeschwerden),  
vorhandene Ileussyptomatik (Darmverschluss), bekannte Hiatushernie  
(spezielle Bruchform des Zwerchfells mit Verlagerung von Baucheinge-  
weiden in die Brusthöhle),
- pulmonale Vorerkrankungen  
COPD = chronic obstructive pulmonary disease (chronisch obstruktive  
Lungenerkrankungen), Asthma bronchiale, pathologische Auskultations-  
befunde,
- anatomische Besonderheiten  
anatomische Hinweise auf eine möglicherweise erschwerte Intubation.

### 2.3.2. Studienablauf Klinische Studie

Die erste klinische Untersuchung zur Anwendbarkeit des Larynxtubus im anästhesiologischen Alltag erfolgte durch uns im Zeitraum von Mai bis Juli 1999 in der Universität Schleswig-Holstein, Campus Lübeck.

Am Vorabend des operativen Eingriffes erfolgte die Prämedikation der PatientInnen mit Flunitrazepam (1 - 2 mg) und am Morgen des jeweiligen Operationstages wahlweise mit Flunitrazepam (1 - 2 mg) oder Oxazepam (10 mg) per os. Zu Beginn unserer Untersuchungen wurde jede/-r PatientIn im anästhesiologischen Einleitungsraum vorbereitet. Neben der Anlage des üblichen Monitorings zur Erfassung von Blutdruck, Herzfrequenz und peripher-kapillärer Sauerstoffsättigung, erhielten die PatientenInnen einen peripher venösen Gefäßzugang (Braunüle<sup>®</sup>, G 18/grün) und wurden in Rückenlage bei neutraler Kopfposition gelagert. Zur Erhebung der Messdaten wurden die Messzeitpunkte entsprechend der Tabelle 3 festgelegt.

**Tabelle 3:** Messzeitpunkte - Klinische Studie -

Messzeitpunkt	Beschreibung
0	vor Präoxygenierung
1	nach 3-minütiger Präoxygenierung
2	nach Einlage des Larynxtubus
3	nach 2-minütiger Beatmung
4	nach 5-minütiger Beatmung
5	nach 10-minütiger Beatmung

Nach 3-minütiger Präoxygenierung durch Atmung von 100 % Sauerstoff über eine fest aufgesetzte Gesichtsmaske erfolgte die standardisierte Einleitung der Allgemeinnarkose mit initialer intravenöser Gabe von 15 µg/Kg KG Alfentanil und 2,5 mg/Kg KG Propofol 1 % als Bolusgabe. Nach Ausfall der Spontanatmung und Erlöschen

des Augenlid-Reflexes wurde den PatientInnen der Larynxtubus eingelegt. Die Platzierung des Larynxtubus erfolgte entsprechend des Punktes 2.1.3. und wurde insgesamt von zwei Fachärzten für Anästhesie vorgenommen.

Zur Kontrolle der korrekten Positionierung des Larynxtubus wurde diese mit Hilfe eines fiberoptischen Endoskops überprüft und verifiziert. Anschließend erfolgte eine volumenkontrollierte Beatmung mit einer Atemfrequenz von  $10 \text{ min}^{-1}$ , einem Atemzugvolumen von  $7 \text{ ml/Kg KG}$  und einem inspiratorischen „low-flow“ Narkosegasgemisch (Flow =  $1 \text{ l/min}$ ;  $F_{iO_2} = 0,4$ ;  $F_{iN_2O} = 0,6$ ). Die Allgemeinanästhesie wurde aufrecht erhalten durch die kontinuierliche Gabe von  $10 - 15 \text{ mg/Kg KG/h}$  Propofol über einen Perfusor. Sämtliche Ventilationsparameter wurden kontinuierlich mit dem Respiromonitor AS 3 Compact (Datex, Ohmeda, Helsinki, Finn-land) erfasst.

Unserem Studiendesign folgend wurde bei den klinischen Erhebungen ebenfalls die Platzierungszeit erfasst und vom Zeitpunkt des Erlöschens des Augenlid-Reflexes bis zur Gabe des ersten adäquaten Atemzugvolumens von  $\geq 200 \text{ ml}$  ( $6$ ) gemessen. Zum Zeitpunkt der erfolgreichen Einlage des Larynxtubus und jeweils nach 2-, 5- und 10-minütiger Beatmung erfolgte die Erfassung der ventilationsspezifischen Parameter (Kohlendioxidgehalt der Expirationsluft [ $etCO_2$ ], expiratorisches Tidalvolumen [ $V_{texp}$ ], Atemwegsspitzenruck [ $Paw_{peak}$ ]).

Zusätzlich werteten wir zwei aus dem hyperämisierten Ohrläppchen entnommene Kapillarblutgasanalysen aus, die erste zum Zeitpunkt der Patientenvorbereitung unter spontaner Raumluftatmung, die zweite nach 10-minütiger kontrollierter Beatmung des Patienten über den Larynxtubus. Dabei wurden die arterielle Sauerstoffsättigung in % ( $SO_2$ ), der Sauerstoffpartialdruck in mmHg ( $pO_2$ ), der Kohlendioxidpartialdruck in mmHg ( $pCO_2$ ), der pH-Wert (Wasserstoffionenkonzentration), die Standardbikarbonatkonzentration in mmol/l ( $HCO_3^-$ ) und der Basenüberschuss (BE) in mmol/l ermittelt.

Zur Beurteilung der Systemdichtigkeit des Larynxtubus bei steigenden Atemwegsspitzenrücken stellten wir die während der Narkose geführte „low-flow“ Ventilation ( $1 \text{ l/min}$  Narkosegaszufuhr) auf „high-flow“ Ventilation ( $\geq 1,5 \text{ l/min}$ ) um. Bei einem konstanten Narkosegas-Flow von  $3 \text{ l/min}$  schlossen wir das Expirationsventil des Narkosekreissystems und registrierten den

Atemwegsspitzenndruck zu dem Zeitpunkt, an dem sich am Atemwegsdruckmanometer des Narkosegerätes ein Äquilibrium einstellte (41).

Um die Patienten nicht der Gefahr eines eventuellen Barotraumas auszusetzen, wichen wir von den Empfehlungen der American Heart Association (51) ab, indem wir nicht erst beim Erreichen eines Atemwegsspitzenndruckes von 60 cmH<sub>2</sub>O sondern schon beim Auftreten eines Wertes von 40 cmH<sub>2</sub>O das Expirationsventil des Narkosekreissystems öffneten. Die Beurteilung der Mageninsufflation nahmen wir auskultatorisch durch ein im Bereich des Epigastriums aufgesetztes Stethoskop vor.

Nach Beendigung des operativen Eingriffes leiteten wir die Narkose unter ständiger Absaug- und Intubationsbereitschaft lege artis aus und entfernten den Larynxtubus erst, nachdem sich die Schutzreflexe des Patienten wieder vollständig eingestellt hatten. Im Anschluss daran wurde bei jedem/-r PatientIn der Rachenraum in Hinblick auf mögliche Komplikationen, wie z.B. Mukosaläsionen oder Blutauflagerungen inspiziert, und der jeweilige Anästhesist um seine subjektive Einschätzung zur allgemeinen Handhabung des Larynxtubus befragt. Alle studienrelevanten Messdaten wurden entsprechend der definierten Messzeitpunkte in einem standardisierten Protokoll erfasst (Abb. 11).

**STUDIE AIRWAY MANAGEMENT: LARYNXTUBUS**

CODENUMMER

Alter:      Geschlecht:      ASA:      Gr./Gew.:      LT- Nr. :      Eingriff:

Narkoseeinleitung:    Alfentanil: 0,015 mg/kg KG; Propofol 1 % : 2,5 mg/kg KG

Narkosefortführung: Propofol: 10-15 mg/kg KG/h; Alfentanil: nach Bedarf; FiO<sub>2</sub>: 0,4; FiN<sub>2</sub>O: 0,6;  
Vt: 7 ml/kg KG

<b>Ausgangswerte:</b>		SpO <sub>2</sub>	RR	HF
<b>Nach 3 min Präoxygenierung:</b>		SpO <sub>2</sub>	RR	HF
<b>Nach Einführen:</b> (Cuffdruck: 60–80 mmHg)	SpO <sub>2</sub>	etCO <sub>2</sub>	RR	HF
	Vtexp	AMV	AF	Paw
<b>2 min Beatmung:</b>	SpO <sub>2</sub>	etCO <sub>2</sub>	RR	HF
	Vtexp	AMV	AF	Paw
<b>5 min Beatmung:</b>	SpO <sub>2</sub>	etCO <sub>2</sub>	RR	HF
	Vtexp	AMV	AF	Paw
<b>10 min Beatmung:</b>	SpO <sub>2</sub>	etCO <sub>2</sub>	RR	HF
	Vtexp	AMV	AF	Paw

**Blutgasanalyse:**

vor Einleitung:

nach 10 Minuten:

SO<sub>2</sub>SO<sub>2</sub>pO<sub>2</sub>pO<sub>2</sub>pCO<sub>2</sub>pCO<sub>2</sub>

pH

pH

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

BE

BE

<b>Zeitbedarf:</b>	<b>Leak-Pressure:</b>
<b>Komplikationen/Besonderheiten:</b>	
<b>Gesamteindruck 1 (sehr gut), 2 (gut), 3 (mäßig), 4 (schlecht):</b>	

**Abbildung 11:** Studienprotokoll Klinische Studie

## **2.4. STATISTISCHE AUSWERTUNG**

Die gewonnenen Daten wurden in das Tabellenkalkulationsprogramm Excel 2000 (Microsoft, Dublin, Irland) übertragen und nach Beratung durch das Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Schleswig-Holstein, Campus Lübeck unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS (Version 10.0.7., Chicago, Illinois, USA) ausgewertet.

Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstestes wurden die gewonnenen Daten in Stichproben hinsichtlich ihrer Verteilung untersucht. Da in einigen Variablen die Daten keiner Normalverteilung unterlagen, wurden alle statistischen Auswertungen mit nichtparametrischen Tests durchgeführt.

Zum paarweisen Vergleich von Gesichtsmaske und Larynxtubus am Modell wurde der Wilcoxon-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  durchgeführt. Die Ergebnisse dieses Modellversuchs sind als Median und Perzentile dargestellt. Zum Vergleich der einzelnen Messzeitpunkte in der klinischen Studie wurde zuerst eine Rangvarianzanalyse (Friedmann-Test) durchgeführt. Der anschließende paarweise Vergleich der Einzeldaten erfolgte mit dem Wilcoxon-Test unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt.

Die in unserer klinischen Untersuchung erhobenen Daten sind, sofern nicht anders bezeichnet, als Mittelwert und Standardabweichung (MW  $\pm$  SD) dargestellt und ermöglichen so eine bessere Vergleichbarkeit mit Ergebnissen der in der Diskussion zitierten Literatur. Alle vorgenommenen Auswertungen verstehen sich als deskriptiv.

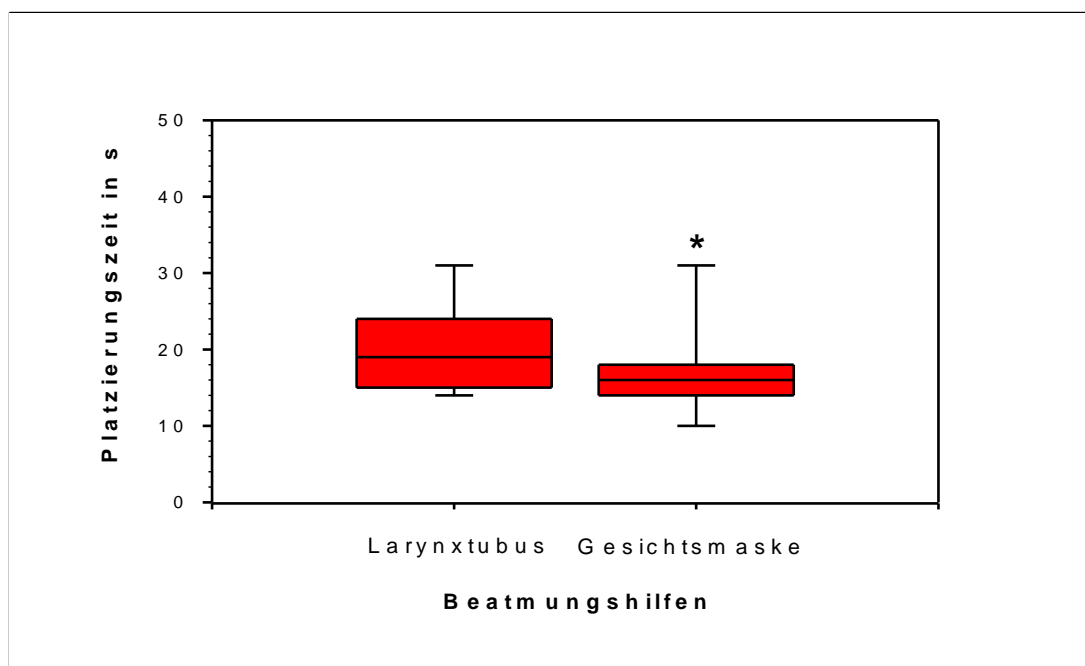
### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. ERGEBNISSE MODELLVERSUCH

##### 3.1.1. Platzierungszeit

Die Zeitspanne bis zur Applikation adäquater pulmonaler Tidalvolumina reichte von 6 - 38 Sekunden (Median 16 s) bei der Maskenbeatmung und von 12 - 31 Sekunden (Median 19 s) bei Beatmung mit dem Larynxtubus.

In n = 20 Fällen (67 %) war die Platzierungszeit der Gesichtsmaske signifikant ( $P \leq 0,05$ ) kürzer als bei Verwendung des Larynxtubus; in n = 9 Fällen (30 %) konnte mit dem Larynxtubus eine kürzere Platzierungszeit als mit der Gesichtsmaske registriert werden, wobei eine Signifikanz in diesen 9 Fällen nicht vorlag (Abb. 12).



**Abbildung 12:** Platzierungszeit von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell. Die dargestell-

ten Boxplots entsprechen der 25. bis 75. Perzentile mit Median, die Whisker der 5. bis 95. Perzentile. \*  $P \leq 0,05$  vs. LT

### **3.1.2. Platzierungsversuche**

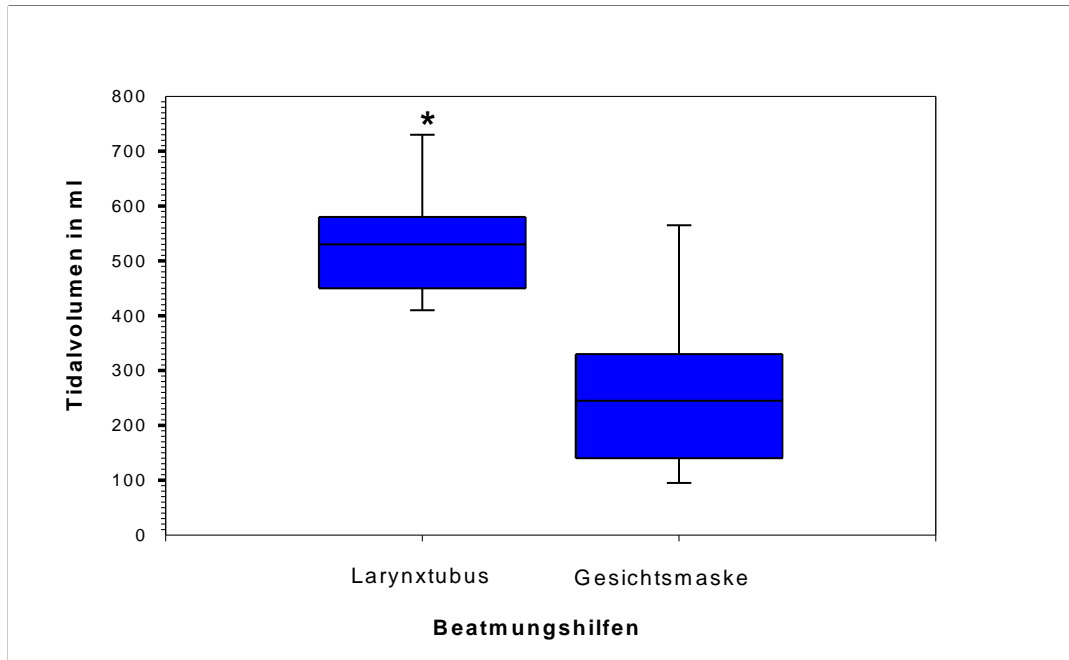
Ein Proband überschritt bei der Beatmung mit der Gesichtsmaske die vorgegebene Zeit von 180 Sekunden und musste einen zweiten Platzierungsversuch vornehmen. Mit dem Larynxtubus konnten alle Probanden beim ersten Platzierungsversuch innerhalb der vorgegebenen Zeit eine suffiziente Beatmung des Modells erreichen.

### **3.1.3. Beatmungsparameter**

#### **3.1.3.1. Expiratorisches Tidalvolumen ( $V_{texp}$ )**

Die Anwendung des Larynxtubus führte bei der Ventilation am Modell zu signifikant ( $P \leq 0,05$ ) höheren expiratorischen Tidalvolumina (370 - 750 ml; Median 530 ml) als mit der Gesichtsmaske (120 - 750 ml; Median 245 ml). In 80 % der Fälle ( $n = 24$ ) konnte mit dem Larynxtubus ein deutlich größeres Tidalvolumen als mit der Gesichtsmaske verabreicht werden (Abb. 13).

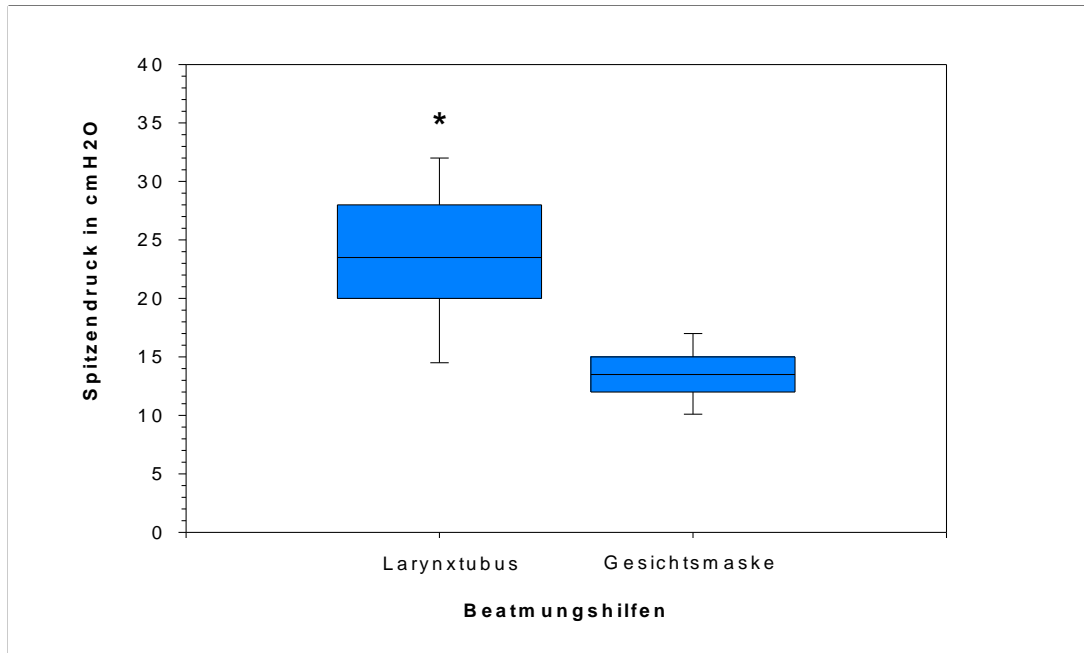




**Abbildung 13:** Expiratorisches Tidalvolumen von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 1 Minute Ventilation. Die dargestellten Boxplots entsprechen der 25. bis 75. Perzentile mit Median, die Whisker der 5. bis 95. Perzentile. \*  $P \leq 0,05$  vs. GM

### 3.1.3.2. Atemwegsspitzenndruck ( $Paw_{peak}$ )

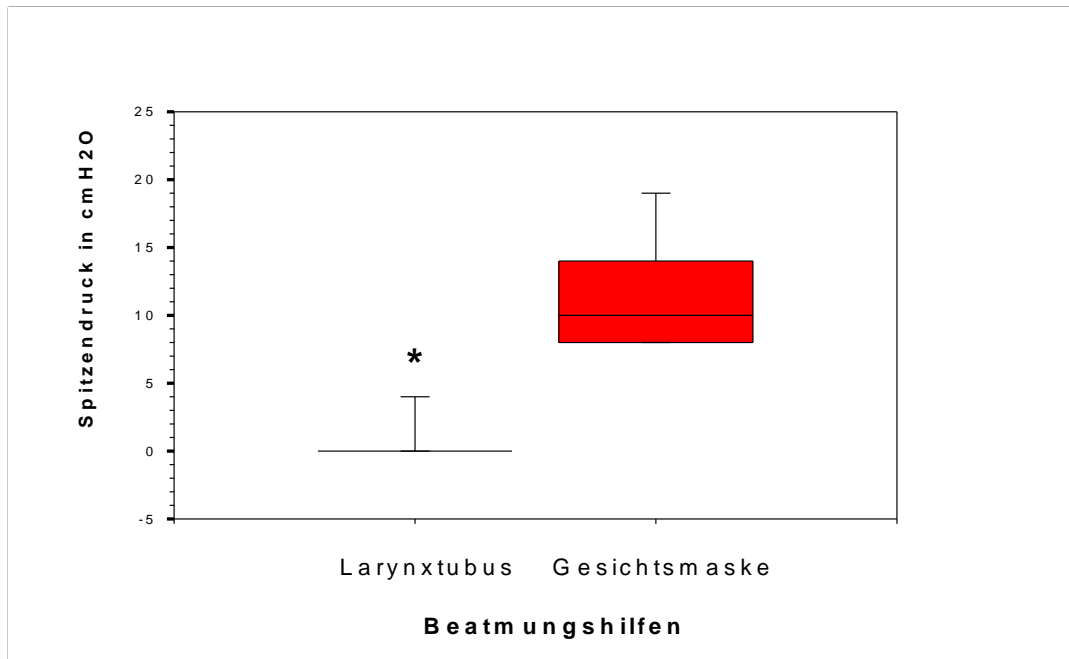
Der Beatmungsspitzenndruck konnte bei der Beatmung des Modells mit dem Beutel-Masken-System in  $n = 26$  Fällen (87 %) erfasst werden, in  $n = 4$  Fällen (13 %) war dies aufgrund undichter Platzierung der Gesichtsmaske und eines zu geringen Tidalvolumens nicht möglich. Bei Beatmung des Modells mit dem Larynxtubus gelang die Registrierung in allen Fällen ( $n = 30$ ). Die Atemwegsspitzenndrücke bei Verwendung des Beutel-Masken-Systems lagen mit 6 - 23  $cmH_2O$  (Median 14  $cmH_2O$ ) signifikant ( $P \leq 0,05$ ) niedriger als bei Verwendung des Larynxtubus (12 - 35  $cmH_2O$ ; Median 24  $cmH_2O$ ); [Abb. 14].



**Abbildung 14:** Atemwegsspitzenrücke von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 1 Minute Ventilation. Die dargestellten Boxplot entsprechen der 25. bis 75. Perzentile mit Median, die Whisker der 5. bis 95. Perzentile. \*  $P \leq 0,05$  vs. GM

### 3.1.3.3. Ösophagealer Spitzendruck ( $P_{oes_{peak}}$ )

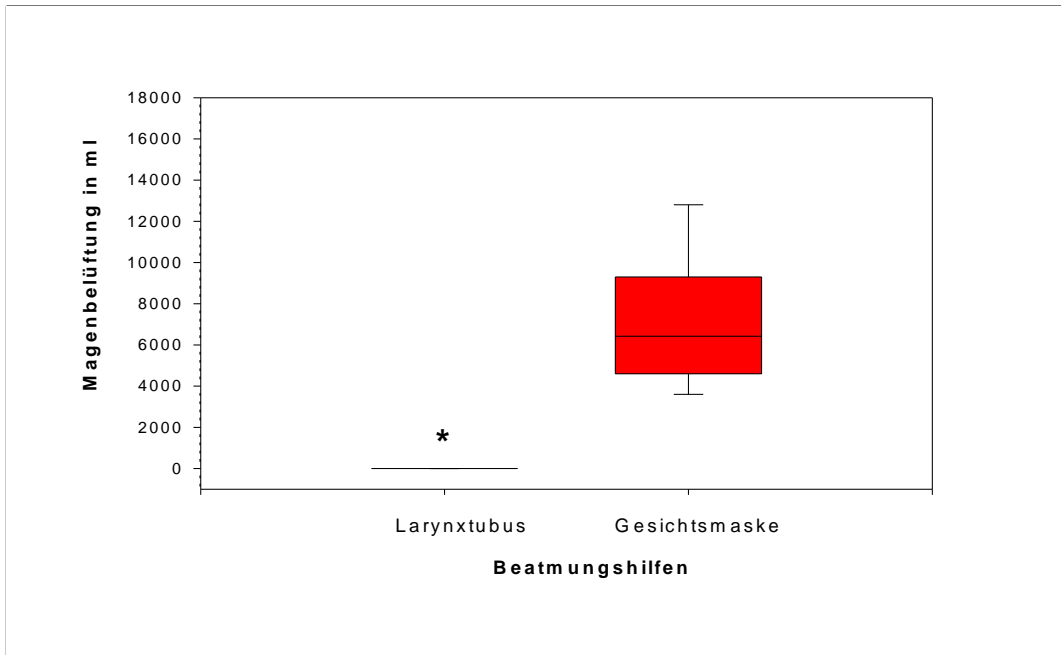
Es ergaben sich bei der Erhebung der ösophagealen Spitzendrücke signifikante ( $P \leq 0,05$ ) Unterschiede zwischen der Verwendung der Gesichtsmaske und des Larynxtubus. Bei Beatmung mit der Gesichtsmaske trat in 97 % der Fälle ( $n = 29$ ) ein registrierbarer ösophagealer Spitzendruck oberhalb des voreingestellten Grenzwertes von 6 cmH<sub>2</sub>O auf (2 - 20 cmH<sub>2</sub>O; Median 10 cmH<sub>2</sub>O). Bei Verwendung des Larynxtubus trat in 13 % der Fälle ( $n = 4$ ) ein messbarer ösophagealer Spitzendruck auf (0 - 7 cmH<sub>2</sub>O; Median 0 cmH<sub>2</sub>O), der nur in einem Fall (3 %) oberhalb des voreingestellten ösophagealen Verschlussdruckes von 6 cmH<sub>2</sub>O lag ( $P_{oes_{peak}} = 7$  cmH<sub>2</sub>O), jedoch zu keinem registrierbaren Magenbelüftungsvolumen führte (Abb. 15).



**Abbildung 15:** Ösophageale Spitzendrücke von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 1 Minute Ventilation. Der Boxplot stellt die 25. bis 75. Perzentile mit Median dar, die Whisker die 95. Perzentile. \*  $P \leq 0,05$  vs. GM

#### 3.1.3.4. Mageninsufflation

Die Betrachtung der aufgetretenen Magenbelüftung ergab einen hochsignifikanten Unterschied ( $P = 0,00001$ ) zwischen beiden Beatmungshilfen. Nach 2-minütiger Beatmung mit der Gesichtsmaske kam es in allen Fällen ( $n = 30$ ) zum Auftreten einer Magenbelüftung mit einem Gesamtvolumen von mehr als 2.000 ml pro Beatmungszyklus (2.400 ml - 16.900 ml; Median 6.425 ml). Im Vergleich dazu wurde bei der Beatmung mit dem Larynxtubus in keinem Fall ( $n = 30$ ) eine Magenbelüftung registriert (Abb. 16).



**Abbildung 16:** Ösophageale Mageninsufflation von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 2-minütiger Ventilation. Der Boxplot stellt die 25. bis 75. Perzentile mit Median dar, die Whisker die 5. bis 95. Perzentile. \*  $P \leq 0,05$  vs. GM

### 3.1.4. Objektive Bewertung der Beatmungshilfen durch den Versuchsleiter

Bei den Bewertungskriterien Platzierung, Dichtigkeit und Ventilation ergab der Vergleich der beiden Beatmungshilfen eine signifikant ( $P \leq 0,05$ ) bessere Einschätzung des Larynxtubus gegenüber der Gesichtsmaske (Tab. 4); [Anhang Tab. 9]).

**Tabelle 4:** Objektive Bewertung von Gesichtsmaske und Larynxtubus anhand der Parameter Platzierung, Dichtigkeit und Ventilation am Modell

	Platzierung	Dichtigkeit	Ventilation

<b>Gesichtsmaske</b> Range: 1 - 4	<b>3</b> (1 - 4)	<b>3</b> (1 - 4)	<b>3</b> (1 - 4)
<b>Larynxtubus</b> Range: 1 - 4	<b>2*</b> (1 - 3)	<b>2*</b> (2 - 4)	<b>2*</b> (1 - 3)

Bewertung nach Rangskala: 1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = mäßig; 4 = schlecht; Zahlenwert: Median; Range: (1 - 3); (1 - 4); (2 - 4); \*P ≤ 0,05 vs. GM

### 3.1.5. Subjektive Einschätzung der Beatmungshilfen durch die Probanden

Der Vergleich der beiden Beatmungsvarianten (Tab. 5) ergab, dass die Verwendung des Larynxtubus mit 1 - 3 (Median 2) als signifikant ( $P \leq 0,05$ ) praktikabler eingeschätzt wurde als die Gesichtsmaske mit 2 - 4 (Median 3); [Anhang Tab. 10]).

**Tabelle 5:** Subjektive Einschätzung der Handhabung von Gesichtsmaske und Larynxtubus am Modell

	<b>Gesichtsmaske</b>	<b>Larynxtubus</b>
<b>Handhabung</b> Range: 1 - 4	<b>3</b> (2 - 4)	<b>2*</b> (1 - 3)

Einschätzung nach Rangskala: 1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = mäßig; 4 = ungeeignet; Zahlenwert: Median; Range: (1 - 3); (2 - 4); \*P ≤ 0,05 vs. GM

## 3.2. ERGEBNISSE DER KLINISCHEN STUDIE

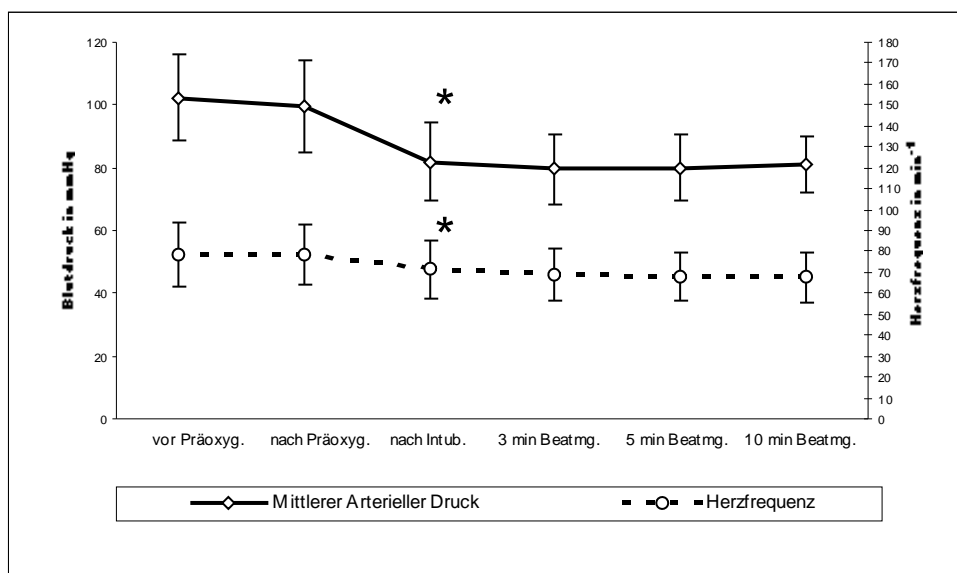
### 3.2.1. Platzierungszeit und Anzahl der Platzierungsversuche

Bei den in unsere Studie eingeschlossenen PatientInnen kam der Larynxtubus in Größe 4 (160 - 175 cm; 60 - 80 kg KG) und Größe 5 ( $\geq 175$  cm;  $\geq 80$  kg KG) zum Einsatz und konnte in allen Fällen ( $n = 30$ ) im ersten Versuch mit einem Zeitaufwand von 8 - 28 Sekunden (Median 21 s) erfolgreich platziert werden. Komplikationen wurden bei keinem Patienten beobachtet.

### 3.2.2. Herz-Kreislauf-Parameter

#### 3.2.2.1. Blutdruck (RR) und Herzfrequenz (HF)

Zu den jeweiligen Messzeitpunkten (Tab. 3) wurden die Blutdruckwerte systolisch (RR sys) und diastolisch (RR dias) in mmHg registriert und daraus der mittlere arterielle Druck [MAD = RR dias + 1/3 (RRsys – RRdias)] ermittelt. Die Betrachtung des MAD zu den einzelnen Messzeitpunkten ergab, dass nach Narkoseinduktion ein signifikanter ( $p \leq 0,05$ ) Abfall des MAD um 20 % (von 100 mmHg auf 82 mmHg) gegenüber den initialen Messwerten zu verzeichnen war. Die mittlere Herzfrequenz verringerte sich zu diesem Zeitpunkt ebenfalls signifikant ( $P \leq 0,05$ ) um 10 % (von 79  $\text{min}^{-1}$  auf 71  $\text{min}^{-1}$ ). Nach Einlage des Larynx tubes kam es bei keinem Patienten zu einer signifikanten Veränderung von MAD und Herzfrequenz (Abb. 17); [Anhang Tab. 11].



**Abbildung 17:** Mittlerer Arterieller Druck, Herzfrequenz: Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung.  
\*  $P \leq 0,05$  versus Zeitpunkt nach Präoxygenierung

### 3.2.3. Beatmungsparameter

#### 3.2.3.1. Expiratorisches Tidalvolumen ( $V_{\text{texp}}$ )

Das erste nach Platzierung des Larynxtubus gemessene expiratorische Tidalvolumen lag zwischen 400 und 700 ml (Median 520 ml). Im weiteren Verlauf der Narkoseführung traten zu den definierten Messzeitpunkten (Tab. 3) keine signifikanten Unterschiede des expiratorischen Tidalvolumens auf (Abb. 18, [Anhang Tab. 11]).

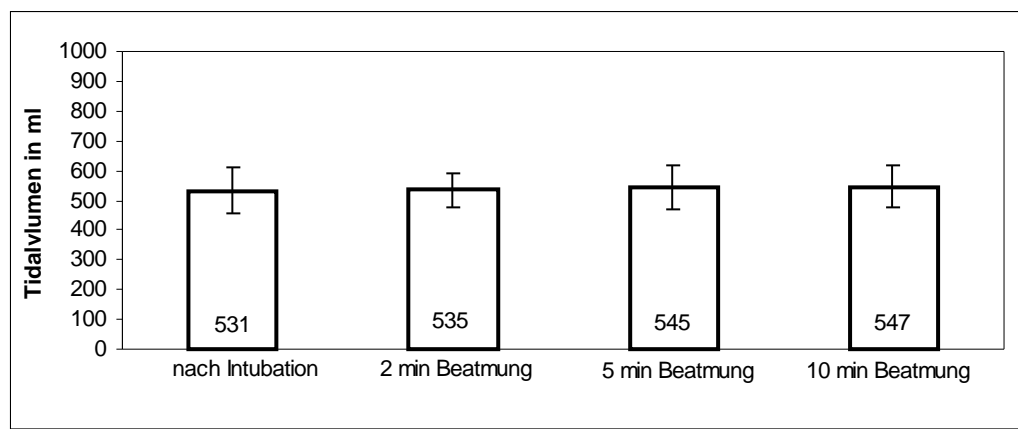


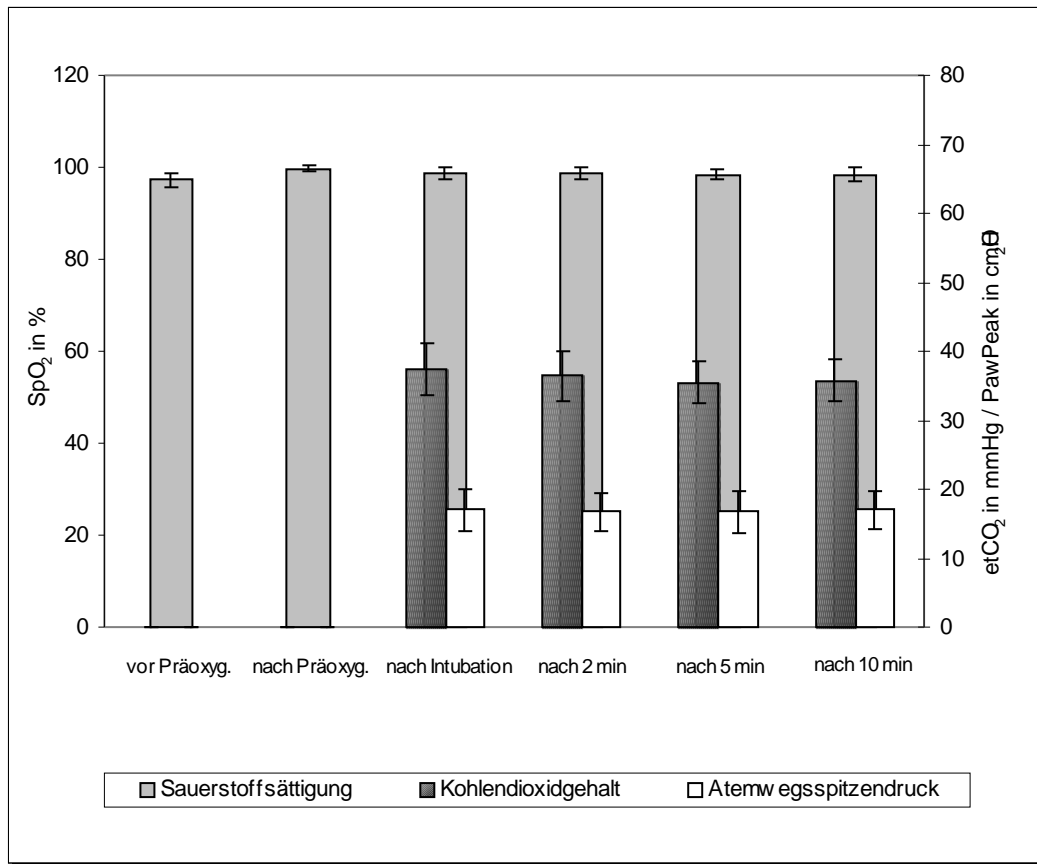
Abbildung 18: Expiratorisches Tidalvolumen in ml

#### 3.2.3.2. Atemwegsspitzenndruck ( $P_{\text{aw}_{\text{peak}}}$ ), end-expiratorischer Kohlendioxidanteil

( $\text{etCO}_2$ ) und peripher-kapilläre Sauerstoffsättigung ( $\text{SpO}_2$ )

Die Erfassung des Atemwegsspitzenndruckes ergab nach Einlage des Larynxtubus Werte zwischen 12 - 23  $\text{cmH}_2\text{O}$  (Median 17  $\text{cmH}_2\text{O}$ ), der end-expiratorische Kohlendioxidanteil lag bei 32 - 47 mmHg (Median 37 mmHg) und die peripher-kapilläre Sauerstoffsättigung betrug 94 - 100 % (Median 97 %).

Alle drei Parameter zeigten während des weiteren Narkoseverlaufs keine signifikanten Veränderungen (Abb. 19, [Anhang Tab. 11]).



**Abbildung 19:** Sauerstoffsättigung (SpO<sub>2</sub>), end-expiratorischer Kohlendioxidanteil (etCO<sub>2</sub>) und Atemwegsspitzen druck (Paw<sub>peak</sub>): Mittelwert ± Standardabweichung

### 3.2.4. Blutgasanalyse (BGA)

Im Vergleich zu den Initialwerten der ersten Blutgasanalyse vor Präoxygenierung der PatientInnen ergaben sich bis zum Zeitpunkt nach 10-minütigem Narkoseverlauf unter Beatmung mit dem Larynx tubus (FiO<sub>2</sub> = 0,4; AF = 10 min<sup>-1</sup>) signifikante (P ≤ 0,05) Anstiege von Sauerstoffsättigung, Sauerstoffpartialdruck und Kohlendioxidpartialdruck. Alle anderen Parameter der Blutgasanalyse zeigten keine signifikanten Veränderungen (Tab. 6).

**Tabelle 6:** Vergleich der Blutgasanalysen

Parameter	vor Präoxygenierung	nach 10 min Beatmung mit Larynx tubus
SO <sub>2</sub>	96 ± 1	99 ± 1 *



PO <sub>2</sub>	81 ± 10	168 ± 59 *
PCO <sub>2</sub>	35 ± 3	38 ± 5 *
pH	7,4 ± 0,0	7,4 ± 0,1
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23 ± 3	23 ± 3
BE	0 ± 2	0 ± 2

Parameter der Blutgasanalysen: Mittelwert ± Standardabweichung. \* P ≤ 0,05 versus vor Präoxygenierung

### 3.2.5. Oropharyngealer Leckagedruck

Zur Beurteilung des oropharyngealen Leckagedruckes prüften wir die Systemdichtigkeit bei Beatmung mit dem Larynxtubus unter den vom Hersteller empfohlenen Cuff-Belüftungsdrücken im Bereich von 60 - 80 cmH<sub>2</sub>O. Bei dem minimal empfohlenen oropharyngealen Cuffdruck von 60 cmH<sub>2</sub>O lag der mittlere Leckagedruck („Airway Leak Pressure“) bei 24 cmH<sub>2</sub>O. Eine schrittweise Erhöhung des Cuffdruckes um jeweils 10 cmH<sub>2</sub>O bis auf 80 cmH<sub>2</sub>O führte zu einer ebenfalls schrittweise signifikanten Erhöhung des Leckagedruckes. Eine Cuffdruckerhöhung um weitere 10 cmH<sub>2</sub>O auf 90 cmH<sub>2</sub>O führte zu einer signifikanten Erhöhung des mittleren Leckagedruckes auf 40 cmH<sub>2</sub>O (Tab. 7).

**Tabelle 7:** Oropharyngealer Leckagedruck des Larynxtubus in Abhängigkeit von

unterschiedlichen oropharyngealen Cuff-Belüftungsdrücken

Cuff-Druck in cmH <sub>2</sub> O	Leckagedruck in cmH <sub>2</sub> O (Paw <sub>pack</sub> )
60	24 ± 4 *
70	31 ± 5 #
80	37 ± 3 §
90	40 ± 1

„Airway Leak Pressure“ (Leckagedruck): Mittelwert und Standardabweichung. \* P ≤ 0,05 versus 70 cmH<sub>2</sub>O; # P ≤ 0,05 versus 80 cmH<sub>2</sub>O; § P ≤ 0,05 versus 90 cmH<sub>2</sub>O

### 3.2.6. Subjektive Einschätzung des Larynxtubus

Die Anwendung des Larynxtubus im Rahmen einer Allgemeinnarkose an n = 30 PatientenInnen wurde durch zwei erfahrene Anästhesisten eingeschätzt, die nach Beendigung der Allgemeinnarkose die allgemeine Handhabung („Handling“) des Larynxtubus anhand einer Rangskala (1 = sehr gut bis 4 = ungeeignet) beurteilten. Die Handhabung des Larynxtubus wurde subjektiv als „sehr gut“ eingeschätzt (Tab. 8).

**Tabelle 8:** Subjektive Einschätzung der Handhabung des Larynxtubus  
- Klinische Studie -

Einschätzung	Larynxtubus
--------------	-------------

	absolut	%
n = 30	1 = 23	77
	2 = 5	17
	3 = 1	3
	4 = 1	3
gesamt:	30	100
Median (Range)	1 (1 - 4)	

Subjektive Einschätzung des Larynxtubus - Klinische Studie- nach Rangskala:

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = mäßig; 4 = ungeeignet

## 4. DISKUSSION

### 4.1. MODELLVERSUCH

Die Behandlung akut eintretender Kreislaufstillstände stellt im präklinischen wie auch im klinischen Alltag ein komplexes Geschehen dar, in dem vor allem die Qualität der Erstmaßnahmen und das Notfallmanagement wesentlich das „Outcome“ des Patienten beeinflussen. Bis in die heutige Zeit hat sich die Anwendung der Mund-zu-Mund-Beatmung als effektive Maßnahme im Rahmen der „Lebensrettenden Sofortmaßnahmen“ behauptet und ist wesentlicher Bestandteil der Empfehlungen der American Heart Association und des European Resuscitation Council zum Basic Life Support bei akuten Kreislaufstillständen (71, 126).

Im Rahmen der erweiterten lebensrettenden Sofortmaßnahmen (ACLS) stellt für medizinisches Fachpersonal die Durchführung der endotrachealen Intubation das Mittel der 1. Wahl dar (50, 71, 123, 125). Da die sichere Durchführung der endotrachealen Intubation vor allem in Situationen erschwerter Intubationsbedingungen wie zum Beispiel bei Patienten mit ausgeprägter Adipositas und kurzem Hals, hochstehendem Larynx oder bei Präsenz von regurgiertem Mageninhalt oder Blut im Rachen, spezielle Erfahrung und viel Geschick erfordert, ist sie üblicherweise eine ärztliche Aufgabe. Während Anästhesisten und Intensivmediziner aufgrund ihrer klinischen Erfahrung von mehreren hundert bis mehreren tausend Intubationen auch in derartigen Situationen die endotracheale Intubation in aller Regel erfolgreich durchführen können, stellt sich das erweiterte Atemwegsmanagement für weniger erfahrene Klinik- oder Notärzte, Rettungsassistenten und Pflegepersonal, hinsichtlich der diesbezüglich geringeren kontinuierlichen Ausbildung, als extrem schwierig oder sogar als unmöglich dar (39).

Unterschiedliche Ausbildungsstandards, eingeschränktes Angebot oder auch mangelnde Bereitschaft zu individuellen innerklinischen Aus- und Weiterbildungen tragen dazu bei, dass in Situationen erschwerter Intubationsbedingungen die Beutel-Masken-Beatmung noch immer die empfohlene Methode der Wahl (26, 70 - 72) und trotz weltweit bekannter gravierender Nachteile die häufigste angewandte Alternative zur Beatmung respiratorisch insuffizienter Patienten ist (37, 98, 134, 137).

Neue pathophysiologische Erkenntnisse zu spezifischen Beatmungsparametern wie Atemzugvolumen (Tidalvolumen), Lungendehnbarkeit (Compliance), Atemwegswiderstand (Resistance), Verschlussdruck des unteren Ösophagusshinkter (LESP), Atemwegsspitzenruck ( $P_{aw_{peak}}$ ) und inspiratorischem Gasfluss (Flow) führen dazu, die bisher noch nicht ausreichend beachteten Wechselwirkungen dieser Parameter zu berücksichtigen und stellen die derzeit weitverbreitete Beatmung mit der Gesichtsmaske deutlich in Frage.

Die Lungencompliance, die unter den Bedingungen der kardiopulmonalen Reanimation und bei obstruktiven Lungenerkrankungen dynamischen Veränderungen unterliegt, hat wesentlichen Einfluss auf das applizierbare Atemzugvolumen. So muss eine Abnahme der Lungencompliance durch einen deutlichen Anstieg des

Beatmungsdruckes kompensiert werden, um ein adäquates Atemzugvolumen applizieren zu können (10, 43, 78, 132). Zurückliegende Studien zur Beurteilung der Lungencompliance ergaben, dass diese unter Normalbedingungen etwa 100 ml/cmH<sub>2</sub>O beträgt (30, 78). Unter akuten respiratorischen Störungen, wie sie im Falle eines Kreislaufstillstandes auftreten, kann die Compliance jedoch auf Werte um 50 - 22 ml/cmH<sub>2</sub>O abfallen und führt so zu einer Verringerung des ventilerten Gasvolumens auf weniger als die Hälfte des Normalwertes (32, 35, 54).

Die Resistance, die sich reziprok zur Lungencompliance verhält, kann sich so auf Werte bis zu 17 cmH<sub>2</sub>O/l/s erhöhen (35, 130), was einer Zunahme auf annähernd 400 – 900 % gegenüber dem Normalwert von 2 - 4 cmH<sub>2</sub>O/l/s entspricht. Bei steigender Resistance ist die Applikation eines ausreichenden Atemzugvolumens jedoch ebenfalls nur dann möglich, wenn ein deutlich höherer Beatmungsdruck während der Beatmung verwendet wird. Dieser Anstieg des Atemwegspitzen-druckes ( $P_{aw_{peak}}$ ) führt zu einer ungünstigeren Verteilung des applizierten Tidalvolumens mit Abnahme der Lungenbelüftung und gleichzeitiger Zunahme der Magenbelüftung. Diese Gefahr erhöht sich vor allem in Situationen eines Kreislaufstillstandes und unter den Bedingungen einer kardiopulmonalen Reanimation, da sich dann auch der Verschlussdruck des unteren Ösophagussphinkters deutlich verringert. Der unter physiologischen Bedingungen etwa 20 cmH<sub>2</sub>O betragende ösophageale Verschlussdruck (112, 128) kann unter Reanimationsbedingungen innerhalb weniger Minuten auf Werte bis zu 5 cmH<sub>2</sub>O (32, 130, 132) abfallen und begünstigt so eine weitere akzidentelle Belüftung und damit Blähung des Magens, welcher durch Druck auf die basalen Lungenpartien die Compliance der Lungen zusätzlich einschränkt (107). Somit entwickelt sich ein „Circulus vitiosus“ der schnell zur Regurgitation von saurem Mageninhalt führen kann und durch nach-folgende Aspiration in die Lungen gelangt (25, 91, 93, 136). Die Aspiration von saurem Mageninhalt stellt eine gefürchtete Komplikation dar, die das Patienten-Outcome durch die Entwicklung einer Aspirationspneumonie mit Destruktion des Lungengewebes massiv verschlechtern kann (15, 31, 47, 109). Die Reduktion dieses Kardinalproblems stellt deshalb für alle supraglottischen Beatmungshilfen eine wesentliche Grundanforderung dar.

Durch die Auswertung umfangreicher Studien zu den verschiedenen atemphysiologischen Parametern (32, 78, 91) konnte erstmals in der „Geschichte“ der Reanimationsrichtlinien mit den „International Guidelines 2000“ ein international übereinstimmendes Konzept bei allen Mitgliedern des ILCOR (AHA, ERC, ARC, HSFC, CLAR, NZRC, RCSA) verabschiedet werden. Die darin erarbeiteten Richtlinien empfehlen ein pulmonales Tidalvolumen von 6 - 7 ml/kg KG ( $\approx$  400 - 500 ml bei 70 kg KG) bei einer inspiratorischen Sauerstoffkonzentration von mindestens 40 % ( $\text{FiO}_2$  von  $\geq 0,4$ ). Erfolgt die Beatmung des Notfallpatienten ausschließlich mit Raumluft, wird weiterhin ein Atemzugvolumen von 10 ml/kg KG ( $\approx$  800 ml bei 80 kg KG) als notwendig erachtet (70, 71).

Unter Berücksichtigung der neuesten internationalen Erkenntnisse zu den beatmungsspezifischen Parametern (57, 89, 95, 133) prüften wir erstmals, ob der Larynx-tubus als neuentwickelte supraglottische Beatmungshilfe eine effektive Alternative zur bisher von AHA und ERC empfohlenen Maskenbeatmung (125) im Notfall- und Atemwegsmanagement darstellen kann.

Die Ergebnisse unseres Modellversuchs belegen, dass die von der AHA und dem ERC seit August 2000 für die Beatmung empfohlenen Tidalvolumina bei Verwendung der Gesichtsmaske nicht erreicht werden, weder für die sauerstoffangereicherte Beatmungsluft ( $\text{FiO}_2 \geq 0,4$ ; 6 - 7 ml/Kg KG) noch für die Beatmung unter Raumluftbedingungen ( $\text{FiO}_2 = 0,21$ ; 10 ml/Kg KG). Ursächlich dafür sind vor allem die mangelnde Dichtigkeit der Gesichtsmaske sowie der für Reanimationsbedingungen zu erwartende stark verringerte Verschlussdruck des unteren Ösophagusshinkters (35, 44, 60, 85, 132). So betrug das mittlere applizierbare Atemzugvolumen in unseren Untersuchungen bei der Beatmung mit der Gesichtsmaske  $266 \pm 185$  ml, wohingegen bei Verwendung des Larynx-tubus ein nahezu optimales Tidalvolumen von  $538 \pm 108$  ml appliziert werden konnte. Damit entspricht das unter Anwendung des Larynx-tubus erreichte Atemzugvolumen nicht nur den jüngsten Empfehlungen von AHA und ERC, sondern in etwa auch dem doppelten Tidalvolumen, welches bei der Beatmung mit der Gesichtsmaske erreicht werden konnte. Andere Voruntersuchungen (40, 43, 44, 46) zum applizierbaren Atemzugvolumen am Modell unter Verwendung alternativer Beatmungshilfen wie Larynxmaske, Intubationslarynxmaske oder Kombitubus zeigten ähnliche

Ergebnisse (Gesichtsmaske ~270 ml, Larynxmaske ~550 ml, Intubationslarynxmaske ~890 ml, Kombitubus ~570 ml).

Der bei der Beatmung mit dem Larynxtubus im Vergleich zur Gesichtsmaske deutlich höhere Atemwegsspitzenruck unterstreicht die Abhängigkeit des applizierbaren Atemzugvolumens vom Beatmungsdruck und ist vergleichbar mit anderen Untersuchungen (64).

Neben den bereits diskutierten Parametern unseres Modellversuchs wurde zur Einschätzung einer eventuell auftretenden Magenbelüftung jeweils nach einem 2-minütigen Beatmungszyklus das gesamtinsufflierte Magenvolumen registriert. Dabei ließen sich die Ergebnisse anderer Studien zum Auftreten einer deutlichen gastraln Insufflation bei Beatmung mit der Gesichtsmaske (34, 43, 90, 130) bestätigen. Die Verwendung des Larynxtubus führte in unserer Untersuchung zu keiner messbaren Magenbelüftung.

Diese im Vergleich zur Beatmung mit der Gesichtsmaske deutlich besseren Ergebnisse des Larynxtubus ist auf eine bessere Systemdichtigkeit des Larynxtubus und auf die Vermeidung der bei der Maskenbeatmung zwangsläufig auftretenden fehlerhaften Umverteilung der Beatmungsluft in den Magen zurückzuführen.

Der Zeitaufwand zur korrekten Platzierung von Larynxtubus und Gesichtsmaske war in unserer Untersuchung am Modell nahezu vergleichbar und erforderte bei der Anwendung des Larynxtubus keine Lagekorrektur. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen anderer alternativer Beatmungshilfen am Modell (40, 43, 46, 105) ist die Platzierungszeit des Larynxtubus auch gegenüber der Larynxmaske, der Intubationslarynxmaske und dem Kombitubus deutlich kürzer.

Neben der kritischen Betrachtung der atemungsphysiologischen Parameter beider Beatmungshilfen erfassten wir in unserem Modellversuch zusätzlich die subjektive Einschätzung durch die Teilnehmer. Dieser Beurteilung kommt deshalb besondere Bedeutung zu, weil sie durch Einschätzung von Handhabung und Praktikabilität wesentlich zur Entscheidungsfindung bei der Auswahl einer geeigneten Beatmungshilfe in „can't intubate - can't ventilate“- Situationen beiträgt, in denen die Schaffung eines stabilen Atemweges oberste Priorität hat (10, 19, 38, 89, 119, 135).

Gerade für den im Notfallbeatmungsmanagement Unerfahrenen ist es besonders wichtig, über eine einfach zu handhabende Beatmungshilfe zu verfügen, die insbesondere in Stresssituationen wie der Herz-Lungen-Wiederbelebung leicht und effektiv anzuwenden ist.

Die Auswertung unserer Daten ergab für den Larynxtubus eine durchweg bessere Einschätzung als für die Gesichtsmaske. Damit entsprechen die in unseren Untersuchungen gewonnenen Ergebnisse ebenfalls denen anderer Studien, in denen die Praktikabilität und Handhabung des Larynxtubus gegenüber der Gesichtsmaske beurteilt wurde (63, 64).

Insgesamt zeigen die Ergebnisse unseres Modellversuchs, dass der Larynxtubus als adäquate Alternative zur Gesichtsmaske betrachtet werden kann, da er unter Reanimationsbedingungen und bei nicht möglicher Intubation eine suffiziente Ventilation ermöglicht und die Gefahr einer Magenbelüftung mit nachfolgender pulmonaler Aspiration wesentlich reduziert.

Um beurteilen zu können, ob sich der Larynxtubus auch bei dynamischen Veränderungen respiratorischer Parameter insbesondere bei steigenden Atemwegsspitzen drücken, wie sie zum Beispiel unter Reanimationsbedingungen, akutem Lungenödem oder akutem Asthma bronchiale auftreten, als sichere Beatmungshilfe bewährt, war es erforderlich, das Leckageverhalten des Larynxtubus bei verschiedenen Atemwegsspitzen drücken zu überprüfen. Da eine diesbezügliche Untersuchung am Modell nicht sinnvoll ist, erfolgte die Beurteilung der Systemdichtigkeit des Larynxtubus im Rahmen der nach diesem Modellversuch erstmals durchgeführten klinischen Studie zur Anwendbarkeit des Larynxtubus an allgemeinnarkotisierten Patienten.

#### **4.2. KLINISCHE STUDIE**

Die Beurteilung supraglottischer Beatmungshilfen für das erweiterte Atemwegsmanagement erfordert nach zunächst umfangreichen modellexperimentellen Untersuchungen vor allem die Prüfung der Anwendbarkeit im klinischen Alltag.



Ein modernes anästhesiologisches Management ermöglicht es heutzutage, bei Patienten ohne kardiale und pulmonale Vorerkrankungen eine suffiziente Oxygenierung bei Atemwegsspitzen drücken von maximal 20 cmH<sub>2</sub>O zu gewährleisten. Dabei sind jedoch die optimal erscheinenden Tidalvolumina stets im Kontext mit den sich wechselseitig bedingenden Beatmungsparametern (Atemwegsspitzen druck, end-expiratorischer Kohlendioxidanteil, peripher-kapilläre Sauerstoffsättigung) zu beurteilen.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Empfehlungen bezüglich des Tidalvolumens (70, 71) bei sauerstoffangereicherter Beatmungsluft ( $FiO_2 \geq 0,4$ ) war zur Aufrechterhaltung einer suffizienten Oxygenierung bei der Beatmung narkotisierter Patienten mit dem Larynx tubus in unserer Untersuchung ein Atemzugvolumen von 400 - 700 ml erforderlich, welches in Relation zum Patientengewicht einem Tidalvolumen von 5 - 7 ml/ kg KG entspricht. Gleichzeitig können die bei der Beatmung der Patienten mit dem Larynx tubus bei einem mittleren Tidalvolumen von 520 ml gemessenen Parameter Atemwegsspitzen druck (Median 17 cmH<sub>2</sub>O), mittlerer end-expiratorischer Kohlendioxidanteil (37 mmHg) und peripher-kapilläre Sauerstoffsättigung (97 %) als optimal betrachtet werden.

Des weiteren stellen sich die zur korrekten Platzierung des Larynx tubus notwendigen Zeiten von 8 - 28 s (Median 21 s) im Vergleich zu anderen bisher empfohlenen Beatmungshilfen wie Gesichtsmaske (2), Larynxmaske (84), Intubationslarynx-maske (46) oder Kombi tubus (58) als akzeptabel und zumindest vergleichbar dar.

Die Beurteilung der Effektivität der Oxygenierung erfolgt im klinischen Alltag überwiegend anhand von Blutgasanalysen (BGA), wobei der Vergleich einer vor der Narkoseinduktion und einer während der Narkose erstellten BGA Aufschluss über den aktuellen Trend der Beatmung gibt. Die Ergebnisse der von uns untersuchten Blutgasanalysen belegen durch die signifikanten Anstiege von Sauerstoffpartialdruck und Sauerstoffsättigung, dass der Larynx tubus zur Beatmung narkotisierter Patienten im klinischen Alltag geeignet ist.

Die kritische Bewertung des „Airway Leak Pressure“ einer supraglottischen Beatmungshilfe bei erhöhten Atemwegswiderständen, wie sie bei Patienten mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD) oder aber vor allem in

Situationen der Herz-Lungen-Wiederbelebung auftreten, liefert wesentliche Erkenntnisse darüber, inwieweit ein appliziertes Tidalvolumen tatsächlich für die Ventilation der Lungen und Oxygenierung zur Verfügung steht oder aber aufgrund fehlerhafter Umverteilung zunehmend in den Magen gelangt.

Eine Vielzahl klinischer Untersuchungen zu den am häufigsten verwendeten alternativen Beatmungshilfen lässt erkennen, dass deren Einsatz bei Atemwegsspitzen drücken von mehr als 25 cmH<sub>2</sub>O zu einer Leckage und damit zu einer insuffizienten Beatmung des Patienten und zu einem deutlich erhöhten Aspirationsrisiko (45, 86, 131) führen kann.

Bei Anwendung der von Brain 1983 erstmals beschriebenen Larynxmaske (17) verweisen verschiedene Studien auf die Gefahr der pulmonalen Aspiration und empfehlen deren Einsatz nur bis zu Atemwegsspitzen drücken von 20 - 25 cmH<sub>2</sub>O (18, 20, 69, 92). Die Weiterentwicklung der Larynxmaske zur Intubationslarynxmaske mit der Möglichkeit der sekundären Einlage eines Endotrachealtubus stellt den Anwender während der primären Beatmung über die Intubationslarynxmaske vor ähnliche Risiken. Auch für die Intubationslarynxmaske besteht vor der beschriebenen endgültigen sekundären Sicherung des Atemweges mittels endotrachealer Intubation eine Systemdichtigkeit nur bis zu einem Atemwegsspitzen druck von ca. 25 cmH<sub>2</sub>O, womit die Gefahr der pulmonalen Aspiration nicht sicher vermieden werden kann (87, 88).

Eine weitere, derzeit von AHA und ERC empfohlene Beatmungsalternative ist der Kombitubus, der bei korrekter Platzierung einen guten Aspirationsschutz zu bieten scheint (13, 14, 56, 97), aufgrund seiner recht komplexen Handhabung aber viel Geschick, Erfahrung und insbesondere kontinuierliche Übung erfordert und somit eher eine Alternative für den geübten Anwender darstellen kann (14, 59, 96).

Hinsichtlich der mehrfach in der einschlägigen internationalen Literatur diskutierten Problematik der Systemdichtigkeit supraglottischer Beatmungshilfen prüften wir in unserer klinischen Studie erstmals die Anwendbarkeit des Larynxtubus in Situationen steigender Beatmungsdrücke.

Unsere Untersuchungen zum „Airway Leak Pressure“ bei Anwendung des Larynxtubus ergaben, dass bei Beachtung der vom Hersteller empfohlenen Cuff-Belüftungsdrücke von 60 - 80 cmH<sub>2</sub>O bis zu einem Atemwegsspitzen druck von 37

cmH<sub>2</sub>O keine Leckagen auftreten, und dass somit auch keine Belüftung des Magens zu registrieren ist. Bei Erhöhung des Cuff-Belüftungsdruckes um 10 cmH<sub>2</sub>O ist die komplette Systemdichtigkeit in der Regel bis zu einem Beatmungsdruck von 40 cmH<sub>2</sub>O gewährleistet. Diese Ergebnisse zeigen, dass der Larynxtubus für die Anwendung im anästhesiologischen Alltag am narkotisierten Patienten mit Beatmungsdrücken um 20 cmH<sub>2</sub>O, aber auch in Situationen erhöhter Atemwegsspitzen drücke, wie sie bei Patienten mit chronisch obstruktiven Atemwegserkrankungen oder aber im Rahmen der Beatmung von Notfallpatienten anzutreffen sind, geeignet ist.

Neben den atemungsphysiologischen und beatmungstechnischen Parametern kommt der Praktikabilität und Handhabung einer Beatmungshilfe erhebliche Bedeutung zu, da v.a. in Situationen erschwerter oder nicht möglicher Intubation eine leicht zu handhabende Beatmungshilfe das „Outcome“ eines Notfallpatienten entscheidend beeinflussen kann (103, 119, 135). Die Handhabung des Larynxtubus wurde in unserer Studie überwiegend mit „sehr gut“ eingeschätzt, wobei vor allem die Möglichkeit der „Oneway-Blockung“ (eine Zuleitung für die Belüftung beider Cuffs) einen wesentlichen Vorteil gegenüber der „Doubleway-Blockung“ (zwei separate Cuffzuleitungen) darzustellen scheint. Supraglottische Beatmungshilfen mit „Doubleway-Blockung“, wie z.B. der Kombitubus, erfordern vom Anwender ein komplexeres Vorgehen und bedingen damit zwangsläufig eine längere Platzierungszeit (40, 43). Für den unerfahrenen und ungeübten Anwender stellt die komplexe Handhabung einer Beatmungshilfe insbesondere in Notfallsituationen einen nicht unerheblichen Nachteil dar.

Die Anwendung supraglottischer Beatmungshilfen kann zu typischen Komplikationen wie Mukosaläsionen, Blutauflagerungen, geröteter Rachen oder Heiserkeit und Schluckbeschwerden führen (18, 69, 92, 96, 100). Diese Probleme traten nach Anwendung des Larynxtubus in unserer Studie nicht auf und wurden auch bei einer gezielten Nachbefragung zu oropharyngealen Missempfindungen im Sinne einer Dysphagie oder Dysphonie von allen Patienten verneint.

Ausgehend von der derzeitigen Datenlage sollten einige Anwendungsbeschränkungen für den Larynxtubus diskutiert werden. So müssen vor einer generellen Empfehlung der Anwendung des Larynxtubus auch am nicht präoxygenierten

Patienten, wie z.B. im Rahmen der Herz-Lungen-Wiederbelebung, noch weitere Studien durchgeführt werden, da hierzu derzeit lediglich Einzelfallberichte vorliegen (3, 61).

Im Gegensatz zu der diesbezüglich gut untersuchten Larynxmaske/ Intubationslarynxmaske (45, 131) stehen für die eventuell erforderliche sekundäre endotracheale Intubation über den platzierten Larynxtubus bisher ebenfalls nur Einzelfall-berichte zur Verfügung (65).

Die fehlende Möglichkeit einer aktiven (Absaugung) oder passiven (Drainage) Entleerung des Magens kann unter extrem ungünstigen Umständen zu Verletzungen von Magen oder Ösophagus führen und damit eine relative Anwendungsbeschränkung des Larynxtubus insbesondere für Patienten mit vollem Magen darstellen. Speziell dieser Aspekt führte ausgehend von unseren Untersuchungen zu einer neuerlichen Weiterentwicklung des Larynxtubus, der nunmehr ergänzend in einer zweiten Version mit zusätzlichem ösophagealen Absaugkanal produziert wird und seit Sommer 2002 als Larynxtubus „S“ (LT-S) in den Markt eingeführt wurde (4, 42, 62, 102).

Die Ergebnisse des vorliegenden Modellversuches und der nachfolgend durchgeführten ersten klinischen Studie zur Anwendbarkeit des Larynxtubus zeigen, dass der Larynxtubus die Grundanforderungen an eine moderne Beatmungshilfe erfüllt, eine suffiziente Oxygenierung für einen längeren Zeitraum gewährleisten kann und im klinisch-anästhesiologischen Alltag adäquat einsetzbar ist. Die Diskussion unserer Ergebnisse unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren internationalen Literatur führt weiterhin zu der Schlussfolgerung, dass der Larynxtubus in Notfallsituationen eine günstigere Beatmungshilfe als die weitverbreitete Gesichtsmaske darstellt.

Darüber hinaus kann der auch für den unerfahrenen Anwender leicht zu handhabende Larynxtubus zukünftig eine wertvolle Alternative zu den gegenwärtig bei erschwerter oder nicht möglicher endotrachealer Intubation empfohlenen Beatmungshilfen Larynxmaske und Kombitubus darstellen.

## **5. ZUSAMMENFASSUNG**

Das primäre Ziel der Behandlung respiratorisch insuffizienter Patienten besteht in der Sicherung des Atemweges. Als „Gold-Standard“ gilt hierbei die endotracheale Intubation. Über die zur erfolgreichen Durchführung dieser Maßnahme erforderlichen Kenntnisse und Erfahrungen verfügt überwiegend nur anästhesiologisches und intensivmedizinisches Fachpersonal, was aber nicht überall und zu jeder Zeit verfügbar ist. Deshalb ist es notwendig, für weniger erfahrenes Personal einfach anwendbare Alternativen zu etablieren, die eine vergleichbar effektive Behandlung des ateminsuffizienten Notfallpatienten ermöglichen. Für diese Zielgruppen wird entsprechend den international einheitlichen Empfehlungen der American Heart Association (AHA) und des European Resuscitation Council (ERC) die Beatmung mit der Gesichtsmaske favorisiert. Die evidenten Probleme der Maskenbeatmung, wie mangelnde Systemdichtigkeit, unzureichendes Tidalvolumen und insbesondere das Kardinalproblem der Magenbelüftung mit der Gefahr der Regurgitation und der pulmonalen Aspiration waren Auslöser für die Entwicklung alternativer Beatmungshilfen, wie z.B. Larynxmaske, Kombitubus und Larynxtubus.

Der Larynxtubus wurde von uns erstmals an einem etablierten Beatmungsmodell, welches die wesentlichen atmungsspezifischen Parameter einer Reanimationssituation simuliert, mit der Gesichtsmaske verglichen. Bei vergleichbar erfolgreicher Platzierung und besserer Handhabung wurde mit dem Larynxtubus das in den aktuellen internationalen Empfehlungen von AHA und ERC vom August 2000 geforderte minimale Atemzugvolumen im Gegensatz zur Beatmung mit der Gesichtsmaske erreicht. Darüber hinaus konnte das Kardinalproblem der Maskenbeatmung, die Gefahr der pulmonalen Aspiration, wesentlich vermindert werden.

In der klinischen Studie zur Anwendbarkeit des Larynxtubus am narkotisierten Patienten zeigten sich eine einfache Handhabung und adäquate Oxygenierung bei allen Patienten. Die Messung des Leckagedruckes (Airway Leak Pressure) bei steigenden Atemwegsspitzen drücken ergab eine vollständige Systemdichtigkeit des Larynxtubus bis zu einem Atemwegsspitzen druck von 37 cmH<sub>2</sub>O, was die Gefahr der Umverteilung des applizierten Tidalvolumens in den Magen und die daraus resultierende Aspirationsgefahr im Vergleich zu anderen supraglottischen Beatmungshilfen deutlich reduziert.

Die experimentellen und klinischen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zur Anwendbarkeit des Larynxtubus zeigen, dass der Larynxtubus die Grundanforderungen an eine moderne Beatmungshilfe erfüllt, eine suffiziente Oxygenierung eines Notfallpatienten auch über einen längeren Zeitraum hinaus gewährleisten kann und im klinisch-anästhesiologischen Alltag adäquat einsetzbar ist.

Die Diskussion unserer Ergebnisse führt unter Berücksichtigung der derzeit verfügbaren internationalen Literatur zu dem Schluss, dass der Larynxtubus eine empfehlenswerte und leicht zu handhabende Alternative zur weitverbreiteten Gesichtsmaske ist. Des Weiteren stellt der Larynxtubus insbesondere auch für den unerfahrenen Anwender in Situationen erschwerter oder nicht möglicher endotrachealer Intubation neben den gegenwärtig empfohlenen Beatmungshilfen wie Larynxmaske und Kombitubus eine wertvolle Alternative dar.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

1. Adnet F, Jouriles NJ, Le Toumelin P et al. (1998) Survey of out-of-hospital emergency intubation in the french prehospital medical system: a multicenter study. *Ann Emerg Med* 32, 454-460
2. 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
3. Asai T, Murao K, Shingu K (2000) Efficacy of the laryngeal tube during intermittend positiv pressure ventilaton. *Anaesthesia* 55, 1099-1102
4. Asai T, Shingu K, Cook T (2003) Use of the laryngeal tube in 100 patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 47, 1-5
5. Baskett PJF, Bossaert L, Carli P et al. (1996) Guidelines for the advanced management of the airway and ventilation during resuscitation. A statement by the Airway and Ventilation Management Group of the ERC. *Resuscitation* 31, 201-230
6. Baskett P, Nolan J, Parr M (1996) Tidal volumes which are perceived to be adequate for resuscitation. *Resuscitation* 31, 231-234
7. Baskett PJF, Parr MJA, Nolan JP (1998) The intubating laryngeal mask. Results of multicentre trial with experience in 500 cases. *Anaesthesia* 53, 1176-1179
8. Becker LB, Berg RA, Pepe PE, Idris AH, Aufderheide TP, Barnes TA, Stratton SJ, Chandra NC (1997) A reappraisal of mouth to mouth ventilation during bystander-initiated cardiopulmonary resuscitation. A statement for healthcare professionals from the Ventilation Working Group of the Basic Life Support and Pediatric Life Support Subcommittees, American Heart Association. *Circulation* 96, 2102-2112
9. Benumhof JL (1991) Management of the difficult adult airway. *Anaesthesiology* 75, 1087-1110
10. Benumhof JL, ASA Difficult Airway Algorithm (2000) New Thoughts and Considerations. In: Hagberg C: Dandbook of difficult airway management, Chapter 3, 31-48, Churchill Livingstone, Philadelphia
11. Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy GA (1993) Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. Is Ventilation Necessary? *Circulation* 88, 1907-1915

12. Berman RA (1959) Use of the lighted stylet to confirm correct endotracheal tube placement. *Anaesthesia* 20, 382-383
13. Bigenzahn W, Pesau B, Frass M (1991) Emergency ventilation using the Combitube in cases of difficult intubation. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 248, 129-131
14. Bishop M, Kharasch E (1998) Is the combitube a useful emergency airway device for Anaesthesiologists? *Anesth Analg* 86, 1141-1142
15. Blitt CD, Gutman HL, Cohen DD, Weisman H, Dillon JB (1970) Silent regurgitation and aspiration during general anaesthesia. *Anesth Analg* 49, 708-712
16. Bowman FP, Menegazzi JJ, Check BD, Duckett TM (1995) Lower esophageal sphincter pressure during prolonged cardiac arrest and resuscitation. *Ann Emerg Med* 26, 216-219
17. Brain AI (1983): The laryngeal mask – a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 55: 801-805
18. Brain AIJ, Mc Ghee TD, Mc Ateer EJ, et al. (1985) The laryngeal mask airway – Development and preliminary trials of a new type of airway. *Anaesthesia* 40, 356-361
19. Braun U (1998) Ist die Larynxmaske ein Instrument für die präklinische Rettung? – Pro. *Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 33, 119-121
20. Braun U, Fritz U (1994) Die Kehlkopfmaske als Instrument. *Anaesthesist* 43, 129-142
21. Brenner B, Kauffman J (1993) Reluctance of internists and medical nurses to perform mouth to mouth resuscitation. *Arch Intern Med* 153, 1763-1769
22. Brenner B, Kauffman J (1995) Reluctance of medical housestaff to perform mouth to mouth resuscitation in an in-patient setting. What are the considerations? *Resuscitation* 28, 185-193
23. Brenner BE, Kauffmann J (1996) Response to cardiac arrests in a hospital setting: delays in ventilation. *Resuscitation* 31, 17-23
24. Brenner B, Kauffman J, Sachter JJ (1996) Comparison of the reluctance of house staff of metropolitan and suburban hospitals to perform mouth to mouth resuscitation. *Resuscitation* 32, 5-12
25. Brimacombe J (1995) The advantage of the LMA over the tracheal tube or face mask: a metaanalysis. *Can J Anaesth* 42, 1017-1023



26. Bundesärztekammer (2000) Reanimation - Empfehlungen für die Wiederbelebung, Deutscher Ärzteverlag, Köln
27. Callis A, Käthner A, Bandemer G, Kuckelt W, Böhmert F (2000) Notwendige Ergänzung eines optimalen Rettungsdienstes. *Rettungsdienst* 8, 46-51
28. Caplan RA, Benumhof JL, Berry FA, Blitt CD, Bode RH, Cheney FW, Connis RT, Guidry OF, Ovassapian A (1993) Practice guidelines for management of the difficult airway. A report by the American Society of Anaesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anaesthesiology* 78, 597-602
29. Centers for Disease control. (1987) Recommendations for prevention of HIV transmission in health-care settings. *Morbidity and Mortality Weekly Report* 36, 1S-18S
30. Cobb LA, Eliastam M, Kerber RE, Melker R, Moss AJ, Newell L, Paraskos JA, Weaver WD, Weil M, Weisfeöð ML (1992) Report of the American Heart Association. Task force on the future of cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 85, 2346-2355
31. Copass M, Oreskovich M, Blakergroen M et al. (1984) Prehospital cardiopulmonary resuscitation of the critically injured patient. *Am J Surg* 148, 20-25
32. Crosby ET, Cooper RM, Douglas MJ, Doyle DJ, Hung OR, Labrecque P, Muir H, Murphy MF, Preston RP, Rose DK, Roy L (1998) The unanticipated difficult airway with recommendations for management. *Can J Anaesth* 45, 757-776
33. Davis KJr, Johannigman JA, Johnson RC, Branson RD (1995) Lung compliance following cardiac arrest. *Acad Emerg Med* 2, 874-878
34. Deakin CD (1996) Prehospital management of the traumatized airway. *Eur J Emerg Med* 3, 233-243
35. Dick WF, Brambrink AM, Kern T (1999) Kardiopulmonale Reanimation "oben ohne"? Soll die Herz-Lungen-Wiederbelebung künftig ohne Beatmung erfolgen? *Anaesthesist* 48, 290-300
36. Döriges V (2000) Notfall-Atemwegs-Management. Wertigkeit neuer Strategien bei ungesichertem Luftweg. *Rettungsdienst* 9, 55
37. Döriges V, Ocker H, Hagelberg S, Wenzel V, Schmucker P (2000) Optimisation of tidal volumes given with self-inflatable bags without additional oxygen during simulated basic life support. *Resuscitation* 43, 195-199
38. Döriges V, Ocker H, Hagelberg S, Wenzel V, Schmucker P (2000) Smaller tidal volumes with room-air are not sufficient to ensure adequate oxygenation during bag-valve-mask ventilation. *Resuscitation* 44, 37-41

39. Döriges V, Ocker H, Neubert E, Schumann T, Wenzel V (2001) Notfall-Atemwegs-Management - eine vergleichende Untersuchung verschiedener Strategien bei ungesichertem Luftweg. *Wien Klin Wochenschr* 113, 186-193
40. Döriges V, Ocker H, Wenzel V, Sauer C, Schmucker P (2001) Emergency airway management by non-anaesthesia house officers – a comparison of three strategies. *Emerg Med J* 18, 90-94
41. Döriges V, Ocker H, Wenzel V, Schmucker P (2000) The Laryngeal Tube – A New Simple Airway Device. *Anesth Analg* 90, 1220-1222
42. Döriges V, Ocker H, Wenzel V, Steinfath M, Gerlach K (2003) The laryngeal tube S: Modified simple airway device. *Anesth Analg* 96, 618-621
43. Döriges V, Sauer C, Ocker H, Wenzel V, Schmucker P (1999) Airway management during cardiopulmonary resuscitation – a comparative study of bag-valve-mask, laryngeal mask and combitube in a bench model. *Resuscitation* 41, 63-69
44. Döriges V, Sauer C, Ocker H, Wenzel V, Schmucker P (1999) Smaller tidal volumes during cardiopulmonary resuscitation: a comparison of adult and pediatric self-inflatable bags with three different ventilatory devices. *Resuscitation* 43, 31-37
45. Döriges V, Wenzel V (2001) Ventilation zur kardiopulmonalen Reanimation. *Intensivmed* 38, 576-589
46. Döriges V, Wenzel V, Neubert E, Schmucker P (2000) Emergency airway management by intensive care unit nurses with intubating laryngeal mask airway and the laryngeal tube. *Crit Care* 4, 369-376
47. Döriges V, Wenzel V, Schumann Th, Neubert E, Ocker H, Schmucker P (2001): Intubating laryngeal mask airway, laryngeal tube, 1100 ml self-inflating bag – Alternatives for basic life support? *Resuscitation* (in Druck)
48. Elam JO (1965) Respiration. In: Fenn WD, Rahn H: *Handbook of physiology*. Vol. 2. Washington, DC: American Physiological Society 1265-1312
49. Elling R, Politis J (1983) An evaluation of emergency medical technicians' ability to use manual ventilation devices. *Ann Emerg Med* 12, 765-768
50. Emergency cardiac care Committee and Subcommittees American Heart association: Guidelines for CPR and Emergency Cardiac Care. (1992) *JAMA* 268, 2172-2302

51. Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittee American Heart Association: Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. Part II: Adult Basic Life Support. (1992) JAMA 268, 2184-2198
52. Engoren M, Plewa MC, Hymel G, Brookfield L, Fenn-Buderer N (1996) External cardiac compression versus activ-compression decompression with a without mouth-to-mouth ventilation: effects and blood gases. Ann Emerg Med 27, 141
53. European Resuscitation Council: Guidelines for the basic management of the airway and ventilation during resuscitation. A statement by the Airway and Ventilation Management Working Group of the European Resuscitation Council. (1996) Resuscitation 31, 187-200
54. Finucane B (1998) The difficult airway – a Canadian perspective [Editorial]. Can J Anaesth 45, 713-718
55. Fisher HE (1944) Resuscitation. In: Glasser O, ed. Medical physics. Chicago: Year Book Medical, 1241-1255
56. Frass M (1992) Combitube™ – ein neues Gerät zur Notfallintubation. Fortschr Med 110, 549-550
57. Frass M, Frenzer R, Ilias W, Lackner F, Hoflehner G, Losert U: Esophageal Tracheal Combitube (ETC) (1987) Tierexperimentelle Ergebnisse mit einem neuen Notfalltubus. Anästh Intensivther Notfallmed 22, 142-144
58. Frass M, Frenzer R, Rauscha F, Schuster E, Glogar D (1988) Ventilation with the esophageal tracheal combitube in cardiopulmonary resuscitation. Promptness and effectiveness. Chest 93, 781-784
59. Frass M, Frenzer R, Zdrahal F, Hoflehner G, Porges P, Lackner F (1987) The esophageal tracheal combitube: Preliminary results with a new airway for CPR. Ann Emerg Med 16, 762-768
60. Gabbott DA, Baskett PJF (1997) Management of the airway and ventilation during resuscitation. Br J Anaesth 79: 159-171
61. Genzwürker H, Dhonans S, Ellinger K (2002) Use of the laryngeal tube for out of hospital resuscitation. Resuscitation 52, 221-224
62. Genzwürker H, Finteis T, Hundt A, Wambser T, Ellinger K (2002) Eignung eines Prototypen des Larynx-Tubus mit Absaugmöglichkeit (LTS) für die Reanimation. Journal für Anästhesie und Intensivbehandlung 9, 191-192
63. Genzwürker HV, Hilker T, Hohner E, Kuhnert-Frey B (1999) Der Larynxtubus: Eine Alternative für die vorübergehende Oxygenierung bei schwieriger Intubation? Anaesthesiol Intensiv 40, 402

64. Genzwürker HV, Hilker T, Hohner E, Kuhnert-Frey B (2000) The laryngeal tube: a new adjunct for airway management. *Prehosp Emerg Care* 4, 168-172
65. Genzwürker H, Vollmer T, Ellinger K (2002) Fiberoptic tracheal intubation after placement of the laryngeal tube. *Br J Anaesth* 89, 733-738
66. Gildenberg P, Makela M (1985) Effect of early intubation and ventilation on outcome following head trauma. In: Dacey R, Winn H, Rimel R et al.: *Trauma of the Central Nervous System*. New York, Raven
67. Goudsouzian NG, Denman W, Cleveland R, Shorten G (1992) Radiologic localization of the laryngeal mask airway in children. *Anaesthesiology* 77, 1085-1089
68. Grande CM, Stene JK, Bernhard WN (1990) Airway Management: Considerations in the trauma patient. *Critical Care Clinics* 6(1), 37-59
69. Greenberg RS, Brimacombe J, Berry A, Gouze V, Piantadosi S, Dake EM (1998) A randomised controlled trial comparing the cuffed oropharyngeal airway and the laryngeal mask airway in spontaneously breathing anaesthetized adults. *Anaesthesiology* 88, 970-977
70. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care – An International Consensus on Science. (2000) *Circulation*: 102 (suppl): I, 22-59
71. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care – An International Consensus on Science. Part III Adult Basic Life Support. (2000) *Resuscitation* 46, 29-71
72. Harrison RR, Maull KI (1982) Pocket mask ventilation: a superior method of acute airway management. *Ann Emerg Med* 2, 39
73. Hermreck AS (1988) The history of cardiopulmonary resuscitation. *Am J Surg* 156, 430-436
74. Hoekstra JW, Banks JR, Martin DR, Cummins RO, Pepe PE, Stueven HA, Jastremski M, Gonzales E, Brown CG, Group and the Multicentre High-Dose Epinephrine-Study (1993) Effect of first-responder automated defibrillation on time to therapeutic interventions during out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 22, 1247-1253
75. Holmes DR, Davis K, Gorsh BJ, Mock MB, Pettinger MB (1989) Risk factor profiles of patients with sudden cardiac death and death from other cardiac causes: a report from the Coronary Artery Surgery Study (CASS). *J Am Coll Cardiol* 13, 524-530

76. Ho-Tai LM, Devitt JH, Noel AG, O'Donnell MP (1998) Gas leak and gastric insufflation during controlled ventilation: face mask versus laryngeal mask airway. *Can J Anaesth* 45, 206-211
77. Idris AH, Becker LB, Fuerst RS, Wenzel V, Rush WJ, Melker RJ, Orban DJ (1994) Effect of ventilation on resuscitation in an animal model of cardiac arrest. *Circulation* 90, 3063-3069
78. Idris AH, Florete Jr OG, Melker RJ, Chandra NC (1996) Physiology of ventilation, oxygenation and carbon dioxide elimination during cardiac arrest. (1996) In: Paradis NA, Halperin HR, Nowak RM, editors. *Cardiac Arrest*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 382-419
79. Idris AH, Staples ED, O'Brien DJ, Melker RJ, Rush WJ, Del Duca KD, Falk JL (1994) Effect of ventilation on acid-base balance and oxygenation in low blood-flow states. *Crit Care Med* 22, 1827-1834
80. Jastremski MS (1993) In-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 22: 141-145
81. Johannigman JA, Branson RD, Davis K, Hurst JM (1991) Techniques of emergency ventilation: a model to evaluate tidal volume, airway pressure and gastric insufflation. *J Trauma* 31, 93-98
82. Karpovich PV (1953) *Adventures in artificial respiration*. New York: Association Press
83. Keith A (1909) Three hunterian lectures on the mechanism underlying the various methods of artificial respiration practical since the foundation of the Royal Humane Society in 1774. *Lancet* 1, 745-749; 825-828; 895-899
84. Keller C, Brimacombe J (1999) The influence of head and neck position on pharyngeal leak pressure and cuff position with the flexible and the standard laryngeal mask airway. *Anesth Analg* 88, 913-916
85. Kettler D, Bahr J, Busse C (1985) Herz-Lungen-Wiederbelebung durch Ersthelfer – die erste Fallstudie in der Bundesrepublik. *Notfallmed* 11, 674-678
86. Krischer JP, Fine EG, Davis JH, Nagel EL (1987) Complications of cardiac resuscitation. *Chest* 92, 287-291
87. Langenstein H, Möller F (1998) Der Stellenwert der Larynxmaske bei schwieriger Intubation und erste Erfahrungen mit der Intubationslarynxmaske (ILMA - Fastrach). *Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 33, 771-780
88. Langenstein H, Möller F (1998) Erste Erfahrungen mit der Intubationslarynxmaske. *Anaesthesist* 47, 311-319

89. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Stehen PA (2000) Arterial blood gases with 500 – versus 1000 ml tidal volume during out-of-hospital CPR. *Resuscitation* 45, 27-33
90. Lawes EG, Baskett PJ (1987) Pulmonary aspiration during unsuccessful cardiopulmonary resuscitation. *Intensive Care Med* 13, 379-382
91. Lawrence P, Sivanewaran N (1985) Ventilation during cardiopulmonary resuscitation: witch method? *Med J Aust* 143, 443-446
92. Lipp M, Kleemann PP, Kolb C, Dick W (1991) Einsatz der Larynxmaske – eine praktikable Methode? *Anaesthesist* 40, 245-248
93. McCormack AP, Damon SK, Eisenberg MS (1989) Disagreeable physical characteristics affecting bystander CPR. *Ann Emerg Med* 18, 283-285
94. McEwen W (1880) Clinical observations on the introduction of tracheal tube by the mouth instead of performing tracheotomy or laryngotomy. *Br Med J* 2: 122-124 and 163-165 (Reprinted in survey of Anaesthesiology 1969; 13, 105-120)
95. McSwain GR, Garrison WB, Artz CP (1980) Evaluation of resuscitation from cardiopulmonary arrest by paramedics. *Ann Emerg Med* 9, 341
96. Mercer MH, Gabbott DA (1998) The influence of neck position on ventilation using the Combitube airway. *Anaesthesia* 53, 146-150
97. Minkowitz HS (2000) Laryngeal mask airway and esophageal tracheal combitube. In: Hagberg C: *Handbook of difficult airway management*, Chapter 8, 171-183, Churchill Livingstone, Philadelphia
98. Mohr M, Schmid J, Bahr J, Panzer W, Kettler D (1994) Die Praxis der präklinischen Reanimation durch Notärzte. *Rettungsdienst* 9, 6-13
99. Nagel EL, Fine EG, Krischer JP, Davis JH (1981) Complications of CPR. *Crit Care Med* 9, 424
100. Nakazawa K, Tanaka N, Ishikawa S, Ohmi S, Ueki M, Saitoh Y, Makita K, Amaha K (1999) Using the intubating laryngeal mask airway (LMA-Fastrach<sup>FM</sup>) for blind endotracheal intubation in patients undergoing cervical spin operation. *Anesth Analg* 89, 1319-1321
101. Nolan JP, Parr MJA (1997) Aspects of resuscitation in trauma. *Br J Anaesth* 79, 226-240
102. Ocker H (2003) Der Stellenwert des Larynxstübchen in der Notfallmedizin: Eine Übersicht. *Rettungsdienst* 12, 42 - 45

103. Ocker H, Wenzel V, Schmucker P, Steinfath M, Döriges V (2002) A comparison of the laryngeal tube with the laryngeal mask airway during routine surgical procedures. *Anaesth Analg* 95, 1094-1097
104. Ornato JP, Bryson BL, Donovan PJ, Farquharson RR, Jaeger C (1983) Measurement of ventilation during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 11, 79-82
105. Osterwalder JJ, Schuhwerk W (1998) Effectiveness of mask ventilation in a training manikin: a comparison of the Oxylator EM 100 and the bag valve device. *Resuscitation* 36, 23-27
106. Reed AP (1995) Current concepts in airway management for cardiopulmonary resuscitation. *Mayo Clin Proc* 70, 1172-1284
107. Rhee KJ, O'Malley RJ, Turner JE, Ward RE (1988) Field airway management of the trauma patient: The efficacy of bag mask ventilation. *Am J Emerg Med* 6, 333-336
108. Robertson C, Steen P, Chamberlain D, Bossaert L, Carli P, Ekström L, Hapnes SA, Holmberg S, Koster R, Lindner K, Perales N, Juchems R, Adgey J, Dick W, Kette F, Kloeck W, Callanan V (2000) Erweiterte lebensrettende Sofortmaßnahmen beim Erwachsenen. Leitlinien des European Resuscitation Council 1998. *Anaesthesist* 49, 121-129
109. Roewer N (1995) Can pulmonary aspiration of gastric contents be prevented by balloon occlusion of the cardia? A study with a new nasogastric tube. *Anesth Analg* 80, 378-383
110. Rosenberg M, Wang C, Hoffman Wilde S et al. (1993) Results of cardiopulmonary resuscitation: failure to predict survival in two community hospitals. *Arch Intern Med* 153, 1370-1375
111. Roth R, Stewart RD, Rogers K, Cannon GM (1984) Out-of-hospital cardiac arrest: factors associated with survival. *Ann Emerg Med* 13, 237-243
112. Ruben H, Knudsen EJ, Carugati G (1961) Gastric inflation in relation to airway pressure. *Acta Anaesthesiol Scand* 5, 107-114
113. Rumbell CJ, MacDonald D (1997) The PTL, Combitube, Laryngeal Mask and oral airway: a randomised prehospital comparative study of ventilatory device effectiveness in 470 cases of cardiorespiratory arrest. *Prehosp Emerg Care* 1, 1-10
114. Safar P (1958) Ventilatory efficacy of mouth-to-mouth artificial respiration; airway obstruction during manual and mouth-to-mouth artificial respiration. *JAMA* 167, 335-341

115. Safar P, Agosto-Escarraga L (1959) Compliance in apneic anaesthetized adults. *Anaesthesiology* 20, 283-289
116. Safar P, Bircher N, Pretto EJ, Berkebile P, Tisherman S, Marion D, Klain M, Kochanek P (1998) Reappraisal of mouth to mouth ventilation [letter]. *Ann Emerg Med* 31, 653-654
117. Safar P, Brown TC, Holtey WH (1961) Ventilation and circulation with closed chest cardiac massage in man. *JAMA* 179, 574-576
118. Schatzkin A, Cupples LA, Fisher R, Heeren T, Morelock S, Mucatel M, Kannel WB (1984) The epidemiology of sudden unexpected death: risk factors for men and women in the Framingham heart study. *Am Heart J* 107, 1300-1306
119. Sefrin P (1997) Atemwegsmanagement – Eignung klinischer Methoden für den Bereich der Präklinik. *Der Notarzt* 13, 135-142
120. Sefrin P, Schäfer R (1986) Reanimation durch Laien? *Anästh Intensivther Notfallmed* 21, 273-279
121. Silbernagel S (1988) In: Silbernagel S, Despopoulos A: Taschenbuch der Physiologie 3. Aufl., 88-89, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York
122. Simoons ML, Kimman GP, Ivens EMA, Hartman JAM, Hart HN (1990) Follow up after out of hospital resuscitation. Read before the XIIth Annual Congress of the European Society of Cardiology, September 16-20, Stockholm, Schweden
123. Sing RF, Rotondo MF, Zonies DH et al. (1998) Rapid sequence induction for intubation by an aeromedical transport team: a critical analysis. *Am J Emerg Med* 16, 646-652
124. Spain D, Bradess V, Mohr C (1960) Coronary atherosclerosis as a cause of unexpected and unexplained death. *J Am Med Association* 174, 384-388
125. The 1998 European Resuscitation Council guidelines for adult advanced life support. A statement from the Working Group on Advanced Life Support and approved by the Executive Committee of the European Resuscitation Council. (1998) *Resuscitation* 37, 81-90
126. The 1998 ERC-Guidelines for adult single rescuer basic life support. A statement from the Working Group on Basic Life Support and approved by the executive committee of the European Resuscitation Council. (1998) *Resuscitation* 37, 67-80
127. Thews G, Lungenatmung. In Schmidt R, Thews G (1993) *Physiologie des Menschen*. 25. Auflage, 574-609, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio, Hong Kong



128. Thews G, Maßeinheiten der Physiologie. In: Schmidt R, Thews G (1993) Physiologie des Menschen. 25 Aufl., 844–46, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokio, Hong Kong
129. Tunstall-Pedoe H, Bailey L, Chamberlain DA et al. (1992) Survey of 3765 cardiopulmonary resuscitation in British hospitals (The BRESUS study): methods and overall results. *BM J* 304, 1347-1351
130. Weiler N, Heinrichs W, Dick W (1995) Assessment of pulmonary mechanics and gastric inflation pressure during mask ventilation. *Prehospital Disaster Med* 10, 101-105
131. Wenzel V, Dörger V, Lindner KH (2001) Spontanatmung – Schnappatmung – Beatmung. *Notfall & Rettungsmedizin* 4, 557-571
132. Wenzel V, Idris AH (1997) The current status of ventilation strategies during cardiopulmonary resuscitation. *Current Opinion. Crit Care* 3, 206-213
133. Wenzel V, Idris AH, Banner MJ, Kubilis PS, Band R, Williams JL Jr, Lindner KH (1998) Respiratory system compliance decreases after cardiopulmonary resuscitation and stomach inflation: impact of large and small tidal volumes on calculated peak airway pressure. *Resuscitation* 38, 113-118
134. Wenzel V, Idris AH, Lindner KH (1997) Ventilation with an unprotected airway during cardiac arrest. In: Vincent J ed *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 483-492
135. Wenzel V, Keller C, Idris AH, Doerges V, Lindner KH, Brimacombe JR (1999) Effects of smaller tidal volumes during basic life support ventilation in patients with respiratory arrest: good ventilation less risk? *Resuscitation* 43, 25-29
136. Wenzel V, Lindner KH, Prengel AW (1997) Beatmung während der cardiopulmonalen Reanimation (CPR). Eine Literaturstudie und Analyse von Beatmungsstrategien. *Der Anaesthesist* 46, 133-141
137. Wood PR, Lawler PGP (1992) Managing the airway in cervical spin injury. A review of the Advanced Trauma Life Support protocol. *Anaesthesia* 47, 792-797
138. Yardi N, Hancox D, Strang T (1999) A comparison of two airway aids for emergency use by unskilled personnel. The Combitube and laryngeal mask. *Anaesthesia* 54, 181-183

## 7. ANHANG

### 7.1. ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE MODELLVERSUCH

Zusammenfassung Ergebnisse Modellversuch

Gesichtsmaske					Larynxtubus				
Anzahl	Parameter	Min.	Max.	Median	Anzahl	Parameter	Min.	Max.	Median
n = 30	Platz.-zeit (s)	6	38	16 <sup>#</sup>	n = 30	Platz.-zeit (s)	12	31	19
n = 30	Platz.-vers.uche	1	2	1	n = 30	Platz.-versuche	1	1	1
n = 30	Vtexp (ml)	120	750	245	n = 30	Vtexp (ml)	370	750	530*
n = 30	Paw (cmH <sub>2</sub> O)	6	23	14 <sup>#</sup>	n = 30	Paw (cmH <sub>2</sub> O)	12	35	24
n = 30	Poes (cmH <sub>2</sub> O)	2	20	10	n = 30	Poes (cmH <sub>2</sub> O)	0	7	0*
n = 30	Magenbelüftg. (l)	2,4	16,9	6,4	n = 30	Magenbelüftg. (l)	0	5	0*

<sup>#</sup> P ≤ 0,05 vs LT; \*P ≤ 0,05 vs GM

**Tabelle 9:**

Objektive Bewertung von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell				
Option	Larynxtubus		Gesichtsmaske	
	Bewertung absolut	%	Bewertung absolut	%
<b>Platzierung</b>	1 = 11	37	1 = 4	13
	2 = 16	53	2 = 8	27
	3 = 3	10	3 = 14	47
	4 = 0	0	4 = 4	13
gesamt:	n = 30	100	n = 30	100
<b>Dichtheit</b>	1 = 0	0	1 = 2	6
	2 = 22	73	2 = 6	20
	3 = 5	17	3 = 11	37
	4 = 3	10	4 = 11	37
gesamt:	n = 30	100	n = 30	100

<b>Ventilation</b>	1 = 3	10	1 = 2	7
	2 = 21	70	2 = 8	27
	3 = 6	20	3 = 16	53
	4 = 0	0	4 = 4	13
gesamt:	n = 30	100	n = 30	100

**Tabelle 10:**

Subjektive Einschätzung von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell				
Larynxtubus			Gesichtsmaske	
Anzahl	Einschätzung		Einschätzung	
	absolut	%	absolut	%
n = 30	1 = 6	20	1 = 0	0
	2 = 20	67	2 = 10	33
	3 = 4	13	3 = 17	57
	4 = 0	0	4 = 3	10
gesamt:	30	100	30	100

## 7.2. ZUSAMMENFASSUNG ERGEBNISSE KLINISCHE STUDIE

**Tabelle 11:**

Zusammenfassung Ergebnisse Klinische Studie							
Larynxtubus		Messzeitpunkte					
Anzahl	Parameter	0	1	2	3	4	5
n = 30	MAD	102 ± 14	100 ± 15	82 ± 12	80 ± 11	80 ± 10	81 ± 9
n = 30	HF (min <sup>-1</sup> )	79 ± 15	79 ± 14	71 ± 14	69 ± 12	68 ± 11	68 ± 12
n = 30	Vtexp (ml)			531 ± 77	535 ± 59	545 ± 75	547 ± 73
n = 30	Paw (cmH <sub>2</sub> O)			17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3	17 ± 3
n = 30	etCO <sub>2</sub> (mmHg)			37 ± 4	36 ± 4	36 ± 3	36 ± 3
n = 30	SpO <sub>2</sub> (%)	97 ± 2	100 ± 1	99 ± 1	99 ± 1	98 ± 1	98 ± 1

Mittelwert ± Standardabweichung

### 7.3. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Beatmungssystem Beutel-Gesichtsmaske.....	16
Abb. 2: Luftströmungsverhältnisse bei Betätigung des Beatmungsbeutels.....	17
Abb. 3a: Gesichtsmaske .....	18
Abb. 3b: Guedeltubus.....	18
Abb. 4: Ansicht Larynxtubus „Oneway-Blockung” .....	19
Abb. 5: Positionierung des Larynxtubus .....	20
Abb. 6: Cuffdruckmessgerät .....	21
Abb. 7: Schematische Anordnung des Beatmungsmodells.....	24
Abb. 8: PEEP-Ventil .....	26
Abb. 9: Volumeter 2000 K .....	26
Abb. 10: Messwertprotokoll Modellversuch .....	30
Abb. 11: Studienprotokoll Klinische Studie .....	36
Abb. 12: Platzierungszeit von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell .....	38
Abb. 13: Expiratorisches Tidalvolumen von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 1 Minute Ventilation .....	39
Abb. 14: Atemwegsspitzen drücke von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 1 Minute Ventilation .....	40
Abb. 15: Ösophageale Spitzen drücke von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 1 Minute Ventilation .....	41
Abb. 16: Ösophageale Mageninsufflation von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell nach 2-minütiger Ventilation .....	42
Abb. 17: Mittlerer Arterieller Druck, Herzfrequenz: Mittelwert $\pm$ Standard- abweichung .....	45
Abb. 18: Expiratorisches Tidalvolumen in ml .....	45
Abb. 19: Sauerstoffsättigung ( $SpO_2$ ), end-expiratorischer Kohlendioxidanteil ( $etCO_2$ ) und Atemwegsspitzen druck ( $Paw_{peak}$ ): Mittelwert $\pm$ Standard- abweichung .....	46

#### 7.4. TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Demographische Probandendaten - Modellversuch - .....	27
Tab. 2: Demographische Patientendaten (n = 30).....	31
Tab. 3: Messzeitpunkte - Klinische Studie - .....	33
Tab. 4: Objektive Bewertung von Gesichtsmaske und Larynxtubus anhand der Parameter Platzierung, Dichtigkeit und Ventilation am Modell .....	43
Tab. 5: Subjektive Einschätzung der Handhabung von Gesichtsmaske und Larynxtubus am Modell .....	43
Tab. 6: Vergleich der Blutgasanalysen.....	47
Tab. 7: Oropharyngealer Leckagedruck des Larynxtubus in Abhängigkeit von unterschiedlichen oropharyngealen Cuff-Belüftungsdrücken.....	48
Tab. 8: Subjektive Einschätzung der Handhabung des Larynxtubus - Klinische Studie -.....	49
Tab. 9: Objektive Bewertung von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell.....	72
Tab.10: Subjektive Einschätzung von Larynxtubus und Gesichtsmaske am Modell	73
Tab.11: Zusammenfassung Ergebnisse Klinische Studie.....	73

## **8. DANKSAGUNG**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.- Doz. Dr. med. V. Dörges für die Überlassung des Themas, die kontinuierliche Förderung und kompetente Betreuung bei der Durchführung der Untersuchungen und die wertvollen Anregungen bei der Fertigstellung der vorliegenden Arbeit.

Herrn Prof. Dr. med. P. Schmucker, Direktor der Klinik für Anästhesiologie der Universität zu Lübeck, danke ich für die Bereitstellung des Arbeitsplatzes.

Für die freundliche Beratung zur statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse danke ich Herrn Priv. -Doz. Dr. rer. Physiol. H.-J. Friedrich aus dem Institut für medizinische Biometrie und Statistik.

Weiterhin gilt mein Dank allen Mitarbeitern der Klinik für Anaesthesiologie der Universität zu Lübeck für ihre uneingeschränkte Unterstützung bei den durchgeführten Untersuchungen, allen Mitarbeitern der operativen Abteilungen für die entgegengebrachte Toleranz und v. a. allen Patienten für das entgegengebrachte Vertrauen.

Nicht zuletzt möchte ich gegenüber all denjenigen meinen besonderen Dank zum Ausdruck bringen, die mir sowohl während der Fertigung der vorliegenden Arbeit als auch während des gesamten Studiums hindurch als treue Freunde zur Seite standen, mich stets mit Ratschlägen, Erfahrungen, Kritik und uneingeschränktem Vertrauen motivierten, mich in jedweder Hinsicht unterstützt haben und dadurch nicht unerheblich zum erfolgreichen Gelingen beigetragen haben.

## 9. CURRICULUM VITAE

Name, Vorname : Schumann, Hans-Thomas  
Geburtsdatum : 20. Januar 1966  
Geburtsort : Brehna  
Eltern : Betty Lahr, verstorben 1967  
Kurt Lahr, verstorben 1971  
Kindheit : aufgewachsen in verschiedenen Kinderheimen  
Adoption 1976 : Schumann, Dr. med. Hans;  
Reinecke, Edith; geschieden;  
  
Familienstand : geschieden  
Kinder : Michael, 14 Jahre; Stephan, 10 Jahre; Lukas, 7 Jahre  
  
Schulbildung : Grund-/ Hauptschule : 1972 – 80  
Gymnasium : 1980 – 84  
Abitur : 06. 07. 1984  
  
Wehrdienst : 01.10.1984 - 05.06.1986  
  
Ausbildung : 1988 - 1990 Fernstudium Allgemeine Krankenpflege  
Medizinischen Fachschule Stendal / Kreis -  
krankenhaus Seehausen  
1991 Ausbildung zum Rettungssanitäter  
Fachseminare für leitende Angestellte / Finanz-  
wirtschaft und Buchhaltung / Personalführung /  
Rettungsdienstmanagement

## 1993 Ausbildung zum Rettungsassistenten

Hochschulausbildung : 1987 - 1988 Studium der Biomedizintechnik / Bionik  
Technischen Hochschule Ilmenau  
: 1994 - 1997 Studium der Humanmedizin  
Bayerische Julius-Maximilians Universität  
Würzburg  
: 1997 - 2002 Studium der Humanmedizin Universität zu  
Lübeck  
: 01.03.2004 Approbation als Arzt

Examina : 01.02.1990 Staatliches Examen Krankenpflege  
14.01.1993 Staatliche Prüfung Rettungsassistent  
03.06.2002 3. Staatsexamen Humanmedizin

### Hauptamtliche Beschäftigungsverhältnisse:

06.06.1986 - 31.08.1987 DRK Rettungswache Bismark  
01.04.1988 - 31.01.1990 Krankenpflegeschüler, Kreiskrankenhaus Seehausen,  
Allgemein-Chirurgie  
01.02.1990 - 30.10.1990 Krankenpfleger, Betriebs- und Notfallambulanz,  
AKW Arneburg  
01.11.1990 - 31.01.1991 Krankenpfleger, Johanniter-Krankenhaus der Altmark  
gGmbH in Stendal, OP-/ Anästhesie  
01.02.1991 - 30.04.1994 Rettungsassistent, Johanniter- Unfall-Hilfe e.V., KV  
Stendal  
01.06.1991 - 30.04.1994 Dienststellenleiter, Johanniter- Unfall-Hilfe e.V., KV



Stendal

Sonstige Beschäftigungsverhältnisse während des Hochschulstudiums:

Rettungsassistent : Johanniter-Unfall-Hilfe e.V.  
Krankenpfleger : Stiftung Julius-Spital Würzburg / Unfall- Chirurgie  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg / Unfall-  
Chirurgie  
Ambulanter Krankenpflagedienst Liebl-Kubik  
Würzburg  
Studentische : Medizinische Universität zu Lübeck  
Extrawachen : Städtisches Krankenhaus Süd Lübeck  
Fachklinik Holstein (Therapiezentrum für Sucht-  
erkrankungen)

Beschäftigungsverhältnisse nach Abschluss des Hochschulstudiums:

Arzt im Praktikum : Medizinisches Zentrum der Landeshauptstadt Schwerin  
(01.09.02 – 29.02.04) Klinikum für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Assistenzarzt : HELIOS – Kliniken Schwerin  
(seit 01.03.2004) Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

Lübeck, den 01.04.2004

(Hans-Thomas Schumann)

## 10. VERÖFFENTLICHUNGEN

- 1.) Döriges V, Wenzel V, Kühl A, Dix S, Hüppe M, Gehring H, Schumann Th, Schmucker P(1999): Does emergency medical service transport really stress the patient? Suppl 1, 113
- 2.) Sauer C, Schumann T, Döriges V (2001): Intubationslarynxmaske, Larynx-tubus, 1100 ml Beutel – neue Strategien für die primäre Notfallbeatmung (BLS)? Der Notarzt 17, 87
- 3.) Döriges V, Ocker H, Neubert E, Schumann Th, Wenzel V (2001): Notfall-Atemwegs-Management – eine vergleichende Untersuchung verschiedener Strategien bei ungesichertem Luftweg. Wien Klin Wochenschr 113, 186-193
- 4.) Döriges V, Wenzel V, Schumann Th, Neubert E, Ocker H, Gerlach K (2001): Intubating laryngeal mask airway, laryngeal tube, 1100 ml self – inflating Bag - alternatives for basic life support? Resuscitation 51, 91-95