Universität Ulm
Medizinische Fakultät
Institut für Anatomie und Zellbiologie
Direktor: Prof. Dr. Tobias M. Böckers

Untersuchung supraglottischer Beatmungshilfen im Vergleich Anästhesisten und Laien

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von
Martin Reinke

geboren in
Tettnang

2015

Amtierender Dekan:	Prof. Dr. rer. nat. Thomas Wirth
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Tobias M. Böckers
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. med. Matthias Helm
Tag der Promotion:	10. Februar 2017

Meiner Familie gewidmet

I Inhaltsverzeichnis

I Inhaltsverzeichnis IV

II Abkürzungen VI

1. Einleitung 1
1.1 Epidemiologie 1
1.2 Anatomie 2
1.2.1 Anatomie der oberen Atemwege 2
1.2.2 Anatomie der unteren Atemwege 2
1.2.3 Anatomie des oberen Verdauungssystems und des Ösophagus 4
1.3 Physiologischer Schutz der unteren Atemwege 4
1.4 Supraglottische Atemwegssicherung und Aspirationsschutz 5
1.5 Problemstellung 6
1.6 Zielsetzung der Studie (Hypothesen) 6

2. Material und Methoden 8
2.1 Supraglottische Beatmungshilfen 8
2.1.1 Larynxmaske 8
2.1.2 Larynxtubus 11
2.2 Präparate 13
2.2.1 Thiel-Fixierung 14
2.3 Präparation 15
2.4 Versuchsaufbau 15
2.4.1 Anlage des Schlauchsystems 15
2.4.2 Aufbau des Höhenmessgestells 17
2.5 Versuchsablauf 19
2.6 Datenanalyse 23
2.7 Statistik 24

3. Ergebnisse 26
3.1 Hauptergebnis: Vergleich Anästhesist versus Laie bezüglich Dichtigkeit der Anlage aller SB 26
3.2 Gesamtmessergebnisse 30
3.2.1 Vergleich der Anlagen von Larynxmaske und Larynxtubus am unfixierten Präparat 30
3.2.2 Vergleich der Anlagen von Larynxmasken zwischen Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten 34
3.2.3 Korrelation von Luftleckage bei Beatmung und sofortiger Undichtigkeit bei ösophagealem Druck 36
3.3 Gruppenergebnisse 38
3.3.1 Larynxmasken an Thiel-fixierten Präparaten 38
3.3.2 Larynxtuben an Thiel-fixierten Präparaten 40
3.3.3 Larynxmasken an unfixierten Präparaten 41
3.3.4 Larynxtuben an unfixierten Präparaten 44
3.4 Einzelfallergebnisse 48
3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse 49

4. Diskussion 51

4.1 Bewertung des Hauptergebnisses 51
4.2 Bewertung des Vergleiches von Larynxmaske und Larynxtubus am unfixierten Präparat 53
4.3 Bewertung des Vergleiches von SB an Thiel-fixierten gegenüber unfixierten Präparaten 54
4.4 Bewertung der Korrelation von Luftleckage und Undichtigkeit bei ösophagealem Druck 56
4.5 Bewertung des Aspirationsrisikos 57
4.6 Bewertung des Gewebezustandes 58
4.7 Bewertung der Fehlversuche 58
4.8 Limitationen der Materialien und Methoden 60
4.9 Schlussfolgerung 61

5. Zusammenfassung 63

6. Literaturverzeichnis 65

Anhang 70

Einzelfallergebnisse bei Larynxmasken-Anlage am Thiel-fixierten Präparat 70
Einzelfallergebnisse bei Larynxmasken Anlage an unfixierten Präparaten 77
Einzelfallergebnisse bei Larynxtuben Anlage an unfixierten Präparaten 83

Danksagung 89

Lebenslauf 90

II Abkürzungen

SB	supraglottische Beatmungshilfen
Ch	Charrier
Gll.	Glandulae
LMA	Larynxmaske
LTS	Larynxtubus-suction
LTS-D	Larynxtubus-suction, disposable
PVC	Polyvinylchlorid
KST	Kolmogorov-Smirnov Test
A.	Arteria
V.	Vena
cm H_2O	Zentimeter Wassersäule
mbar	Millibar

1. Einleitung

1.1 Epidemiologie

Die supraglottischen Beatmungshilfen (SB) wurden seit ihrer Einführung zu einem wesentlichen Bestandteil des Atemwegsmanagements in der Anästhesie und Notfallmedizin. [41] Zur Versorgung präklinischer Patienten wird nach wie vor die endotracheale Intubation als Goldstandard bezeichnet. [39][50] Anstatt der endotrachealen Intubation werden supraglottische Beatmungshilfen in den Leitlinien als Alternative zur Atemwegssicherung genannt (z.B. falls keine professionellen Helfer verfügbar sind). [11] Die Anwendung von SB bei schwierigem Atemweg konnte in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewinnen. [20] So sind SB Bestandteil des Atemwegmanagements bei schwierigen Atemweg in der prähospitalen Phase.[4] Sie sind ein empfohlenes Mittel um bei fehlgeschlagener endotrachealer Intubation die Oxygenierung aufrecht zu erhalten. [16] [43]

Das Atemwegsmanagement wird durch die einfache Insertionstechnik im Vergleich zur endotrachealen Intubation beschleunigt. [42] Insbesondere bieten die SB den Vorteil, dass sie sowohl von Ärzten mit nicht ausreichender Routine in der endotrachealen Intubation, [49] die als Notarzt im Einsatz sind, als auch von geschulten Rettungshelfern verwendet werden können. [20] Als Maßnahme zur Lebenserhaltung durch Rettungsassistenten sowohl bei Einsätzen der Bundeswehr, im Katastrophenmanagement, als auch im Alltag erscheint die Anlage von SB im Rahmen der Notkompetenz als sinnvolle Alternative. Somit können technisch schwerer durchführbare Intubationen, die mit einer erhöhten Inzidenz an Komplikationen einhergehen und daher mehr Erfahrungen benötigen, vermieden werden. [11] Das Risiko von Regurgitation und Aspiration im prähospitalen Bereich ist hoch. [52] Zur Sicherung der Atemwege im Notfall mit SB stehen dem Notfallteam jedoch verschiedene Systeme und Möglichkeiten zur Verfügung. Unter anderem zählen hierzu die Larynxmaske und der Larynxtubus. Diese haben sich im prähospitalen Atemwegsmanagement als nützlich erwiesen.[9] Wesentliche Gemeinsamkeit ist die Lage kranial der Glottis.

1.2 Anatomie

Der Atemweg sowie der Verdauungsweg überkreuzen sich unmittelbar kranial des Larynx im Rachen. [13] Diese enge Lagebeziehung birgt einerseits die Gefahr der Aspiration durch Verschlucken, kann aber anderseits bei der Anlage von Atemwegshilfen genutzt werden (siehe Abbildung 1).

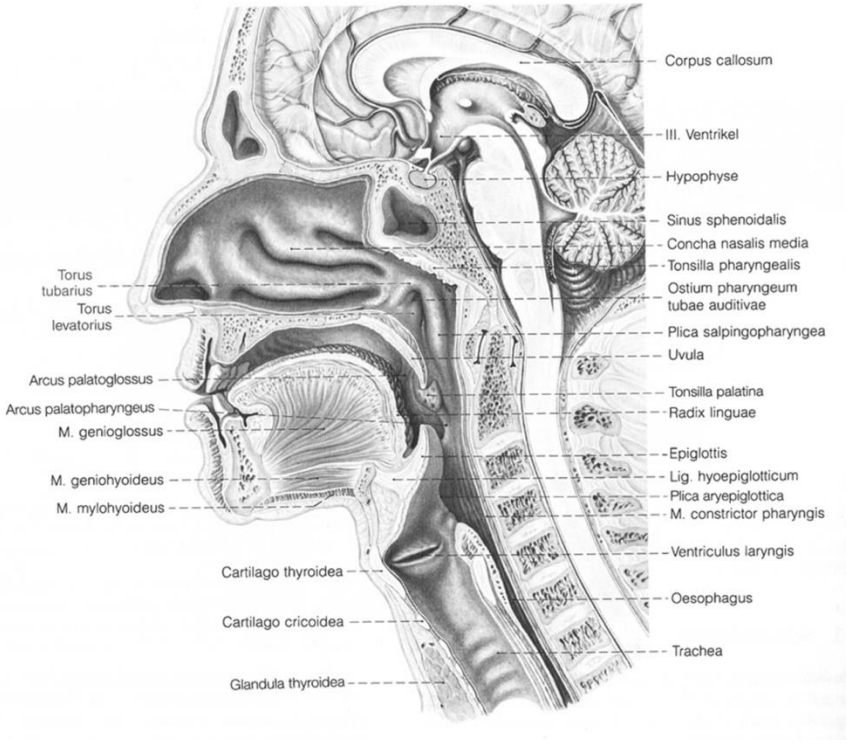

Abbildung 1: Übersichtsbild über die Lagebeziehung Verdauungsweg und oberer Atemweg um die anatomischen Verhältnisse bei Einlage einer supraglottischen Beatmungshilfe zu verdeutlichen. M. : Musculus, Lig: Ligamentum. Aus Benninghoff, Drenckhahn, Anatomie Band 1, 16.Auflage 2002 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München, Seite 626

1.2.1 Anatomie der oberen Atemwege

Zu den oberen Atemwegen werden alle Strukturen gerechnet, die oberhalb des Kehlkopfes gelegen sind. [17] Hierzu zählt man die Nasenhöhlen, die Sinus paranasales und den Pharynx.

1.2.2 Anatomie der unteren Atemwege

Auf den Pharynx folgen der Larynx und die Trachea. Der Larynx sichert den Eingang zu den unteren Atemwegen, sorgt unter anderem mit der Epiglottis und der Glottis für einen funktionellen Verschluss der Trachea gegenüber Speiseresten

und Flüssigkeit aus dem Pharynx. Zudem dient er der Phonation. [14] Die Cavitas laryngis, der Binnenraum des Kehlkopfes, wird durch zwei Schleimhautfalten in drei Etagen unterteilt. Das Vestibulum laryngis wird zum darunter liegenden Ventriculus laryngis durch die Plicae vestibulares abgegrenzt. Unterhalb des Ventriculus laryngis folgen die Plicae vocales mit der dazwischen liegenden Rima glottidis. Die Cavitas infraglottica geht in das Lumen der Luftröhre über.
Durch seine muskuloligamentäre Aufhängung und anatomische Lage zwischen der tiefen und mittleren Halsfaszie erhält der Larynx seine außerordentliche Beweglichkeit, die sowohl beim Schluckakt als auch bei der Phonation benötigt wird. [14] (siehe Abbildung 2)

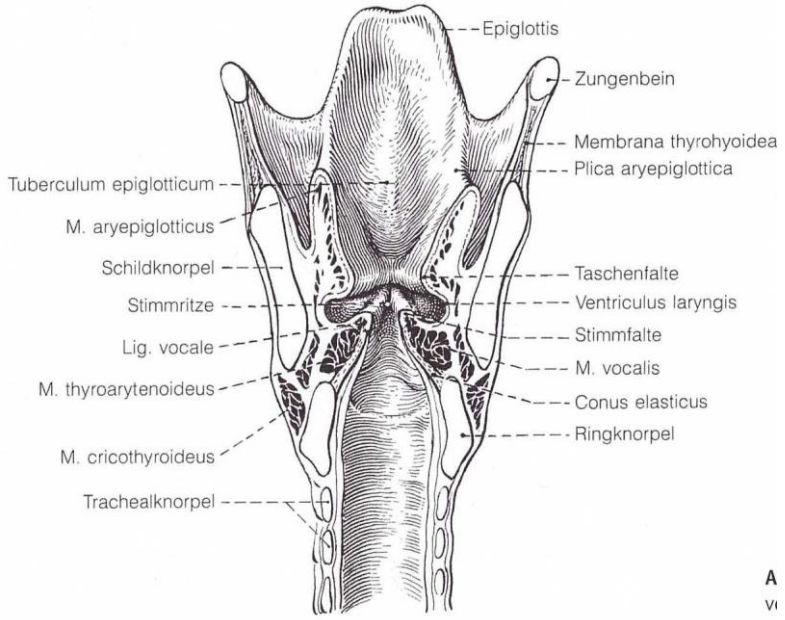

Abbildung 2: Sicht auf den Larynx von dorsal zur Verdeutlichung der anatomischen Lagebeziehungen bei Einlage einer supraglottischen Beatmungshilfe. Auf das Vestibulum laryngis folgt getrennt durch die Plicae vestibulares (hier: Taschenfalten) der Ventriculus laryngis. Nach unten wird der Ventriculus laryngis durch die Plica vocales begrenzt (hier: Stimmfalten). Caudal davon folgt die Cavitas infraglottica. Aus: Benninghoff, Drenckhahn, Anatomie Band 1, 16.Auflage 2002 © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München, Seite 550

Die Trachea beginnt unterhalb des Larynx. Dorsal liegt die Trachea mit ihrer membranösen Hinterwand im kompletten Verlauf dem Ösophagus an. Ihre Länge misst bei einem Erwachsenen zwischen 10 - 13cm. [14]

1.2.3 Anatomie des oberen Verdauungssystems und des Ösophagus

Die Mundhöhle geht durch den Isthmus faucium, eine durch die Schlundbögen gebildete Enge, in den Pharynx über. [13] Der Pharynx reicht als etwa 13cm langer fibrös-muskulärer Schlauch von unterhalb der Schädelbasis bis zum Ösophagusmund und lässt sich in drei Etagen gliedern. Als oberster Anteil beginnt der Epi-/Nasopharynx an den Choanen, beinhaltet die Öffnung der Tuba auditiva und geht nach kaudal in den Meso-/Oropharynx über. In diesem Teil des Pharynx kreuzen sich der Atem- und der Speiseweg. Durch Kontraktion des oberen Schlundschnürers und Heben des Gaumensegels wird er beim Schluckakt zum Epipharynx abgeschlossen. Er ist nach vorne zur Mundhöhle geöffnet, wird ventral begrenzt durch den Zungengrund und reicht kaudal bis zum Rand der Epiglottis. Hier beginnt der Hypopharynx. Dessen lateral oberer Rand wird durch die Plicae aryepiglotticae gebildet. Beidseits lateral hiervon liegt je ein Recessus piriformis. Durch diese kann Flüssigkeit seitlich des Kehlkopfeinganges in den Ösophagus gelangen. Kaudal geht der Hypopharynx auf Höhe des Ringknorpels in den Ösophagus über. [13, 14] Ein starkes Venennetz unterpolstert die Rückseite des Kehlkopfes am Hypopharynx und dient der Druckminderung der umgebenden Larynxwand. [13]

Der Ösophagus beginnt mit dem Ösophagusmund (circa auf Höhe des 6. Halswirbelkörpers) und mündet unterhalb des Zwerchfells (circa auf Höhe des 10. Brustwirbelkörpers) in den Mageneingang. Aufgegliedert wird die Speiseröhre in 3 Abschnitte. Die Pars cervicalis, Pars thoracica und die Pars abdominalis, in Anlehnung an die Körperabschnitte, die sie durchzieht. [18]

1.3 Physiologischer Schutz der unteren Atemwege

Die unteren Atemwege werden durch komplexe Mechanismen gegen eine Aspiration geschützt. Zur Sicherung des Luftweges beim Schluckakt wird der Larynx reflektorisch verschlossen. Hierbei wird das Zungenbein nach oben und vorne gegen den Unterkiefer bewegt. Der Larynx wird unter den Zungengrund gezogen. Hierdurch wird das Corpus adiposum preepiglotticum gegen die Epiglottis gedrückt und senkt diese Richtung Vestibulum laryngis. Die dadurch entstandene Verengung wird durch Kontraktion der Muskulatur am lateralen Rand des Vestibulums und den Verschluss der Glottis ergänzt. Durch die

Dorsalbewegung des Zungengrundes und Senken des oberen Anteils der Epiglottis wird der Larynx schließlich komplett verschlossen. Schon geringe Flüssigkeitsmengen provozieren im Regelfall bereits in der Cavitas laryngis die hochsensorische Schleimhaut und lösen reflektorische Hustenstöße aus. [14] Die reflektorische Steuerung im Hirnstamm beim Schluckakt und beim Hustenstoß zum Schutz der Atemwege kann beispielsweise durch Alkoholeinfluss und bei Bewusstlosigkeit gestört sein und zu einer Aspiration führen.

1.4 Supraglottische Atemwegssicherung und Aspirationsschutz

Die Anlage von SB zur Sicherung des Atemweges durch nicht professionelle Helfer wird in den European Resuscitation Council Leitlinien von 2010 als mögliche Alternative zur Intubation beschrieben. [11] In einer Studie wurden 52 Patienten durch Sanitätspersonal unter hervorragenden Bedingungen intubiert und Larynxmasken angelegt. Die Ergebnisse zeigten eine erfolgreichere Ventilation nach Anlage der Larynxmasken (88,5 %) im Vergleich zur endotrachealen Intubation (71,2 %). [12] Bei Anlage von Larynxmasken an Trainingspuppen konnte sowohl von unerfahrenem als auch von erfahrenem Personal ein sicherer Atemweg in der gleichen Zeit hergestellt werden. Hierbei wurde die Zeit gemessen, die bis zur effektiven Ventilation beider Lungen der Trainingspuppe mit einem Beatmungsbeutel benötigt wurde. [42]

Die endotracheale Intubation gilt allerdings bisher als alleinige Methode um sicheren Schutz vor Aspiration zu bieten. Die Verwendung von SB beim nicht nüchternen Notfallpatienten ist in Bezug auf das Aspirationsrisiko nicht unumstritten. [20] Einerseits wird beschrieben, dass eine Aspiration durch Larynxmasken bei Auftreten einer Regurgitation nicht verhindert wird. [23][24] Andererseits ist bei Verwendung von SB, wie beispielsweise der Larynxmaske, die generelle Häufigkeit einer Aspiration jedoch als gering beschrieben worden. [20] Es liegen jedoch wenig Einzelberichte über Aspirationen bei Verwendung von Larynxmasken unter kardiopulmonaler Reanimation vor. [11] In einer retrospektiven Studie wurden lediglich sechs Aspirationen beobachtet nach Anlage von Larynxmasken (n=2701) zur Atemwegssicherung während einer präklinischen Reanimation. [48] In einer weiteren Studie erreichte eine Larynxmaske eine suffiziente Abdichtung des Ösophagus bei simuliertem Erbrechen am Präparat

durch langsamen Druckanstieg bis zu einem maximalen Wassersäulendruck von 64cm H_2O. [44] Larynxtuben wiesen in anderen Untersuchungen sogar noch höhere Verschlussdrücke als Larynxmasken auf. Dadurch sinkt das potentielle Risiko von Leckagen und einer Aspiration. [20]

1.5 Problemstellung

Prinzipiell stehen dem medizinisch ausgebildetem Ersthelfer verschiedene Möglichkeiten der Atemwegssicherung zur Verfügung. Oben genannte Studien zeigen, dass unerfahrenes medizinisches Personal mit SB eine geringere Quote an Fehlanlagen im Vergleich zur endotrachealen Intubation aufweist. Zudem können sie im Vergleich mit erfahrenem Personal in fast derselben Zeit einen sicheren Atemweg herstellen. Der sichere Atemweg wurde jedoch hierbei nur bezüglich einer adäquaten Ventilation untersucht. Der Aspirationsschutz als wichtiger Bestandteil des sicheren Atemweges wurde bislang eher zwischen einzelnen SB vergleichend und in Relation zur endotrachealen Intubation untersucht.

Es stellt sich die Frage ob bei Anlage von SB ein sicherer Atemweg bezüglich des Aspirationsschutzes durch unerfahrene Personen den gleichen Erfolg verspricht wie nach Anlage durch erfahrene Personen.

In dieser Studie kamen unterschiedliche Fixierungsverfahren zum Einsatz. Der Vorteil der Thiel-Fixierung ist die Kombination aus der Flexibilität des Gewebes und der guten Haltbarkeit. [15] Unfixierte Präparate bieten dagegen die besten physiologischen Bedingungen bezüglich der Beweglichkeit, können aber nur kurzzeitig verwendet werden. [54] Daher stellt sich zusätzlich die Frage, ob bei den Thiel-fixierten Präparaten neben dem Vorteil der längeren Haltbarkeit gleichzeitig auch ein Nachteil durch eventuell unphysiologischere Gewebeverhältnisse entsteht.

1.6 Zielsetzung der Studie (Hypothesen)

Ziel dieser Arbeit ist es, zu untersuchen ob bei simuliertem Erbrechen der Aspirationsschutz durch SB genauso gegeben ist, wenn anstatt erfahrener Anästhesisten, unerfahrenes medizinisches Personal diese anlegen. In der Nullhypothese wird angenommen, dass in der Anlage der Larynxmasken und

Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien (unerfahrenes medizinisches Personal) das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In der Alternativhypothese wird von einem geringeren Aspirationsrisiko nach Anlage der SB durch Anästhesisten ausgegangen.

Diese Studie soll sich mit folgenden weiteren Fragen auseinandersetzen:

- Besteht ein signifikanter Unterschied zwischen Larynxmaskenanlage oder Larynxtubenanlage bezüglich des Aspirationsschutzes und bezüglich der Häufigkeit von ösophagealer Flüssigkeit im Luft zuführenden Lumen nach simuliertem Erbrechen.
- Dichten die supraglottischen Beatmungshilfen sowohl an Thiel-fixierten, als auch an unfixierten Präparaten gleichwertig ab oder gibt es hierbei Unterschiede.
- Korreliert eine unzureichende ösophageale Abdichtung der SB mit einer wahrnehmbaren Undichtigkeit bei Ventilation mittels Beatmungsbeutel.

2. Material und Methoden

2.1 Supraglottische Beatmungshilfen

In der vorliegenden Dissertation wurden zwei verschiedene Typen von SB verwendet. Die Larynxmaske und der Larynxtubus. Diese beiden SB unterscheiden sich in der Anwendung und in ihrem Aufbau unter anderem dadurch, an welcher Stelle die Manschette (Cuff) aufgeblasen wird. [41]

2.1.1 Larynxmaske

Die Larynxmaske wurde 1988 im klinischen Alltag eingeführt. [2] Die ursprüngliche Larynxmaske, classic Laryngeal Mask Airway, (cLMA) war eine der ersten SB. Im weiteren Verlauf wurden vielseitige spezialisierte Typen entwickelt und weiterentwickelt. Zur Verfügung stehen wiederverwendbare Masken, die aus Silikon gefertigt sind und Einwegmaterial, bestehend aus Polyvinylchlorid. [7] Obwohl aus unterschiedlichem Material gefertigt, unterscheiden sie sich in Ihrer Anwendung nicht. Das Einwegmaterial ist besonders für den Einsatz bei Notfallpatienten oder Patienten mit hohem Infektionsrisiko gedacht. [20]

Die LMA besteht aus einem Tubus und einer Maske. Sie bieten eine ovale Abdichtung um den Larynxeingang und reichen mit ihrer Spitze bis zum oberen Ösophaguseingang. Eine Manschette im Bereich der Maske kann über eine separate Leitung aufgeblasen werden. Der Manschettendruck wird über einen in der Leitung integrierten Ballon überwacht. Zwei Stege am Übergang zwischen Maske und distalem Schaft verhindern, dass die Epiglottis das ventilierte Lumen verlegt. Der proximale Schaft hat einen standardisierten 15 mm Adapter. Im Gegensatz zur wiederverwendbaren Larynxmaske aus Silikon besteht die Manschette des Einmalartikels aus Polyvinylchlorid. [41] (siehe Abbildung 3)

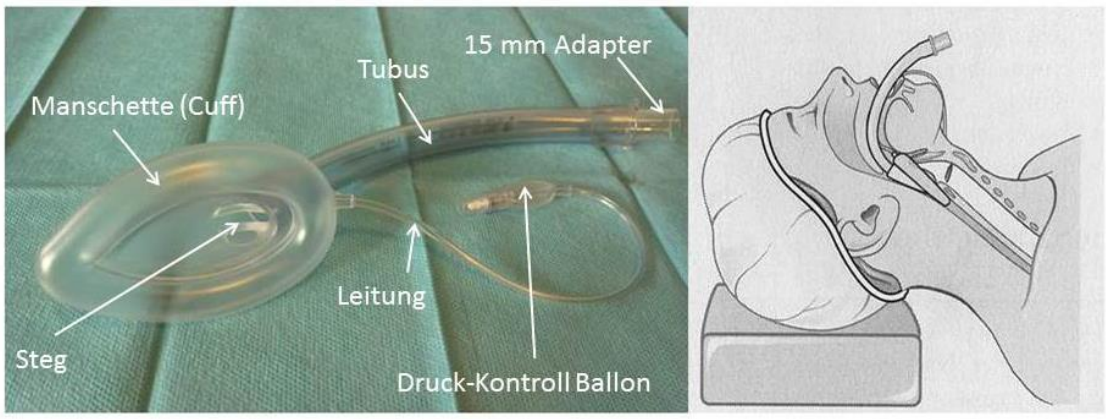

Abbildung 3: Larynxmaske LMA Unique™ , die im Versuch bei allen Präparaten verwendet und von jeweils Laien und Anästhesisten eingelegt wurde. Rechte Bildhälfte: Lage der LMA im Hypopharynx, dabei liegt die Öffnung der Maske dem Eingang der Atemwege gegenüber. Rechte Bildhälfte aus Reinhard, Larsen, Praxisbuch Anästhesie, 1. Auflage, © Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München, Seite 342

Mehrere Insertionstechniken der LMA sind beschrieben. [36] Zunächst sollte die Manschette komplett entleert sein. Die in dieser Untersuchung angewendete ursprüngliche Standardtechnik imitiert den Schluckakt. Hierbei wird der Maskenkörper mit dem Finger gegen den Gaumen gedrückt. Durch Druck nach hinten gleitet die LMA den Kehlkopfanteilen ausweichend über den Zungengrund (siehe Abbildung 4). Bei Blocken der Manschette mit maximal 60 mm Hg bewegt sich die Maske leicht aufwärts, bis die Öffnung der Maske und die Stimmritze gegenüberstehen. [30, 41]

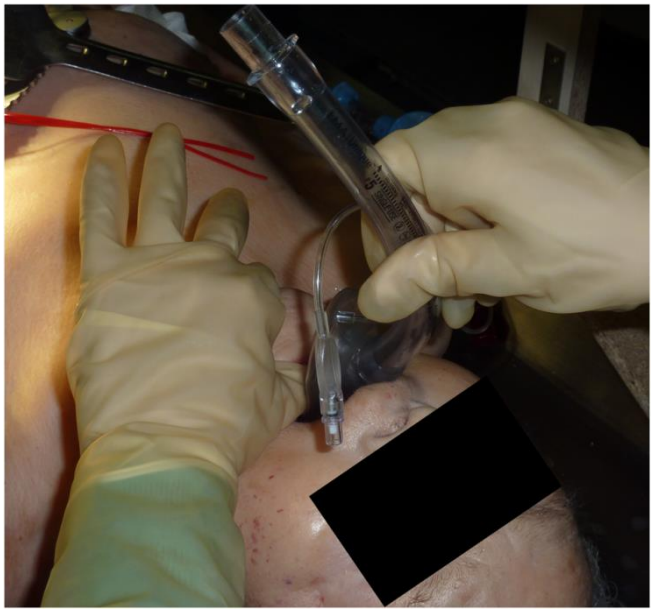

Abbildung 4: Einlage einer Larynxmaske durch den Versuchsleiter. Die mit einem Aqua-Gel bestrichene supraglottische Beatmungshilfe wird über den Mundraum eigebracht.

Die im Versuch verwendete Larynxmaske ist eine single use LMA Unique™ der Firma The Laryngeal Mask Company Limited. Diese ist vom Hersteller in verschiedenen Größen, abhängig vom geschätzten Patientengewicht erhältlich (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Größeneinteilung der Larynxmasken nach „The Laryngeal Mask company Ltd.“ In der linken Spalte sind die verfügbaren Größen der Larynxmasken angegeben, in der mittleren Spalte das Gewicht des Patienten, nachdem die Maskengröße gewählt wird. In der rechten Spalte sieht man die maximalen Füllvolumina der Manschetten (Cuffs), welche mit der entsprechenden Menge an Luft über eine Spritze aufgefüllt werden. Nach diesen Angaben wurde in diesem Versuch die entsprechende Größe der SB für das jeweilige Präparat ermittelt und eingelegt.

Größe	Gewichtskategorie (Kilogramm)	Maximale Füllvolumina des Cuffs (Milliliter)
1	bis 5	4
1,5	5 - 10	7
2	10 - 20	10
2,5	20 - 30	14
3	25 - 50	20
4	50 - 70	30
5	70 - 100	40
6	> 100	50

2.1.2 Larynxtubus

Der Larynxtubus wurde von der Firma VBM Medizintechnik (Sulz, Deutschland) entwickelt, um den Atemweg bei kontrollierter Ventilation während einer Anästhesie und im Atemwegsmanagement im Notfall zu sichern. [32] Die wiederverwendbaren Larynxtuben sind aus Silikon hergestellt. Er besteht aus einem Tubus mit einer distal anliegenden kleinen Manschette und einer größeren asymmetrischen Manschette im mittleren Teil des Tubus. Die Manschetten werden durch nur einen separaten Zugang aufgeblasen. Anhand eines integrierten Ballons kann der Druck geprüft werden (siehe Abbildung 5).

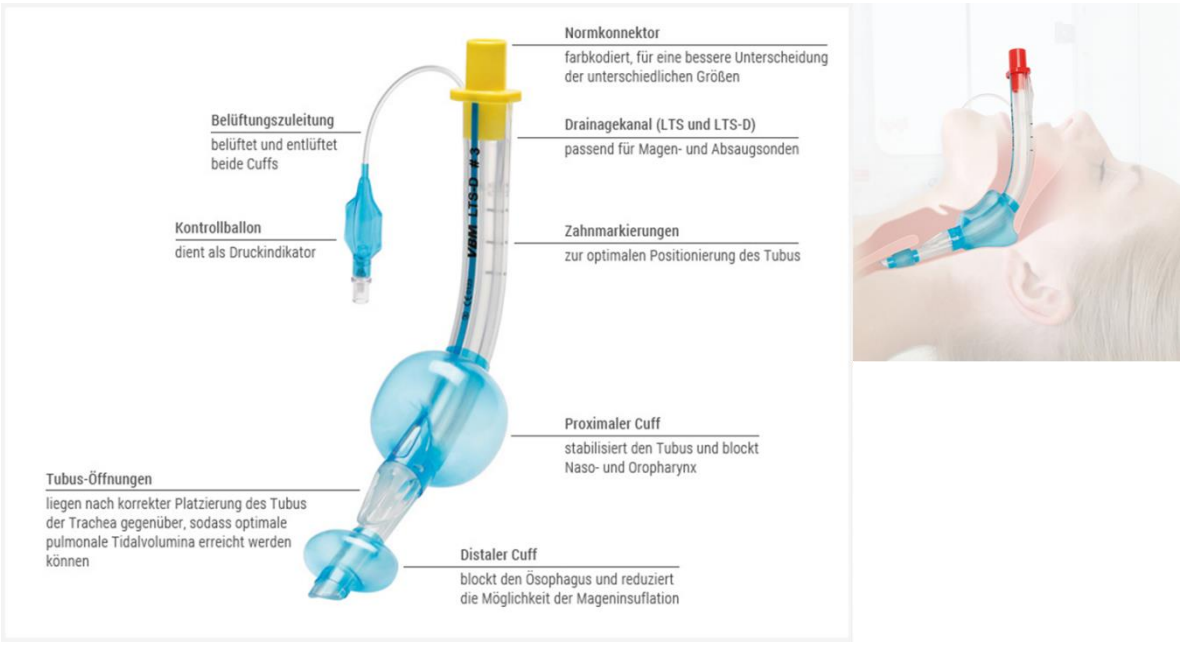

Abbildung 5: Larynxtubus LTS-D der Firma VBM, welcher im Versuch bei allen Präparaten verwendet und von jeweils Laien und Anästhesisten eingelegt wurde. Rechte Bildseite: Larynxtubus in situ, die Tubusöffnungen liegen auf Höhe des Larynxeinganges. Der distale Cuff dichtet dabei den Ösophagus ab. Bilder mit freundlicher Genehmigung von VBM Medizintechnik GmbH

Nach Einführen des Tubus liegt dieser entlang der Zunge, wobei die distale Spitze im Hypopharynx zu liegen kommt (siehe Abbildung 6).

Die proximale Manschette dichtet den oberen Pharynx, die distale Manschette den ösophagealen Eingang ab. Das Lumen des Tubus endet zwischen diesen beiden Manschetten mit zwei ventralen Öffnungen, die der Ventilation dienen. Drei schwarze Linien nahe des 15 mm Standard Anschlusses weisen auf die richtige Insertionstiefe hin, wenn sie auf einer Höhe mit der vorderen Zahnreihe liegen.

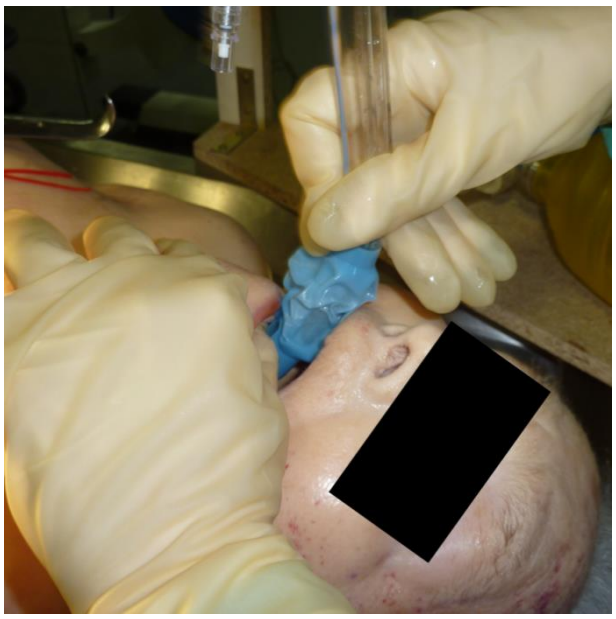

Abbildung 6: Einlage eines Larynxtubus. Die mit einem Aqua-Gel bestrichene supraglottische Beatmungshilfe wird durch den Versuchsleiter über den Mundraum eigebracht.

Aufgrund der Gefahr einer Ösophagusruptur bei Regurgitation/Erbrechen gegen den verschlossenen Ösophagus, wurde der Larynxtubus weiterentwickelt. Der LTS (S steht für suction = absaugen) beinhaltet ein weiteres separates gastrales Lumen mit Möglichkeit zur aktiven und passiven Druckentlastung des Magens. Der im Versuch verwendete Larynxtubus ist ein LTS-D der Firma VBM Medizintechnik GmbH (D steht hier für disposable = wegwerfbar). Dieses entsprechend baugleiche ist aus PVC hergestellt. Die LTS-D Larynxtuben sind in drei Größen (3 - 5), abhängig von der Patientengröße, erhältlich. Für die Mehrwegartikel stehen noch weitere Größen zur Verfügung. Die Größen 0 bis 2 werden hierbei nach Gewicht des Patienten gewählt, die Größen 2.5 - 5 werden nach der Körpergröße des Patienten ausgesucht. Jede Größe ist mit einem farbcodierten Normkonnektor gekennzeichnet. Die gleiche Farbcodierung befindet sich auf den mitgelieferten Blockerspritzen und zeigt das jeweilige Füllungsvolumen zum Blocken des Cuffs an (siehe Tabelle 2). [38]

Tabelle 2: Größenauswahl der Larynxtuben. In der linken Spalte ist die jeweilige Größe der Larynxtuben aufgeführt. In der zweiten Spalte folgt eine Angabe, für welche Patientengruppe der jeweilige Tubus geeignet ist, in der dritten Spalte folgen Gewichts- beziehungsweise Körpergröße, wonach der passende Tubus gewählt wird. In der rechten Spalte ist der jeweilige Farbcode der Tuben angegeben. Nach diesen Angaben wurde in diesem Versuch die entsprechende Größe der SB für das jeweilige Präparat ermittelt und eingelegt. kg = Kilogramm, cm = Zentimeter

Größe	Patienten	Patientengröße, Patientengewicht	Konnektorfarbe
0	Kleinkinder	< 5 kg	transparent
1	Kleinkinder	5 - 12 kg	weiß
2	Kinder	12 - 25 kg	grün
2,5	Kinder/ Jugendliche	125 - 150 cm	orange
3	Kinder/ kleine Erwachsene	< 155 cm	gelb
4	Erwachsene	155 - 180 cm	rot
5	Große Erwachsene	> 180 cm	violett

2.2 Präparate

Für den Versuch wurden insgesamt sechzehn Körperspender eingesetzt. Alle Körperspender hatten sich zu Lebzeiten schriftlich dazu bereit erklärt, ihren Körper nach ihrem Ableben der Aus- und Weiterbildung von Ärzten zur Verfügung zu stellen. Im ersten Durchgang wurden die Untersuchungen an acht Thiel-fixierten (siehe 2.2.1) Präparaten durchgeführt. Fünf dieser Präparate waren weibliche Körperspender. Deren Körpergröße bemaß sich zwischen 160 und 170cm. Das Gewicht wurde zwischen 55 und 65kg geschätzt. Die männlichen Körperspender wiesen eine Körpergröße zwischen 175 und 184cm auf. Das Gewicht wurde zwischen 75 und 90kg geschätzt. In der zweiten Versuchsreihe wurden über einen Zeitraum von mehreren Monaten insgesamt acht (4 ♀, 4 ♂) nicht fixierte, wenige Tage zuvor verstorbene Körperspender verwendet. Der Rigor mortis war bei allen bereits wieder aufgelöst, so dass eine lebensechte Beweglichkeit des Gewebes bestand. Die Körpergröße der vier weiblichen Körperspender wurde zwischen 157 und 168cm gemessen. Das Gewicht wurde zwischen 50 und 75kg geschätzt. Die Körpergröße der vier männlichen Körperspender betrug von 176 bis 183cm. Das Gewicht wurde zwischen 60 und 85 Kilogramm geschätzt. Im Folgenden (siehe Tabelle 3) sind die Größen- und Gewichtsdaten dem jeweiligen Präparat zugeordnet.

Tabelle 3: Auflistung der verwendeten Präparate nach Fixation, Geschlecht, Größe und Gewicht, gewählter Größe der Larynxmasken (LMA) und Larynxtuben (LT). Zur Verfügung standen 8 thielfixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm. Dabei wurden die jeweiligen supraglottischen Beatmungshilfen von Laien und Anästhesisten bei den Präparaten eingelegt und die jeweilige Dichtigkeit miteinander verglichen. Auswahl der Larynxmasken Größe 4 bei geschätztem Gewicht des Präparates zwischen 50 bis 70kg und Größe 5 zwischen 70 und 100kg. Auswahl der Larynxtuben Größe 4 bei Präparatgröße zwischen 155cm und 180cm und Größe 5 größer 180cm.

Präparat	Geschlecht	Größe	Geschätztes Gewicht	Gewählte Größe der LMA	Gewählte Größe der LT
1 Thielfixiert	weiblich	165 cm	55 kg	4	4
2 Thielfixiert	weiblich	169 cm	60 kg	4	4
3 Thielfixiert	weiblich	160 cm	65 kg	4	4
4 Thielfixiert	männlich	182 cm	75 kg	5	5
5 Thielfixiert	weiblich	165 cm	60 kg	4	4
6 Thielfixiert	männlich	184 cm	85 kg	5	5
7 Thielfixiert	mannlich	175 cm	90 kg	5	4
8 Thielfixiert	weiblich	170 cm	65 kg	4	4
1 Unfixiert	männlich	176 cm	70 kg	4	4
2 Unfixiert	männlich	182 cm	80 kg	5	5
3 Unfixiert	weiblich	157 cm	50 kg	4	4
4 Unfixiert	weiblich	168 cm	75 kg	5	4
5 Unfixiert	weiblich	160 cm	60 kg	4	4
6 Unfixiert	männlich	181 cm	75 kg	5	5
7 Unfixiert	weiblich	165 cm	75 kg	5	4
8 Unfixiert	männlich	183 cm	85 kg	5	5

2.2.1 Thiel-Fixierung

Die im ersten Durchgang genutzte „sanfte“ Art der Einbalsamierungstechnik wurde 1992 von Thiel vorgestellt. [55] Bei der Fixierung wird eine Mischung verschiedener Chemikalien verwendet. Die Fixierungsflüssigkeit basiert auf Wasser mit Monopropylenglykol, Ammonium- und Kaliumnitrat, Natriumsulfit, Borsäure, Chlorkresol und Formalin. Sie besteht im Wesentlichen aus zwei Schritten. Im ersten Schritt wird die sogenannte Perfusion durchgeführt. Hierbei wird zusätzlich Alkohol und Morpholin beigefügt. Die Flüssigkeit wird hierbei simultan über eine große Arterie (z.B. die A. femoralis) und über eine Vene (z.B. die V. brachialis) injiziert. Im zweiten Schritt wird das Präparat in ein Bad mit Einbalsamierungsflüssigkeit für mindestens 4-6 Monate eingetaucht beziehungsweise besprüht.

Im Vergleich zur Formalin-Fixierung sind die Thiel-fixierten Präparate lebensechter, weicher und flexibler. Die Gelenke lassen sich gut bewegen und die Gewebeschichten und deren Farbe sind gut erhalten. [15]

2.3 Präparation

Alle Körperspender wurden jeweils auf den Präparationstischen, an denen die nachfolgenden Untersuchungen stattfanden vorbereitet. Die Körperspender lagen in Rückenlage. Zu Beginn wurde eine quere Oberbauchlaparatomie über einen Rippenbogenrandschnitt links von der vorderen Axillarlinie entlang des Rippenbogenunterrands bis zum Processus xyphoideus durchgeführt. Es erfolgte die weitere Präparation bis zum Eröffnen der Bauchhöhle. Nach Einlegen eines Bauchdeckenrahmens wurde am offenen Situs die Leber zur besseren Sicht nach rechts gehalten. Entlang der Curvatura minor wurde das Omentum minus vom Magen abgelöst. An der Curvatura major wurde das Ligamentum gastrocolicum, das Omentum majus sowie das Ligamentum gastrolienale durchtrennt und der Zwerchfellhiatus dargestellt. Im weiteren Verlauf wurde die Cardia des Magens und der abdominelle Anteil des Ösophagus mittels Schere von Bindegewebe, Lymphgefäßen und vom Peritonealüberzug befreit und der ösophagogastrale Übergang freipräpariert. Anschließend Eröffnung des Magens im Bereich der Curvatura major auf einer Länge von circa 10 Zentimetern, so dass nach sorgfältigem Ausspülen von restlichem Mageninhalt der ösophagogastrale Übergang inwendig sichtbar wurde. Mit dem Zeigefinger wurde der untere Ösophagussphinkter sanft aufgedehnt.

2.4 Versuchsaufbau

2.4.1 Anlage des Schlauchsystems

Nach oben beschriebener Präparation wurde unter Schonung des Gewebes eine 34 Charrier dicke Magensonde (Argyl Edlich Gastric Lavage Tray large) der Firma Covidien (Siehe Abbildung 7) bis zum Larynx eingelegt und dann fünf Zentimeter zurückgezogen. Um eine Fehlmessung beim Aufbau des hydrostatischen Druckes aufgrund eines verengten Lumens an der Spitze der Magensonde vorzubeugen wurde diese zuvor entfernt (Siehe Abbildung 8).

Abbildung 7: Magensonde

Abbildung 8: Entfernte Spitze der Magensonde

Anschließend wurde eine Gummibandligatur (Surgical Loop) der Firma Braun um den Ösophagus gelegt um die Magensonde im Ösophagus zu fixieren und um diesen nach unten abzudichten (siehe Abbildung 9).

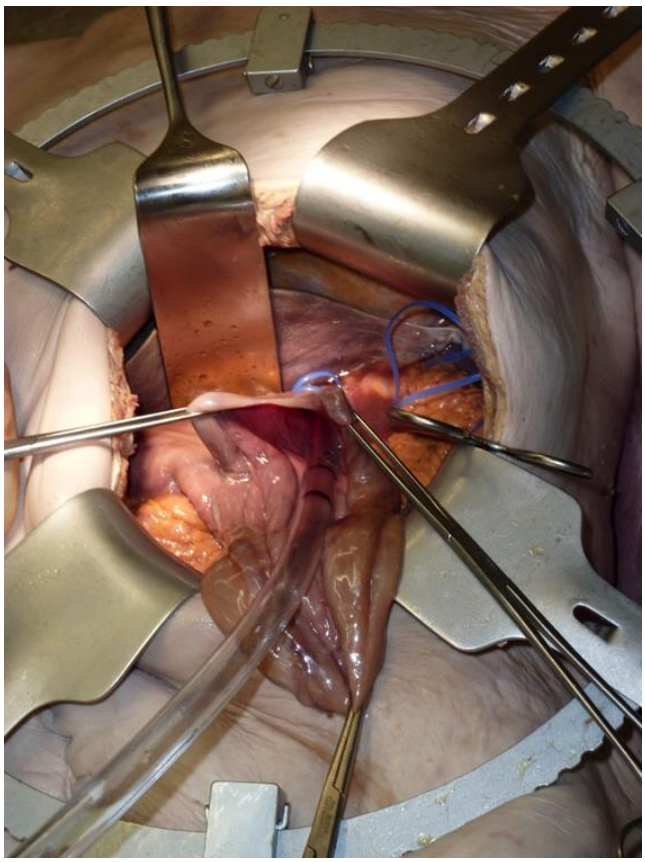

Abbildung 9: Offener Präparationssitus. Fixation der Magensonde im Ösophagus mit Gummibandligatur von abdominell

Abgeschilferte Schleimhaut und kleine Speisreste im Ösophagus wurden von oral als auch von kaudal abgesaugt.

2.4.2 Aufbau des Höhenmessgestells

Um die Höhe der Wassersäule in Zentimetern messen zu können wurde eigens eine Messapparatur konstruiert. Hierzu wurde an den Enden einer U-förmigen Bodenplatte eine 30cm hohe Holzbrücke errichtet und in deren Mitte an einer Mittelstrebe ein Zentimetermaß befestigt (siehe Abbildung 10).

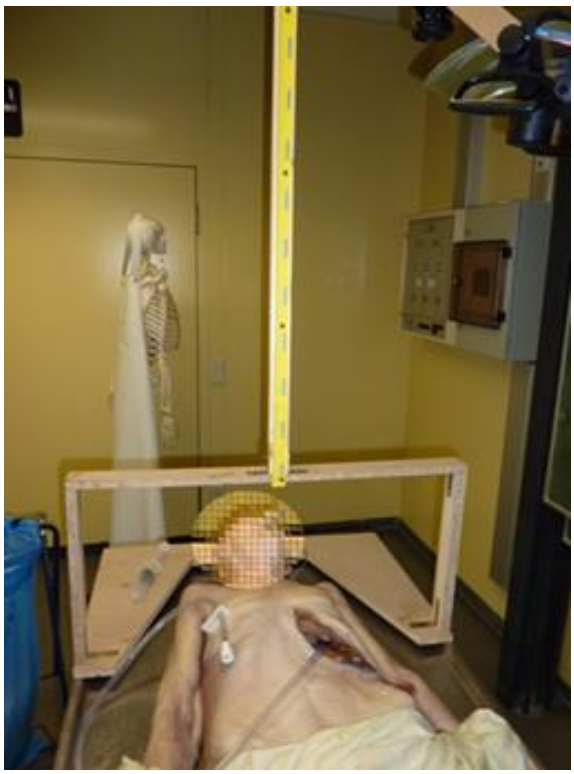

Abbildung 10: Darstellung des Höhenmessgestells. Anhand des Flüssigkeitsspielgels in der gastral eingelegten Magensonde wurde hiermit die Höhe der jeweiligen Wassersäule abgelesen und somit die Dichtigkeit der gleichzeitig eingelegten supraglottischen Beatmungshilfe quantifiziert.

Der Nullpunkt des Zentimetermaßes wurde am Unterrand der Brücke festgelegt. Die Höhen der erreichten Wassersäulen wurden in Bezug auf diesen Nullpunkt festgehalten (siehe Abbildung 11).

Abbildung 11: Ablesen der Wassersäule in cm am Höhenmessgestell. cm: Zentimeter

2.5 Versuchsablauf

Die SB wurden von Anästhesisten und Laien (Medizinstudierenden) gelegt. Als erfahrenes medizinisches Personal (Anästhesisten) gelten hierbei Ärzte die mehr als 5 supraglottische Beatmungshilfen monatlich anlegen. Unter den Laien hatten bislang lediglich zwei Medizinstudenten aufgrund ihrer vorherigen Ausbildung zum Rettungsassistenten Erfahrungen mit SB gesammelt. Alle anderen verwendeten die SB zum ersten Mal während dieses Versuches. Jeder Laie erhielt vor Beginn der Versuchsreihe einmalig eine Einführung in die Insertionstechnik der beiden SB und durfte diese unter Anleitung am Präparat legen. Dies wurde durchgeführt, damit den Laien die prinzipielle Technik der Einlage zum Beginn des Versuches bekannt war.

In der Gruppe der Thiel-fixierten Präparate wurde der Versuch mit dem Anlegen der Larynxmaske begonnen. Abwechselnd legten fünf verschiedene Laien und drei Anästhesisten eine Larynxmaske an jedem der 8 Präparate.

Vor dem jeweiligen Versuch wurde jede Larynxmaske einmalig mit einem Aqua-Gel bestrichen. Dies diente als Ersatz für die sezernierende Schleimhaut beim lebenden Menschen. Somit konnte das Anlegen der SB während des gesamten Versuches erleichtert werden. Auch die Abdichtung der SB zum Gewebe konnte

dadurch näherungsweise angeglichen werden. Im Anschluss wurde das gleiche Procedere für die Anlage der Larynxtuben an allen 8 Präparaten durchgeführt.
Bei den nicht fixierten Präparaten wurden bei ansonsten gleichem Versuchsaufbau die SB aufgrund des Zeitmanagements zuerst en bloc von drei Laien und anschließend drei Anästhesisten gelegt (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht über die Reihenfolge der Probanden. In dieser Reihenfolge erfolgte zuerst die Einlage der Larynxmaske, dann des Larynxtubus zunächst bei den Thiel-fixierten Präparaten (Spalte 1), dann bei den unfixierten Präparaten (Spalte 2). Zur Verfügung standen 8 unfixierte und 8 Thiel-fixierte Präparate. Die Untersuchung erfolgte an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Thiel-fixierte Präparate, Reihenfolge der Probanden	unfixierte Präparate, Reihenfolge der Probanden
Laie 1	Laie 1
Anästhesist 1	Laie 2
Laie 2	Laie 3
Anästhesist 2	Anästhesist 1
Laie 3	Anästhesist 2
Anästhesist 3	Anästhesist 3
Laie 4	
Laie 5	

Die Größe der Larynxtuben und Larynxmasken wurden entsprechend den Herstellerangaben ausgewählt. Für die Larynxtuben waren die jeweiligen Körpergrößen der Präparate ausschlaggebend. Die Larynxmasken wurden anhand des geschätzten Köpergewichts der Präparate gewählt. Eine Schätzung statt der exakten Messung des Körpergewichts erschien aufgrund der Alltagsnähe sinnvoll. Sowohl bei den Larynxmasken als auch bei den Larynxtuben fanden die Größen 4 und 5 Verwendung. Nach Einführen der SB durch die Probanden, wurden diese entsprechend der maximalen Druckempfehlung des Herstellers geblockt.
Im Anschluss an das Blocken wurden die SB durch den Versuchsleiter auf ihre Luftdichtigkeit überprüft. Hierzu wurde ein Beatmungsbeutel angeschlossen. Es wurde von einem luftdichten System ausgegangen wenn bei manueller Kompression des Beutels ein fühlbarer Widerstand spürbar wurde und wenn zudem kein Geräusch von ausströmender Luft zu vernehmen war. Bei Undichtigkeit des Systems konnte trotz kompletter manueller Kompression des Beatmungsbeutels kein Widerstand festgestellt werden. Zudem war dabei

gleichzeitig das Geräusch von austretender Luft zu vernehmen. Im Anschluss erfolgte die Testung der SB auf die Dichtigkeit bei zunehmendem Druck im Ösophagus. Dazu wurde Wasser über die in den Ösophagus eingelegte Magensonde gefüllt.
Vor dem Einfüllen des Wassers wurde beim Larynxtubus das gastrale Lumen manuell abgedichtet und damit ein Druckaufbau erst ermöglicht (siehe Abbildung 12).

Abbildung 12: Der Daumen dichtet hier das gastrale Lumen des Larynxtubus ab, vor dem Einfüllen des Wassers in die im Ösophagus liegende Magensonde. Diese Maßnahme erfolgte, um den Aufbau einer Wassersäule zu ermöglichen um die Dichtigkeit des Larxnytubus zu quantifizieren.

Bei der Larynxmaske ist dieser Schritt durch deren anders gestalteten Aufbau nicht notwendig. Beim Einfüllen des Wassers wurde das distale freie Schlauchende der Magensonde zu Beginn maximal 1-Zentimeter über der Höhe des Kehlkopfes gehalten so dass Wasser langsam den Ösophagus füllen konnte und die darin enthaltende Luft die Möglichkeit hatte zu entweichen. Anschließend wurde der Schlauch in 1-Zentimeter-Schritten angehoben und weiter Wasser nachgefüllt. Sobald die Wassersäule abrupt absank wurde dies als Leckage interpretiert und die Höhe des zuvor höchsten Füllungsstands dokumentiert. Der maximal erreichbare Wassersäulendruck wurde bei 70cm H_2O festgelegt. Dies geschah in Anlehnung an eine Arbeit bei der vergleichend Larynxmasken auf ihre Abdichtung bei simuliertem Erbrechen untersucht wurden und in der Maximalwerte bis 64cm H_20 beschrieben sind. [44]

Lag die maximale Wassersäule unterhalb des Nullpunktes am Höhenmessgestell wurde diese Differenz mit einem separaten mobilen Zentimetermaß gemessen, vom Nullpunkt subtrahiert und dokumentiert (siehe Tabelle 5).

Um die endgültige Wassersäulenhöhe für die spätere Datenanalyse zu erhalten wurde der Abstand zwischen Kehlkopfspitze und Unterrand der Messlatte (Nullpunkt) gemessen und zum Messergebnis hinzu addiert. Diese Werte wurden in eine Tabelle übertragen.

Tabelle 5: Beispiel einer Tabelle zum Eintragen der Rohdaten während des Versuches. Die maximal erreichte Wassersäule in cm H_2O wurde beim ersten Druckabfall an der Messlatte des Höhenmessgestells abgelesen und in die rechte Spalte eingetragen. Im Tabellenkopf wurden die wichtigsten Daten zum jeweiligen Präparat festgehalten, zudem wurde der Abstand vom Nullpunkt an der Messlatte zum Kehlkopf gemessen, woraus schließlich zusammen mit dem gemessenen Wert die absolute Wassersäule berechnet wurde. In Spalte 2, 3, und 4 wurde festgehalten ob die Anlage, getestet mit Beatmungsbeutel, luftdicht war und ob sich Wasser im Pharynx oder im Tubus gezeigt hatte. Die Untersuchung erfolgte an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm. SB= supraglottische Beatmungshilfe, cm= Zentimeter, kg= Kilogramm

Präparat Nr.:	Art der SB:		Größe:	cm
	Größe der SB:		Gewicht:	kg
	Art der Fixation:		Geschlecht:	
Abstand der Kehlkopfspitze zu "0" cm an der Messlatte:				

	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm Messlatte
Laie 1				
Anästhesist 1				
Laie 2				
Anästhesist 2				
Laie 3				
Anästhesist 3				
Laie 4				
Laie 5				

Mit einer weiteren dünnen Magensonde (12CH) wurde anschließend bei allen Präparaten die gesamte auffindbare Flüssigkeit sowohl im Mundraum als auch im zum Atemweg führenden Lumen der SB abgesaugt. So konnte nachgewiesen werden, ob sich Flüssigkeit aus dem Ösophagus im Mundraum befand oder ob bereits Flüssigkeit im Lumen des jeweiligen Tubus eingetreten war. Dies diente als Beurteilungsgrundlage, ob eine Aspiration droht oder bereits erfolgt ist. Nach Entfernung der SB durch wurde der komplette Oropharyngealraum abgesaugt um eine ideale Ausgangssituation für den nächsten Probanden zu schaffen.

2.6 Datenanalyse

Aufgrund der individuellen anatomischen Verhältnisse, insbesondere im Bereich des Kehlkopfes der Präparate, wurden Einzelfallanalysen durchgeführt. Hierbei soll analysiert werden ob es einzelne Präparate gibt, an denen sowohl Anästhesisten, als auch Laien keine Dichtigkeit durch Anlage einer SB herstellen können. Auch werden die Daten hinsichtlich einer eventuellen Veränderung des Gewebes im Verlauf des Versuchs analysiert. Hierzu werden die Anlagen der letzten Probanden des jeweiligen Versuches mit dem Mittelwert und der Anlage des ersten Probanden verglichen. Sind die Anlagen der letzten Probanden besser als der Mittelwert oder die des ersten Probanden, so ist eine Gewebeverschlechterung wenig wahrscheinlich. Die einzelnen berechneten Messergebnisse werden anhand von Tabellen aufgelistet und deskriptiv ausgewertet.

Im Kapitel der Gruppenergebnisse werden die Druckmessungen aller von Laien gelegten Larynxmasken an fixierten Präparaten mit denen der Anästhesisten verglichen. Diese Vergleiche sollen auch in den Gruppen der Larynxtuben an Thiel-fixierten Präparaten gezogen werden, was sich schließlich als technisch nicht durchführbar erweist, da wie unten (Kapitel 3.1.2) beschrieben das Anlegen der Larynxtuben nicht möglich ist. In den beiden Gruppen an nicht fixierten Präparaten werden ebenfalls die Ergebnisse von Laien und Anästhesisten verglichen.

Des Weiteren werden im Kapitel der Gruppenergebnisse Daten der Einzelergebnisse zusammengefasst. Hierbei werden die gesamten Ergebnisse der Anlage von zunächst Larynxmasken und anschließend Larynxtuben an fixierten Präparaten zusammengefasst. Im Anschluss werden die Ergebnisse an den unfixierten Präparaten zusammengefasst und beschrieben, wobei jeweils Laien und Anästhesisten wiederum verglichen werden.

Als Hauptergebnis wird der Median der Messergebnisse aller von Laien gelegten SB mit denen der Anästhesisten verglichen.

Im Kapitel der Gesamtergebnisse erfolgt ein Vergleich der Daten von Larynxtuben versus Larynxmasken an allen unfixierten Präparaten bezüglich des Widerstands gegen einen ösophagealen Druck. Zudem wird die Häufigkeit von ösophagealer Flüssigkeit im Luft zuführenden Lumen der jeweiligen SB verglichen. Um den

Einfluss der jeweiligen Fixierung zu erkennen werden zusätzlich die Ergebnisse der Larynxmasken an Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten verglichen.
Ferner wird analysiert, ob es eine Korrelation zwischen den Ergebnissen der Luftdichtigkeitsmessung mittels Beatmungsbeutel und dem Generieren einer Wassersäule gibt. Dabei wird genauer beleuchtet ob bei einer Luftleckage tatsächlich keine Wassersäule zustande kommt bzw. ob bei Luftdichtigkeit eine Wassersäule generiert werden kann. Die Korrelation soll hierbei anhand der Gruppenergebnisse aller Larynxmasken, aller Larynxtuben und der Gesamtergebnisse betrachtet werden.

2.7 Statistik

Die statistische Berechnung und Auswertung erfolgt mit WinSTAT, (Version 2012.1, R. Fitch Software, Bad Krotzingen) einem Statistik Add-In und Microsoft® Excel 2010. Die Korrelationsanalysen werden zudem mit SPSS Version 20.0 (SPSS GmbH Software, München) berechnet und ausgewertet. Die Werte werden zum Teil auf 2 Dezimalstellen gerundet angegeben.
Die Daten werden anhand des Kolmogorov-Smirnov Tests (KST) auf ihre Normalverteilung untersucht. Eine Normalverteilung liegt hiernach vor, bei einem p-Wert größer 0,05. Bei vorliegender Normalverteilung erfolgt die weitere Datenauswertung im Vergleich zwischen Laien und Anästhesisten mittels unabhängigem t-Test. Als weitere Voraussetzung für den t-Test muss die Variable mindestens intervallskaliert sein. Aufgrund der Höhenangabe mittels Zentimeter und dem Vorliegen eines absoluten Nullpunktes besteht das Skalenniveau einer Verhältnisskala. Zur deskriptiven Datenanalyse wird der Mittelwert mit Vertrauensintervall berechnet und mit Hilfe einer Mittelwertgraphik dargestellt. Dabei stellt jeweils der obere Rand der Rechtecke den Mittelwert dar. Die roten Linien markieren das jeweilige Vertrauensintervall. Mittels t-Test werden zwei Stichproben der unabhängigen Variable „Höhe in cm“ durchgeführt und die Differenz der Mittelwerte der Gruppen Laien und Anästhesisten auf ihre Signifikanz überprüft.
Liegt keine Normverteilung der gesammelten Daten vor, werden die Ergebnisse zwischen Laien und Anästhesisten mittels Mann-Whitney-U-Test verglichen. Das Mindestskalenniveau einer Ordinalskala ist aufgrund der vorliegenden Verhältnisskala gegeben. Zur deskriptiven Datenanalyse wird der Median, das

Minimum und Maximum berechnet und mit Hilfe von Box- und Whisker-Plots graphisch dargestellt. Dabei stellt die kurze Linie innerhalb des Rechtecks den jeweiligen Median dar. Die Ränder des Rechtecks oben und unten entsprechen den 25. bzw. 75. Perzentilen. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentile. Bei zu geringer Fallzahl wird auf eine Darstellung der 5. und 95. Perzentile verzichtet. Minimum und Maximum werden mit „+“ gekennzeichnet. Im Mann-Whitney-U-Test werden die Werte der Variable „Höhe in cm“ durch eine zweite unabhängige Variable in die zwei Gruppen, Laien und Anästhesisten, unterteilt. Die Beobachtungswerte werden aufsteigend sortiert, ihr Rangmittel errechnet, verglichen und auf ihre Signifikanz überprüft. Das im Hauptergebnis angegebene Rangmittel wird hierbei ohne Einheit angegeben. Die absolute Zahl des Ergebnisses ist dabei nicht aussagekräftig sondern nur das Verhältnis der beiden Ergebnisse zueinander.

Vor Testbeginn wird das Signifikanzniveau auf 5% festgelegt. Bei der Auswertung werden daher alle Werte mit einem $p < 0,05$ als signifikant bewertet. Die Berechnung der Korrelationen wird mittels SSPS anhand einer Vierfelderkorrelation (Phi- Koeffizient) durchgeführt. Hierzu werden die Daten in eine Vierfelder Tafel eingegeben (siehe Tabelle 6) und berechnet.

Tabelle 6: Beispiel einer Vierfelder Tafel. Anhand dieser Tabelle erfolgte die Berechnung der Korrelation von verschiedenen Variablen.

	A1	A2	Zeilensumme
B1	a	b	a+b
B2	c	d	c+d
Spaltensumme	a+c	b+d	a+b+c+d=N

Der berechnete Phi-Koeffizient ergibt eine Korrelation (r) zwischen 0 und 1. Ein Wert von r = 0 würde keine Korrelation bedeuten, ein Wert von 1 eine starke Korrelation. Quantifiziert man den r-Wert genauer, so spricht ein „r“ zwischen 0,00000001 und 0,3 für einen geringen Zusammenhang, ein „r“ mit höherem Wert, aber < 1 für einen relevanten Zusammenhang. Die Signifikanz wurde mit einem Signifikanzniveau von 5 % festgelegt.

3. Ergebnisse

Das Ergebniskapitel teilt sich in verschiedene Abschnitte. Zu Beginn wird auf das Hauptergebnis eingegangen. Im nächsten Schritt werden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen betrachtet und im Folgenden die Gesamtmessergebnisse miteinander verglichen. Im Anschluss folgt die Betrachtung der Einzelfallergebnisse.

Als wichtigstes Ergebnis ist an dieser Stelle hervorzuheben dass sich in dieser Arbeit kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Dichtigkeit zwischen den Anlagen der SB durch Anästhesisten und Laien feststellen ließ. Es kann daher die Nullhypothese angenommen werden.

3.1 Hauptergebnis: Vergleich Anästhesist versus Laie bezüglich Dichtigkeit der Anlage aller SB

Vergleicht man die Druckmessungen aller Anlagen von Larynxtuben und Larynxmasken zwischen Laien und Anästhesisten, widerstanden die SB bei den Anlagen durch die Laien im Median einem ösophagealen Druck von 17,5cm H_2O. Bei den Anästhesisten widerstanden die SB im Median einem ösophagealen Druck von 4cm H_2O (siehe Abbildung 13).

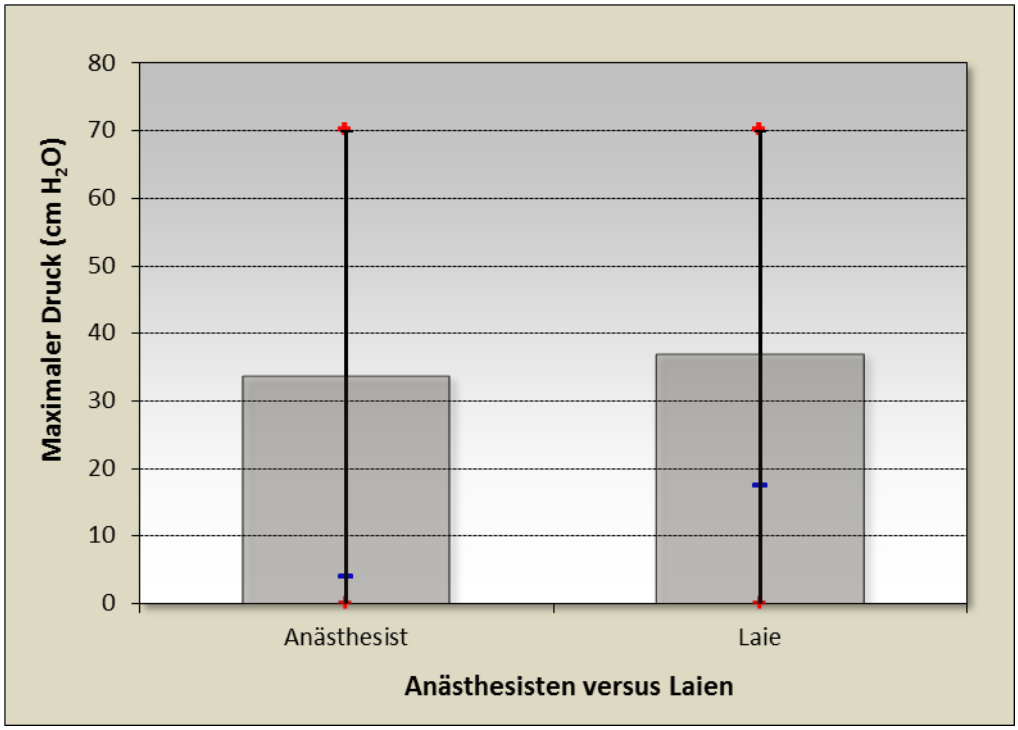

Abbildung 13: Vergleich der maximal erreichten Druckwerte aller verwendeten Larynxtuben und Larynxmasken bei Einlage durch Anästhesisten versus Laien. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. In dieser Tabelle finden sich sowohl Werte von Thiel-fixierten, als auch von unfixierten Präparaten. Die kurzen blauen Linien stellen den Median der Variablen dar. Der Median der Anästhesisten ist mit 4cm H_2O niedriger als der Median der Laien mit 17,5cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und 75. Perzentile. Die 25. Perzentile liegt bei Anästhesisten und Laien bei 0cm H_2O. Die 75. Perzentile ist bei den Laien mit 36,75cm H_2O etwas höher als bei den Anästhesisten mit 33,5cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentile. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Die Minimalwerte und die Werte der 5. Perzentile (0cm) sowie die 95. Perzentile (70cm) und die Maximalwerte entsprechen sich bei den Laien und Anästhesisten. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im KST ergibt sich keine Normalverteilung der Werte bei einem näherungsweisen p-Wert von 3,78 x10 $^{-06}$ (<0,05). Im U-Test konnte bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,14 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden. Das Rangmittel betrug hierbei bei den Anästhesisten 74,74 und bei den Laien 85,21 und war damit bei den Laien grösser.

Betrachtet man die Gesamtergebnisse aller Anlagen unter Ausschluss der Präparate, in denen keine Wassersäule aufgebaut werden konnte, erhält man die folgenden Ergebnisse. Bei den Laien widerstanden die SB im Median einem ösophagealen Druck von 22,0cm H_2O. Bei den Anästhesisten widerstanden die SB im Median einem ösophagealen Druck von 14,5cm H_2O (siehe Abbildung 14).

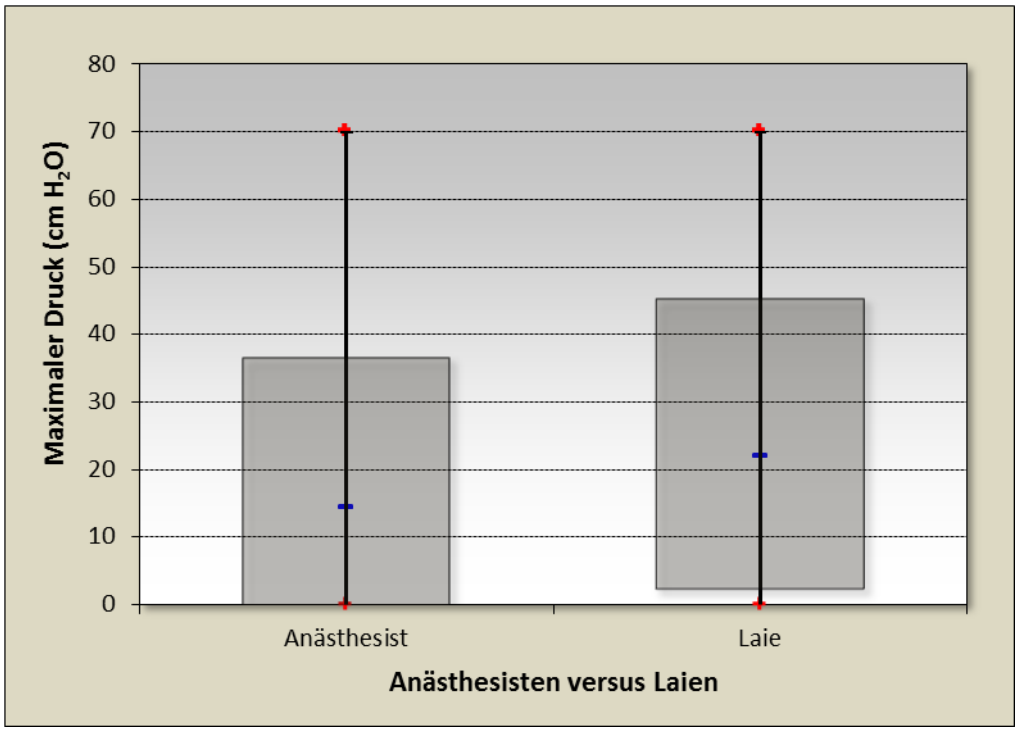

Abbildung 14: Vergleich der maximal erreichten Druckwerte aller verwendeten Larynxtuben und Larynxmasken aller Anästhesisten versus Laien (unter Ausschluss der Präparate 5 und 6 bei den Larynxtuben und der Präparate 3 und 4 bei den Larynxmasken, wegen der Unmöglichkeit eines Druckaufbaus). In dieser Abbildung wurden die oben genannten Präparate ausgeschlossen, da hierbei von keinem Probanden eine entsprechende Wassersäule aufgebaut werden konnte. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. In dieser Tabelle finden sich sowohl Werte von Thiel-fixierten, als auch von unfixierten Präparaten. Die kurze blaue Linie gibt den Median der Variablen an. Der Median der Anästhesisten ist mit 14,5cm H_2O niedriger als der Median der Laien mit 22cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen die zwischen der 25. und. 75. Perzentile liegen. Die 25. Perzentile liegt bei den Anästhesisten bei 0cm H_2O, bei den Laien bei 2,25cm H_2O. Die 75. Perzentile liegt mit 45,25cm H_2O bei den Laien höher als bei den Anästhesisten mit 36,5cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentile. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Die Minimalwerte und die Werte der 5. Perzentile (0cm) sowie die 95. Perzentile (70cm) und die Maximalwerte entsprechen sich bei den Laien und Anästhesisten. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Nach erneuter Berechnung im KST erkennt man bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,03 (<0,05) dass keine Normalverteilung aller Ergebnisse, unter Ausschluss der Präparate in denen keine Wassersäule aufgebaut werden konnte, vorliegt. Im U-Test konnte daraufhin bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,17 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden. Das Rangmittel betrug hierbei bei den Anästhesisten 63,39 und bei den Laien 72,53 und war damit bei den Laien grösser.

Sowohl bei den Ergebnissen unter Einschluss aller Präparate, als auch bei denen unter Ausschluss der Präparate in denen keine Wassersäule aufgebaut werden konnte, erreichten die Laien im Median höhere Wassersäulenwerte. Betrachtet man nicht die Ergebnisse der Druckwerte, sondern die erfolgreiche Anlage an sich, so zeigte sich bei den Laien eine gelungene Einlage einer SB bei 65.9%, bei den Anästhesisten bei 54,2%. Als erfolgreich wurde eine Anlage dabei betrachtet, wenn eine Wassersäule generiert werden konnte, unabhängig vom jeweiligen Messwert in cm H_2O (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Übersicht aller Anlagen von supraglottischen Beatmungshilfen an Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten bezüglich einer erfolgreichen Anlage. Angegeben sind die prozentualen Ergebnisse bei jeweils Laie und Anästhesist, ob eine Wassersäule angelegt werden konnte oder nicht, in Klammern dahinter finden sich die jeweils absoluten Zahlen. In der rechten Spalte ist die Summe der jeweils erfolgten Anlagen angegeben. Die Laien konnten in 65.9% die supraglottische Beatmungshilfe erfolgreich anlegen, die Anästhesisten in 54.2%. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm.

alle SB	Wassersäule	keine Wassersäule	gesamt
Laie	65,9% (58)	34,1% (30)	88
Anästhesist	54,2% (39)	45,8% (33)	72

3.2 Gesamtmessergebnisse

Im Kapitel der Gesamtergebnisse werden Vergleiche von Gruppenergebnissen besprochen und berechnet. Hierbei werden zum einen der Larynxtubus und die Larynxmaske vergleichend betrachtet, sowie die Ergebnisse aller Larynxmasken zwischen Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten verglichen. Des Weiteren wird die Korrelation von Luftleckage bei Beatmung und sofortiger Undichtigkeit bei ösophagealem Druck betrachtet.

3.2.1 Vergleich der Anlagen von Larynxmaske und Larynxtubus am unfixierten Präparat

Um genauer zu betrachten ob sich die beiden SB in ihrer Dichtigkeit und somit im Hinblick auf den Aspirationsschutz unterscheiden, wurden nun die Druckergebnisse aus allen Anlagen von jeweils Larynxmaske und Larynxtubus am unfixierten Präparat betrachtet.

Die Werte beider Gruppen erreichten im Median lediglich 0cm H_2O und waren damit bei über der Hälfte aller Anlagen von Beginn an undicht. Bei alleiniger Betrachtung dieser Medianwerte muss also zunächst davon ausgegangen werden, dass sich die beiden SB in ihrer Dichtigkeit nicht unterscheiden, da der Median in beiden Fällen bei 0cm H_2O liegt. Bei den Präparaten 3 und 4 konnten jedoch bei allen Anlagen mit Larynxmasken keine Wassersäulen generiert werden (siehe Anhang). Bei den Larynxtuben konnte bei allen Anlagen an den Präparaten 5 und 6 keine Wassersäule generiert werden (siehe Anhang). Aus diesem Grund wurden die vergleichenden Berechnungen der Anlagen an Larynxmasken und Larynxtuben zusätzlich erneut, jedoch ohne die Ergebnisse dieser Präparate, durchgeführt.

Hierbei widerstanden die Anlagen mit den Larynxtuben im Median einem ösophagealen Druck von 30cm H_2O. Die Anlagen der Larynxmasken erreichten hingegen mit einem Druck von 11cm H_2O einen geringeren Wert.

Betrachtet man detailliert die Ergebnisse der Larynxtuben mit denen der Larynxmasken unter Einschluss der Präparate, die eine sofortige Undichtigkeit aufwiesen, ergibt sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem p-Wert von näherungsweise $7{,}30 \times 10^{-10}$ (<0,05). Wie bereits beschrieben widerstanden

die Anlagen beider Gruppen im Median einem ösophagealen Druck von 0cm H_2O (siehe Abbildung 15).

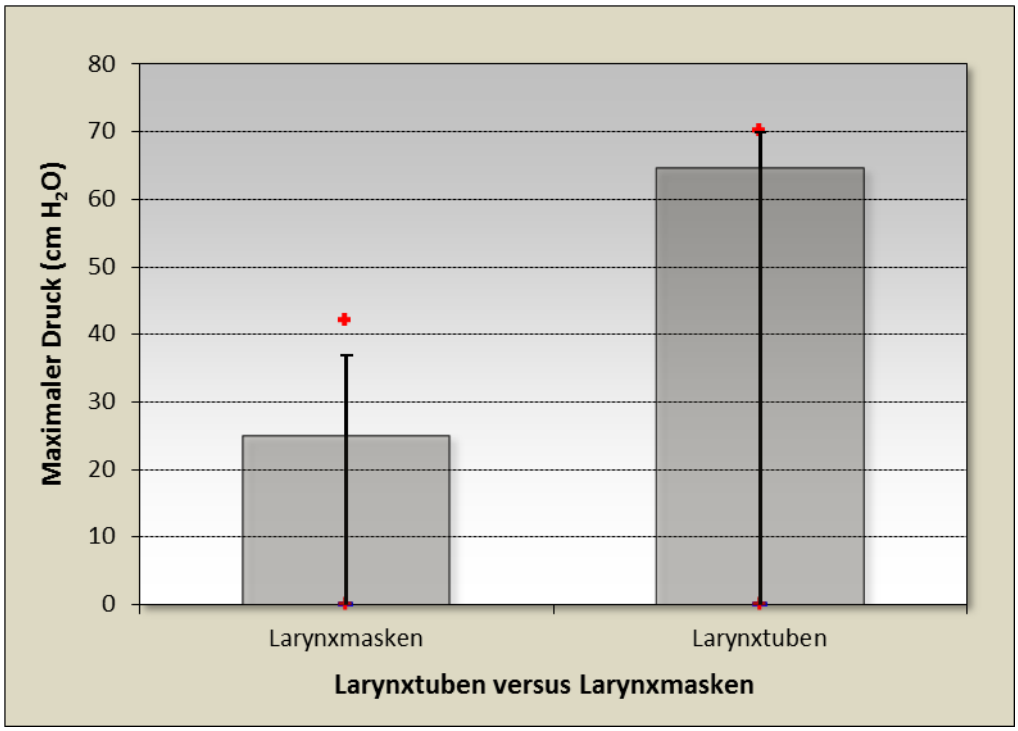

Abbildung 15: Vergleich der maximal erreichten Druckwerte der Larynxmasken und Larynxtuben an unfixierten Präparaten. Hierbei sind wiederum alle Anlagen von allen Laien und allen Anästhesisten berücksichtigt. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird dargestellt ob es einen Unterschied in der Dichtigkeit der beiden verwendeten supraglottischen Beatmungshilfen gibt. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurze blaue Linie gibt den Median der Variablen an. Dieser liegt in beiden Gruppen bei 0cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentilen. In beiden Gruppen liegt die 25. Perzentile bei 0cm H_2O. Die 75. Perzentile ist bei den Larynxtuben mit 64,5cm H_2O größer als bei den Larynxmasken mit 25cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentilen. Die 5. Perzentile liegt in beiden Gruppen bei 0cm H_2O. Die 95. Perzentile ist bei den Larynxtuben mit 70cm H_2O höher als bei den Larynxmasken mit 37cm H_2O. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Die Minimalwerte sind mit 0cm H_2O in beiden Gruppen gleich. Der Maximalwert ist bei den Larynxtuben mit 70cm H_2O höher als bei den Larynxmasken mit 42cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnte bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,17 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden. Betrachtet man die Ergebnisse der Larynxtuben mit denen der Larynxmasken unter Ausschluss der Präparate, die eine sofortige Undichtigkeit aufwiesen, ergibt sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem p-Wert von näherungsweise 0,0003 (<0,05).

Wie bereits beschrieben konnte mit den Larynxmasken ein Median von 11cm H_2O erreicht werden. Bei den Larynxtuben hingegen ergab sich ein Median von 30cm H_20 (siehe Abbildung Nr. 16).

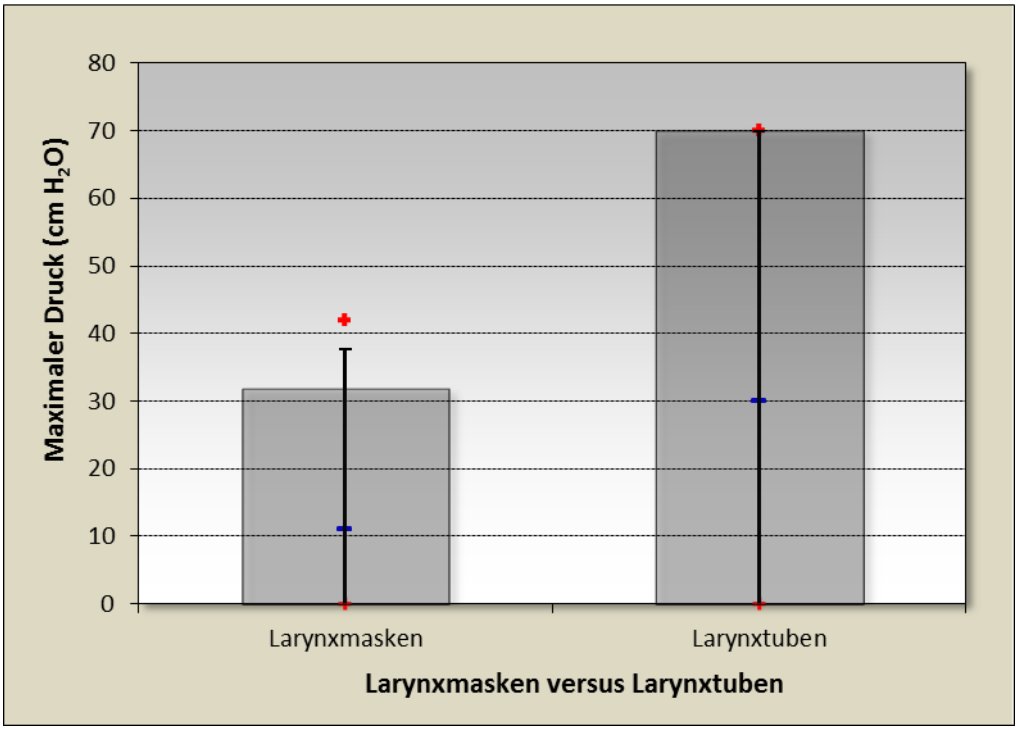

Abbildung 16: Vergleich der maximalen Druckwerte der Larynxtuben und Larynxmasken an unfixierten Präparaten (unter Ausschluss der Präparate 5 und 6 bei den Larynxtuben als auch der Präparate 3 und 4 bei den Larynxmasken wegen der Unmöglichkeit eines Druckaufbaus). In dieser Abbildung wurden die oben genannten Präparate ausgeschlossen, da hierbei von keinem Probanden eine entsprechende Wassersäule aufgebaut werden konnte. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird dargestellt ob es einen Unterschied in der Dichtigkeit der beiden verwendeten supraglottischen Beatmungshilfen gibt. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurzen blauen Linien innerhalb der Rechtecke stellen den Median der Variablen dar. Der Median ist bei den Larynxtuben mit 30cm H_2O höher als der Median der Larynxmasken mit 11cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentile. In beiden Gruppen liegt die 25. Perzentile bei 0cm H_2O. Die 75. Perzentile ist mit 70cm H_2O bei den Larynxtuben höher als die der Larynxmasken mit 31,75cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentilen. In beiden Gruppen liegt die 5. Perzentile bei 0cm H_2O. Die 95. Perzentile ist mit 70cm H_2O bei den Larynxtuben höher als die der Larynxmasken mit 37,5cm H_2O. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Die Minimalwerte sind mit 0cm H_2O in beiden Gruppen gleich. Der Maximalwert ist mit 70cm H_2O bei den Larynxtuben höher als der Maximalwert der Larynxmasken mit 42cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnte bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,052 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden. Vergleicht man die ösophageale Abdichtung der Larynxmasken mit der der Larynxtuben, so erkennt man folgenden Unterschied. Bei je 48 Anlagen konnte bei den Larynxmasken 28-mal und bei den Larynxtuben 27-mal keine Wassersäule aufgebaut werden.

Zudem konnte bei den Larynxtuben bei 26 der 27 Anlagen Wasser im Luft führenden Tubus nachgewiesen werden. Wohingegen bei der Larynxmaske mit 18 der 28 Anlagen seltener Wasser im Luft führenden Tubus gefunden wurde. Eine Luftleckage bei der Ventilation durch den Beatmungsbeutel zeigte sich bei 18 von oben genannten 28 Anlagen der Larynxmasken und bei 20 von 27 Anlagen der Larynxtuben.

3.2.2 Vergleich der Anlagen von Larynxmasken zwischen Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten

Bei der Frage, ob Larynxmasken an Thiel-fixieren oder an unfixierten Präparaten eine unterschiedliche Abdichtung erzielen, zeigte sich eine signifikant bessere Druckergebnisse bei der Einlage von Larynxmasken an Thiel-fixierten Präparaten. Im Median erreichte man mit den Anlagen an Thiel-fixierten Präparaten eine Wassersäule von 21cm H_2O. Bei den unfixierten Präparaten erreichte man im Median eine Wassersäulenhöhe von 0cm H_2O (siehe Abbildung 17).

Bei der Betrachtung aller Ergebnisse der Anlagen von Larynxmasken zeigte sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,0026 (<0,05).

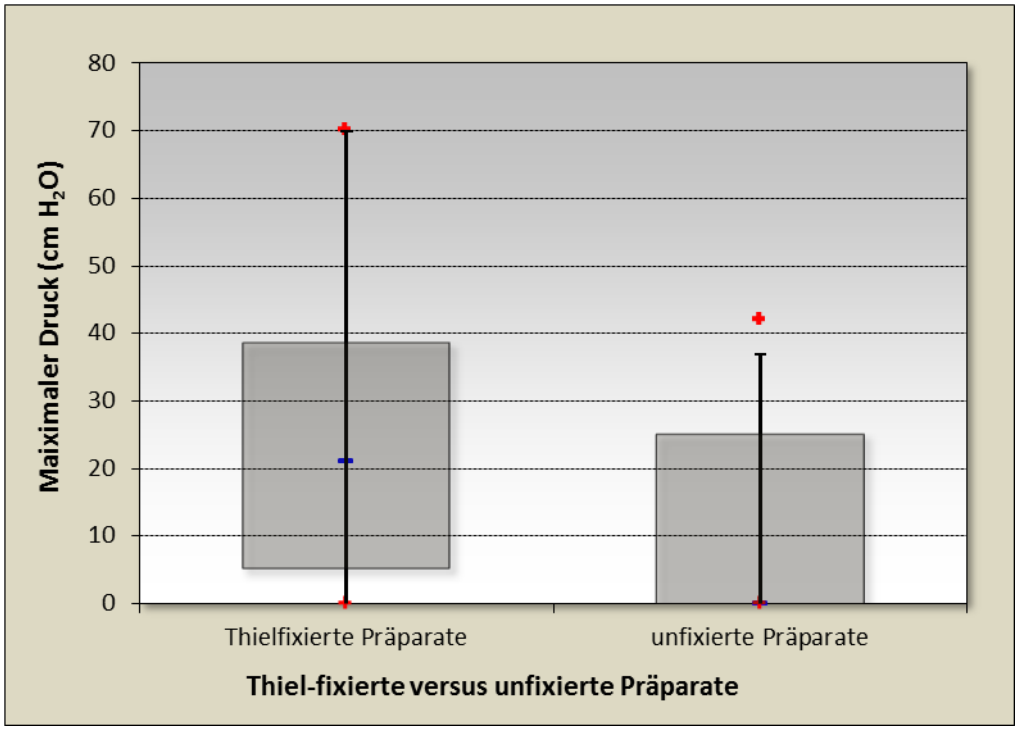

Abbildung 17: Vergleich der maximalen Druckwerte von Larynxmasken an Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird dargestellt ob die Präparationstechnik einen Einfluss auf die Dichtigkeit der von Laien und Anästhesisten eingelegten Larynxmaske hat. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurzen blauen Linien stellen den jeweiligen Median der Variablen dar. Der Median war mit einer Höhe von 21cm H_2O bei den Thiel-fixierten Präparaten höher als bei den unfixierten Präparaten mit 0cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentilen. Die 25. Perzentile war bei den Thiel-fixierten Präparaten mit 5,25cm höher als bei den unfixierten Präparaten mit 0cm H_2O. Die 75. Perzentile war bei den Thiel-fixierten Präparaten mit 38,5cm H_2O höher als bei den unfixierten Präparaten mit 25cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentilen. Die 5. Perzentile ist bei beiden Gruppen gleich bei 0cm H_2O. Die 95. Perzentile ist mit 70cm H_2O bei den Thiel-fixierten Präparaten höher als bei den unfixierten Präparaten mit 37cm H_2O. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Der Minimalwert liegt jeweils bei 0cm H_2O. Der Maximalwert ist mit 70cm H_2O bei den Thiel-fixierten Präparaten höher als bei den unfixierten Präparaten mit 42cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnte bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,000041 (<0,05) eine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden.

Unter Ausschluss der bereits oben erwähnten unfixierten Präparate, bei denen keine Wassersäule aufgebaut werden konnte, erhält man im U-Test mit einem p-Wert von 0,01 (<0,05) ebenfalls eine signifikante Differenz der Rangmittelwerte.

3.2.3 Korrelation von Luftleckage bei Beatmung und sofortiger Undichtigkeit bei ösophagealem Druck

Berechnet man die Korrelation von Luftleckage (ja/nein) und der Möglichkeit eine Wassersäule zu generieren (nein/ja) mittels Vierfelderkorrelation anhand der in der Vierfelder Tafel (siehe Tabelle 8) eingetragenen Daten aller Larynxmasken, erhält man ein r Phi von + 0,569.

Tabelle 8: Vierfeldertafel mit Darstellung der Ergebnisse bei der Anlage aller Larynxmasken. In der Tabelle finden sich die Ergebnisse aus allen Anlagen von Anästhesisten und Laien sowohl an den Thiel-fixierten als auch an den unfixierten Präparaten. Dargestellt sind die beiden dichotomen Variablen (Luft Leckage gegenüber keine Luftleckage und keine Wassersäule gegenüber Wassersäule) und die Häufigkeit mit der diese Variablen in dieser Arbeit erfüllt wurden. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Ziel dieser Auswertung war herauszufinden ob ein Zusammenhang zwischen Luftleckage bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel über die eingelegte supraglottische Beatmungshilfe und dem anschließenden Generieren einer Wassersäule besteht. LMA entspricht Larynxmasken.

alle LMA	keine Wassersäule	Wassersäule	Summe
Luft Leckage	22	7	29
keine Luft Leckage	13	70	83
Summe	35	77	112

Dieses Ergebnis zeigt somit einen Zusammenhang der Variablen. Das Ergebnis ist bei einem p-Wert von <0,05 signifikant. Führt man diese Berechnung analog für die Ergebnisse der Larynxtuben durch, erhält man mittels Vierfelderkorrelation anhand der in der Vierfeldertafel (siehe Tabelle 9) eingetragenen Daten einen r Phi von +0,594.

Tabelle 9: Vierfeldertafel mit Darstellung der Ergebnisse bei der Anlage aller Larynxtuben. In der Tabelle finden sich die Ergebnisse aus allen Anlagen von Anästhesisten und Laien an acht unfixierten Präparaten (an den Thiel-fixierten Präparaten war die Einlage der Larynxtuben nicht möglich). Dargestellt sind die beiden dichotomen Variablen (Luft Leckage gegenüber keine Luftleckage und keine Wassersäule gegenüber Wassersäule) und die Häufigkeit mit der diese Variablen in dieser Arbeit erfüllt wurden. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Ziel dieser Auswertung war herauszufinden, ob ein Zusammenhang zwischen Luftleckage bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel über die eingelegte supraglottische Beatmungshilfe und dem anschließenden Generieren einer Wassersäule besteht.

alle Larynxtuben	keine Wassersäule	Wassersäule	Summe
Luft Leckage	20	3	23
keine Luft Leckage	7	18	25
Summe	27	21	48

Dieses Ergebnis zeigt ebenfalls einen Zusammenhang der Variablen. Das Ergebnis ist bei einem p-Wert von <0,05 signifikant. Führt man die Berechnung schließlich für alle SB (Larynxmasken und Larynxtuben) durch, erhält man mittels Vierfelderkorrelation anhand der in der Vierfeldertafel (siehe Tabelle 10) eingetragenen Daten einen r Phi von + 0,598.

Tabelle 10: Vierfeldertafel mit Darstellung der Ergebnisse bei der Anlage aller supraglottischen Beatmungshilfen (Larynxtuben und Larynxmasken). In der Tabelle finden sich die Ergebnisse aus allen Anlagen von Anästhesisten und Laien sowohl an den Thiel-fixierten als auch an den unfixierten Präparaten. Dargestellt sind die beiden dichotomen Variablen (Luft Leckage gegenüber keine Luftleckage und keine Wassersäule gegenüber Wassersäule) und die Häufigkeit mit der diese Variablen in dieser Arbeit erfüllt wurden. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Ziel dieser Auswertung war herauszufinden ob ein Zusammenhang zwischen Luftleckage bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel über die eingelegte supraglottische Beatmungshilfe und dem anschließenden Generieren einer Wassersäule besteht. SB entspricht supraglottischen Beatmungshilfen

Alle SB	keine Wassersäule	Wassersäule	Summe
Luft Leckage	42	10	52
keine Luft Leckage	20	88	108
Summe	62	98	160

Dieses Ergebnis zeigt ebenfalls einen Zusammenhang der beiden Variablen. Das Ergebnis ist bei einem p-Wert von <0,05 signifikant.

3.3 Gruppenergebnisse

Es werden nun die Ergebnisse, abhängig von der SB und der Art der Präparation, in Gruppen unterteilt. In den jeweiligen Gruppen werden die Ergebnisse der Vergleiche zwischen den Anlagen der Anästhesisten und Laien beschrieben und dargestellt. Des Weiteren werden Daten der Einzelergebnisse herausgegriffen und genauer analysiert.

3.3.1 Larynxmasken an Thiel-fixierten Präparaten

Hierbei konnte die Nullhypothese angenommen werden. Demzufolge ergab sich kein signifikanter Unterschied in den Messwerten von Anästhesisten und Laien. Bei den Laien widerstand die Larynxmaske im Mittelwert einem ösophagealen Druck von 28,95cm H_2O. Bei den Anästhesisten widerstand die Larynxmaske im Mittelwert einem ösophagealen Druck von 19,79cm H_2O (siehe Abbildung 18). Im t-Test konnte bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,11 (>0,05) keine signifikante Differenz der Mittelwerte festgestellt werden. Damit erreichten die Laien ein nicht signifikant besseres Ergebnis als die Anästhesisten. Zum Vergleich der beiden Gruppen wurde der t-Test verwendet, da im KST mit einem näherungsweisen p-Wert von 0,23 (>0,05) eine Normalverteilung der Ergebnisse vorlag.

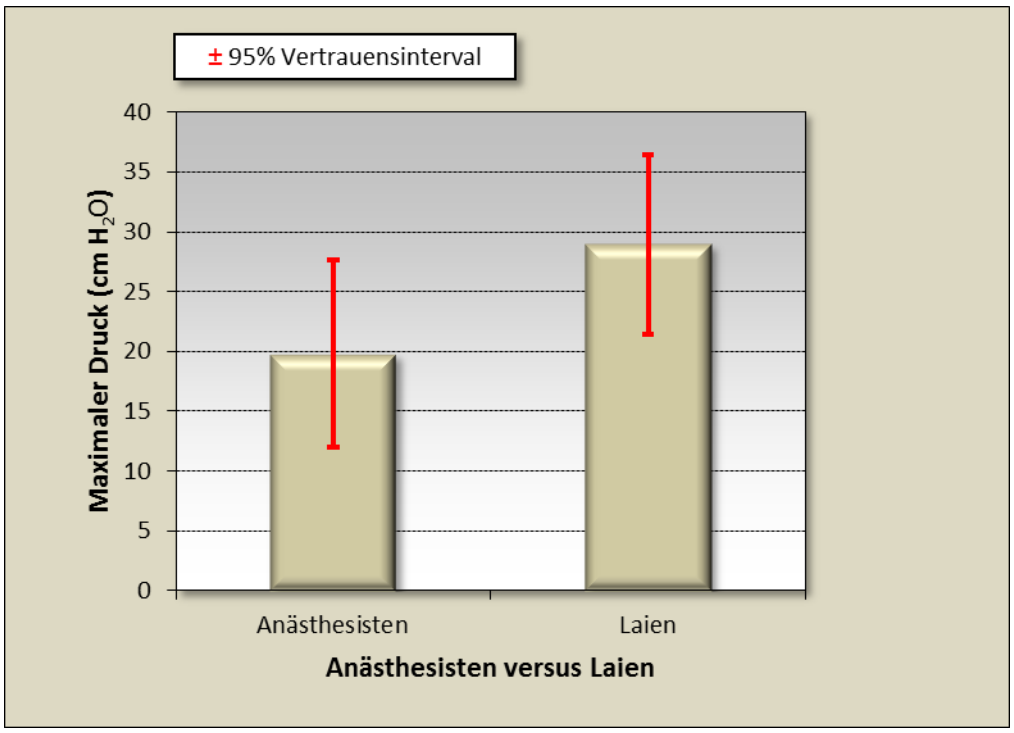

Abbildung 18: Vergleich der maximal erreichten Druckwerte der Larynxmasken aller Anästhesisten versus Laien an fixierten Präparaten im Mittelwert. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung werden die erreichten Druckwerte von Anästhesisten und Laien gegeneinander dargestellt. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte und 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die oberen Ränder der Balken entsprechen den Mittelwerten. Der Mittelwert der Laien ist mit 26,95cm H_2O höher als der Mittelwert der Anästhesisten mit 19,79cm H_2O womit die Laien im Mittel ein besseres Ergebnis erreichten. Die roten Striche entsprechen den jeweiligen Vertrauensintervallen von 95 %. Mit 7.82 ist der Bereich des Vertrauensintervalls bei den Anästhesisten geringfügig höher als bei den Laien mit 7,51 und weist somit eine etwas höhere Streubreite auf. Aufgrund der Überlappung der Vertrauensintervalle ist ein gleicher wahrer Mittelwert der beiden Gruppen möglich. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Zu erwähnen ist, dass (siehe Anhang) bei sieben Anlagen keine Wassersäule generiert werden konnte. Insgesamt waren bei den Laien 90% aller Anlagen erfolgreich, bei den Anästhesisten 87,5% (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Übersicht der Ergebnisse bei der Einlage von Larynxmasken an Thiel-fixierten Präparaten bezüglich einer erfolgreichen Anlage. Angegeben sind die prozentualen Ergebnisse bei jeweils Laie und Anästhesist, ob eine Wassersäule angelegt werden konnte oder nicht, in Klammern dahinter finden sich die jeweils absoluten Zahlen. In der rechten Spalte ist die Summe der jeweils erfolgten Anlagen angegeben. Zur Verfügung standen 8 Thiel-fixierte Präparate. Die Versuche erfolgten im Jahr 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. LMA: Larynxmaske

Thiel-fixierte Präparate LMA	Wassersäule	keine Wassersäule	gesamt
Laie	90% (36)	10% (4)	40
Anästhesist	87,5% (21)	12,5% (3)	24

Bei all diesen war im Anschluss Wasser im Pharynx nachweisbar. Bei jedoch nur 4 dieser Anlagen war anschließend Wasser im Tubus sichtbar. Zwei dieser Anlagen zeigten Leckagen bei der initialen Dichtigkeitsmessung mit dem Beatmungsbeutel. Bei sechs Anlagen wurde der Maximalwert von 70cm H_2O erreicht. Bei keiner dieser Messungen wurde im Anschluss Wasser in Pharynx oder Tubus gefunden und auch in der initialen Beatmung zeigte sich keine Leckage.

Wie in Kapitel 2.6 beschrieben, erfolgte schlussendlich noch eine Analyse, ob sich im Verlauf des Versuches Änderungen der Messwerte ergeben haben, die auf eine Verschlechterung des Gewebezustandes hindeuten könnten. Hierbei konnte bei sieben der Präparate kein Hinweis auf Gewebeverschlechterung festgestellt werden. Lediglich bei einem Fall (Präparat 7) ist nach den definierten Kriterien eine Gewebeverschlechterung im Verlauf des Versuches möglich.

3.3.2 Larynxtuben an Thiel-fixierten Präparaten

Bei der Untersuchung von Larynxtuben auf ihre Dichtigkeit konnten diese trotz mehrfacher Versuche von Laien und Anästhesisten an allen fixierten Präparaten nicht adäquat gelegt werden. Bei der Einlage war ein deutlicher Widerstand zu spüren, der sich auch durch verschiedenartige Insertionsversuche nicht veränderte. Es wurde darauf verzichtet, die Larynxtuben mit forcierter Kraft einzulegen, da hierdurch der Realitätsanspruch an die Untersuchung verloren gegangen wäre. Die Untersuchung von Larynxtuben an Thiel-fixierten Präparaten wurde deshalb abgebrochen.

3.3.3 Larynxmasken an unfixierten Präparaten

Die Werte beider Gruppen erreichten hier im Median lediglich 0cm H_2O und waren damit bei über der Hälfte aller Anlagen von Beginn an undicht. Bei den Präparaten 3 und 4 konnten jedoch bei allen Anlagen mit Larynxmasken keine Wassersäulen generiert werden. Aus diesem Grund wurden die vergleichenden Berechnungen der Anlagen durch Laien und Anästhesisten zusätzlich ohne die Ergebnisse dieser zwei Präparate durchgeführt. Hierbei erreichten die Laien mit einem Median von 15cm H_2O einen höheren Wert als die Anästhesisten mit 4cm H_2O.

Betrachtet man die Ergebnisse beider Gruppen unter Einschluss aller Präparate, ergibt sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem p-Wert von näherungsweise $9{,}84 \times 10^{-06}$ (<0,05). Wie bereits beschrieben widerstanden bei den Laien die Larynxmasken im Median einem ösophagealen Druck von 0cm H_2O. Die Anästhesisten erreichten im Median den gleichen Wert (siehe Abbildung 19).

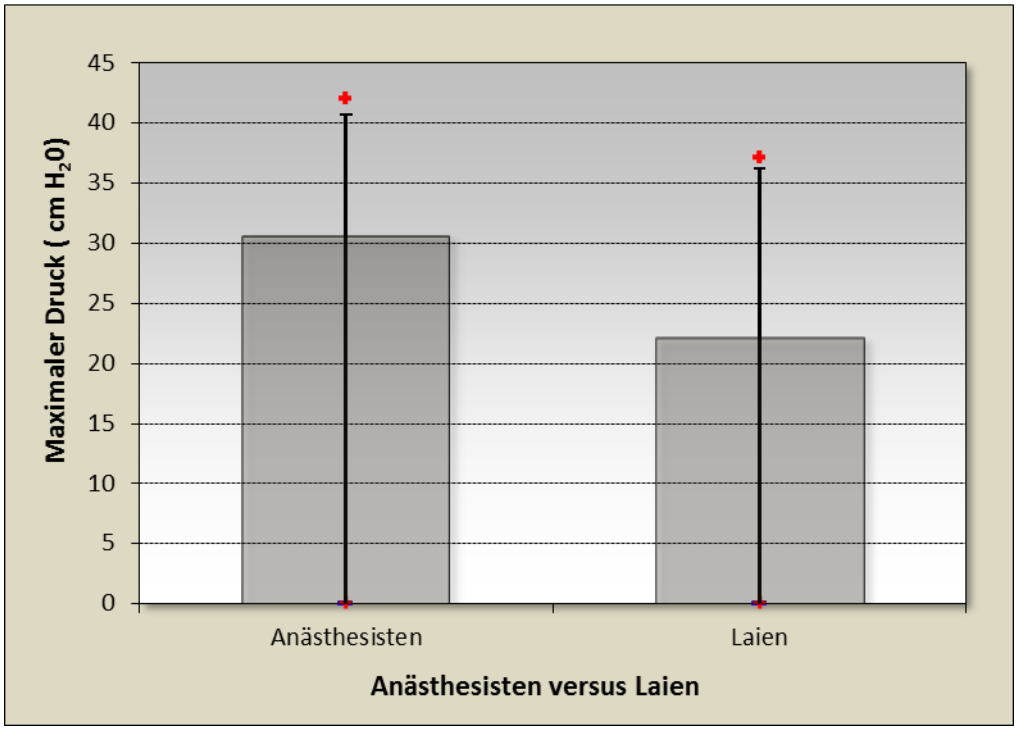

Abbildung 19: Vergleich der maximalen Druckwerte der Larynxmasken aller Anästhesisten versus Laien an unfixierten Präparaten. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird der maximal erreichte Druck in cm Wassersäule bei Anästhesisten und Laien bei Einlage einer Larynxmaske an unfixierten Präparaten gegenübergestellt. Zur Verfügung standen dabei 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurze blaue Linie am Unterrand der Rechtecke stellen den Median der Variablen dar. Dieser liegt in beiden Gruppen bei 0cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentilen. In beiden Gruppen liegt die 25. Perzentile bei 0cm H_2O. Die 75 Perzentile ist bei den Anästhesisten mit 30,5cm H_2O höher als bei den Laien mit 22cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentilen. Die 5. Perzentile liegt in beiden Gruppen bei 0cm. Die 95. Perzentile ist bei den Anästhesisten mit 40,75cm H_2O höher als bei den Laien mit 36,25cm H_2O. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Die Minimalwerte sind in beiden Gruppen gleich bei 0cm H_2O. Die Maximalwerte sind bei den Anästhesisten mit 42cm H_2O höher als bei den Laien mit 37cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnte bei einem p-Wert von näherungsweise 0,92 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden. Bei der Betrachtung der Einzelergebnisse (siehe Anhang) ist festzustellen, dass bei insgesamt 28 Anlagen keine Wassersäule generiert werden konnte. Davon wurde bei 16 Anlagen Wasser im Pharynx und bei 21 auch im Tubus gefunden. 18 dieser Anlagen zeigten Leckagen bei der initialen Dichtigkeitsmessung mit dem

Beatmungsbeutel. Insgesamt waren bei den Laien 45,8% aller Anlagen erfolgreich, bei den Anästhesisten 37.5% (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Übersicht der Ergebnisse bei Einlage von Larynxmasken an unfixierten Präparaten bezüglich einer erfolgreichen Anlage. Angegeben sind die prozentualen Ergebnisse bei jeweils Laie und Anästhesist, ob eine Wassersäule angelegt werden konnte oder nicht, in Klammern dahinter finden sich die jeweils absoluten Zahlen. In der rechten Spalte ist die Summe der jeweils erfolgten Anlagen angegeben. Zur Verfügung standen 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. LMA: Larynxmaske

unfixierte Präparate LMA	Wassersäule	keine Wassersäule	gesamt
Laie	45,8% (11)	54,2% (13)	24
Anästhesist	37,5% (9)	62,5% (15)	24

Bei vier der acht Präparate konnten keine Hinweise auf eine Gewebeverschlechterung gefunden werden. Bei den Präparaten 3 und 4 konnte keine Aussage über eine Gewebeverschlechterung getroffen werden, da von keinem Probanden eine Wassersäule generiert werden konnte. An zwei Präparaten konnte eine Gewebeverschlechterung nicht ausgeschlossen werden (Präparat 2 und 6). (siehe Tabellen der einzelnen Präparate im Anhang)

Betrachtet man die Ergebnisse beider Gruppen unter Ausschluss der Präparate 3 und 4, die eine sofortige Undichtigkeit aufwiesen, ergibt sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem p-Wert von 0,01 (<0,05). Wie bereits erwähnt widerstanden bei den Laien die Larynxmasken im Median einem ösophagealen Druck von 15cm H_2O. Bei den Anästhesisten war der Wert mit 4cm H_2O niedriger (siehe Abbildung 20).

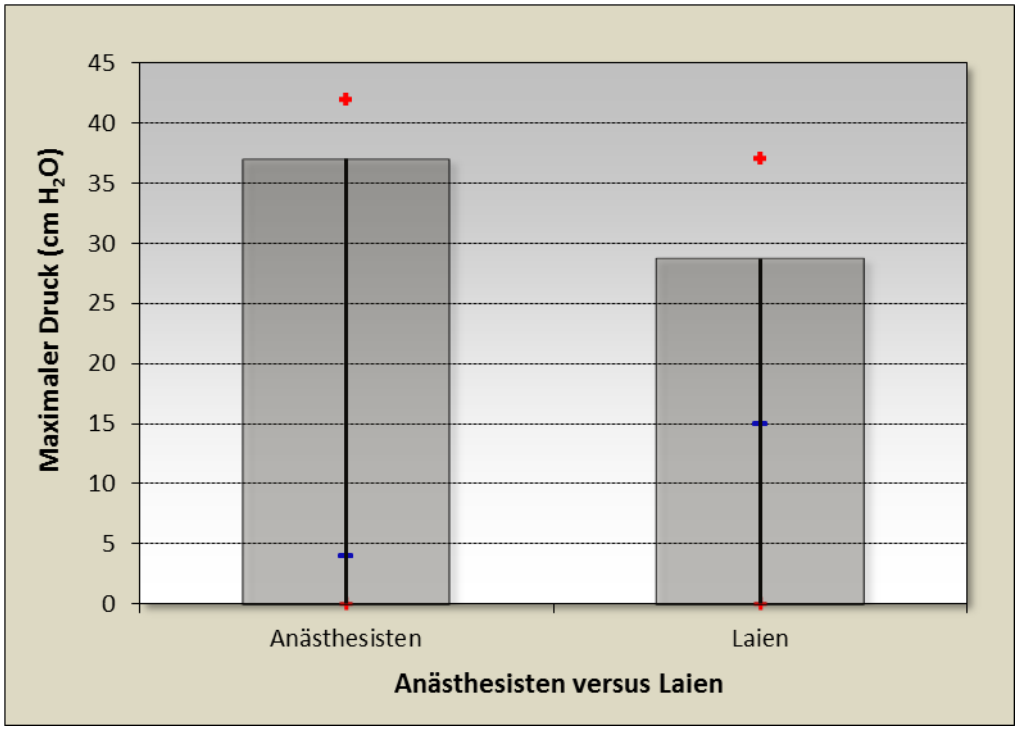

Abbildung 20: Vergleich der maximalen Druckwerte der Larynxmasken aller Anästhesisten versus Laien an unfixierten Präparaten unter Ausschluss der Präparate 3 und 4 (wegen der Unmöglichkeit eines Druckaufbaus). In dieser Abbildung wurden die oben genannten Präparate ausgeschlossen, da hierbei von keinem Probanden eine entsprechende Wassersäule aufgebaut werden konnte. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird dargestellt ob es einen Unterschied in der Dichtigkeit bei eingelegten Larynxmaske gibt, in Abhängigkeit ob sie von einem Anästhesisten oder von einem Laien eingelgt wurde. Zur Verfügung standen hierfür 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurzen blauen Linien innerhalb der Rechtecke stellen den Median der Variablen dar. Der Median ist bei den Laien mit 15cm H_2O höher als der Median der Anästhesisten mit 4cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentilen. In beiden Gruppen liegt die 25. Perzentile bei 0cm H_2O. Die 75. Perzentile ist bei den Anästhesisten mit 37cm H_2O höher als bei den Laien mit 28,75cm H_2O. Auf die 5. Und 95 Perzentile wurde aufgrund der geringen Fallzahl verzichtet. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Die Minimalwerte sind in beiden Gruppen gleich bei 0cm H_2O Die Maximalwerte sind bei den Anästhesisten mit 42cm H_2O höher als bei den Laien mit 37cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnten bei einem p-Wert von näherungsweise 0,96 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden.

3.3.4 Larynxtuben an unfixierten Präparaten

Die Werte beider Gruppen erreichten im Median lediglich 0cm H_2O und waren damit bei über der Hälfte aller Anlagen von Beginn an undicht. Bei den Präparaten

5 und 6 konnten jedoch bei allen Anlagen mit Larynxtuben keine Wassersäulen generiert werden. Aus diesem Grund wurden die vergleichenden Berechnungen der Anlagen durch Laien und Anästhesisten zusätzlich erneut, jedoch ohne die Ergebnisse dieser zwei Präparate, durchgeführt. Hierbei erreichten die Laien mit einem Median von 33cm H_2O einen besseren Wert als die Anästhesisten mit 24,5cm H_2O.

Betrachtet man die Ergebnisse beider Gruppen unter Einschluss der Präparate 5 und 6, ergibt sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem p-Wert von näherungsweise 0,000016 (<0,05). Wie bereits beschrieben widerstanden bei den Laien die Larynxmasken im Median einem ösophagealen Druck von 0cm H_2O. Die Anästhesisten erreichten im Median den gleichen Wert (siehe Abbildung 21).

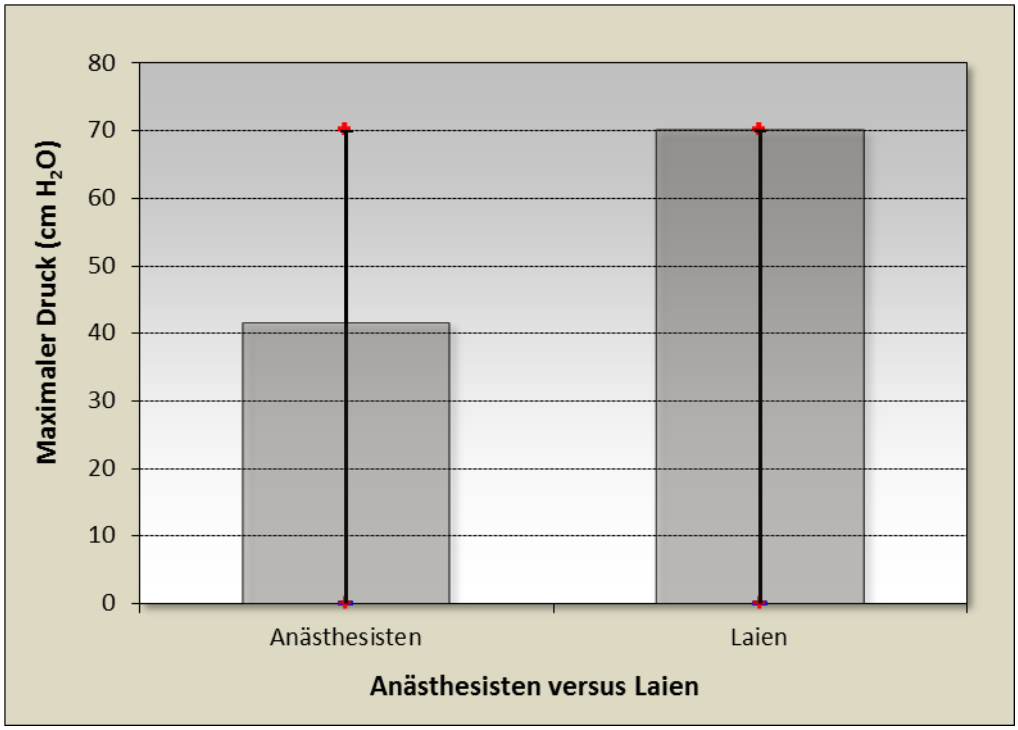

Abbildung 21: Vergleich der maximalen Druckwerte der Larynxtuben aller Anästhesisten versus Laien an unfixierten Präparaten. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird dargestellt ob es einen Unterschied in der Dichtigkeit bei eingelegtem Larynxtubus gibt, in Abhängigkeit ob er von einem Anästhesisten oder von einem Laien eingelegt wurde. Zur Verfügung standen hierfür 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurzen blauen Linien am Unterrand der Rechtecke stellen den Median der Variablen dar. Dieser liegt in beiden Gruppen bei 0cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentilen. In beiden Gruppen liegt die 25. Perzentile bei 0cm H_2O. Die 75. Perzentile ist bei den Laien mit 70cm H_2O höher als bei den Anästhesisten mit 41,5cm H_2O. Die Whiskers markieren die 5. und 95. Perzentilen. Die 5. Perzentile liegt in beiden Gruppen bei 0cm H_2O und die 95. Perzentile in beiden Gruppen bei 70cm H_2O. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. Der Minimalwert liegt in beiden Gruppen bei 0cm H_2O und der Maximalwert liegt in beiden Gruppen bei 70cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnte bei einem p-Wert von näherungsweise 0,61 (>0,05) keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden.

Betrachtet man die Einzelergebnisse (siehe Anhang) der Larynxtuben, erkennt man, dass bei insgesamt 27 von 48 Anlagen keine Wassersäule generiert werden konnte. Davon wurde bei 22 Anlagen Wasser im Pharynx und bei 26 im Tubus gefunden. 20 dieser 48 Anlagen zeigten Leckagen bei der initialen Dichtigkeitsmessung mit dem Beatmungsbeutel. Insgesamt waren bei den Laien 45,8% aller Anlagen erfolgreich, bei den Anästhesisten 41,7% (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13: Übersicht der Ergebnisse bei Einlage von Larynxtuben an unfixierten Präparaten bezüglich einer erfolgreichen Anlage. Angegeben sind die prozentualen Ergebnisse bei jeweils Laie und Anästhesist, ob eine Wassersäule angelegt werden konnte oder nicht, in Klammern dahinter finden sich die jeweils absoluten Zahlen. In der rechten Spalte ist die Summe der jeweils erfolgten Anlagen angegeben. Zur Verfügung standen 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. LTS: Larynxtubus

unfixierte Präparate LTS	Wassersäule	keine Wassersäule	gesamt
Laie	45,8% (11)	54,2% (13)	24
Anästhesist	41.7% (10)	58,3% (14)	24

Bei einem Präparat konnte eine Gewebeverschlechterung nicht ausgeschlossen werden (Präparat 7). Bei vier Präparaten zeigte sich kein Hinweis auf eine Gewebeverschlechterung. Bei den Präparaten 5 und 6 konnte keine Aussage über eine Gewebeverschlechterung getroffen werden.

Betrachtet man die Ergebnisse beider Gruppen unter Ausschluss der Präparate 5 und 6, die eine sofortige Undichtigkeit aufwiesen, ergibt sich keine Normalverteilung der Werte im KST bei einem P-Wert von 0,01 (<0,05). Bei den Laien widerstand die Larynxmaske im Median einem ösophagealen Druck von 33cm H_2O. Bei den Anästhesisten widerstand die Larynxmaske im Median einem ösophagealen Druck von 24,5cm H_2O (siehe Abbildung 22).

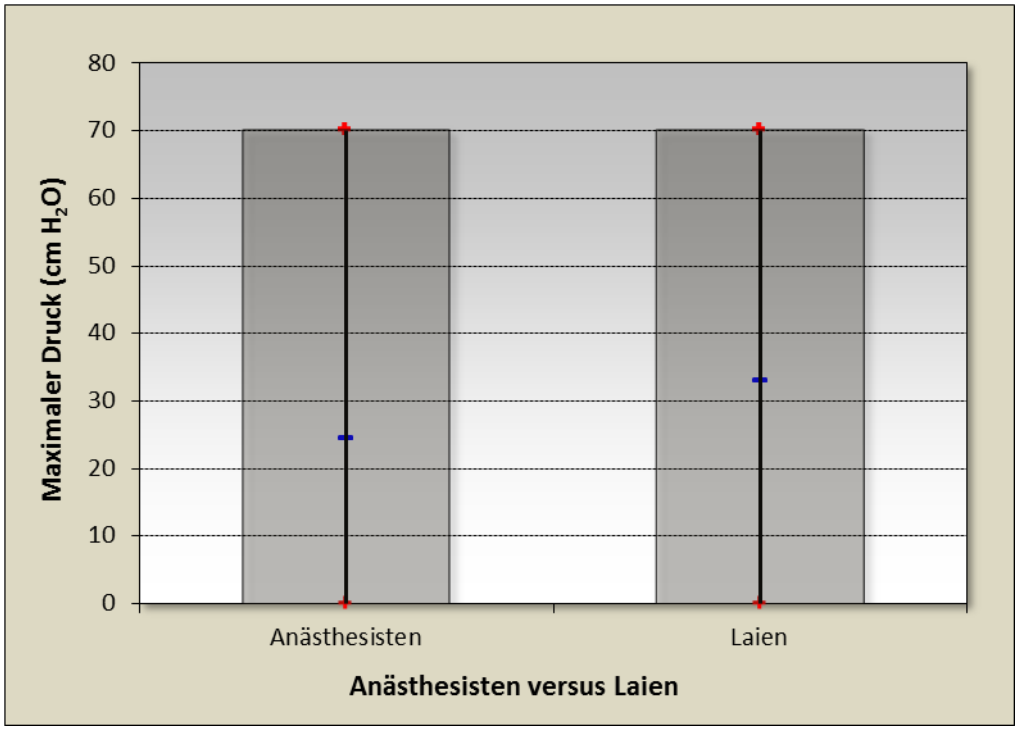

Abbildung 22: Vergleich der maximalen Druckwerte der Larynxtuben aller Anästhesisten versus Laien an unfixierten Präparaten unter Ausschluss der Präparate 5 und 6 (wegen der Unmöglichkeit eines Druckaufbaus). In dieser Abbildung wurden die oben genannten Präparate ausgeschlossen, da hierbei von keinem Probanden eine entsprechende Wassersäule aufgebaut werden konnte. In dieser Arbeit wurde die Dichtigkeit von supraglottischen Beatmungshilfen anhand einer retrograden Füllung des Ösophagus mit Wasser gemessen. Hierbei wurde die Dichtigkeit (Wert in cm Wassersäule) verglichen, nachdem Anästhesisten oder Laien die supraglottische Beatmungshilfe eingelegt hatten. Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. In dieser Abbildung wird der jeweils erreichte maximale Druck bei Anästhesisten gegenüber Laien dargestellt bei Einlage von Larynxtuben bei unfixierten Präparaten. Zur Verfügung standen dabei 8 unfixierte Präparate. Die Versuche erfolgten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Institut für Anatomie und Zellbiologie im Präparationssaal der Universität Ulm. Die kurzen blauen Linien innerhalb der Rechtecke stellen den Median der Variablen dar. Der Median ist bei den Laien mit 33cm H_2O höher als der Median der Anästhesisten mit 24,5cm H_2O. Die Rechtecke entsprechen den Druckergebnissen zwischen der 25. und. 75. Perzentile. In beiden Gruppen liegt die 25. Perzentile bei 0cm H_2O und die 75. Perzentile bei 70cm H_2O. Auf die 5. und 95 Perzentile wurde aufgrund der geringen Fallzahl verzichtet. Die Minimal- und Maximalwerte der jeweiligen Variablen werden mit einem ‚+'-Zeichen gekennzeichnet. In beiden Gruppen liegt der Minimalwert bei 0cm H_2O und der Maximalwert bei 70cm H_2O. cm H_2O entspricht der Wassersäule in cm.

Im U-Test konnte bei einem näherungsweisen p-Wert von 0,52 (>0,05) auch hierbei keine signifikante Differenz der Rangmittelwerte festgestellt werden.

3.4 Einzelfallergebnisse

Die Einzelergebnisse aller Anlagen der Larynxmasken an Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten sowie der Larynxtuben an unfixierten Präparaten werden anhand von Tabellen aufgezeigt und beschrieben.

Wie bereits in Kapitel 2.5. erwähnt wurde die Luftdichtigkeit direkt nach Anlage der SB gemessen und nach dem Druckabfall sowohl der Tubus als auch der Pharynx auf eingetretenes Wasser untersucht. Die Reihenfolge der Probanden in der jeweiligen Tabelle entspricht dabei der tatsächlichen Reihenfolge im Versuch. Die Versuche an unfixierten und Thiel-fixierten Präparaten erfolgten wegen der unterschiedlichen Verfügbarkeit der Präparate an unterschiedlichen Tagen, weshalb sich die Anzahl der Probanden zum Teil unterscheidet. Die Tabellen und die entsprechenden Beschreibungen sind im Anhang ersichtlich.

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Prinzipiell eignet sich der Versuchsaufbau zur Beantwortung der Fragestellung. Es konnte über eine transgastral in den Ösophagus eingebrachte Magensonde eine Wassersäule angelegt werden und somit die Dichtigkeit der jeweils eingelegten SB geprüft werden. Einschränkend ist zu bemerken, dass an einigen Präparaten keine Messwerte erhoben werden konnten. Als Grund sind hierfür am ehesten anatomische Hindernisse zu nennen. Allerdings kann dieses präparatebedingte Problem einfach durch das Vorliegen einer Luftleckage erkannt werden. Für diesen Fall, dass eine Luftleckage mittels Beatmungsbeutel vorlag, zeigte sich anschießend meist auch eine Undichtigkeit der angelegten SB. Dieser Zusammenhang war signifikant.

Als wichtigstes Ergebnis ist zu nennen, dass die Laien beim Anlegen einer SB im Median höhere Druckwerte in cm H_2O erreichten als die Anästhesisten. Die Ergebnisse zeigten allerdings keine Signifikanz. Die Nullhypothese konnte somit angenommen werden, Laien und Anästhesisten unterscheiden sich nicht wesentlich in der Anlage einer SB in Bezug auf den Aspirationsschutz. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Anlagen bei den Laien in 65,9% erfolgreich waren, bei den Anästhesisten in 54,2% (das Anlegen einer Wassersäule war hier möglich). Die Gruppenergebnisse (LMA an Thiel-fixierten Präparaten, LMA und LTS an unfixierten Präparaten) lieferten im Einzelnen dieselben Ergebnisse, die sich im Hauptergebnis wiederspiegeln.

Im Vergleich der beiden SB miteinander zeigte sich eine nicht signifikante Tendenz einer besseren Abdichtung des Larynxtubus gegenüber der Larynxmaske. Des Weiteren erfolgte ein Vergleich der Anlagen von SB zwischen Thiel-fixierten und

unfixierten Präparaten. Hierbei konnten bei den Thiel-fixierten Präparaten signifikant bessere Druckwerte nach Larynxmaskeneinlage erreicht werden. Die Ergebnisse an unfixierten Präparaten wurden jedoch bereits dadurch verschlechtert, dass bei jeweils zwei 2 Präparaten die Anlage der Larynxmasken und auch der Larynxtuben keine Messwerte lieferten.

Es muss jedoch erwähnt werden, dass die Anlage von Larynxtuben bei Thiel-fixierten Präparaten hingegen generell nicht möglich war.

4. Diskussion

Die vorliegende Studie zur Überprüfung der Dichtigkeit supraglottischer Beatmungshilfen ergab andere Ergebnisse als die erwartete Überlegenheit der Anästhesisten. Bei Verwendung des hier vorgestellten Präparatemodells zeigte sich stattdessen, dass Laien in Anlage von SB und Erreichen eines sicheren Aspirationsschutzes den Anästhesisten zumindest nicht unterlegen sind. Ferner wurde tendenziell erwartet, dass an den unfixierten Präparaten, wegen der besseren Vergleichbarkeit zum lebenden Menschen, bessere Bedingungen vorliegen und deswegen auch höhere Dichtigkeitswerte erreicht werden. Stattdessen zeigten sich die besseren Messergebnisse bei der Verwendung von Larynxmasken an Thiel-fixierten Präparaten. Wie erwartet konnte ein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden, dass bei Luftleckage mittels Beatmungsbeutel anschließend auch eine Undichtigkeit der SB vorlag.
In der Folge werden diese und alle weiteren Ergebnisse diskutiert und interpretiert.

4.1 Bewertung des Hauptergebnisses

Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob in der Anlage von Larynxmasken und Larynxtuben sowohl bei Anästhesisten, als auch bei Laien das gleiche Aspirationsrisiko besteht. Als Hauptergebnis zeigt sich nun, dass die Laien im Median sogar höhere Druckwerte erreichten. Es ist davon auszugehen, dass SB, die einem höheren Druck in diesem Versuch wiederstehen, auch einen höheren Aspirationsschutz bieten. Erstaunlicherweise hat somit die Anlage durch einen Laien, statt wie zuvor angenommen, keinen Nachteil für den Patienten in Bezug auf den Aspirationsschutz. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass ein Laie mit SB einen relativ sicheren Aspirationsschutz erzielen kann, wovon wiederum viele Patienten in der Primärversorgung profitieren könnten.
Eine mögliche Ursache für die besseren Druckwerte der Laien könnte sein, dass die gesammelte Erfahrung, der tagtägliche Umgang und die erlernte Technik mit SB einem Anästhesisten im Fall dieses Präparatemodells anscheinend keinen Vorteil bieten. So könnte es daran liegen, dass sich die Anlage der SB bei einem Präparat doch merklich von einem lebenden Menschen unterscheidet. Die beim Lebenden durch den erfahrenen Anästhesisten gewohnte Insertionstechnik könnte

am Präparat einen Nachteil gegenüber der „unvoreingenommenen“ Insertionstechnik des Laien bedeuten. In diesem Zusammenhang fiel subjektiv auf, dass die Anästhesisten viel schneller in der Anlage der SB waren und sich die Laien mehr Zeit ließen (lassen mussten), allerdings wurde die tatsächlich benötigte Zeit für die Anlage der SB nicht gemessen. Möglicherweise resultierte daraus bei den Laien eine bessere Abdichtung.
Eine Instruktion oder eine Übungsmöglichkeit erfolgte bei den Anästhesisten nicht. Im Gegensatz dazu erhielten die Laien vorhergehend eine Instruktion und hatten einmalig die Möglichkeit die Anlage der SB am Präparat zu üben. Möglicherweise resultierte auch daraus ein Vorteil und somit die besseren Messergebnisse bei den Laien. Insgesamt waren bei den Laien 65,9% aller Anlagen von SB erfolgreich, sodass eine Wassersäule generiert werden konnte. Bei den Anästhesisten waren 54,2% aller Anlagen erfolgreich.
In der Literatur findet man deutlich bessere Ergebnisse von einer erfolgreichen Einlage *in vivo* von SB. Zum Beispiel konnte eine Metaanalyse an mehr als 20.000 Patienten mit Anlage verschiedener Larynxmasken durch Anästhesisten eine Erfolgsrate von gesamt 98% zeigen, wobei in 87% eine korrekte Einlage bereits im ersten Versuch gelang. [20] Dies legt nahe, dass die an den Präparaten bestehenden Bedingungen den Zustand *in vivo* nicht identisch wiederspiegeln. Allerdings standen nicht alle im Alltag angewandten Mechanismen zur Prüfung der korrekten Einlage an den Präparaten zur Verfügung. Dazu gehören beispielsweise der freie inspiratorische und exspiratorische Fluss bei Ventilation, [45] die Kapnographie und die Bewegung des Thorax bei Ventilation. [21] Diesen Versuch am lebenden Menschen durchzuführen ist jedoch aus ethischen Gründen nicht möglich, weshalb das Präparatemodell gewählt wurde.

Zwar war der Anteil an nicht funktionierenden Anlagen, Undichtigkeit und Aspirationen im Vergleich zum Alltag höher, diese Unterschiede sind jedoch im Präparatemodell begründet. Somit soll nicht die Aussage geschmälert werden, dass Laien zu einem hohen Prozentsatz eine SB mit gutem Aspirationsschutz einlegen konnten. Aus den hier erhobenen Daten kann man ableiten, dass ein Laie in der Lage ist, eine SB suffizient einzulegen. Dies bietet vor allem in der Notfallsituation einen entscheidenden Vorteil weil sie schnell und ohne viel Training eingelegt werden können. [22] Hierbei ist es wichtig, einen sicheren

Atemweg zu schaffen, der möglichst guten Aspirationsschutz bietet. Die endotracheale Intubation stellt dabei immer noch den Goldstandard dar, [39] zunehmend wird aber auch der Einsatz von SB als Alternative empfohlen. Ein entscheidender Nachteil der endotrachealen Intubation ist, dass die Einlage ausreichend Erfahrung erfordert, [46] insbesondere unter Notfallbedingungen. Zudem ist im Vergleich zur endotrachealen Intubation die Anwendung von SB schneller [28][34] und sicherer bei Anlage durch unerfahrenes Personal [35] und die Anzahl der Versuche zum Erlernen der Technik ist geringer. [50] Einen entscheidenden Vorteil bietet dies in der Reanimationssituation, weil hier eine SB im Gegensatz zur endotrachealen Intubation blind und ohne Unterbrechung der Thoraxkompression eingelegt werden kann. [46] Intubationsversuche sind mit Unterbrechungen des CRP-Rhythmus verbunden, [53] diese würden je nach Erfahrung mehr oder weniger Zeit in Anspruch nehmen. Je mehr Verzögerung es in der Behandlung gibt, desto schlechter ist das Outcome des Patienten. [22] Zudem kann die SB genutzt werden, um bei schwierigem Atemweg darüber einen endotrachealen Tubus einzuführen. [56]

4.2 Bewertung des Vergleiches von Larynxmaske und Larynxtubus am unfixierten Präparat

Im Vergleich der unterschiedlichen SB erreichten die Larynxtuben die höheren Druckwerte und somit die bessere Abdichtung an unfixierten Präparaten. Diese tendenzielle, aber nicht signifikante Aussage wird auch von den Ergebnissen von Asai et al. (2002) gestützt, die in einer kleinen Studie an Patienten zeigen konnten, dass Larynxtuben gegenüber Larynxmasken eine bessere Abdichtung aufzeigen. [1]

Larynxtubus und Larynxmaske waren ähnlich oft von Beginn an undicht. Allerdings war bei den Larynxtuben zahlenmäßig häufiger auch Wasser im Tubus sichtbar, wenn Wasser im Pharynx nachweisbar war.

Bezogen auf die erreichten Druckwerte bieten die Larynxtuben somit im Vergleich zu Larynxmasken eine bessere, wenn auch nicht signifikant bessere Abdichtung gegen einen ösophagealen Druck. Im Falle einer von Beginn an bestehenden Undichtigkeit scheinen sie jedoch im Vergleich zu den Larynxmasken den Luft zuführenden Raum schlechter abzudichten.

Als Grund hierfür kann man die unterschiedlichen Formen der SB nennen. Die distale Manschette des Larynxtubus vermag den Ösophaguseingang in geblocktem Zustand sicher abzudichten. [2] Eine Larynxmaske dichtet den Ösophagus bei einer zu weit kranialen Lage mit ihrer Spitze möglicherweise nicht vollständig ab, [51] sorgt aber dennoch für eine Abdichtung des Larynx. [30] Kommt es allerdings beim Larynxtubus zur Undichtigkeit nach Erbrechen oder Regurgitation, gelangt der Mageninhalt laut den Ergebnissen in diesem Versuch häufiger auch in die Atemwege und führt so zur Aspiration. Dies bestätigt auch die von Asai et al. beschriebene theoretische Gefahr, dass bei Übertritt von gastrischem Inhalt in den Pharynx die proximale Manschette des Larynxtubus die gastrische Flüssigkeit in den Larynx zurückdrücken könnte. [2]

Aufgrund dieser Ergebnisse kann daher keine einseitige Empfehlung ausgesprochen werden, welche der beiden SB im prähospitalen Atemwegsmanagement zu verwenden ist. Die Entscheidungsfindung für eine bestimmte SB sollte anhand mehrerer Faktoren getroffen werden. Hierzu gehören unter anderem die klinische Situation, die Verfügbarkeit und mit welcher SB der Anwender bereits Erfahrung hat. [16]

4.3 Bewertung des Vergleiches von SB an Thiel-fixierten gegenüber unfixierten Präparaten

In einer Studie von Schmidbauer et al. (2009) in der die verschiedenen SB auf ihre ösophageale Abdichtung untersucht wurden, sind unfixierte Präparate verwendet worden. [44] Im Vergleich zu Trainingspuppen scheinen diese nicht fixierten, nicht gefrorenen menschlichen Präparate ein ideales Modell zu sein, um standardisierte Forschung zu betreiben. [19] Die sogenannte Thiel-Fixierung bietet hierzu prinzipiell eine attraktive Alternative. Deren Stärke ist die Kombination aus der Flexibilität des Gewebes und der Haltbarkeit. [15] Unfixierte Präparate bieten zwar die besten physiologischen Konditionen bezüglich der Beweglichkeit, können aber nur kurzzeitig verwendet werden. [54]

Es stellte sich die Frage ob bei den Thiel-fixierten Präparaten nicht neben dem Vorteil der längeren Haltbarkeit, gleichzeitig auch ein Nachteil durch eventuell unphysiologischere Gewebeverhältnisse entsteht.

In diese Richtung deutete auch die praktische Erfahrung während der Studie. Bei den Thiel-fixierten Präparaten ließen sich die Larynxtuben aufgrund eines unüberbrückbaren Wiederstandes nicht legen, die Einlage bei den unfixierten Präparaten war dagegen meist problemlos möglich.
In der Literatur wird zwar die lebensechte Gewebestruktur bei Thiel-fixierten Präparaten beschrieben, allerdings können Veränderungen des Gewebes, die durch die Fixierung verursacht werden und den Versuch beeinflussen nicht ausgeschlossen werden. [15] Auch die Tatsache, dass sowohl Laien als auch Anästhesisten bei der Anlage der Larynxtuben scheiterten, macht einen Zusammenhang mit der Fixierung wahrscheinlich. Zusätzlich könnte der Durchmesser des hier verwendeten Larynxtubus in Kombination mit der Thiel-fixierung die Einlage erschwert haben. In der Literatur ist beschrieben, dass beim in diesem Versuch verwendeten Larynxtubus im Vergleich zum Vorgängermodell ein höherer Widerstand zwischen Ösophagus und Hypopharynx überwunden werden muss.[25] In anderen, vergleichbaren Arbeiten, wurde die erfolgreiche Anlage von Larynxtuben an unfixierten Präparaten durchgeführt. [3][44] Es konnten in der Literatur jedoch keine Arbeiten gefunden werden, die über die erfolgreiche Einlage von Larynxtuben bei Thiel-fixierten Präparaten berichten.

Auch bei den Larynxmasken konnten in der Literatur keine Studien zur Einlage an Thiel-fixierten Präparaten gefunden werden. In dieser Studie widerstanden die Larynxmasken an Thiel-fixierten Präparaten einem höheren Druck als an unfixierten Präparaten. Dazu muss erwähnt werden, dass bei den unfixierten Präparaten mehrere Versuchsreihen keine Messergebnisse lieferten. Dadurch ergibt sich möglicherweise ein Vorteil für die Thiel-fixierung. Zudem könnte man die besseren Messwerte auf die eventuell festere Gewebestruktur der Thiel-fixierten Präparate zurückführen. Möglicherweise kann man dadurch eine bessere Abdichtung der Larynxmaske mit dem umliegenden Gewebe erreichen. Welche Präparationsmethode nun bezüglich der Anlage von SB den größten Bezug zur Realität hat, kann jedoch aus der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden.
Eine Empfehlung lässt sich aufgrund der Erfahrung in dieser Arbeit allerdings machen, nämlich dass bei künftigen Versuchen zur Anlage von Larynxtuben diese an unfixierten Präparaten getestet werden sollten. Dieses Versuchsmodell an

unfixierten Präparaten zur Untersuchung von SB wurde bereits von anderen Autoren erfolgreich angewandt. [31][33][44]
Studien zu Larynxmasken können laut den Ergebnissen in dieser Studie am Thiel-fixierten Präparat gut und erfolgreich untersucht werden.

4.4 Bewertung der Korrelation von Luftleckage und Undichtigkeit bei ösophagealem Druck

Es stellte sich die Frage, ob eine wahrnehmbare Undichtigkeit bei Ventilation mittels Beatmungsbeutel mit einer unzureichenden ösophagealen Abdichtung der SB korreliert.
In den Berechnungen wurde jeweils ein signifikanter Zusammenhang der Variablen „ Luftleckage“ und „ Wasser im Tubus“ festgestellt. Das bedeutet, dass bereits bei einer Luftleckage, die mittels Beatmen über Beatmungsbeutel festgestellt wird, davon ausgegangen werden muss, dass die Maske den Ösophagus nicht suffizient abdichtet. Dabei zeigte sich diese Korrelation bei Betrachtung der Larynxmasken und der Larynxtuben. Im Umkehrschluss bedeutet dies auch, dass bei Dichtigkeit während der Beatmung, die SB einem ösophagealen Druck wahrscheinlich standhalten. In diesem Versuch hielten 58,7% aller initial luftdichten SB einem ösophagealen Druck > 20cm H_2O stand. Dies übersteigt somit den normalen intraabdominellen Druck, der mit 5-7 mmHg bei normalgewichtigen Personen und mit bis zu 14 mmHg bei adipösen Personen angegeben wird. 14 mmHg entspricht einem Druck von circa 20cm H_2O. [26] Wie hoch der ösophageale Druck bei Erbrechen ist, war bisher noch nicht Gegenstand von Studien [3], weshalb ein sinnvollerweise zu erreichender Druckwert nicht angegeben werden kann.
Für den Alltag lässt sich aus diesem Ergebnis ableiten, dass SB, die in der Beatmungsprüfung keine Dichtigkeit aufweisen, neu gelegt, oder zumindest eine Lagekontrolle durchgeführt werden muss um einen Aspirationsschutz zu gewährleisten. So ist es im Nachschlagewerk Anästhesie-Intensivmedizin-Notfallmedizin von Hans Walter Striebel nachzulesen. Hier wird empfohlen, in diesem Fall eine Larynxmaske, neu zu positionieren oder nachzublocken falls bei der Beatmung hörbar Luft entweicht. [47]

Als Schwachpunkt während dieser Untersuchung kann angesehen werden, dass der Ventilationsdruck nicht durch einen Drucksensor gemessen wurde und somit nicht quantifizierbar war. In der Literatur wird hierzu ein Ventilationsdruck von 20 mbar als erstrebenswert beschrieben. [20][44]

4.5 Bewertung des Aspirationsrisikos

Je höher der Wert der erreichten Wassersäule, desto besser wurde die Anlage der SB beurteilt. Wir gehen davon aus, dass ein höherer Druck eine Aspiration besser verhindern kann. Dies wird gestützt von der Tatsache, dass bei sämtlichen Anlagen von SB, bei denen der Maximalwert von 70cm H_2O erreicht wurde, kein Wasser in Pharynx oder Tubus gefunden wurde.

Anhand der Ergebnisse kann man auch Aussagen über das erwartete Aspirationsrisiko machen. Bei den Laien waren 34.1% aller Anlagen von SB sofort undicht, bei den Anästhesisten 45.8%. Undicht bedeutet, dass keine Wassersäule aufgebaut werden konnte, die SB also im Falle von Erbrechen oder Regurgitation Mageninhalt durchgelassen hätte. Nun wurde im Versuch das Eintreten von Wasser in den Pharynx und im Luft-zuführenden Schenkel der SB überprüft. Wenn sowohl in Pharynx und Tubus Wasser auffindbar war, wurde dies als Aspiration gewertet. War nur Wasser im Pharynx nachweisbar, wurde dies als drohende Aspiration gewertet. So ergibt sich eine Aspirationsrate bei den Laien von 27,3%, bei den Anästhesisten von 37,5%. Dies entspricht bei weitem nicht den Angaben, die man in der Literatur findet. Bei Cook et al. (2010) wird das Aspirationsrisiko während geplanten Narkosen mit < 1 von 10.000 angegeben [6], in einer Metaanalyse von Brimacombe et al. (1995) wird das Aspirationsrisiko ebenfalls bei geplanten Narkosen mit 2 von 10.000 angegeben. [5] In einer Studie von Khazin et al. (2008) wird eine Regurgitation nach Larynxmaskenanlage bei geplanten Narkosen dagegen mit bis zu 16% wesentlich häufiger angegeben, [27] was in unserer Studie dem Auffinden von Wasser im Pharynx entsprechen würde.

In unserer Studie trat diese Regurgitation bei 61,9% aller Anlagen auf. Dies würde bedeuten, dass eine Regurgitation in mehr als der Hälfte aller Fälle auch zu einer Aspiration führte (in 34,1% bei den Laien, in 45,8% bei den Anästhesisten). Damit würde eine Regurgitation in unserem Fall deutlich häufiger zu einer Aspiration

führen als im Alltag. Allerdings können die SB im Umkehrschluss einen Anteil von Aspirationen verhindern, wenn schon eine Regurgitation vorliegt.

4.6 Bewertung des Gewebezustandes

Es ist zu diskutieren ob es im Verlauf der Versuche zu einer Verschlechterung des Gewebezustandes gekommen ist, und so für den letzten Probanden schlechtere Bedingungen herrschten als für den ersten. Dies kommt bei den Thiel-fixierten Präparaten bei nur einem Fall in Betracht (Präparat 7). Hierbei erreichte der letzte Proband mit 4cm H_2O nicht die Wassersäulenhöhe der anderen Probanden im Mittelwert (9,8cm H_2O) und des ersten Probanden (10cm H_2O). Bei den unfixierten Präparaten war eine Gewebeverschlechterung aufgrund des im Vergleich vulnerableren Gewebes eher anzunehmen. Eine mögliche Gewebeverschlechterung liegt hier bei 3 Fällen vor. 2 Mal bei Larynxmaskenanlage (Präparat 2 und 6), einmal bei Larynxtubuseinlage (Präparat 7). In allen drei Fällen erreichte auch hier jeweils der letzte Proband nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes und des ersten Probanden. Da es sich jeweils um unterschiedliche Präparate handelt, ist jedoch eine generelle Gewebeverschlechterung nicht sehr wahrscheinlich.
Um über die Gewebeverschlechterung eine weitere Aussage machen zu können, hätte ein Applikationsversuch vom Versuchsleiter durchgeführt werden können. Dabei hätte seine Anlage vor und nach den Probanden eine verlässlichere Aussage liefern können, für den Fall dass sich die beiden Werte deutlich unterschieden hätten. In weiteren Studien wäre dieses Vorgehen zu empfehlen.

4.7 Bewertung der Fehlversuche

In der Auswertung der Daten ist auffallend, dass bei den unfixierten Präparaten jeweils bei zwei Versuchsreihen in den Anlagen von Larynxmasken und Larynxtuben keine Wassersäule angelegt werden konnte.
Ursache für die Fehlanlagen muss jeweils eine spezielle Eigenschaft des Präparates sein, in Verbindung mit dem Gebrauch der Larynxmaske oder des Larynxtubus. Dies mag eventuell auf die weichen Gewebeverhältnisse, anatomische Besonderheiten oder die gewählte Maskengröße zurückzuführen

sein. Die SB sind in ihrer Form und Größe den anatomischen Verhältnissen bestmöglich angepasst, trotzdem kommt es nachgewiesenermaßen immer wieder zu Fehllagen. In der Literatur wird zum Beispiel eine intraglottische Fehllage von Larynxmasken mit 6% angegeben. [37] Als weitere mögliche Fehllage ist eine relativ zum Hals zu kurze Larynxmaske zu nennen, die mit ihrer Spitze zu weit kranial liegt und damit den oberen Ösophagussphinkter nicht erreicht, [51] wo sie normalerweise zu liegen kommen sollte. Eine Beatmung ist bei diesen Fehllagen trotzdem möglich, ein Aspirationsschutz allerdings nicht gegeben. [10] Bei den Larynxtuben könnte eine post mortem aufgetretene Erweiterung des ösophagopharyngealen Überganges eine Begründung dafür sein, dass hier durch den Larynxtubus keine Abdichtung möglich war. Möglicherweise ergeben sich durch den fehlenden natürlichen Muskeltonus in diesem Bereich Veränderungen.

Als Risikofaktoren für Komplikationen mit SB werden in der Literatur zum Beispiel hohes Alter, männliches Geschlecht und erhöhter Body Mass Index angegeben. [40] Das Geschlechterverhältnis war in diesem Versuch nahezu ausgeglichen, der durchschnittliche Body Mass Index bei den Präparaten bei 23,8kg/m^2. Allerdings mag das naturgemäß hohe Alter der Präparate auch einen Ausschlag für die Ergebnisse gegeben haben.

Als weiterer Faktor dürfte das Material der SB in Verbindung mit der Temperatur eine Rolle spielen. Die Präparate hatten höchstens die Umgebungstemperatur des Präparationssaales von 14 bis 15° C, entgegen den 37°C eines realen Patienten. Durch die normale Körpertemperatur kommt es bei Verwendung der thermoplastischem Larynxmasken und Larynxtuben vermutlich zu einer besseren Anpassung der SB beim realen Patienten. [44] Für zukünftige Versuche an SB erscheint es daher sinnvoll vor Einlage der SB wenn möglich das Präparat oder zumindest die SB zu erwärmen.

Damit diese Fehlversuche die Berechnungen der Ergebnisse und somit den ermittelten Median nicht verfälschen und niedrigere Druckwerte als tatsächlich erreicht vortäuschen, wurden sie in einer zweiten Berechnung ausgeschlossen.

Am Beispiel des Hauptergebnisses erkennt man, dass dadurch in beiden Gruppen zwar der Median der gemessenen Drücke ansteigt (Steigerung bei den Laien von 17,5cm H_2O auf 22,0cm H_2O, bei den Anästhesisten von 4cm H_2O auf 14,5cm H_2O). Der Median der maximal erreichten Druckwerte ist aber weiterhin bei den Laien höher. Allerdings war in dieser zweiten Berechnung ohne die Fehlversuche

die Differenz der beiden Mediane weniger groß. Genauer gesagt ist der Median in der zweiten Berechnung bei den Anästhesisten deutlicher gestiegen (Steigerung um 4,5cm H_2O bei den Laien im Vergleich zu 10,5cm H_2O bei den Anästhesisten). Somit relativiert sich der Unterschied zwischen Laien und Anästhesisten tendenziell.

4.8 Limitationen der Materialien und Methoden

Für die Untersuchung wurden Larynxmasken und Larynxtuben eingesetzt, die im klinischen Alltag Verwendung finden. Es wurde Standardmaterial verwendet und die Herstellerabgaben zur Größenauswahl und Blockung wurden eingehalten. Das Gewicht der Präparate wurde geschätzt, dies geschieht bei Notfallpatienten analog. Im Einzelfall kann es dadurch zur Verwendung einer falschen Größe der Larynxmasken gekommen sein kann. In einer Studie von Kihara et al. (2004) wird das Auswahlkriterium der Larynxmasken nach Geschlecht beschrieben. Die Größe 4 wird dabei für Frauen und die Größe 5 für Männer gewählt. [29] Vergleicht man dies mit der Größenwahl in dieser Studie, gab es lediglich Unterschiede in der Größenwahl bei den unfixierten Präparaten 4 und 7. An diesen weiblichen Präparaten wurde jeweils die Larynxmasken der Größe 5 gewählt. Hillebrand et al. (2007) beschreibt die Wahl einer größeren Maske sogar als funktionell günstiger. [20] Daher dürfte unwahrscheinlich sein, dass hierdurch ein Fehler entstand.
Die hier gewählten, aus PVC gefertigten Masken, sind steifer als das Mehrwegmaterial aus Silikon.[41] Eventuell kam es dadurch in manchen Fällen zu einer suboptimalen Passform und schlechteren Abdichtung.

Die Untersuchung erfolgte an Präparaten. Eine Untersuchung von SB mit dieser Fragestellung an realen Patienten ist aus ethischen Gründen nur schwer durchführbar. Dass für diesen Versuch Präparate verwendet wurden, schließt allerdings auch gewisse Umstände aus, die im klinischen Alltag relevant sein könnten. Schwellungen des Rachenraumes, Blutungen, Verletzungen oder Frakturen können in diesem Versuch nicht simuliert werden und über die Sicherheit der Anlage und Einlage von SB bei diesen Problemen kann anhand der vorliegenden Ergebnisse keine Aussage getroffen werden.
Prinzipiell stellte sich die Frage, welchem Druck eine SB standhalten muss, um im Fall von Erbrechen oder Regurgitation eine Aspiration zu verhindern. Deshalb ist

eine möglichst gute Abdichtung durch die SB essentiell. Wie hoch der Druck bei beispielsweise Erbrechen ist, ist aus der Literatur nicht ersichtlich und auch nur schwer messbar, zudem sicherlich auch individuell verschieden. Von einer sedierten oder vigilanzgeminderten Person kann eher kein fulminantes Erbrechen mit erhöhtem intraabdominellem Druck erwartet werden (der intraabdominelle Normaldruck erreicht bei übergewichtigen Personen bis circa 20cm H_2O [26]). Aus praktikablen Gründen wurde in Anlehnung an die Arbeit von Schmidbauer et al. (2009) die Obergrenze von 70cm H_2O gewählt. [44]

Je höher der Wert der erreichten Wassersäule, desto besser wurde die Anlage der SB beurteilt. Die Präparation mit Einlage der Magensonde in den Ösophagus wurde jeweils vom Verfasser der Dissertation durchgeführt und stets auf dieselbe, oben beschriebene Weise durchgeführt. Somit kann ein Fehler durch unterschiedliche Präparationstechniken praktisch ausgeschlossen werden.

4.9 Schlussfolgerung

Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen ob bei simuliertem Erbrechen der Aspirationsschutz durch SB genauso gegeben ist, wenn diese anstatt von erfahrenen Anästhesisten von Laien angelegt werden. Es zeigte sich hierbei, dass die Anlagen der SB durch Laien keine schlechteren Druckwerte als die der Anästhesisten erreichten.

Bezüglich zukünftigen Versuchen von verschiedenartigen SB im Vergleich wäre es sinnvoll, diese an nicht fixierten Präparaten durchzuführen. Diese bergen zwar das gewisse Risiko einer Gewebeverschlechterung, sind jedoch bei Larynxtuben und Larynxmasken anwendbar. Versuche an Thiel-fixierten Präparaten sind hingegen nur beim Vergleich zwischen Larynxmasken sinnvoll. Diese Fixierungsmethode bietet den Vorteil eines geringeren Risikos bezüglich einer Gewebeverschlechterung bei gleichzeitig guter Mobilität der Gelenke. Von Versuchen mit Larynxtuben muss aber abgeraten werden, da die Larynxtuben an Thiel-fixierten Präparaten in der vorliegenden Studie nicht eingelegt werden konnten. Bei der Wahl zwischen Larynxtubus und Larynxmaske sprechen die in diesem Versuch gefundenen Ergebnisse aufgrund des besseren Widerstandes gegenüber einem ösophagealen Druck für den Einsatz der Larynxtuben. Alleine aufgrund der hier erhobenen Daten kann allerdings keine eindeutige Empfehlung

abgegeben werden welche SB beim präklinischen Patienten zum Einsatz kommen sollte.

Aus den hier erhobenen Daten lässt sich ableiten, dass das Anwenden von SB, beispielsweise im Rettungsdienst im Rahmen der Notkompetenz durch Rettungshelfer, eine gute Alternative zur endotrachealen Intubation bieten. Dies deckt sich mit den neuesten Leitlinien der European Resuscitation Council 2015, in denen die SB bei fehlenden professionellen Helfern als akzeptable Alternative betrachtet werden. [46] Eine wesentliche Rolle spielen die SB auch als Alternative bei fehlgeschlagenen Intubationen zur Sicherung der Atemwege. [8][43] Ferner kann man die Empfehlung aussprechen, eine Dichtigkeitsprüfung mittels Beatmungsbeutel durchzuführen. Im Fall einer Luftleckage sollte dann eine Lagekontrolle oder eine Lagekorrektur vorgenommen werden um eine Aspiration so gut als möglich zu verhindern.

5. Zusammenfassung

Die supraglottischen Beatmungshilfen (SB) wurden seit ihrer Einführung zu einem wesentlichen Bestandteil des Atemwegsmanagements in der Anästhesie und Notfallmedizin. Diese Studie beschäftigt sich mit der ösophagealen Abdichtung und dem Aspirationsschutz von Larynxmasken (single use LMA Unique™) und Larynxtuben (LTS-D). Hierbei werden die Anlagen dieser SB von Anästhesisten und unerfahrenem medizinischem Personal (Laien) miteinander verglichen. Im Weiteren wird der Zusammenhang zwischen einer unzureichenden ösophagealen Abdichtung der SB mit einer wahrnehmbaren Undichtigkeit bei Ventilation mittels Beatmungsbeutel untersucht. Larynxmasken und Larynxtuben werden bezüglich ihres Aspirationsschutzes verglichen. Ferner wird die Fixationstechnik der Thiel-fixierung mit den unfixierten Präparaten bezüglich ihrer Eigenschaften bei Anlage von SB verglichen.

Die beiden SB wurden an acht Thiel-fixierten und acht unfixierten Präparaten abwechselnd von Laien und Anästhesisten eingelegt. Die Anlagen wurden mittels Beatmungsbeutel auf ihre Luftdichtigkeit untersucht. Zuvor wurde an allen Präparaten jeweils der Ösophagus freigelegt und in diesem eine Magensonde fixiert. Nach Einlage der SB wurde schrittweise eine Wassersäule und dadurch ein ösophagealer Druck über die Magensonde aufgebaut. Sobald die Wassersäule abrupt absank wurde dies als Leckage interpretiert und die Höhe des zuvor höchsten Füllungsstands dokumentiert. Durch Absaugen wurde der Pharynx und das Luft führende Lumen der SB auf eingetretene Flüssigkeit untersucht.

In den Anlagen von allen SB erreichten die Laien im Vergleich zu den Anästhesisten im Median höhere Druckwerte in cm H_2O (Laien 22,0cm H_2O; Anästhesisten 14,5cm H_2O). Die Unterschiede waren nicht signifikant. Daher wurde die Nullhypothese und somit eine relative Gleichwertigkeit von Anästhesisten und Laien angenommen.

Es zeigte sich, dass bei einer Luftleckage mittels Beatmungsbeutel anschießend meist auch eine Undichtigkeit der angelegten SB vorlag. Dieser Zusammenhang war signifikant. Im Vergleich der beiden SB miteinander zeigte sich eine nicht signifikante Tendenz einer besseren Abdichtung der Larynxtuben gegenüber der Larynxmaske. Des Weiteren erfolgte ein Vergleich der Anlagen von SB zwischen

Thiel-fixierten und unfixierten Präparaten. Hierbei konnte bei den Thiel-fixierten Präparaten signifikant bessere Druckwerte nach Larynxmaskeneinlage erreicht werden. Die Anlage von Larynxtuben bei Thiel-fixierten Präparaten war hingegen generell nicht möglich.
Die Anlagen durch die Laien zeigen im Vergleich zu den Anästhesisten somit keinen Nachteil für den Patienten in Bezug auf den Aspirationsschutz.
Aus den hier erhobenen Daten kann man daher ableiten, dass ein Laie in der Notfallsituation durchaus in der Lage ist, auch mit wenig Übung SB suffizient einzulegen. Zwar war insgesamt in dieser Studie der Anteil an nicht funktionierenden Anlagen, Undichtigkeit und Aspirationen im Vergleich zum Alltag höher, dies schmälert jedoch nicht die Aussage dass Laien im Vergleich zu Anästhesisten einen guten Aspirationsschutz erzielten. Larynxtuben dichteten zwar den Ösophagus erfolgreicher ab, wenn es jedoch zu einer Undichtigkeit kam war im Vergleich zu den Larynxmasken öfter Flüssigkeit in den Atemwegen im Sinne einer Aspiration. Daher kann keine einseitige Empfehlung ausgesprochen werden welche SB zum Einsatz kommen sollten. Beim Vergleich der Fixationstechniken im Zusammenhang mit Studien an SB sprechen die Ergebnisse dieser Studie dafür, dass die Thiel-fixierung für die Untersuchung von Larynxmasken geeignet scheint. Vergleichende Untersuchungen von verschiedenen SB und Untersuchungen von Larynxtuben sollten an unfixierten Präparaten durchgeführt werden.
Aufgrund der signifikanten Korrelation von Luftleckage bei Beatmung und unzureichender ösophagealen Abdichtung in dieser Studie sollten SB, die in der Beatmungsprüfung keine Dichtigkeit aufweisen, neu gelegt, oder zumindest eine Lagekontrolle durchgeführt werden um einen Aspirationsschutz zu gewährleisten.

Diese Studie zeigt, dass Laien in der Anlage von SB den Anästhesisten nicht unterlegen sind und läuft somit konform mit den aktuellen Leitlinien des European Resuscitation Council 2015. Darin wird der Einsatz von SB durch unerfahrenes medizinisches Personal als akzeptable Alternative zur endotrachealen Intubation beschrieben.

6. Literaturverzeichnis

1. Asai T, Kawashima a, Hidaka I, Kawachi S: The laryngeal tube compared with the laryngeal mask: insertion, gas leak pressure and gastric insufflation. Br J Anaesth 89:729–732. (2002)

2. Asai T, Shingu K: The laryngeal tube. Br J Anaesth 95:729–36. (2005)

3. Bercker S, Schmidbauer W, Volk T, Bogusch G, Bubser HP, Hensel M, Kerner T: A comparison of seal in seven supraglottic airway devices using a cadaver model of elevated esophageal pressure. Anesth Analg 106:445–8, (2008)

4. Bernhard M, Bein B, Böttiger BW, Bohn a., Fischer M, Gräsner JT, Hinkelbein J, Kill C, Lott C, Popp E, Roessler M, Schaumberg a., Wenzel V, Hossfeld B: Handlungsempfehlung zur prähospitalen Notfallnarkose beim Erwachsenen. Notfall + Rettungsmedizin 1–17. (2015)

5. Brimacombe JR, Berry A: The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: a meta-analysis of published literature. J Clin Anesth 7:297–305. (1995)

6. Cook T, Howes B: Supraglottic airway devices: recent advances. Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain 11:56–61. (2010)

7. Cook TM: The classic laryngeal mask airway: a tried and tested airway. What now? Br J Anaesth 96:149–152. (2006)

8. Cook TM, Kelly FE: Time to abandon the “vintage” laryngeal mask airway and adopt second-generation supraglottic airway devices as first choice, Br J Anaesth 115:497–499. (2015)

9. Cranshaw J, Nolan J: Airway management after major trauma. Contin Educ Anaesthesia, Crit Care Pain 6:124–127. (2006)

10. Cremer S, Timmermann A: Larynxmasken – Indikationen und Kontraindikationen, 40th ed. Deutsche Akademie f. Anästhesiologische Fortbildung, Leipzig (2014)

11. Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, Perkins GD: Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („advanced life support“). Notfall +Rettungsmedizin 13:559–620. (2010)

12. Deakin CD, Peters R, Tomlinson P, Cassidy M: Securing the prehospital airway: a comparison of laryngeal mask insertion and endotracheal intubation by UK paramedics. Emerg Med J 22:64–67. (2005)

13. Drenckhahn D: Verdauungssystem. In: Drenckhahn D (Hrsg) Benninghoff, Drenckhahn: Anatomie - Makroskopische Anatomie, Histologie,

Embryologie, Zellbiologie. Band 1, 16. Auflage, Urban und Fischer, München Jena, S. 585 – 727 (2003)

14. Duncker H-R, Kummer W: Atemsystem. In: Drenckhahn D (Hrsg) Benninghoff, Drenckhahn: Anatomie - Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie. Band 1, 16. Auflage, Urban und Fischer, München Jena, S. 533 – 583 (2003)

15. Eisma R, Wilkinson T: From “Silent Teachers” to Models. PLoS Biol, Volume 12, Issue 10, e1001971. (2014)

16. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, O’Sullivan EP, Woodall NM, Ahmad I: Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. Br J Anaesth 115:827–48. (2015)

17. Fritsch H, Kühnel W: Atmungssystem. In: Fritsch H, Kühnel W (Hrsg) Taschenatlas der Anatomie II. Innere Organe, 7. Ausgabe, Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, S. 93 –138 (2001)

18. Fritsch H, Kühnel W: Verdauungssystem. In: Fritsch H, Kühnel W (Hrsg) Taschenatlas der Anatomie II. Innere Organe, 7. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, S. 141 – 226 (2001)

19. Helm M, Hossfeld B, Jost C, Lampl L, Böckers T: Emergency cricothyroidotomy performed by inexperienced clinicians--surgical technique versus indicator-guided puncture technique. Emerg Med J 30:646–9. (2013)

20. Hillebrand H, Motsch J: Larynxmaske. Anaesthesist 56:617–632. (2007)

21. Joshi S, Sciacca RR, Solanki D, Young WL, Mathru MM: A Prospective Evaluation of Clinical Tests for Placement of Laryngeal Mask Airways . J Am Soc Anesthesiol 89:1141–1146. (1998)

22. Kajino K, Iwami T, Kitamura T, Daya M, Ong MEH, Nishiuchi T, Hayashi Y, Sakai T, Shimazu T, Hiraide A, Kishi M, Yamayoshi S: Comparison of supraglottic airway versus endotracheal intubation for the pre-hospital treatment of out-of-hospital cardiac arrest. Crit Care 15:R236. (2011)

23. Keller C, Brimacombe J, Bittersohl J, Lirk P, von Goedecke A: Aspiration and the laryngeal mask airway: three cases and a review of the literature. Br J Anaesth 93:579–82. (2004)

24. Keller C, Brimacombe J, Kleinsasser A, Loeckinger A: Does the ProSeal Laryngeal Mask Airway Prevent Aspiration of Regurgitated Fluid? Anesth Analg 91:1017–1020. (2000)

25. Keul W, Bernhard M, Völkl A, Gust R, Gries A: Methods of airway management in prehospital emergency medicine. Anaesthesist 53:978–92. (2004)

26. De Keulenaer BL, De Waele JJ, Powell B, Malbrain MLNG: What is normal intra-abdominal pressure and how is it affected by positioning, body mass

and positive end-expiratory pressure? Intensive Care Med 35:969–76. (2009)

27. Khazin V, Ezri T, Yishai R, Sessler DI, Serour F, Szmuk P, Evron S: Gastroesophageal regurgitation during anesthesia and controlled ventilation with six airway devices. J Clin Anesth 20:508–13. (2008)

28. Khosravan S, Alami A, Hamzei A, Borna J Comparing the effectiveness of airway management devices in pre-hospital emergency care: A randomized clinical trial. Pakistan J Med Sci 31:946–9. (2015)

29. Kihara S, Brimacombe JR, Yaguchi Y, Taguchi N, Watanabe S: A comparison of sex- and weight-based ProSeal laryngeal mask size selection criteria: a randomized study of healthy anesthetized, paralyzed adult patients. Anesthesiology 101:340–3. (2004)

30. Larsen R: Endotracheale Intubation und Larynxmaske. In: Larsen R (Hrsg) Praxisbuch Anästhesie, 1. Auflage, Elsevier GmbH, Urban und Fischer, München, S 309 – 346 (2009)

31. Levitan RM, Kinkle WC: Initial anatomic investigations of the I-gel airway: a novel supraglottic airway without inflatable cuff. Anaesthesia 60:1022–6. (2005)

32. Mihai R, Knottenbelt G, Cook TM: Evaluation of the revised laryngeal tube suction: the laryngeal tube suction II in 100 patients. Br J Anaesth 99:734–9. (2007)

33. Miller JA, Levsky ME, Givens ML, Miller MA: Eschmann introducer through laryngeal mask airway: a cadaveric trial of an alternate means of rescue intubation. West J Emerg Med 11:16–9. (2010)

34. Miller VJ, Flaherty EE: Comparing no-flow time during endotracheal intubation versus placement of a laryngeal mask airway during a simulated cardiac arrest scenario. Simul Healthc 9:156–60. (2014)

35. Mohr S, Weigand MA., Hofer S, Martin E, Gries A, Walther A, Bernhard M: Developing the skill of laryngeal mask insertion: Prospective single center study. Anaesthesist 62:447–452. (2013)

36. Monem A, Khan FA: Laryngeal mask airway insertion anaesthesia and insertion techniques. J Pak Med Assoc 57:607–11. (2007)

37. O'Connor CJ, Stix MS, Valade DR: Glottic insertion of the ProSeal LMA occurs in 6% of cases: a review of 627 patients. Can J Anaesth 52:199–204. (2005)

38. Ocker H, Semmel T: Der Larynx-Tubus in der Notfallmedizin: Eine praxisorientierte Anwendungsanleitung. 1 –19. (2008) http://ftp.vbm-medical.de/cms/96-0-larynx-tubus.html (06.12.2015)

39. Piepho T, Thierbach A, Werner C: Supraglottische Beatmungshilfen in der Notfallmedizin. Notfall & Rettungsmedizin 8:123–128. (2005)

40. Ramachandran SK, Mathis MR, Tremper KK, Shanks AM, Kheterpal S: Predictors and clinical outcomes from failed Laryngeal Mask Airway Unique^{TM}: a study of 15,795 patients. Anesthesiology 116:1217–26. (2012)

41. Ramaiah R, Das D, Bhananker SM, Joffe AM: Extraglottic airway devices: A review. Int J Crit Illn Inj Sci 4:77–87. (2014)

42. Saeedi M, Hajiseyedjavadi H, Seyedhosseini J, Eslami V, Sheikhmotaharvahedi H: Comparison of endotracheal intubation, combitube, and laryngeal mask airway between inexperienced and experienced emergency medical staff: A manikin study. Int J Crit Illn Inj Sci 4:303–8. (2014)

43. Schalk R, Byhahn C, Fausel F, Egner A, Oberndörfer D, Walcher F, Latasch L: Out-of-hospital airway management by paramedics and emergency physicians using laryngeal tubes. Resuscitation 81:323–6. (2010)

44. Schmidbauer W, Bercker S, Volk T, Bogusch G, Mager G, Kerner T: Oesophageal seal of the novel supralaryngeal airway device I-Gel in comparison with the laryngeal mask airways Classic and ProSeal using a cadaver model. Br J Anaesth 102:135–139. (2009)

45. Sharma B, Sood J, Sahai C, Kumra VP: Troubleshooting ProSeal LMA. Indian J Anaesth 53:414–24. (2009)

46. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB, Sunde K, Deakin CD: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Resuscitation 95:100–147. (2015)

47. Striebel HW: Allgemeine Anästhesie. In: Striebel HW (Hrsg) Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin: für Studium und Ausbildung. Schattauer Verlag, Stuttgart. S. 1 - 162 (2013)

48. Tanigawa K, Shigematsu A: Choice of airway devices for 12,020 cases of nontraumatic cardiac arrest in Japan. Prehosp Emerg Care 2:96–100. (1998)

49. Thierbach A, Piepho T, Kleine-Weischede B, Haag G, Maybauer M, Werner C: Comparison between the laryngeal tubus S and endotracheal intubation. Simulation of securing the airway in an emergency situation. Anaesthesist 55:154–9. (2006)

50. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M, Dörges V: Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. Anästh. Intensivmed 53:294–308. (2012)

51. Timmermann A: Modernes Atemwegsmanagement - Aktuelle Konzepte für mehr Patientensicherheit. Anästhesiol. Intensivmed. Notfallmed. Schmerzther. 44:246–255. (2009)

52. Voss S, Rhys M, Coates D, Greenwood R, Nolan JP, Thomas M, Benger J: How do paramedics manage the airway during out of hospital cardiac arrest? Resuscitation 85:1662–6. (2014)

53. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW: Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. Ann Emerg Med 54:645–652.e1. (2009)

54. Wilke H-J, Werner K, Häussler K, Reinehr M, Böckers TM: Thiel-fixation preserves the non-linear load–deformation characteristic of spinal motion segments, but increases their flexibility. J Mech Behav Biomed Mater 4:2133–2137. (2011)

55. Willaert W, De Vos M, Van Hoof T, Delrue L, Pattyn P, D'Herde K: Understanding Thiel embalming in pig kidneys to develop a new circulation model. PLoS One 10(3): e0120114. (2015)

56. Wong DT, Yang JJ, Mak HY, Jagannathan N: Use of intubation introducers through a supraglottic airway to facilitate tracheal intubation: a brief review. Can J Anaesth 59:704–15. (2012)

Anhang

Einzelfallergebnisse bei Larynxmasken-Anlage am Thiel-fixierten Präparat

Am fixierten Präparat 1 wurde maximal eine Wassersäule von 70cm H_2O erreicht (siehe Tabelle 14). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 38cm H_2O erreicht. Einzig die Anlage durch Anästhesist 2 war nicht luftdicht und zeigte mit 3cm H_2O auch den geringsten Wert in der Wassersäule. Bei Anästhesist 3 wurde kein Wasser im Pharynx oder im Tubus nachgewiesen, obwohl in der Druckmessung nicht der Maximalwert von 70cm H_2O erreicht wurde. Die Laien 2 und 5 erreichten den Maximalwert von 70cm H_20. Hier konnte weder im Pharynx noch im Tubus Wasser nachgewiesen werden.

Die Anlage von Laie 4 erreichte nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes. Die Anlage von Laie 5 erreichte hingegen den Maximalwert von 70cm H_2O und war damit höher als der Mittelwert.

Tabelle 14: Ergebnisse am Thiel-fixierten weiblichen Präparat 1 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 55kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 1 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	nein	66
Anästhesist 1	ja	ja	ja	12
Laie 2	ja	nein	nein	70
Anästhesist 2	nein	ja	ja	3
Laie 3	ja	ja	ja	25
Anästhesist 3	ja	nein	nein	42
Laie 4	ja	ja	ja	16
Laie 5	ja	nein	nein	70

Am fixierten Präparat 2 wurde maximal eine Wassersäule von 37cm H_2O erreicht (siehe Tabelle 15). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 10cm H_2O erreicht. Bei 3 Laien konnte keine Wassersäule aufgebaut werden. Davon waren zwei luftundicht und es konnte Wasser im Tubus nachgewiesen werden. Bei allen Anlagen wurde im Anschluss Wasser im Pharynx festgestellt. Bei den Anlagen des

ersten und der beiden letzten Probanden konnte die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes nicht erreicht werden.

Tabelle 15: Ergebnisse am Thiel-fixierten weiblichen Präparat 2 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 60kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 2 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	nein	0
Anästhesist 1	ja	ja	nein	22
Laie 2	ja	ja	ja	2
Anästhesist 2	nein	ja	ja	2
Laie 3	ja	ja	ja	17
Anästhesist 3	nein	ja	ja	37
Laie 4	ja	ja	ja	0
Laie 5	nein	ja	nein	0

Am fixierten Präparat 3 wurde maximal eine Wassersäule von 29cm H_2O erreicht (siehe Tabelle 16). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 18,4cm H_2O erreicht. Alle waren luftdicht. Bei den Laien 1 und 5 konnte kein Wasser in Pharynx und Tubus nachgewiesen werden, obwohl der maximale Druckwert von 70cm H_2O nicht erreicht werden konnte. Die Anlagen des ersten und der beiden letzten Probanden erreichten eine höhere Wassersäule als der Mittelwert.

Tabelle 16: Ergebnisse am Thiel-fixierten weiblichen Präparat 3 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 65kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 3 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	nein	20
Anästhesist 1	ja	nein	ja	25
Laie 2	ja	ja	ja	4
Anästhesist 2	ja	nein	ja	4
Laie 3	ja	ja	nein	29
Anästhesist 3	ja	nein	ja	15
Laie 4	ja	nein	ja	27
Laie 5	ja	nein	nein	23

Am fixierten Präparat 4 wurde maximal eine Wassersäule von 59cm H_2O erreicht (siehe Tabelle 17). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 40,8cm H_2O erreicht. Alle waren luftdicht. Es war durchgehend kein Wasser im Tubus nach Druckabfall nachweisbar. Bei Anästhesist 1 und 2, als auch beim Laien 5 konnte kein Wasser in Pharynx und Tubus nachgewiesen werden. Die Anlage des letzten Probanden erreichte nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes. Die Anlage des vorletzten Probanden erreichte allerdings einen höheren Wert in cm H_2O als der Mittelwert. Auch die Anlage des ersten Probanden erreichte nicht die Wassersäulen des Mittelwertes, jedoch mit 36cm H_2O den gleichen Wert wie die Anlage des letzten Probanden.

Tabelle 17: Ergebnisse am Thiel-fixierten männlichen Präparat 4 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 75kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 4 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	nein	36
Anästhesist 1	ja	nein	nein	56
Laie 2	ja	nein	nein	26
Anästhesist 2	ja	nein	nein	35
Laie 3	ja	ja	nein	59
Anästhesist 3	ja	ja	nein	24
Laie 4	ja	ja	nein	54
Laie 5	ja	nein	nein	36

Am fixierten Präparat 5 wurde maximal eine Wassersäule von 70cm H_2O erreicht (siehe Tabelle 18). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 20,4cm H_2O erreicht. Alle waren luftdicht. Bei Anästhesist 3 konnte keine Wassersäule aufgebaut werden. Beim Laien 4 konnte kein Wasser in Pharynx und Tubus nachgewiesen werden, obwohl der maximale Wert von 70cm H_2O nicht erreicht wurde. Der Laie 3 erreichte den Maximalwert von 70cm H_2O. Hier konnten weder im Pharynx noch im Tubus Wasser nachgewiesen werden. Die Anlage des letzten Probanden erreichte nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes. Die Wassersäule bei der Anlage des vorletzten Probanden war hingegen höher als der Mittelwert. Auch die Anlagen der ersten vier Probanden erreichten nicht die Wassersäulen des Mittelwertes

Tabelle 18: Ergebnisse am Thiel-fixierten weiblichen Präparat 5 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 60kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 5 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	nein	12
Anästhesist 1	ja	ja	ja	11
Laie 2	ja	nein	ja	19
Anästhesist 2	ja	nein	ja	3
Laie 3	ja	nein	nein	70
Anästhesist 3	ja	ja	ja	0
Laie 4	ja	nein	nein	39
Laie 5	ja	ja	nein	9

Am fixierten Präparat 6 wurde maximal eine Wassersäule von 70cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 19). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 46,1cm H_20 erreicht. Alle waren luftdicht und es war kein Wasser im Tubus nachweisbar. Beim Anästhesist 1 wurde kein Wasser im Pharynx oder im Tubus festgestellt, obwohl der maximale Druck von 70cm H_20 nicht erreicht werden konnte. Die Laien 1 und 2 sowie der Anästhesist 3 erreichten den Maximalwert von 70cm H_20. Auch hier konnten weder im Pharynx noch im Tubus Wasser nachgewiesen werden. Die Anlage des vorletzten Probanden erreichte nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes. Die Anlage des letzten Probanden war hingegen höher.

Tabelle 19: Ergebnisse am Thiel-fixierten männlichen Präparat 6 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 85kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 6 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	nein	70
Anästhesist 1	ja	nein	nein	15
Laie 2	ja	nein	nein	70
Anästhesist 2	ja	ja	nein	30
Laie 3	ja	ja	nein	50
Anästhesist 3	ja	nein	nein	70
Laie 4	ja	ja	nein	11
Laie 5	ja	ja	nein	53

Am fixierten Präparat 7 wurde maximal eine Wassersäule von 40cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 20). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 9,8cm H_20 erreicht. Alle Anlagen waren luftdicht, mit Ausnahme der Anlage von Laie 1. Bei den Anästhesisten 1 und 3 sowie beim Laien 4 konnte keine Wassersäule aufgebaut werden. Davon waren erstaunlicherweise alle luftdicht. Bei den Anästhesisten 1 und 3 konnte zudem Wasser sowohl im Pharynx als auch im Tubus nachgewiesen werden. Beim Laien 4 war Wasser nur im Pharynx nachweisbar. Beim Laien 2 wurde kein Wasser im Pharynx oder im Tubus festgestellt, obwohl der maximale Druckwert von 70cm H_20 nicht erreicht werden konnte. Die Anlagen der letzten beiden Probanden erreichten nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes.

Tabelle 20: Ergebnisse am Thiel-fixierten männlichen Präparat 7 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 90kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 7 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	nein	10
Anästhesist 1	ja	ja	ja	0
Laie 2	ja	nein	nein	40
Anästhesist 2	ja	ja	ja	12
Laie 3	ja	ja	ja	12
Anästhesist 3	ja	ja	ja	0
Laie 4	ja	ja	nein	0
Laie 5	ja	ja	nein	4

Am fixierten Präparat 8 wurde maximal eine Wassersäule von 47cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 21). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 20,8cm H_20 erreicht. Einzig die Anlage durch den Laien 3 war nicht luftdicht und widerstand mit 3cm H_20 auch dem geringsten Druck. Bei den Anästhesisten 1 und 3 sowie beim Laien 2 war kein Wasser im Pharynx oder im Tubus feststellbar, obwohl der maximale Druckwert von 70cm H_20 nicht erreicht werden konnte. Die Anlage des vorletzten Probanden erreichte nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes. Die Anlage des letzten Probanden war hingegen höher.

Tabelle 21: Ergebnisse am Thiel-fixierten weiblichen Präparat 8 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 65kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 8 fixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	nein	20
Anästhesist 1	ja	nein	nein	27
Laie 2	ja	nein	nein	47
Anästhesist 2	ja	ja	ja	4
Laie 3	nein	ja	ja	3
Anästhesist 3	ja	nein	nein	26
Laie 4	ja	ja	nein	14
Laie 5	ja	ja	nein	25

Einzelfallergebnisse bei Larynxmasken Anlage an unfixierten Präparaten

Am unfixierten Präparat 1 wurde maximal eine Wassersäule von 28cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 22). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 12,3cm H_20 erreicht. Alle waren luftdicht. Sowohl beim Anästhesisten 3 als auch beim Laien 1 konnte keine Wassersäule aufgebaut werden. Beim Anästhesisten 3 wurde kein Wasser im Tubus, jedoch im Pharynx nachgewiesen. Ansonsten konnte bei allen Anlagen Wasser in Tubus und Pharynx festgestellt werden. Bei der Anlage des letzten Probanden konnte keine Wassersäule generiert werden. Die Anlage des vorletzten Probanden erreichte mit 26cm H_20 eine höhere Wassersäule als der Mittelwert und der Anlage des ersten Probanden.

Tabelle 22: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 1 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 70kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 1 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	ja	0
Laie 2	ja	ja	ja	28
Laie 3	ja	ja	ja	12
Anästhesist 1	ja	ja	ja	8
Anästhesist 2	ja	ja	ja	26
Anästhesist 3	ja	ja	nein	0

Am unfixierten Präparat 2 wurde maximal eine Wassersäule von 33cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 23). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 13,7cm H_20 erreicht. Sowohl durch die Anästhesisten 1, 2 und 3 konnte jeweils keine Wassersäule aufgebaut werden. Damit erreichten die Anlagen der letzten beiden Probanden nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes. Bis auf die Anlage bei Anästhesist 2 waren alle Anlagen luftdicht. Bei allen Anlagen wurde Wasser im Tubus gefunden. Im Pharynx lediglich bei den Anlagen durch den Laien 3 und Anästhesisten 3.

Tabelle 23: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 2 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 80kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 2 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	ja	33
Laie 2	ja	nein	ja	31
Laie 3	ja	ja	ja	18
Anästhesist 1	ja	nein	ja	0
Anästhesist 2	nein	nein	ja	0
Anästhesist 3	ja	ja	ja	0

Am unfixierten Präparat 3 konnte bei keiner Anlage eine Wassersäule aufgebaut werden (siehe Tabelle 24). Im Mittelwert wurde somit eine Wassersäule von 0cm H_20 erreicht. Alle waren undicht bei der Beatmung mittels Beatmungsbeutel. Es war bei allen Anlagen Wasser in Pharynx und Tubus zu finden.

Tabelle 24: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 3 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 50kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 3 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	ja	0
Laie 2	nein	ja	ja	0
Laie 3	nein	ja	ja	0
Anästhesist 1	nein	ja	ja	0
Anästhesist 2	nein	ja	ja	0
Anästhesist 3	nein	ja	ja	0

Am unfixierten Präparat 4 konnte ebenfalls bei keiner Anlage eine Wassersäule aufgebaut werden (siehe Tabelle 25). Auch an diesem Präparat wurde im Mittelwert lediglich eine Wassersäule von 0cm H_20 erreicht. Alle Anlagen waren undicht bei der Beatmung mittels Beatmungsbeutel. Bei der Anlage durch den Laien 3 wurde Wasser im Pharynx, jedoch nicht im Tubus festgestellt. Bei allen anderen Anlagen fand sich Wasser im Tubus, jedoch nicht im Pharynx.

Tabelle 25: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 4 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 75kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 4 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	nein	ja	0
Laie 2	nein	nein	ja	0
Laie 3	nein	ja	nein	0
Anästhesist 1	nein	nein	ja	0
Anästhesist 2	nein	nein	ja	0
Anästhesist 3	nein	nein	ja	0

Am unfixierten Präparat 5 wurde maximal eine Wassersäule von 42cm H_20 erreicht (siehe Tabelle Nr. 26). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 29,5cm H_20 erreicht. Alle Anlagen waren luftdicht. Bei allen Anlagen fand sich Wasser im Tubus. Bis auf die Anlagen von Anästhesist 1 und 3 fand sich bei allen restlichen Anlagen auch Wasser im Pharynx. Die Anlagen der letzten beiden Probanden erreichten eine höhere Wassersäule als der Mittelwert und die Anlage des ersten Probanden.

Tabelle 26: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 5 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 4 bei geschätztem Gewicht von 60kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 5 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	ja	22
Laie 2	ja	ja	ja	22
Laie 3	ja	ja	ja	22
Anästhesist 1	ja	nein	ja	37
Anästhesist 2	ja	ja	ja	42
Anästhesist 3	ja	nein	ja	32

Am unfixierten Präparat 6 wurde maximal eine Wassersäule von 10cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 27). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 1,7cm H_20 erreicht. Bei allen Anlagen konnte Wasser im Pharynx, jedoch nicht im Tubus nachgewiesen werden. Luftdicht waren die Anlagen des Laien 1 und der Anästhesisten 1 und 2. In den Anlagen der Laien 2 und 3 als auch der Anästhesisten 1 ,2 und 3 konnte keine Wassersäule aufgebaut werden. Damit erreichten die Anlagen der letzten beiden Probanden nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes.

Tabelle 27: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 6 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 75kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 6 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	ja	nein	10
Laie 2	nein	ja	nein	0
Laie 3	nein	ja	nein	0
Anästhesist 1	ja	ja	nein	0
Anästhesist 2	ja	ja	nein	0
Anästhesist 3	nein	ja	nein	0

Am unfixierten Präparat 7 wurde maximal eine Wassersäule von 37cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 28). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 7,8cm H_20 erreicht. In den Anlagen der Laien 1 und 2 konnte keine Wassersäule aufgebaut werden. Die Anlage von Laie 1 war luftdicht, Wasser war im Tubus, jedoch nicht im Pharynx auffindbar. Die Anlage von Laie 2 war nicht luftdicht, Wasser war auch hier im Tubus, jedoch nicht im Pharynx auffindbar. Die Anlagen der beiden letzten Probanden erreichten eine höhere Wassersäule als der Mittelwert.

Tabelle 28: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 7 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 75kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 7 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	ja	0
Laie 2	nein	nein	ja	0
Laie 3	nein	ja	nein	37
Anästhesist 1	ja	ja	ja	37
Anästhesist 2	ja	ja	nein	37
Anästhesist 3	ja	ja	nein	37

Am unfixierten Präparat 8 wurde maximal eine Wassersäule von 34cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 29). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 8cm H_20 erreicht. Bei den Anlagen der letzten beiden Probanden (Anästhesist 2 und 3) konnten keine Wassersäulen aufgebaut werden. Die Druckwerte waren damit niedriger als der Mittelwert. Sie waren jedoch genauso niedrig wie bei den ersten beiden Probanden (Laie 1 und 2). In diesen vier Anlagen war Wasser im Tubus auffindbar, bei einer davon auch im Pharynx. Zwei Anlagen davon waren luftdicht.

Tabelle 29: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 8 mit einer Larynxmaske (LMA) der Größe 5 bei geschätztem Gewicht von 85kg. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 8 unfixiert LMA	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	ja	0
Laie 2	ja	nein	ja	0
Laie 3	nein	ja	nein	34
Anästhesist 1	ja	ja	nein	14
Anästhesist 2	nein	ja	ja	0
Anästhesist 3	nein	nein	ja	0

Einzelfallergebnisse bei Larynxtuben Anlage an unfixierten Präparaten

Am unfixierten Präparat 1 wurde maximal eine Wassersäule von 44cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 30). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 7,3cm H_20 erreicht. Lediglich die Anlage von Anästhesist 1 war luftdicht und erreichte einen Druck von 44cm H_20. Bei allen anderen konnte hingegen keine Wassersäule aufgebaut werden. Bei allen Anlagen konnte Wasser im Tubus und Pharynx nachgewiesen werden. Bei den Anlagen der letzten beiden Probanden konnten keine Wassersäulen aufgebaut werden. Die Druckwerte waren damit niedriger als der Mittelwert. Sie waren jedoch genauso niedrig wie bei den ersten drei Probanden.

Tabelle 30: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 1 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 4 bei einer Körpergröße von 176cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 1 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	ja	0
Laie 2	nein	ja	ja	0
Laie 3	nein	ja	ja	0
Anästhesist 1	ja	ja	ja	44
Anästhesist 2	nein	ja	ja	0
Anästhesist 3	nein	ja	ja	0

Am unfixierten Präparat 2 wurde maximal eine Wassersäule von 35cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 31). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 14,3cm H_20 erreicht. Wasser war bei allen Anlagen im Tubus zu finden, bei den Laien 1 und 2 auch gleichzeitig im Pharynx. Bei den Anlagen der letzten beiden Probanden (Anästhesist 2 und 3) als auch beim ersten Probanden (Laie 1) konnten keine Wassersäulen aufgebaut werden.

Tabelle 31: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 2 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 5 bei einer Körpergröße von 182cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 2 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	ja	0
Laie 2	ja	nein	ja	31
Laie 3	ja	ja	ja	35
Anästhesist 1	ja	nein	ja	20
Anästhesist 2	nein	nein	ja	0
Anästhesist 3	nein	nein	ja	0

Am unfixierten Präparat 3 wurde maximal eine Wassersäule von 70cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 32). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 53,3cm H_20 erreicht. Bei der Anlage durch Anästhesist 3 konnte keine Wassersäule aufgebaut werden, wobei Wasser nur im Pharynx, nicht aber im Tubus auffindbar war, und bei Beatmung war die Anlage luftdicht. Alle anderen Anlagen waren luftdicht und es konnte kein Wasser im Pharynx oder Tubus nachgewiesen werden. Vier von diesen erreichten die maximale Wassersäulenhöhe. Bei der letzten Anlage konnte keine Wassersäule generiert werden. Die Anlage des vorletzten Probanden erreichte mit dem Maximalwert von 70cm H_2O eine höhere Wassersäule als der Mittelwert.

Tabelle 32: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 3 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 4 bei einer Körpergröße von 157cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 3 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	nein	48
Laie 2	ja	nein	nein	70
Laie 3	ja	nein	nein	70
Anästhesist 1	ja	nein	nein	70
Anästhesist 2	ja	nein	nein	70
Anästhesist 3	ja	ja	nein	0

Am unfixierten Präparat 4 wurde maximal eine Wassersäule von 70cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 33). Im Mittelwert wurde eine Wassersäule von 70cm H_20 erreicht, womit alle Probanden den Maximalwert erreichten. Alle Anlagen waren luftdicht und es konnte weder im Pharynx noch im Tubus Wasser nachgewiesen werden.

Tabelle 33: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 4 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 4 bei einer Körpergröße von 168cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 4 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	nein	70
Laie 2	ja	nein	nein	70
Laie 3	ja	nein	nein	70
Anästhesist 1	ja	nein	nein	70
Anästhesist 2	ja	nein	nein	70
Anästhesist 3	ja	nein	nein	70

Am unfixierten Präparat 5 konnte bei keiner Anlage eine Wassersäule aufgebaut werden (siehe Tabelle 34). Der Mittelwert zeigte somit einen Wert von 0cm H_20. Alle Anlagen waren undicht bei der Beatmung mittels Beatmungsbeutel. Bei der Anlage durch den Laien 2 wurde Wasser im Tubus, jedoch nicht im Pharynx festgestellt. Bei allen anderen war Wasser im Pharynx und im Tubus zu finden.

Tabelle 34: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 5 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 4 bei einer Körpergröße von 160cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 5 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	ja	0
Laie 2	nein	nein	ja	0
Laie 3	nein	ja	ja	0
Anästhesist 1	nein	ja	ja	0
Anästhesist 2	nein	ja	ja	0
Anästhesist 3	nein	ja	ja	0

Am unfixierten Präparat 6 konnte ebenfalls bei keiner Anlage eine Wassersäule aufgebaut werden (siehe Tabelle 35). Der Mittelwert zeigte somit auch einen Wert von 0cm H_20. Bis auf die Anlage durch den Anästhesisten 1 waren alle undicht bei der Beatmung mittels Beatmungsbeutel. Bei allen Anlagen war Wasser im Pharynx und im Tubus zu finden.

Tabelle 35: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 6 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 5 bei einer Körpergröße von 181cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 6 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	nein	ja	ja	0
Laie 2	nein	ja	ja	0
Laie 3	nein	ja	ja	0
Anästhesist 1	ja	ja	ja	0
Anästhesist 2	nein	ja	ja	0
Anästhesist 3	nein	ja	ja	0

Am unfixierten Präparat 7 wurde maximal eine Wassersäule von 70cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 36). Der Mittelwert zeigte einen Wert von 23,3cm H_20. Alle Anlagen waren luftdicht. Durch die Laien 1 und 2 konnte die maximale Höhe von 70cm H_20 erreicht werden und es konnte hierbei kein Wasser im Pharynx oder Tubus gefunden werden. Beim Laien 3 und allen Anästhesisten konnte keine Wassersäule aufgebaut werden und man fand Wasser im Tubus. Im Pharynx konnte hingegen nur bei den Anästhesisten Wasser gefunden werden. Die beiden letzten Probanden erreichten nicht die Wassersäulenhöhe des Mittelwertes.

Tabelle 36: Ergebnisse am unfixierten weiblichen Präparat 7 mit einem Larynxtubus- Suction- D (hier LT) der Größe 4 bei einer Körpergröße von 165cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 7 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	nein	70
Laie 2	ja	nein	nein	70
Laie 3	ja	nein	ja	0
Anästhesist 1	ja	ja	ja	0
Anästhesist 2	ja	ja	ja	0
Anästhesist 3	ja	ja	ja	0

Am unfixierten Präparat 8 wurde maximal eine Wassersäule von 34cm H_20 erreicht (siehe Tabelle 37). Der Mittelwert zeigte einen Wert von 19,5cm H_20. Durch die Laien 1 und 3 konnte jeweils keine Wassersäule aufgebaut werden. Bei beiden Anlagen fand sich Wasser im Tubus und bei der durch den Laien 3 auch im Tubus. Bei den anderen fand sich kein Wasser im Tubus. Nur bei der Anlage durch den Laien 1 konnte kein Wasser im Pharynx nachgewiesen werden. Lediglich die Anlagen durch die Laien 1 und 2 waren luftdicht. Die beiden letzten Probanden erreichten eine höhere Wassersäule als der Mittelwert aller sechs Anlagen.

Tabelle 37: Ergebnisse am unfixierten männlichen Präparat 8 mit einem Larynxtubus-Suction- D (hier LT) der Größe 5 bei einer Körpergröße von 183cm. cm H_2O entspricht Wassersäule in cm. Angegeben werden die Luftdichtigkeit bei Beatmung mittels Beatmungsbeutel (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Pharynx nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein), das Auffinden von Wasser im Luft-zuführenden Schenkel der SB nach Anlegen der Wassersäule (ja/nein) und schließlich der erreichten Druckwerte in cm H_2O. Die Untersuchung erfolgte an insgesamt 8 Thiel-fixierten und 8 unfixierten Präparaten an mehreren Tagen im Jahre 2009 im Präpariersaal der Abteilung Anatomie und Zellbiologie der Universität Ulm.

Präparat 8 unfixiert LT	Luftdicht	Wasser im Pharynx	Wasser im Tubus	Druckabfall bei cm H2O
Laie 1	ja	nein	ja	0
Laie 2	ja	ja	nein	29
Laie 3	nein	ja	ja	0
Anästhesist 1	nein	ja	nein	34
Anästhesist 2	nein	ja	nein	29
Anästhesist 3	nein	ja	nein	34

Danksagung

Die Danksagung wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt

Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Gründen des Datenschutzes entfernt