

Intubationslarynxtubus (iLTS) versus direkte Laryngoskopie (DL) bei Patienten mit simuliertem schwierigem Atemweg

Von der Fakultät für Medizin und Gesundheitswissenschaften
der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

zur Erlangung des Grades eines

Doktor der Medizin (Dr. med.)

angenommene

Dissertation

von

Frau Stephanie Friepörtner, geb. Kahle

geboren am 31.07.1984 in Moers

Betreuer

Prof. Dr. med. Christian Byhahn

Klinik

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und
Schmerztherapie
Evangelisches Krankenhaus Oldenburg

Tag der mündlichen Prüfung: 10. April 2017

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
1.1 Der schwierige Atemweg und Atemwegsmanagement.....	4
1.2 Supra-/Extraglottische Atemwegshilfen.....	6
1.3 Larynxtubus in der Notfallmedizin.....	10
1.4 Ziel der Arbeit und Fragestellung.....	12
2. Methodik	14
2.1 Studientyp.....	14
2.1.1 Patientenkollektiv.....	14
2.1.2 Ethikvotum.....	15
2.2 Durchführung.....	16
2.2.1 Aufklärung und Randomisierung.....	16
2.2.2 Simulation des schwierigen Atemwegs.....	17
2.2.3 Intubationslarynxtubus Suction Disposable (iLTS-D).....	18
2.2.4 Direkte Laryngoskopie mittels C-MAC® Videolaryngoskop.....	21
2.2.5 Narkosevorbereitung / Narkoseeinleitung / Zeitmessung.....	23
2.3 Statistische Analyse.....	28
2.3.1 Fallzahlkalkulation.....	28
2.3.2 Shapiro-Wilk-Test und ungepaarter t-Test.....	29
3. Ergebnisse	30
3.1 Demographie.....	30
3.2 Intubationserfolg im ersten Versuch.....	30
3.3 Apnoezeiten.....	32
3.3.1 Apnoezeit DL.....	32
3.3.2 Apnoezeit iLTS-D.....	33
3.3.3 Apnoezeit Oxygenierung: DL vs. iLTS-D.....	36
3.3.4 Dauer des Intubationsvorgangs: DL vs. iLTS-D.....	37
3.3.5 Dauer der definitiven Atemwegssicherung: DL vs. iLTS-D.....	38
3.3.6 Komplikationen.....	39
4. Diskussion	41
4.1 Limitationen der Studie.....	51
4.2 Schlussfolgerung.....	52
4.3 Ausblick.....	53
5. Zusammenfassung / Summary	55
5.1 Zusammenfassung.....	55
5.2 Summary.....	57
6. Literaturverzeichnis	59
7. Danksagung	66

1. Einleitung

1.1 Der schwierige Atemweg und Atemwegsmanagement

Die American Society of Anesthesiologists (ASA) beschreibt den schwierigen Atemweg als „...eine klinische Situation, in der ein konventionell ausgebildeter Anästhesist (Facharztstandard) Schwierigkeiten mit der Maskenbeatmung, der trachealen Intubation oder beidem hat...“ (ASA Task Force, 2013). Der schwierige Atemweg wird von verschiedenen ineinandergreifenden Faktoren beeinflusst. Zum einen vom Patienten selbst (anatomische Hinweise auf einen schwierigen Atemweg, z.B. Adipositas oder geringer thyreomentaler Abstand), der klinischen Umgebung (z.B. Notaufnahme, OP, Intensivstation, präklinisches Setting) und den Fähigkeiten des Arztes (Assistenzarzt, Facharzt, Nicht-Anästhesist) (Piepho et al., 2015).

Aufgrund der nicht eindeutigen Definition des schwierigen Atemwegs ist auch eine exakte Angabe der Inzidenz anhand der derzeitigen Datenlage nicht möglich. Die ASA betrachtete verschiedenste Studien, die eine hohe Patientenanzahl aufwiesen und teilte den schwierigen Atemweg in die „schwierige Maskenbeatmung“ und die „schwierige Laryngoskopie und Intubation“ auf. Bei elektiven Patienten und unter optimalen personellen und situativen Bedingungen im OP lag in diesen Studien die Inzidenz für die schwierige Maskenbeatmung bei 2% (Piepho et al., 2015, Kheterpal (a) et al., 2006, Langeron et al., 2000, Kheterpal (b) et al., 2013). Die Inzidenz der unmöglichen Maskenbeatmung betrug 0,15% (Piepho et al., 2015, Kheterpal (a) et al., 2006). Eine Streuung von 1,5% bis 8% liegt bei der schwierigen direkten Laryngoskopie vor (Piepho et al., 2015, Lavery et al., 2008, Adnet et al., 2001). Die Werte für die schwierige Intubation sind etwas niedriger (Piepho et al., 2015).

Peterson und Mitarbeiter zeigten in einer retrospektiven Studie nach Untersuchung der Daten der ASA in einem Zeitraum von 18 Jahren eine Anzahl von 179 schwierige Atemwegssituationen in präklinischen und klinischen Bereichen. Mit einer Letalität von annähernd 51% wurde deutlich, dass der schwierige Atemweg ein großes und nicht zu unterschätzendes Risiko darstellt (*Peterson et al., 2005*).

Cook und Mitarbeiter registrierten in der sogenannten NAP4-Studie insgesamt 184 schwierige Atemwegssituationen, die im Zeitraum von 2008 bis 2009 in der Notaufnahme/Schockraum, auf der Intensivstation und in der Anästhesie auftraten. Beurteilt wurde das Outcome in Bezug auf die Letalität oder einer irreversiblen Hirnschädigung. 33,3% der Patienten in der Notaufnahme/Schockraum-Gruppe, 61,1% der Patienten auf der Intensivstation und 14,3% der Patienten in der Anästhesie mit schwierigen Atemwegssituationen verstarben oder erlitten eine irreversible Hirnschädigung (*Cook (a) et al., 2011, Cook (b) et al., 2011*).

In den letzten beiden Jahrzehnten konnte die Inzidenz des schwierigen Atemwegs, trotz der Entwicklung verschiedenster Atemwegshilfen und der ständigen Überarbeitung von Leitlinien, nicht signifikant gesenkt werden (*Peterson et al., 2005, Noppens, 2012, Niven et al., 2013*).

Das Atemwegsmanagement ist somit ein zentraler Punkt im Alltag des Anästhesisten. Sowohl klinisch als auch präklinisch kann die Atemwegssicherung durch Auftreten von Schwierigkeiten eine große Herausforderung darstellen. Die von allen Anästhesisten, Notfallmedizinern und Intensivmedizinern gefürchtete „cannot intubate – cannot ventilate“ Situation ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,004% bis 0,008% zwar sehr selten (*Piepho et al., 2015, Kheterpal (a) et al., 2006, Kheterpal (b) et al., 2013*), bleibt aber dennoch eine der größten Herausforderungen im Bereich des Atemwegsmanagements.

Durch die Umsetzung von festgelegten Prozessabläufen in Form von Leitlinien zum Atemwegsmanagement wird versucht, eine Struktur in die Vorgehensweise zu bringen. Die Leitlinien wurden von der „Kommission Atemwegsmanagement“ der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) erstellt und dienen „dem Anwender zur Orientierung und als Entscheidungshilfe“. Erstmalig wurde die „Leitlinie Atemwegsmanagement“ im Jahre 2004 verfasst und unterliegt seitdem einer regelmäßigen Prüfung und Auffrischung aufgrund von Weiterentwicklungen von Atemwegshilfen und neuer Techniken sowie von neuen Erkenntnissen zur Atemwegssicherung. Das letzte Update wurde im März 2015 verabschiedet (Piepho et al., 2015). Aufgrund der regelmäßigen Prüfung und Überarbeitung, der Einführung neuer Techniken und schließlich der Implementierung von Leitlinien und Algorithmen zum praktischen Vorgehen bei erwartet und unerwartet schwierigem Atemweg konnte eine Reduktion der Morbidität und Letalität erreicht werden (Piepho et al., 2015).

1.2 Supra-/Extraglottische Atemwegshilfen

Der Stellenwert der supraglottischen Atemwegshilfen (SGA), auch extraglottische Atemwegshilfen (EGA) genannt, hat im letzten Jahrzehnt deutlich an Bedeutung gewonnen. Sowohl im klinischen als auch im präklinischen Alltag stellen die SGA eine in der Regel einfach anzuwendende Möglichkeit der Atemwegssicherung dar. Sie führten, trotz konstant bleibender Inzidenz des schwierigen Atemweges, bezüglich der Patientensicherheit zu einem nennenswerten Fortschritt im Bereich der klinischen und präklinischen Atemwegssicherung (Brain, 1983, Agro et al., 1999).

Die aktuellen Leitlinien der DGAI beschreiben das Vorgehen mit extraglottischen Atemwegshilfen bei unerwartetem schwierigem Atemweg wie folgt: „Extraglottische Atemwegshilfen (EGA) haben beim Management des unerwartet schwierigem Atemweges eine zentrale Bedeutung, da eine erfolgreiche Positionierung auch bei schwieriger Maskenbeatmung und/oder frustraner

Laryngoskopie möglich sein kann. Ist nach der erfolgreichen Einlage einer EGA eine Intubation zwingend erforderlich, so kann diese je nach verwendeter EGA blind oder mithilfe eines flexiblen Intubationsendoskops erfolgen“ (Piepho et al., 2015).

Ein großer Meilenstein war die Einführung der Larynxmaske (LMA). Sie wurde vom englischen Anästhesisten Archibald Brain entwickelt und im Jahr 1983 in den klinischen Alltag eingeführt. *Brain* stellte die LMA mithilfe eines Fallbeispiels vor, indem die LMA erfolgreich angewandt wurde. Mit dem Wissen, dass die LMA zwar noch weitere Entwicklungsstadien durchschreiten muss, erkannte er dennoch bereits zu diesem frühen Zeitpunkt den Vorteil der LMA (Brain, 1983). Vorteile, die *Brain* beschrieb, sind beispielsweise der Verzicht auf die Visualisierung der Stimmbandebene sowie die fehlende Notwendigkeit, einen Beatmungsschlauch zwischen den Stimmbändern zu platzieren. Beides wurde von ihm als ein Vorgang beschrieben, welcher zu Schwierigkeiten führen kann. Durch die blinde Platzierung der LMA werden diese beiden Vorgänge umgangen (Brain, 1983). *Wedekind* und Mitarbeiter beschreiben in ihrer Arbeit die LMA als „eine verblüffende Alternative, die durch ihre leichte Handhabung besticht“ (Wedekind et al., 1993).

Eine weitere Entwicklung war die Einführung des Larynxtubus (LT) im Jahre 1999 (Döriges (a) et al., 2000). Der LT wird wie die LMA blind oral eingeführt. Seine spezielle Form führt zur Platzierung des distalen Endes des Tubus im Ösophagus. Dieser wird mit dem distalen Cuff abgedichtet. Der proximale Cuff befindet sich bei korrekter Platzierung im Pharynx unmittelbar kaudodorsal des Zungengrundes. Das Lumen des Beatmungskanals endet zwischen den beiden Cuffs. Die Luftinsufflation in die Trachea erfolgt über ventrale Öffnungen unterhalb des proximalen Cuffs im Beatmungskanal. Eine weitere Modifikation im Jahre 2003 brachte die Möglichkeit eines zusätzlichen Kanals, über den eine Magensonde eingelegt werden kann; der Larynxtubus-Suction (LTS) (Döriges (b) et al., 2003). Dieser Kanal fungiert auch ohne das Einlegen einer Magensonde als mögliches Ventil, um einer Magenüberdehnung bei gastraler Luftinsufflation

vorzubeugen. Eine Weiterentwicklung im Jahre 2004 ergab den LTS II. Hier zeigte sich eine Verlängerung des Schafts mit leicht veränderte Biegung und ein oval geformter distaler Cuff, welcher einen besseren Sitz im Ösophagus aufweist (Amini et al., 2010). Bei den heute angewendeten LT handelt es sich meist um Einmalprodukte. Dieses wird in der Produktbeschreibung durch ein „D“ für „Disposable“ gekennzeichnet.



Abbildung 1: Larynx-tubus Disposable (LT-D) der Größe 4 (links) sowie Larynx-tubus Suction Disposable (LTS-D) der Größe 4 (rechts), jeweils mit geblockten Cuffs, Quelle: Eigenes Bildmaterial

Auch wenn der LT eine gute Alternative im Management des schwierigen Atemweges darstellt, zeigt das Device einige Nachteile. Der LT beschert dem Anwender zwar eine sehr gute Oxygenierungssicherung, zum Erreichen eines Aspirationsschutzes muss allerdings ein Wechsel der Atemwegshilfe auf einen herkömmlichen endotrachealen Tubus erfolgen. Aufgrund der fehlenden Möglichkeit einen bronchoskopischen Devicewechsel durchzuführen, muss somit der vermeintlich geschaffene sichere Atemweg mit Oxygenierungssicherung

aufgegeben werden, um einen endotrachealen Tubus zu platzieren. Des Weiteren kann unter Anwendung des LT kein Absaugen der Lunge über das einliegende Device erfolgen. Auch die Limitierung der Beatmungsdrücke beschränkt den LT in seiner Anwendung und ist somit nicht für jede Situation geeignet. Auch aufgrund der genannten Nachteile gilt die endotracheale Intubation weiterhin als der „Goldstandard“ der Atemwegssicherung (Timmermann et al., 2012).

Eine kürzlich entwickelte Modifikation des in Deutschland bereits etablierten LT könnte neue Möglichkeiten im Bereich der supraglottischen Atemwegssicherung bieten. Der Intubationslarynx-tubus Suction Disposable (iLTS-D) ermöglicht neben dem gastralen Zugang über einen Drainagekanal auch eine endotracheale Intubation über den modifizierten Beatmungskanal. Er ist als alternatives Hilfsmittel zur temporären Atemwegssicherung sowohl im klinischen als auch im präklinischen Bereich in Deutschland nach Medizinproduktegesetz (MPG) zugelassen. Es besteht die Möglichkeit einer mechanischen Beatmung sowie die Nutzung unter erhaltener Spontanatmung unter Allgemeinanästhesie.

In einer von *Ott* und Mitarbeiter im Jahr 2015 veröffentlichten Studie wurde der iLTS-D im Vergleich zur Intubationslarynxmaske Fastrach™ an Manikins getestet. Die Intubationslarynxmaske ist eine Larynxmaske, über die nach Einlage in den Patienten die Möglichkeit einer blinden trachealen Intubation über den Beatmungskanal besteht (Abbildung 2). In der Studie wurden sowohl die Erfolgsrate der Platzierung der SGA im ersten Versuch, als auch die Zeit bis zur blind durchgeführten erfolgreichen Intubation über den iLTS-D und die Intubationslarynxmaske Fastrach™ untersucht. Im Vergleich der beiden Atemwegshilfen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Produkten aufgezeigt werden (Ott et al., 2015).

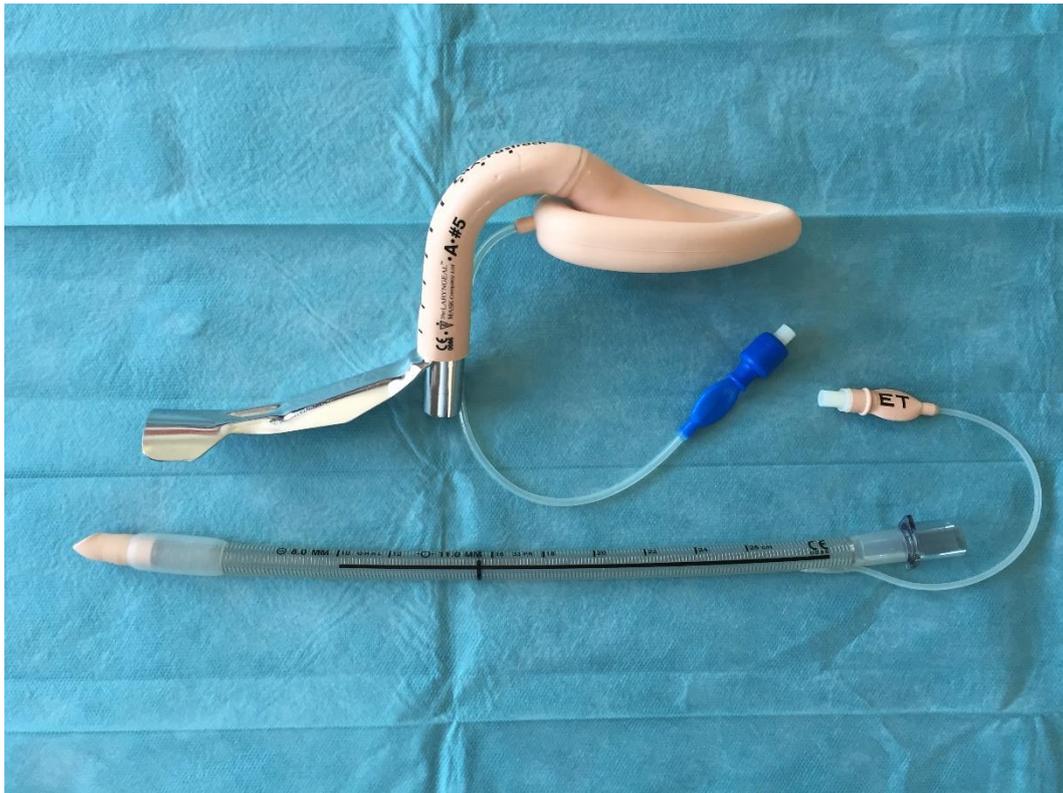


Abbildung 2: Intubationslarynxmaske Fastrach™ Größe 5 mit endotrachealem Tubus (ET), Quelle: Eigenes Bildmaterial

1.3 Larynxtubus in der Notfallmedizin

Die Sicherung des Atemweges in der Notfallmedizin und im präklinischen Bereich stellt eine ganz besondere Herausforderung dar. Aufgrund von Lagerungsproblemen, z.B. ein eingeklemmter Patient im Auto nach Verkehrsunfall, sowie bei Verletzungen im Bereich der Halswirbelsäule, des Halses selbst oder des Gesichts bei schweren Traumata, kann eine endotracheale Intubation, auch für geübtes anästhesiologisches Personal, erschwert und sogar unmöglich sein. Für diese nicht selten auftretenden Situationen sind alternative Hilfsmittel zur Atemwegssicherung enorm wichtig. Der LT bietet dem Anwender die Möglichkeit, eine Platzierung des Devices ohne direkte Laryngoskopie vorzunehmen. Aufgrund des einfachen Handlings mit hoher Erfolgsquote stellt der LT daher eine gute Alternative bei schwierigem Atemweg dar. Er wird vom European Resuscitation Council (ERC) in den zuletzt im Jahre 2015

überarbeiteten Reanimationsleitlinien als „akzeptable Alternative zur Atemwegssicherung“ empfohlen (Soar et al., 2015).

Über den LT kann im Anschluss an die erfolgreiche Platzierung mit hoher Erfolgswahrscheinlichkeit eine suffiziente Oxygenierung des Patienten erfolgen (Döriges (b) et al., 2002). *Schalk* und seine Mitarbeiter zeigten in einer Studie zur Implementierung des LT im präklinischen Atemwegsmanagement, dass die Platzierung des LT bei lediglich 7 von 303 Patienten nach maximal drei Platzierungsversuchen nicht gelang. Somit lag die Erfolgswahrscheinlichkeit in Bezug auf die erfolgreiche Platzierung des LT bei 97,8% (Schalk (a) et al., 2012).

Des Weiteren besteht die Möglichkeit, bei Verwendung des iLTS-D über das bereits einliegende Device einen Intubationsversuch durchzuführen, ohne dass der iLTS-D entfernt werden muss. Bei Misslingen der Intubation kann die extraglottische Atemwegshilfe somit ohne eine erneute Platzierung und der damit verbundenen Gefahr eines Verlustes des Atemweges weiterverwendet werden.

Eine von der DGAI herausgegebene Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement empfiehlt, nicht mehr als zwei Intubationsversuche zur Atemwegssicherung vorzunehmen und bei Misserfolg auf eine extraglottische Atemwegshilfe zurückzugreifen. Voraussetzung zur Verwendung der extraglottischen Atemwegshilfen im präklinischen Einsatz sollten 10 Anwendungen unter Aufsicht zum Erlernen sowie die dreimalige Anwendung pro Jahr sein, um die erlernten Fähigkeiten zu erhalten (Timmermann et al., 2012). Diese geringe Anzahl bestätigt das einfache Handling im Umgang mit den extraglottischen Atemwegshilfen und unterstreicht ihren hohen Stellenwert im präklinischen Setting.

1.4 Ziel der Arbeit und Fragestellung

Bisher wurde der iLTS-D nur in vitro an Manikins evaluiert. Diese Intubationspuppen sind für die Evaluation von SGA, als auch für praktische Anwendungsübungen mit orotrachealer Intubationsmöglichkeit weit verbreitet. In der aktuellen Literatur lässt sich eine Vielzahl solcher Studien finden, in denen verschiedenste Atemwegshilfen unter Verwendung von Intubationspuppen miteinander verglichen werden (Ragazzi et al., 2012, Kohama et al., 2011, Jokela et al., 2009, Sreevatha et al., 2008, Russi et al., 2008). Deren Übertragbarkeit auf den Menschen muss jedoch aufgrund der variablen Anatomie dieser Puppen und ihrer geringen Übereinstimmung mit der menschlichen Anatomie infrage gestellt werden (Schalk (b) et al., 2015).

Daher sind nach durchgeführten in vitro Studien Anwendungen neuer Atemwegdevices an Patienten unabdingbar. *Bergold* und Mitarbeiter konnten im Jahr 2015 erste klinische Daten bei der in-vivo-Verwendung des iLTS-D erheben. Es konnte gezeigt werden, „dass der iLTS-D bei Patienten ohne Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg und in der Hand von Anwendern ohne Vorerfahrung mit diesem Hilfsmittel stets eine suffiziente Ventilation erlaubte und einen hohen Intubationserfolg aufwies“ (Bergold et al., 2015).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, bei simuliertem schwierigem Atemweg im direkten Vergleich (direkte Laryngoskopie versus iLTS-D) den Intubationserfolg im ersten Versuch von aus der Literatur bekannten Werten von 64% (Heath, 1994) auf 90% mithilfe des iLTS-D zu steigern. Ferner wurde die Zeitdauer der hierbei entstehenden Apnoephasen gemessen und verglichen.

Die gewünschte Steigerung des Intubationserfolgs auf 90% mithilfe des iLTS-D bezieht sich auf die Erfolgsrate bei Anwendung der Intubationslarynxmaske Fastrach™ (Kapila et al., 1997, Baskett et al., 1998, Joo et al., 1999). Dieses Device gilt derzeit als einfach zu erlernendes Device, welches die tracheale

Intubation mit einer hohen Erfolgsrate, größer 90%, erlaubt (Timmermann (b) et al., 2007).

Somit ergeben sich folgende zwei Fragestellungen:

1. Kann der Intubationserfolg im ersten Versuch mithilfe des iLTS-D im Vergleich zur direkten Laryngoskopie von 64% auf 90% gesteigert werden?
2. Kann die Apnoedauer (Zeit nach Ende der Maskenbeatmung bis zur Oxygenierung einerseits, sowie die Zeit bis zum ersten Atemhub über den endotrachealen Tubus andererseits) durch Anwendung des iLTS-D im Vergleich zur konventionellen Laryngoskopie verringert werden?

2. Methodik

2.1 Studientyp

Bei dieser Studie handelt es sich um eine prospektive, randomisiert-kontrollierte und einfach-verblindete Studie.

2.1.1 Patientenkollektiv

In dieser Studie wurden Patienten eingeschlossen, die im Rahmen einer elektiven operativen Versorgung unter Vollnarkose in der Universitätsklinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde im Evangelischen Krankenhaus Oldenburg vorstellig wurden. Die Auswahl der Patienten und Patientinnen erfolgte mithilfe von zuvor festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien.

Einschlusskriterien:

- Alter: ≥ 18 Jahre
- ASA-Klassen I-III
- elektiver Eingriff in Intubationsnarkose im Bereich der HNO
- Keine zu erwartenden Probleme hinsichtlich der Maskenbeatmung und/oder Intubation
- Aufklärung und schriftliche Zustimmung des Probanden

Ausschlusskriterien:

- Fehlende schriftliche Zustimmung des Probanden
- Fehlende Einwilligungsfähigkeit des Probanden
- Teilnahme an einer anderen Studie innerhalb der letzten 30 Tage
- nicht-nüchterner Proband
- ASA-Klassen $\geq IV$

- Bekannter schwieriger Atemweg (Vorhandensein eines Anästhesieausweises)
- Alter < 18 Jahre
- dringlicher Eingriff oder Notfalleingriff
- Probanden mit einem Obstruktiven Schlaf-Apnoe -Syndrom (OSAS)
- medizinische Indikation zu einer fiberoptischen Wachintubation (z.B. Abszesse im HNO-Bereich)
- unerwartet schwierige Maskenbeatmung nach Narkoseeinleitung

In dem oben genannten Zeitraum wurden 80 Patienten in die Studie eingeschlossen. Es erfolgte die Randomisierung der Probanden in zwei Gruppen. Einerseits in die iLTS-D-Gruppe (iLTS-D) und andererseits in die direkte Laryngoskopie-Gruppe (DL).

Alle Patienten waren zum Zeitpunkt der Aufklärung voll geschäftsfähig. Es erfolgte die Erfassung der demographischen Daten der Patienten. Die erfassten Daten wurden im Rahmen der Studie ausschließlich für die Datenerhebung und Datenauswertung gesammelt, bearbeitet und ausgewertet.

2.1.2 Ethikvotum

Für diese Studie wurde die Ethikkommission des Fachbereiches Medizin der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) informiert. Das positive Votum der Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover liegt vor (Geschäftsnummer 2792 – 2015).

2.2 Durchführung

Anhand der Ein- und Ausschlusskriterien erfolgte die Auswahl der 80 Patienten, die sich alle bezüglich einer Vollnarkose im Rahmen eines elektiven operativen Eingriffs in der Prämedikationsambulanz vorstellten.

Die in dieser Studie durchführenden Anästhesisten hatten mindestens Facharztstandard (Chefarzt, Oberarzt, Weiterbildungsassistent im fünften Weiterbildungsjahr). Eine getrennte personenbezogene Datenerhebung erfolgte in dieser Studie nicht.

2.2.1 Aufklärung und Randomisierung

Jeder Patient erhielt bei Aushändigung des Aufklärungsbogens zur Allgemeinanästhesie ein zusätzliches Informationsblatt über die hier beschriebene Studie. Nach Möglichkeit der Durchsicht der ausgehändigten Unterlagen erfolgte zunächst ein ausführliches Aufklärungsgespräch über das Vorgehen sowie die Risiken und Nebenwirkungen bei der bevorstehenden Allgemeinanästhesie und Intubationsnarkose. Im Anschluss erfolgte die Vorstellung der Studie. Den Patienten wurde die Simulation des schwierigen Atemweges mittels Halswirbelsäulenschiene sowie die Möglichkeiten zur Einführung des endotrachealen Tubus mit den verschiedenen in dieser Studie zur Verfügung stehenden Techniken erläutert (iLTS-D vs. DL). Über mögliche Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen wurde ausführlich aufgeklärt. Die freiwillige Teilnahme sowie die Möglichkeit, bei Komplikationen die Studie zu jedem Zeitpunkt zu beenden, wurden explizit erwähnt. Jeder Proband hatte während des Aufklärungsgesprächs die Möglichkeit, Unklarheiten und Fragen anzusprechen. Ebenfalls wurde eine Bedenkzeit, wenn gewünscht, eingeräumt und ein zweites Gespräch zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt. Nach Unterzeichnung der Aufklärungsunterlagen durch den Probanden und den aufklärenden Arzt erfolgte am Operationstag eine Randomisierung der

Probanden in eine der beiden Studiengruppen. Die Randomisierung erfolgte mithilfe von nummerierten und verschlossenen Briefumschlägen. Jeweils 40 Umschläge waren der „DL“- und „ILTS-D“-Gruppe zugehörig. Mittels Mischen der Briefumschläge und dem zufälligen Herausziehen eines Briefumschlages wurde nach Narkoseeinleitung die Zugehörigkeit des Patienten zu einer der beiden Gruppe bestimmt.

2.2.2 Simulation des schwierigen Atemwegs

Mithilfe einer Halswirbelsäulenschiene wurde bei den Studienteilnehmern nach Narkoseeinleitung unabhängig der Gruppenzugehörigkeit ein schwieriger Atemweg simuliert. Die in dieser Studie angewandte Halswirbelsäulenimmobilisationskrause war der Stifneck Select, Firma Laerdal Medical GmbH. Nach Narkoseeinleitung und Überprüfung der Maskenbeatmung erfolgte die Abschätzung der Halslänge mithilfe des Abstandes zwischen Kinn und Jugulum des Patienten zur Größeneinstellung des Stifneck Select. Hier war eine Auswahl zwischen „NO-NECK“, „SHORT“, „REGULAR“ und „TALL“ möglich. Die Größe wurde individuell ermittelt und manuell eingestellt. Die Anlage des Stifneck Select wurde unter Fixierung sowie Anheben des Kopfes durchgeführt. Nach Verschluss des Stifneck Select wurde der korrekte Sitz mithilfe der Lage des Kinns auf der dafür vorgesehenen Polsterung überprüft. Aufgrund der nun eingeschränkten Mundöffnung sowie der Unmöglichkeit der Reklination der Halswirbelsäule war die Simulation des schwierigen Atemweges abgeschlossen.



Abbildung 3: Stifneck Select, Firma Laerdal in seitlicher (oben) und frontaler Ansicht (unten), Quelle: Eigenes Bildmaterial

2.2.3 Intubationslarynxtracheus Suction Disposable (iLTS-D)

Der iLTS-D verfügt neben einem Drainagekanal für den gastralen Zugang auch über einen modifizierten Beatmungskanal, der eine endotracheale Intubation ermöglicht. Er ist als alternatives Hilfsmittel zur temporären Atemwegssicherung sowohl im klinischen als auch im präklinischen Bereich in Deutschland nach MPG zugelassen. Es besteht die Möglichkeit einer mechanischen Beatmung sowie die Nutzung unter erhaltener Spontanatmung unter Allgemeinanästhesie.

Der iLTS-D ist in zwei Größen erhältlich. Die zu verwendende Größe richtet sich nach der Körpergröße des Patienten. Je nach iLTS-D-Größe können sowohl die

Größe der einzuführenden Magensonde, als auch die Größe des einzulegenden endotrachealen Tubus nach Herstellervorgaben gewählt werden. Aufgrund von dünnwandigen Cuffs kann auch bei geringem Cuffdruck (< 60 cmH₂O) eine gute Dichtigkeit des iLTS-D erreicht werden. Je nach Größe des iLTS-D wird die Blockung der Cuffs mithilfe der mitgelieferten „Blocker“-Spritze (Abbildung 6) nach Herstellervorgaben vorgenommen (Tabelle 1). Eine zusätzliche Farbmarkierung auf der „Blocker“-Spritze vereinfacht die Handhabung (Abbildung 6).

Tabelle 1: Intubationslarynxtubus iLTS-D

Größe iLTS-D	Größe des Patienten	Empfohlenes Cuffvolumen	Endotrachealer Tubus	Magensonde
2.5/3	125-155 cm	40-50 ml	Max. 6,5 mm I.D.	Max. 16 CH
4/5	≥ 155 cm	70-80 ml	Max. 8,0 mm I.D.	Max. 18 CH

Der endotracheale Tubus mit abnehmbarem Konnektor wird mit einem Stabilisator geliefert (Abbildung 6). Dieser Stabilisator dient der Fixierung des endotrachealen Tubus in seiner bronchoskopisch festgelegten Position bei Entfernung des iLTS-D.



Abbildung 4: iLTS-D der Größe 4/5, Quelle: Eigenes Bildmaterial



Abbildung 5: iLTS-D mit einliegendem endotrachealen Tubus; Copyright VBM Medizintechnik



Abbildung 6: Oben: „Blocker“-Spritze mit farblichen Markierungen des zu applizierenden Volumens, Mitte: Endotrachealer Tubus I.D. 7,5; Unten (blau): Stabilisator, Quelle: Eigenes Bildmaterial

2.2.4 Direkte Laryngoskopie mittels C-MAC® Videolaryngoskop

Die direkte Laryngoskopie wurde in dieser Studie mittels Macintosh-Spatel (Größe 3) des C-MAC® Videolaryngoskops (Karl Storz GmbH & Co KG, Tuttlingen) durchgeführt. Es ist eines von verschiedenen Videolaryngoskopen, die eine indirekte Laryngoskopie ermöglichen. Die Kamera befindet sich am distalen Ende des Spatels, das Bild wird auf einen separaten Monitor projiziert und ermöglicht dem Anwender somit quasi einen „Blick um die Ecke“, da keine direkte Sichtachse mehr zwischen Auge und Stimmritze hergestellt werden muss. Hierdurch kann bei schwierigen Intubationsverhältnissen eine verbesserte Sicht auf die Stimmbandebene erfolgen. Die anschließende Intubation erfolgt unter indirekter Sicht.



Abbildung 7: C-MAC® Videolaryngoskop (Macintosh Spatel Größe 3) mit Monitor (Karl Storz GmbH & Co KG, Tuttlingen), Quelle: Eigenes Bildmaterial

In dieser Studie hatte der Anwender bei Intubation keine Sicht auf den Monitor und musste den endotrachealen Tubus mittels direkter Laryngoskopie platzieren. Ein weiterer Mitarbeiter konnte derweil die Sichtverhältnisse der indirekten Laryngoskopie mit Blick auf den Monitor des Videolaryngoskops eruieren. Für die direkte und indirekte Laryngoskopie erfolgt eine Klassifikation der Intubationsverhältnisse nach Cormack und Lehane (Tabelle 2), die die Sichtbarkeit der Stimmbänder und umliegender Strukturen während der endotrachealen Intubation beschreibt. Laut dieser Klassifikation (Grad I-IV) ist eine Laryngoskopie als schwierig einzustufen, wenn die Sicht auf die Glottisebene nicht möglich ist (Grad III und IV) (Cormack et al., 1984).

Tabelle 2: Definition der laryngoskopischen Sicht nach Cormack und Lehane (aus: Larsen, 2010), Quelle Bilder: Eigenes Bildmaterial

Grad	Beschreibung	Intubationsverhältnisse
I	Larynxeingang vollständig sichtbar	
II	Nur hinterer Anteil des Larynxeingangs sichtbar	
III	Nur Epiglottis sichtbar	
IV	Nur weicher Gaumen sichtbar	

2.2.5 Narkosevorbereitung / Narkoseeinleitung / Zeitmessung

Nach Abschluss der Narkosevorbereitungen (Überprüfung der Patientenidentität, Durchsicht der Patientenunterlagen, Anlage eines venösen Zugangs, Monitoring in Form von Pulsoxymetrie, 3-Kanal-EKG und nicht-invasiver Blutdruckmessung) wurde mit der Präoxygenierung begonnen. Hier wurde dem Patienten mittels dichtsitzender Gesichtsmaske reiner Sauerstoff zugeführt, bis eine

endexpiratorische Sauerstoffkonzentration von mehr als 80% ($FeO_2 > 0,8$) erreicht wurde. Im Anschluss erfolgte die körperrgewichtsadaptierte Gabe eines starken Opiats (Sufentanil: 0,1-0,3 $\mu\text{g}/\text{kg KG}$) und eines Narkotikums (Propofol: 2 $\text{mg}/\text{kg KG}$). Nach Erlöschen des Lidreflexes begannen wir mit der Maskenbeatmung, welche wir mithilfe der Han Skala klassifizierten (Han et al., 2004). War die Maskenbeatmung leicht oder durch Zuhilfenahme eines Guedeltubus suffizient möglich (Grad I und II), gemessen an einem expiratorischen CO_2 Wert $> 30 \text{ mmHg}$, erfolgte die Anlage des Stifneck Select. Bei schwieriger oder unmöglicher Maskenbeatmung (Grad III und IV) wäre die Studie beendet und das Vorgehen nach der S1-Leitlinie Atemwegsmanagement bei unerwartetem schwierigen Atemweg (Piepho et al., 2015) fortgesetzt worden.

Tabelle 3: Han Skala zur Beurteilung der Maskenbeatmung (Warters et al., 2011)

Klassifikation	Definition
Grad 1	Problemlose Maskenbeatmung
Grad 2	Maskenbeatmung mit oro- oder nasopharyngealen Hilfsmitteln
Grad 3	Schwierige Maskenbeatmung
Grad 4	Unmögliche Maskenbeatmung

Nach Anlage des Stifneck erfolgte bei nun eingeschränkter Mundöffnung sowie Immobilisation der Halswirbelsäule die erneute Prüfung der Maskenbeatmung ($etCO_2 > 30 \text{ mmHg}$). Bei möglicher Maskenbeatmung erfolgte je nach Gruppenzugehörigkeit des Probanden das gruppenspezifische Vorgehen. Bei schwieriger oder unmöglicher Maskenbeatmung wäre die Studie zu diesem Zeitpunkt ebenfalls abgebrochen worden. Nach Entfernung der HWS-Immobilisationskrause wäre der Intubationsversuch ohne Simulation eines schwierigen Atemwegs erfolgt.

In der Kontrollgruppe erfolgte nun die Relaxierung des Patienten mithilfe eines Muskelrelaxans (Rocuronium; 0,6 mg/kg KG oder Succinylcholin 1-1,5 mg/kg KG). Die Verwendung des kurzwirksamen depolarisierenden Muskelrelaxans Succinylcholin erfolgte bei kurzzeitigen operativen Eingriffen mit einer OP-Dauer < 30 Minuten. Für alle länger dauernden operativen Eingriffe wurde das nicht-depolarisierende Muskelrelaxans Rocuronium verwendet. Nach Abwarten der Anschlagszeit (Succinylcholin 60 Sekunden; Rocuronium 120 Sekunden) erfolgte die direkte Laryngoskopie (Macintosh-Spatel (Größe 3) des C-MAC® Videolaryngoskop) mit Zeitmessung (APNOE DL) von der Beendigung der Maskenbeatmung bis zur Beatmung über den erfolgreich platzierten Tubus in der Trachea, gemessen an einem expiratorischen CO₂-Wert (etCO₂ > 30 mmHg).

In der iLTS-D-Gruppe erfolgte nach Anlage der HWS-Immobilisationskrause und anschließender Kontrolle der Möglichkeit der Maskenbeatmung das Platzieren des iLTS-D. Hierfür öffnete der Anwender mit der rechten Hand mittels Kreuzgriff den Mund des Patienten soweit wie möglich. Mit der linken Hand wurde ähnlich wie beim Einführen eines Laryngoskops der iLTS-D seitlich über den linken Mundwinkel entlang der Zunge eingeführt und bis zum Erreichen eines leichten federnden Widerstandes in den Mund des Patienten vorgeschoben. Nach erfolgreicher Platzierung wurde der iLTS-D nach Herstellerempfehlung mithilfe der mitgelieferten „Blocker“-Spritze geblockt und die Beatmung überprüft (etCO₂ > 30 mmHg). Die erste Zeitmessung (APNOE 1 ILTS) erfolgte von Beendigung der suffizienten Maskenbeatmung nach Anlage der HWS-Immobilisationskrause bis zur erfolgreichen Beatmung über den einliegenden iLTS-D. Im Anschluss erfolgte die Relaxierung des Patienten. Bei kurzzeitigen operativen Eingriffen mit einer OP-Dauer < 30 Minuten entschieden wir uns für das kurzwirksame Succinylcholin (1-1,5 mg/kg KG) bei allen weiteren Eingriffen für das länger wirksame Rocuronium (0,6 mg/kg KG). Nach Abwarten der Anschlagzeit des Muskelrelaxans (Succinylcholin 60 Sekunden; Rocuronium 120 Sekunden) wurde die Intubation mittels Bronchoskop (Broncho-Fiberskop, 5,0 mm x 54 cm, Karl Storz GmbH & Co KG, Tuttlingen) über den Beatmungskanal des iLTS-D durchgeführt.



Abbildung 8: Broncho-Fiberskop, 5,0 mm x 54 cm, Karl Storz GmbH & CO KG, Tuttlingen, Quelle: Eigenes Bildmaterial

Die zweite Zeitmessung (APNOE 2 ILTS) erfolgte vom Zeitpunkt der Beendigung der Beatmung über den iLTS-D bis zur ersten erfolgreichen Beatmung des unter Sicht in die Trachea platzierten endotrachealen Tubus, gemessen am expiratorischen CO_2 -Wert ($\text{etCO}_2 > 30 \text{ mmHg}$). In der iLTS-D-Gruppe erfolgte nun ein weiterer Schritt unter Zeitmessung (APNOE 3 ILTS). Die Beatmung wurde erneut diskonnektiert und der iLTS-D bei einliegendem endotrachealen Tubus mithilfe eines Stabilisators, der den endotrachealen Tubus in Position hält, entfernt. Wieder markierte die erfolgreiche Beatmung über den liegenden endotrachealen Tubus mit Nachweis des expiratorischen CO_2 -Wertes ($\text{etCO}_2 > 30 \text{ mmHg}$) das Ende der Zeitmessung.

Um einen direkten Vergleich zwischen den Apnoezeiten von der Beendigung der Maskenbeatmung bis zur erfolgreichen Beatmung über den einliegenden endotrachealen Tubus zwischen den beiden Gruppen zu haben, wurden die

Apnoezeit APNOE 1 iLTS und APNOE 2 iLTS miteinander addiert, bezeichnet als APNOE 4 iLTS, und mit der Apnoezeit APNOE DL verglichen.

Abbildung 9 zeigt einen Überblick über die Studiendurchführung. Startpunkt ist die Vorstellung in der anästhesiologischen Prämedikationsambulanz bei geplantem elektivem operativem Eingriff in der HNO. Endpunkt ist die OP-Freigabe nach erfolgreicher Intubation.

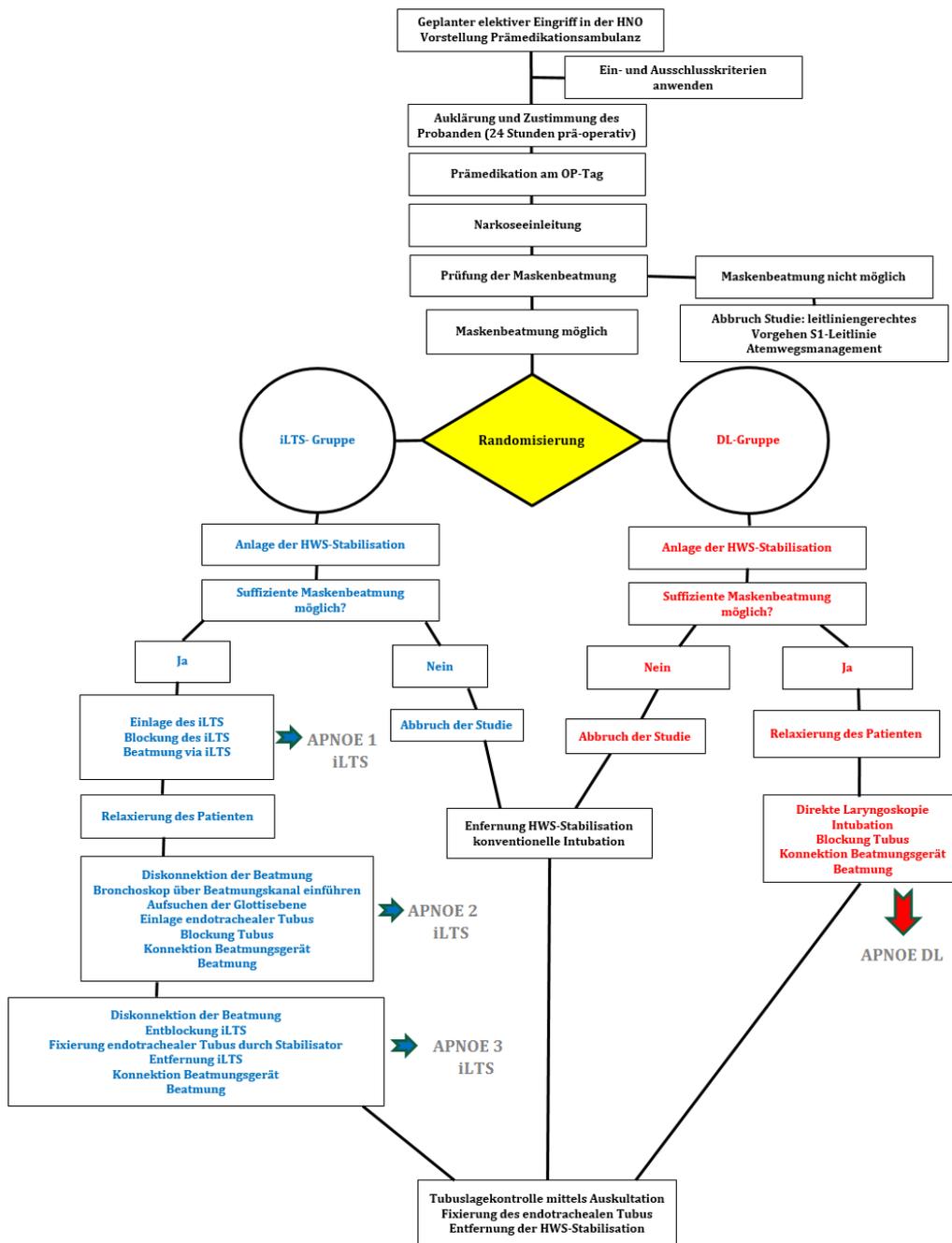


Abbildung 9: Flussdiagramm zur Studiendurchführung

2.3 Statistische Analyse

Zur statistischen Analyse wurde das Programm GraphPad Prism Version 6 (08/2012), GraphPad Software Inc., La Jolla, CA 92037, Vereinigte Staaten verwendet.

2.3.1 Fallzahlkalkulation

Die in dieser Studie zugrundeliegende Hypothese beschreibt den Unterschied des Intubationserfolgs im ersten Versuch bei der direkten Laryngoskopie im Vergleich zum iLTS-D einerseits, sowie den vorliegenden Unterschied der Apnoezeiten bis zur erfolgreichen Oxygenierung und Intubation bei direkter Laryngoskopie im Vergleich zur Anwendung des iLTS-D andererseits. Die daraus resultierende Nullhypothese lautet daher:

Es gibt keinen Unterschied beim Intubationserfolg im ersten Versuch beim Vergleich der direkten Laryngoskopie mit der Intubation via iLTS-D, sowie keinen Unterschied der Apnoezeiten bis zur erfolgreichen Oxygenierung und Intubation bei direkter Laryngoskopie im Vergleich zur Anwendung des iLTS-D.

Um eine ausreichende Anzahl an Probanden in die Studie einzubeziehen, wurde in der Entwicklungsphase der klinischen Studie eine Fallzahlkalkulation durchgeführt. Die Berechnung der Fallzahl erfolgte mit einem vom Institut für medizinische Statistik der Universität Wien zur Verfügung gestellten Online-Programm. Die Power wurde dabei mit 80% angenommen. Die Power, oder auch Teststärke, beschreibt einen Fehler 2. Ordnung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von maximal 20%. Statistische Signifikanz wurde bei einer Wahrscheinlichkeit für einen Fehler 1. Ordnung von weniger als 5% ($P < 0,05$) angenommen.

In dieser Studie zeigte sich eine notwendige Fallzahl von jeweils 38 Teilnehmern in der experimentellen Gruppe und Kontrollgruppe, insgesamt also 76 benötigte Teilnehmer. Die Studie wurde aufgrund dieser Berechnung auf eine Fallzahl von insgesamt 80 Teilnehmern ausgelegt.

2.3.2 Shapiro-Wilk-Test und ungepaarter t-Test

Nach Auswertung der Daten zeigte sich eine linksgipflige Verteilung. Es erfolgte zunächst bei Frage nach einer möglichen Normalverteilung die Anwendung des Shapiro-Wilk-Test. Das Signifikanzniveau wurde auf $P \leq 0,05$ festgelegt, eine Normalverteilung bei einer Shapiro-Wilk Prüfgröße (W) von < 1 angenommen. Für alle Datensätze konnte eine Normalverteilung nach Shapiro-Wilk nachgewiesen werden. Auf weitere Anpassungen bei vorliegender linksgipfliger Normalverteilung wurde verzichtet. Im Anschluss erfolgte daraufhin die Anwendung des ungepaarten t-Test. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Mittelwerten \pm Standardabweichung oder Anzahl und %.

3. Ergebnisse

3.1 Demographie

Insgesamt 80 Patienten (43 männlich, 37 weiblich) mit einem Altersdurchschnitt von $43,0 \pm 15,1$ Jahren nahmen an der Studie teil. Die durchschnittliche Körpergröße lag bei $174,5 \pm 8,8$ cm, das durchschnittliche Körpergewicht bei $82,7 \pm 18,5$ kg mit einem Body-Mass-Index (BMI) von $27,0 \pm 5,3$ kg/m².

Es erfolgte eine Randomisierung der Patienten in zwei Gruppen. Der Stichprobenumfang in DL-Gruppe und iLTS-D-Gruppe liegt bei jeweils $n = 40$.

3.2 Intubationserfolg im ersten Versuch

Mithilfe des iLTS-D wurden 40 Patienten initial versorgt. Insgesamt konnte der iLTS-D bei allen 40 Patienten zunächst platziert werden. Eine suffiziente Beatmung ($etCO_2 > 30$ mmHg) über den einliegenden iLTS-D war jedoch nur in 98% der Fälle möglich, da bei einem Patienten die Ventilation über den einliegenden iLTS-D trotz mehrfacher Lagekorrektur nicht sichergestellt werden konnte. Hier wurde die Studie abgebrochen, der iLTS-D und der Stifneck entfernt und der Patient konventionell mithilfe direkter Laryngoskopie und eines Eschmann-Führungsstabes erfolgreich intubiert. Eine Platzierung des endotrachealen Tubus im ersten Versuch über den einliegenden iLTS-D war in 65% ($n=26$) der Fälle erfolgreich. Der Gesamterfolg lag bei 75% ($n=30$). In zwei Fällen war eine Neuplatzierung des iLTS-D notwendig, um bessere Sichtverhältnisse bei der Intubation zu schaffen. Neuplatzierungen erfolgten im Rahmen eines tieferen Einlegens des iLTS-D. Bei zwei weiteren Fällen war auch nach Neuplatzierung des iLTS-D keine Sicht auf die Stimmbandebende bei anliegendem Stifneck Select möglich. Die Sicht konnte unter Öffnung des Stifnecks Select und manueller Inline-Stabilisierung deutlich gebessert werden

und die endotracheale Intubation war dann unter Sicht problemlos. Bei zehn Patienten wurde die Studie abgebrochen. Ein Patient konnte über den einliegenden iLTS-D nicht beatmet werden. Bei neun weiteren Patienten konnte trotz Lagekorrekturen keine Sicht auf die Glottisebene erreicht werden. Sechs dieser Patienten konnten nach Entfernung des Stifneck Select problemlos mittels DL intubiert werden (Klassifikation nach Cormack und Lehane: 5x Grad I; 1x Grad II). Ein Patient wurde mittels indirekter Laryngoskopie intubiert (Klassifikation nach Cormack und Lehane Grad I). Bei einem weiteren Patienten konnte ebenfalls trotz Lagekorrektur keine Sicht auf die Stimmbandebene erreicht werden. Ein blinder Intubationsversuch über den einliegenden iLTS-D war jedoch erfolgreich. Da der iLTS-D für die blinde Intubation allerdings nicht zugelassen ist, wurde dieser Patient als im Studiensetting nicht erfolgreich intubiert gewertet. Ein Patient wurde mithilfe eines Eschmann-Führungsstabes erfolgreich blind intubiert (Klassifikation nach Cormack und Lehane: Grad III).

Vergleicht man dazu den Intubationserfolg im ersten Versuch mithilfe der direkten Laryngoskopie, zeigt sich ein Intubationserfolg im ersten Versuch in 75% der Fälle (n=30). Der Gesamterfolg lag hier bei 88% (n=35). Ein Patient konnte im zweiten Versuch ohne weitere Hilfsmittel erfolgreich intubiert werden. Bei zwei Patienten gelang im zweiten Versuch die Intubation unter Hinzunahme eines Eschmann-Führungsstabes. Bei einem weiteren Patienten gelang die erfolgreiche Intubation im zweiten Versuch nach Abnahme des Stifnecks Select und manueller Inline-Stabilisierung. Ein weiterer Patient wurde mittels manueller Inline-Stabilisierung und Hinzunahme eines Eschmann-Führungsstabes erfolgreich intubiert. Der Abbruch der Studie erfolgte hier in fünf Fällen. Bei drei Patienten musste der Stifneck Select entfernt und auch auf die manuelle Inline-Stabilisierung zur Intubation verzichtet werden. Ein Patient konnte lediglich durch indirekte Laryngoskopie mithilfe des C-MAC® Videolaryngoskops intubiert werden. Bei einem weiteren Patienten musste vom Mactintosh- auf einen stark gekrümmten Spatel am C-MAC® Videolaryngoskop (d-Blade) gewechselt sowie ein Eschmann-Führungsstab verwendet werden, um die Intubation erfolgreich durchzuführen.

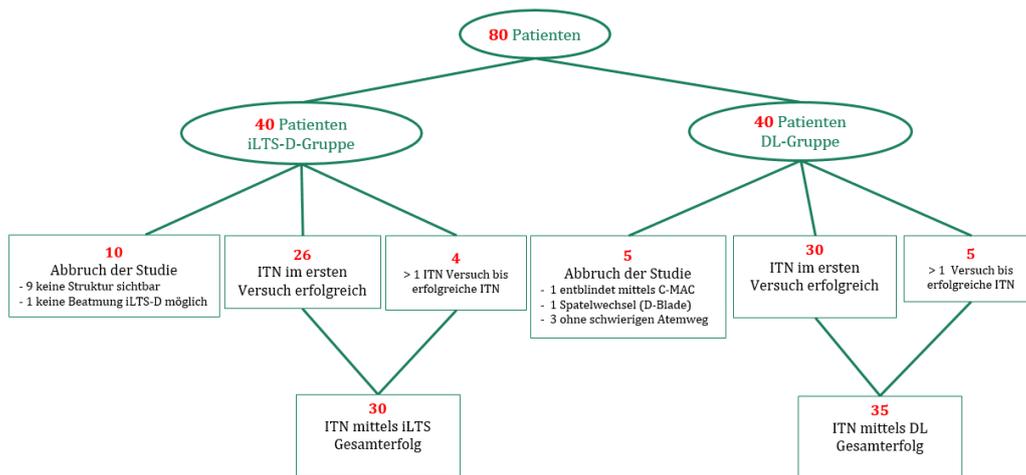


Abbildung 10: Flussdiagramm zum Stichprobenumfang

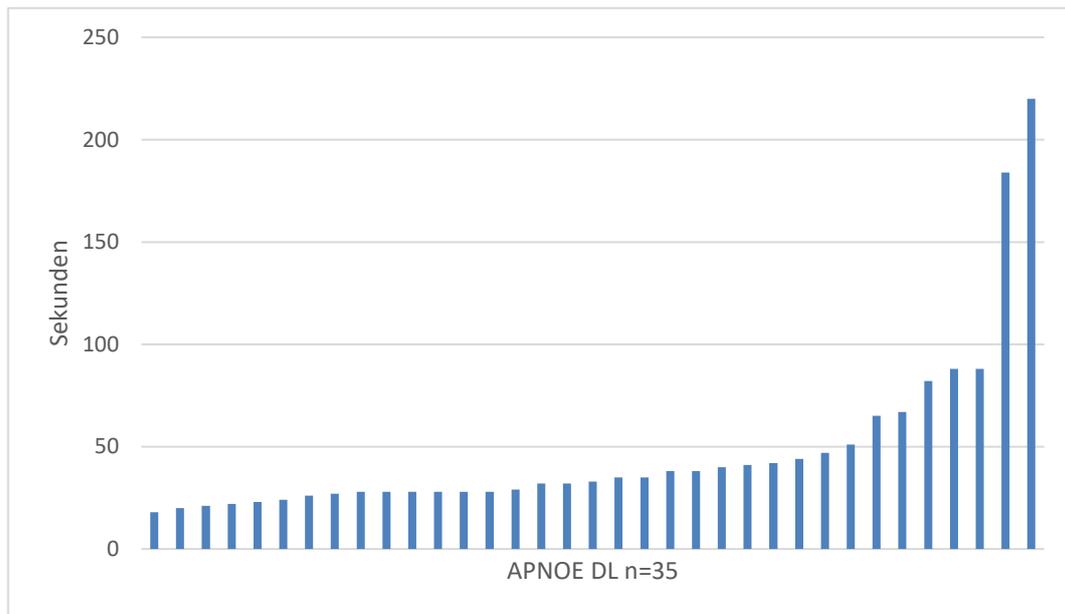
3.3 Apnoezeiten

3.3.1 Apnoezeit DL

(APNOE DL)

In der DL-Gruppe erfolgte eine Zeitmessung (APNOE DL). Startpunkt der Zeitmessung war hier die Beendigung der Maskenbeatmung. Der Endpunkt war die erfolgreiche Beatmung über den in der Trachea platzierten Tubus gemessen am expiratorischen CO₂-Wert (etCO₂ > 30 mmHg). Diese Zeitmessung wird als APNOE DL bezeichnet. Von den insgesamt 40 Patienten konnten fünf Patienten, wie im vorherigen Abschnitt bereits erläutert, nicht im Studiensetting intubiert werden. Für den Gesamterfolg bei der direkten Laryngoskopie liegt somit ein Stichprobenumfang von n=35 vor. Dieser zeigt für die Apnoezeiten eine Normalverteilung. Die durchschnittliche Dauer der Apnoezeit liegt bei 48,0 ± 7,2 Sekunden.

Graphik 1: APNOE DL in Sekunden bei einem Stichprobenumfang n=35



3.3.2 Apnoezeiten iLTS-D

(APNOE 1 ILTS, APNOE 2 ILTS, APNOE 3 ILTS, APNOE 4 ILTS)

Die Zeitmessung in der iLTS-D-Gruppe wurde in vier Abschnitte aufgeteilt. Der erste Abschnitt beginnt mit Beendigung der Maskenbeatmung und endet nach Einlage und erfolgreicher Beatmung über den iLTS-D gemessen am expiratorischen CO₂-Wert (etCO₂ > 30 mmHg). Dieser Abschnitt wird als APNOE 1 ILTS bezeichnet.

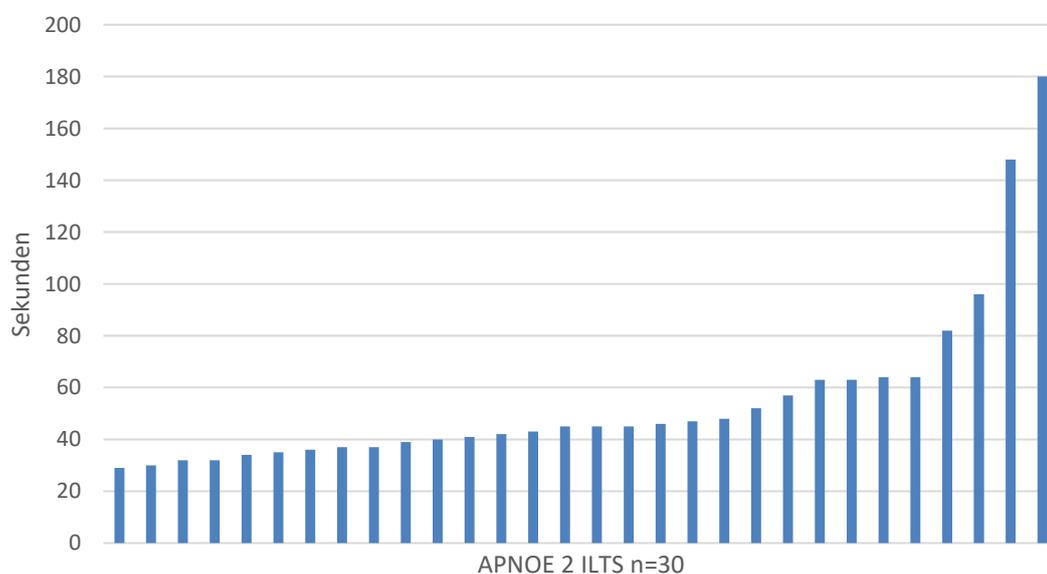
Der zweite Abschnitt der Zeitmessung beginnt nach Beendigung der Beatmung über den einliegenden iLTS-D. Als Endpunkt gilt die Beatmung über den bronchoskopisch via iLTS-D eingeführten Endotrachealtubus gemessen am expiratorischen CO₂-Wert (etCO₂ > 30 mmHg). Dieser Abschnitt wird als APNOE 2 ILTS bezeichnet.

Der dritte Abschnitt misst die Zeit von der Entfernung des iLTS über den erfolgreich platzierten Endotrachealtubus bis zur Beatmung über den dann

manuellen Inline-Stabilisierung anstelle des Stifneck Select, problemlos möglich. Bei zehn Patienten wurde das Ergebnis der Studie als nicht erfolgreich gewertet. Bei einem Patienten konnte keine Beatmung über den einliegenden iLTS-D gesichert werden. Hier wurde die Studie bereits frühzeitig beendet, der Patient in Folge konventionell intubiert und weiterbetreut. Bei neun weiteren Patienten konnte trotz Lagekorrekturen des iLTS-D keine Sicht auf die Stimmbandebene erreicht werden. Auch hier wurde die Studie abgebrochen und das weitere Vorgehen, wie in Abschnitt 3.2 bereits beschrieben, durchgeführt.

Für den zweiten Zeitabschnitt APNOE 2 ILTS zeigt sich für den Gesamterfolg somit ein Stichprobenumfang von n=30. Eine Normalverteilung nach Shapiro-Wilk liegt vor. Der Mittelwert bis zur erfolgreichen Beatmung nach Einlage des endotrachealen Tubus über den iLTS liegt bei $55,1 \pm 6,1$ Sekunden.

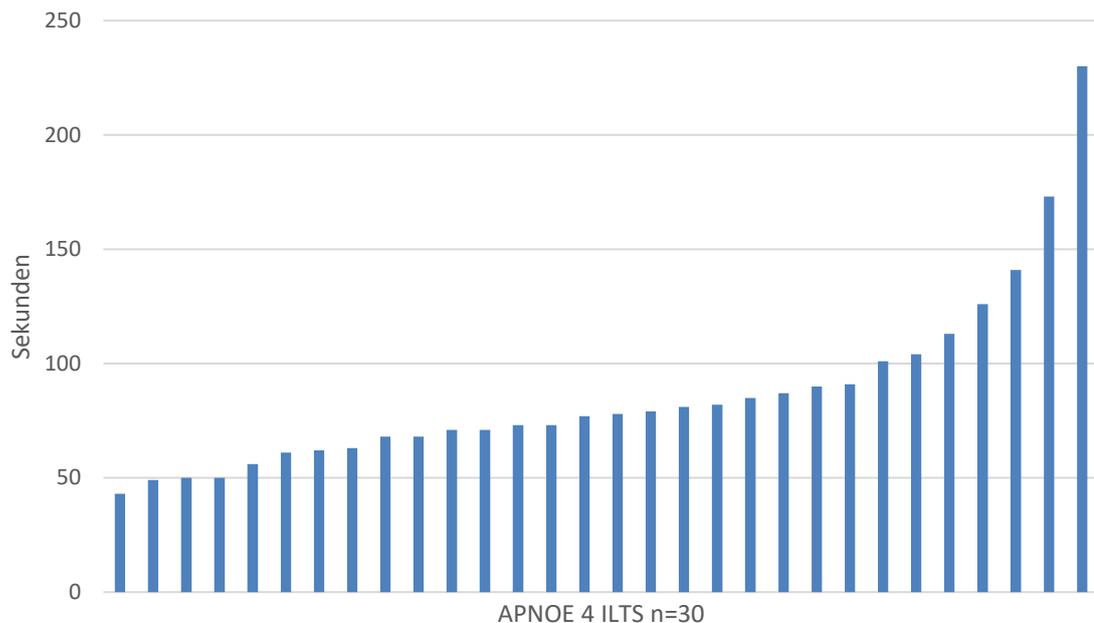
Graphik 3: APNOE 2 ILTS in Sekunden bei einem Stichprobenumfang von n=30



Die Addition der Zeitabschnitte APNOE 1 ILTS und APNOE 2 ILTS wird als APNOE 4 ILTS bezeichnet. Sie beschreibt die Zeit von Beendigung der Maskenbeatmung, bei schwierigem Atemweg, bis zur suffizienten Beatmung über den bronchoskopisch eingeführten endotrachealen Tubus über den iLTS-D.

Der Stichprobenumfang hierfür beträgt n=30. Für die Berechnung der APNOE 4 ILTS zeigt sich eine Normalverteilung. Die mittlere Dauer bis zur erfolgreichen Intubation über den iLTS-D beträgt $86,5 \pm 7,1$ Sekunden.

Graphik 4: APNOE 4 ILTS in Sekunden bei einem Stichprobenumfang von n=30



3.3.3 Apnoezeit Oxygenierung: DL vs. iLTS-D

Vergleicht man die Apnoezeiten der beiden Verfahren (DL vs. iLTS-D) im ungepaarten t-Test miteinander und nimmt als Endpunkt die suffiziente Oxygenierung über den einerseits einliegenden Endotrachealtubus bei der direkten Laryngoskopie und den andererseits erfolgreich platzierten iLTS-D gemessen an einem $etCO_2 > 30$ mmHg (APNOE DL vs. APNOE 1 ILTS), so kann bei Anwendung des iLTS-D im Mittel eine $16,7 \pm 7,2$ Sekunden kürzere Apnoedauer als bei der direkten Laryngoskopie gemessen werden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt -31,1 bis -2,3 Sekunden. Der P-Wert liegt bei kleiner 0,0234.

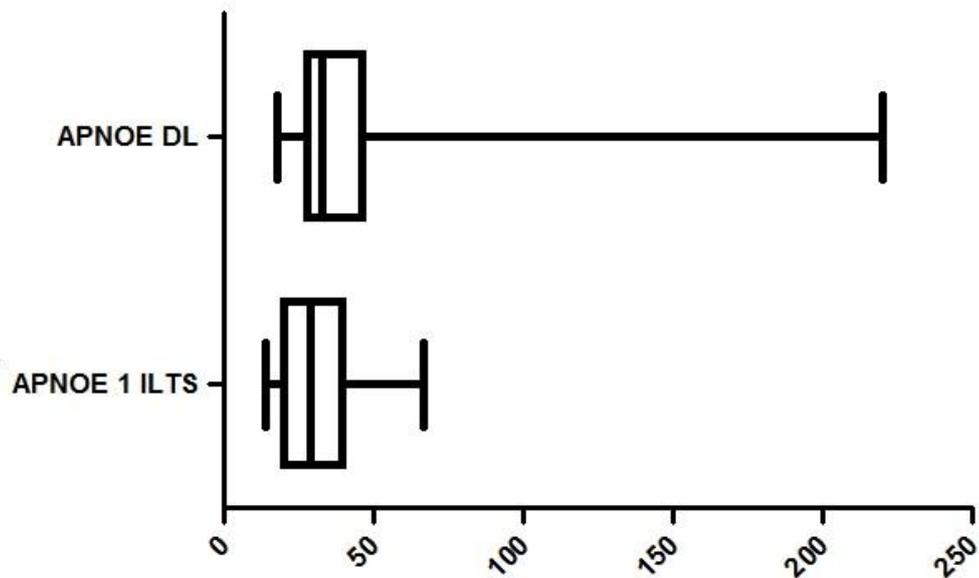


Abbildung 11: Apnoezeit in Sekunden: APNOE DL und APNOE 1 ILTS

3.3.4 Dauer des Intubationsvorgangs: DL vs. iLTS-D

Vergleicht man die Apnoezeiten der beiden Verfahren (DL vs. iLTS-D) im ungepaarten t-Test miteinander und nimmt als Startpunkt bei der direkten Laryngoskopie die Beendigung der suffizienten Maskenbeatmung und bei dem iLTS-D die suffiziente Beatmung über den bereits einliegenden iLTS-D, und wählt als Endpunkt die suffiziente Beatmung über den einliegenden Endotrachealtubus gemessen an einem $etCO_2 > 30$ mmHg (APNOE DL vs. APNOE 2 ILTS), so kann bei Anwendung der direkten Laryngoskopie im Mittel eine $7,1 \pm 9,7$ Sekunden kürzere Apnoedauer als bei der Intubation mittels iLTS-D gemessen werden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt -26,4 bis 12,3 Sekunden. Der P-Wert liegt bei 0,4677.

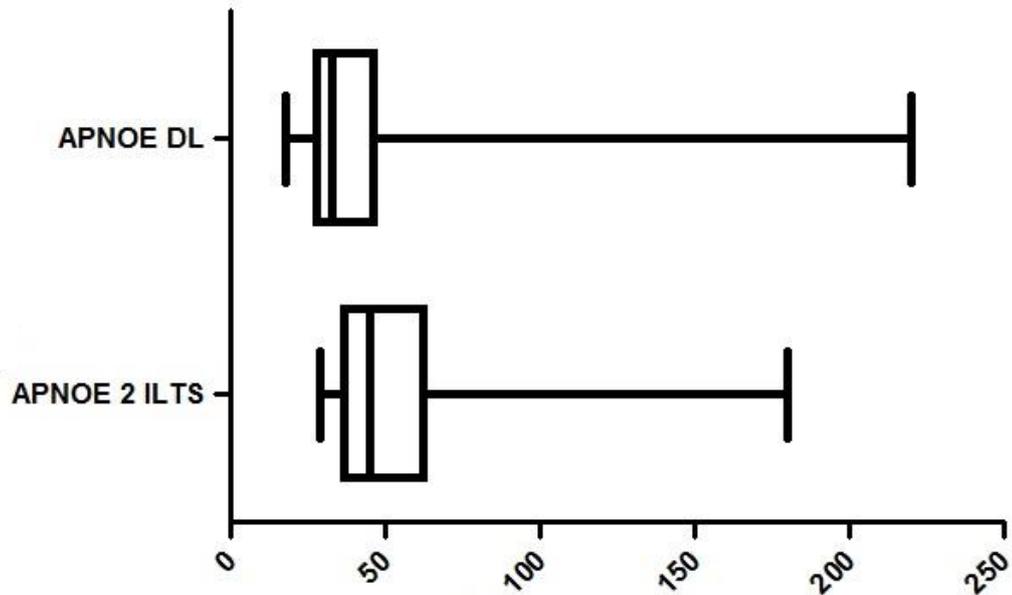


Abbildung 12: Apnoezeit in Sekunden: APNOE DL und APNOE 2 ILTS

3.3.5 Dauer der definitiven Atemwegssicherung: DL vs. iLTS-D

Vergleicht man die Apnoezeiten der beiden Verfahren (DL vs. iLTS-D) im ungepaarten t-Test miteinander und nimmt als Startpunkt in beiden Gruppen die Beendigung der Maskenbeatmung und als Endpunkt die suffiziente Beatmung über den einliegenden Endotrachealtubus gemessen an einem $\text{etCO}_2 > 30 \text{ mmHg}$ (APNOE DL vs. APNOE 4 ILTS), so kann bei Anwendung des iLTS-D im Mittel eine $38,5 \pm 10,3$ Sekunden längere Apnoedauer als bei der direkten Laryngoskopie gemessen werden. Das 95%-Konfidenzintervall beträgt 18,1 bis 59,0 Sekunden. Der P-Wert liegt bei 0,0004 zu Gunsten der direkten Laryngoskopie.

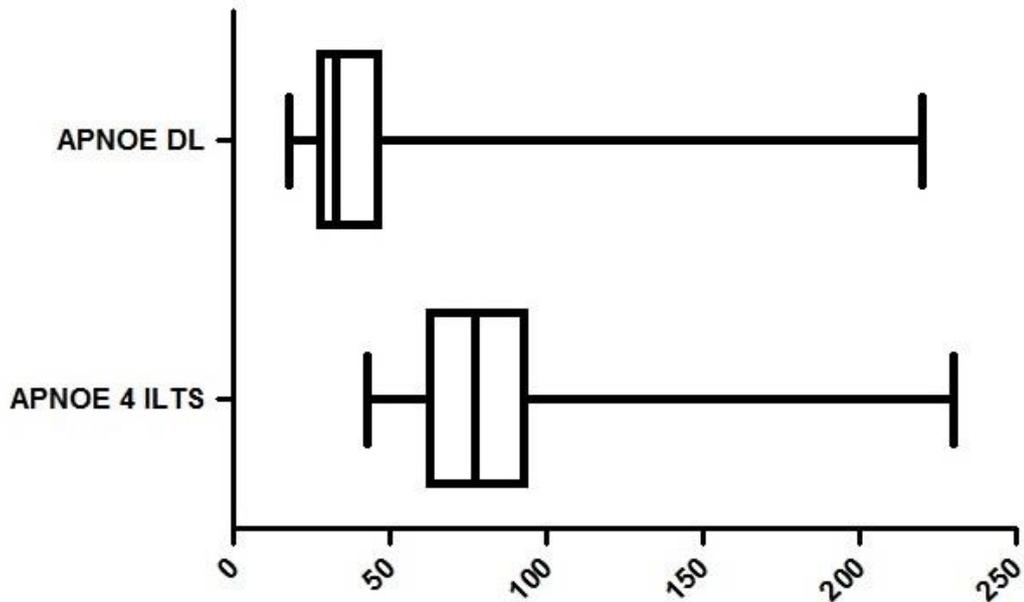


Abbildung 13: Apnoezeit in Sekunden: APNOE DL und APNOE 4 ILTS

3.3.6 Komplikationen

Alle Studienteilnehmer wurden im Rahmen der Narkoseaufklärung über die üblichen Risiken und Komplikationen, die während des Intubationsvorgangs und der Narkose auftreten können, aufgeklärt. Neben den Intubationsrisiken wie Verletzungen von Lippen, Zähnen, Schleimhaut, Stimmlippen und Kehlkopf mit resultierender Heiserkeit und Halsschmerzen, wurden die Patienten ebenso über Beatmungsprobleme mit eventueller Hypoxie sowie Herz-Kreislauf-Reaktionen im Rahmen der Narkose aufgeklärt.

Die Anwendung des iLTS-D gestaltete sich beim simulierten schwierigen Atemweg einfach. Die Platzierung des Devices war in allen Fällen möglich, bei lediglich einem Patienten konnte keine zufriedenstellende Oxygenierung erreicht werden. Bei drei Patienten sahen wir nach Entfernung des iLTS-D leichte Blutspuren auf dem Device. Nach Inspektion des Mund-Rachenraums waren keine größeren Verletzungen sichtbar, sodass wir von kleinen

Schleimhautläsionen ausgingen. Die Blutungen sistierten bereits während des Narkosezeitraums. Es kam zu keiner Verzögerung bei der Narkoseausleitung.

Bei der direkten Laryngoskopie zeigten sich in dieser Studie keine Komplikationen. Es kam zu keinerlei Blutauflagerungen oder Zahnschäden. Ein Sättigungsabfall mit einer peripheren Sättigung < 92% wurde in beiden Gruppen zu keinem Zeitpunkt der Studie festgestellt.

4. Diskussion

Diese Studie zeigt, dass der iLTS-D, wie seine Vorgängermodelle LT (Larynxtubus der 1. Generation) und LTS (Larynxtubus Suction der 2. Generation mit gastralem Zugang) eine EGA zur raschen und effektiven Sicherung der Oxygenierung ist. Einerseits überzeugt das einfache Handling (Timmermann et al., 2012, Schalk (a) et al., 2012). Des Weiteren kann eine EGA wie der iLTS-D in der Regel ohne eine Unterbrechung von Thoraxkompressionen bei einer Reanimation eingeführt werden, was einen deutlichen Vorteil gegenüber der konventionellen Intubation darstellt (Gatward et al., 2008). Die in dieser Studie hohe Erfolgswahrscheinlichkeit von 98% in Bezug auf die problemlose Oxygenierung und Beatmung mittels iLTS-D, bestätigt vorangegangene Studien die den Vorgängermodellen des LT, einen hohen Stellenwert im Bereich der präklinischen und klinischen Notfallsituation bescheren (Kette et al., 2005, Schalk (a) et al., 2012). Der LT findet neben anderen EGA Erwähnung in den ERC Leitlinien aus dem Jahr 2015 (Soar et al., 2015).

Die in dieser Studie hohe Erfolgsquote bei der Anwendung des iLTS-D bestätigt vorangegangene Studien, in denen gezeigt werden konnte, dass nicht nur geschultes anästhesiologisches Personal, sondern auch nicht-anästhesiologisches Personal und sogar medizinische Laien wie beispielsweise Ersthelfer eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit bezogen auf die Einlage und Verwendung des LT haben (Kette et al., 2005, Schalk (a) et al., 2012). Dass der iLTS-D in dieser Studie bei elektiven, ruhigen Bedingungen im OP Anwendung fand, war für die guten Ergebnisse unerheblich. Andere Studien zeigten, dass auch präklinisch und somit unter wesentlich schlechteren Bedingungen die Platzierung des LT mit einer ebenso hohen Erfolgsrate einhergeht (Schalk (b) et al., 2010). Die äußeren Umstände (Unmöglichkeit der Lagerung des Patienten, Verletzungen im Bereich des Gesichts) scheinen somit die Anwendung und das Einführen des LT nicht zu erschweren, die Erfolgsquote bleibt weiter konstant hoch.

Timmermann und Mitarbeiter beschreiben 2012 in der Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement, dass ein Training am Übungsphantom allein nicht als ausreichend anzusehen sei (*Timmermann et al., 2012, Deakin et al., 2010*). Es wird sogar empfohlen, dass mindestens 10 Anwendungen von EGA „an Patienten unter kontrollierten Bedingungen und unter Aufsicht zum Erlernen der Technik dokumentiert werden müssen und die Anwendung jährlich mindestens 3-mal wiederholt werden muss“ (*Timmermann (a) et al., 2010*). *Schalk* und Mitarbeiter konnten 2012 zeigen, dass die Implementierung des LT im präklinischen Atemwegsmanagement durch zwei Ausbildungsabschnitte erfolgen kann. Im ersten Ausbildungsabschnitt erfolgte mithilfe eines 45-minütigen Vortrags über das Material, die Einführungstechniken sowie die Anwendung bei Kindern und Erwachsenen die Vermittlung der theoretischen Inhalte. Im Anschluss wurden in einem erneuten 45-minütigen „Hands-On“-Seminar am Übungsphantom die verschiedenen Einführtechniken der Atemwegshilfen mit und ohne HWS-Immobilisationskrause demonstriert und geübt. Anschließend wurden über einen Zeitraum von drei Jahren alle präklinischen Anwendungen des LT prospektiv erfasst und ausgewertet. Mit einer erfolgreichen Platzierung des LT in 98% der Fälle nach maximal drei Platzierungsversuchen konnte der LT mithilfe des standardisierten Ausbildungskonzepts (Theorie und „Hands-On“-Training) in die präklinische Notfallsituation implementiert werden (*Schalk (a) et al., 2012*).

Die Frage, ob der Intubationserfolg im ersten Versuch mithilfe des iLTS-D im Vergleich zur direkten Laryngoskopie von 64% auf 90% gesteigert werden kann, muss derzeit mit „Nein“ beantwortet werden. Auch wenn der Intubationserfolg in dieser Studie bei der direkten Laryngoskopie höher liegt (75%) als der durchschnittlich bekannte Wert (64%) (*Heath, 1994*), zeigt der Wert von 65% für den Intubationserfolg im ersten Versuch mithilfe des iLTS-D keine signifikante Steigerung des Intubationserfolgs; vor allem nicht im Vergleich zur derzeit etablierten Intubationshilfe der Larynxmaske Fastrach™ (Intubationserfolgswahrscheinlichkeit > 90%; *Kapila et al., 1997, Baskett et al., 1998, Joo et al., 1999*).

Vergleicht man den in dieser Studie erreichten Intubationserfolg von 75% bei der DL mit anderen Studien, fällt auf, dass der Intubationserfolg als hoch einzustufen ist. Der Vergleichswert aus der Arbeit von *Heath* mit 64% liegt bereits deutlich unter dem hier erreichten Wert (Heath, 1994). In weiteren Studie von Byhahn und Mitarbeitern lag der Erfolg für die DL bei unter 40% (Byhahn (a) et al., 2008, Byhahn (b) et al., 2010). Der in dieser Studie angewendete Facharztstandard kann die hohe Erfolgswahrscheinlichkeit bei der DL erklären.

Eine Übersichtsarbeit von *Suppan* und Mitarbeiter aus dem Jahr 2016 verglich Studien in denen verschiedene Intubationshilfen mit der direkten Laryngoskopie unter Immobilisation der Halswirbelsäule verglichen wurden. Untersucht wurde einerseits die nicht erfolgreiche Intubation im ersten Versuch, sowie die Visualisierung der Glottisebene während des Intubationsvorgangs. Lediglich eine Intubationshilfe führte zu einer Verbesserung des Intubationserfolges im ersten Versuch. Bei allen Intubationshilfen war jedoch eine Verbesserung der Visualisierung der Glottisebene im Vergleich zur DL zu verzeichnen (Suppan et al., 2016).

Während der Studiendurchführung zeigte sich mehrfach nach Einlage des iLTS-D keine bzw. nur eine eingeschränkte Sicht auf die Glottisebene während der Bronchoskopie. Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass der iLTS-D nach Einlage entlang seiner Längsachse rotiert. In einem während der Studie erstellten Video der Bronchoskopie über den einliegenden iLTS-D zeigt sich eine Rotation der iLTS-D-Öffnung um 30 Grad nach rechts, so dass man zunächst auf die aryepiglottische Falte bzw. den rechten Aryhöcker schaut. Bei leichter Drehung des Bronchoskops nach links wird die Glottisebene dann sichtbar.



Abbildung 14: Darstellung der Glottisebene: links: Schwarzer Kreis = optimale Sicht auf die Glottisebene; rechts: Schwarzer Kreis = eingeschränkte Sicht auf die Glottisebene bei Rotationsfehler nach rechts, Quelle: Eigenes Bildmaterial

Stellt man sich nun vor, dass der iLTS-D noch weiter seitlich rotiert ist als etwa 30 Grad, ist man mit dem Bronchoskop nicht mehr in der Lage, die dann außerhalb des Bildrandes liegende Glottisebene zu sehen. Für die Beatmung über den iLTS-D ist ein solcher „Rotationsfehler“ unerheblich, was erklärt, warum zwar die Oxygenierung und Beatmung gewährleistet, eine Intubation jedoch nicht möglich ist. Wie und wieso es zu einer Rotation entlang der Längsachse kommen kann, bedarf der Klärung durch weitere systematische Untersuchungen. Denkbar sind beispielsweise eine Veränderung der Materialeigenschaften nach Erwärmung (Körpertemperatur höher als die Außentemperatur) sowie die Frage, ob es durch die Form des proximalen Cuffs möglich ist, dass sich beim Blocken der distale Anteil des iLTS-D verdreht.

Bauartbedingt liegt zudem die Ventilationsöffnung, aus der letztlich auch das Bronchoskop hervortritt, in Bezug auf den iLTS-D nicht streng mittig, sondern leicht nach links aus der Mittellinie heraus verlagert. Auch diese Besonderheit könnte dazu beigetragen haben, dass bei einigen Patienten die bronchoskopische Identifikation der Glottis erschwert war oder gar nicht gelang.

Ein weiterer Lagefehler betraf die zu tiefe Lage des iLTS-D nach Einführung. Im Gegensatz zu den etablierten Larynxtuben LT und LTS, die unter anderem in den Größen 4 und 5 erhältlich sind, vereint der in der vorliegenden Studie eingesetzte

iLTS-D beide Größen in einem einzigen Device. Auch wenn keine Korrelation zwischen Körpergröße und der zu tiefen Lage des iLTS-D aufgezeigt werden konnte – hierzu war die Untersuchung auch nicht adäquat gepowert –, so kann gefolgert werden, dass bei einer Unmöglichkeit der Beatmung der iLTS-D zunächst vorsichtig um einige Zentimeter zurückgezogen werden sollte.

In einer klinischen Pilotstudie zeigte sich eine zu tiefe, ösophageale Fehllage durch das hörbare Entweichen von Luft aus dem gastralen Kanal, das unmittelbar sistierte, nachdem der iLTS-D etwas zurückgezogen wurde (Bergold et al., 2016).

Bei einem elektiv durchgeführten MRT des Kopf-Hals-Bereiches eines Patienten, der mit einem iLTS-D geplant versorgt wurde, konnte die in-vivo Lage des iLTS-D dargestellt werden. Erstaunlich waren dabei die Lage und das Verhalten der Epiglottis. Es zeigte sich, dass die Epiglottis durch die Einlage und Blockung des iLTS-D umgeschlagen und nach kaudal abgeklappt war. Die Glottisebene wurde dabei so abgedichtet, dass ein Intubationsversuch unter bronchoskopischer Sicht in diesem Fall nicht möglich war; es waren keine Strukturen als Orientierungshilfe erkennbar. Nach Zurückziehen des iLTS-D und erneuter Lagekontrolle zeigte sich zwar eine Aufhebung der nach kaudal abgeklappten Epiglottis; allerdings lag der distale Cuff nicht mehr ausreichend tief im Ösophagus (Abbildung 15). Es wäre denkbar, dass durch die Einführung mehrerer iLTS-D-Größen ein besserer Sitz des Devices bei verschieden großen und anatomisch unterschiedlichen Patienten erreicht werden kann. Bisher ist der iLTS-D lediglich in Kombinationsgrößen erhältlich, ob eine breitere Größenvielfalt zu einem besseren Sitz führt muss untersucht werden.

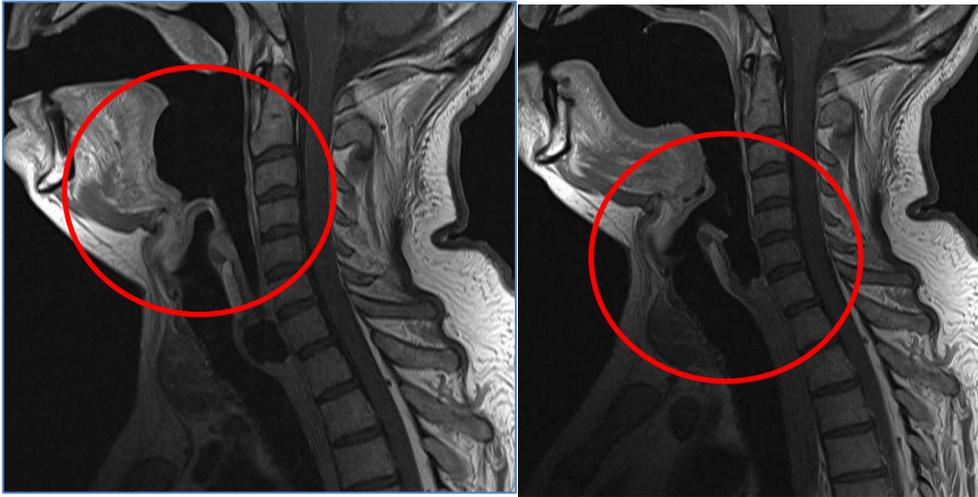


Abbildung 15: MRT Hals im Sagittalschnitt und T1-gewichtet. Links: iLTS-D mit umgeschlagener Epiglottis. Rechts: iLTS-D etwas zurückgezogen. Die Glottisebene liegt nun frei, der distale Cuff befindet sich im Ösophaguseingang.

In dieser Studie wurde der schwierige Atemweg mithilfe einer HWS-Immobilisationskrause simuliert. Zwar ist dies ein probates Mittel, um einen schwierigen Atemweg zu simulieren, viele andere Hindernisse bei der Intubation oder auch Einlage einer EGA wurden in dieser Studie jedoch nicht untersucht. Hierbei sind verschiedenste Tumore im Bereich des Mundes und Halses zu erwähnen, die zu einer deutlichen Einschränkung der Mundöffnung oder eventuell auch zu einer unmöglichen Einlage einer EGA führen können. Des Weiteren gibt es prädisponierende Faktoren wie eine Adipositas, Down-Syndrom, Pierre-Robin-Syndrom, Sklerodermie und andere Kollagenosen und weitere Faktoren, die bereits Hinweise auf einen schwierigen Atemweg bieten. Auch können vor allem im präklinischen Bereich oropharyngeale Blutungen die Atemwegssicherung deutlich erschweren. Des Weiteren besteht präklinisch ebenfalls keine Möglichkeit, eine Intubation unter bronchoskopischer Sicht durchzuführen; für die „blinde Intubation“ ist der iLTS-D nicht zugelassen. Im Vergleich dazu erfolgt die Intubation über die Intubationslarynxmaske Fastrach™ geplant blind.

Frerk und Mitarbeiter beschreiben in den Difficult Airway Society 2015 Guidelines, dass eine „blinde Intubation“ über eine SGA generell ausschließlich in

einer stabilen klinischen Situation erlaubt sei, wenn die Oxygenierung über das einliegende Device gesichert ist. Eine Limitierung der Intubationsversuche sei hierbei eines der Grundprinzipien für ein sicheres Atemwegsmanagement; wiederholte Intubationsversuche bei einliegender SGA seien unangebracht. Der Grundtenor dieser Leitlinie lautet jedoch ganz deutlich: „Blind intubation through a supraglottic device is not recommended“ (Frerk et al., 2015).

Dass der iLTS-D als Intubationshilfe bei allen schwierigen Atemwegen geeignet ist, muss angezweifelt werden. Weiterhin gilt, dass bei zu erwartendem schwierigen Atemweg die Sicherung der Atemwege unter Erhalt der Spontanatmung durchgeführt werden soll. Hierbei erhält die flexible Bronchoskopie in der S1-Leitlinie Atemwegsmanagement den höchsten Stellenwert (Piepho et al., 2015), jedoch kann auch die Intubation unter erhaltener Spontanatmung mithilfe eines Videolaryngoskops vorgenommen werden.

Verschiedene Arbeitsgruppen wie die ASA oder DGAI erarbeiten regelmäßig Algorithmen, die ein systematisches Vorgehen bei erwartetem und unerwartetem schwierigen Atemweg empfehlen (Piepho et al., 2015, American Society of Anesthesiologists Task Force, 2013).

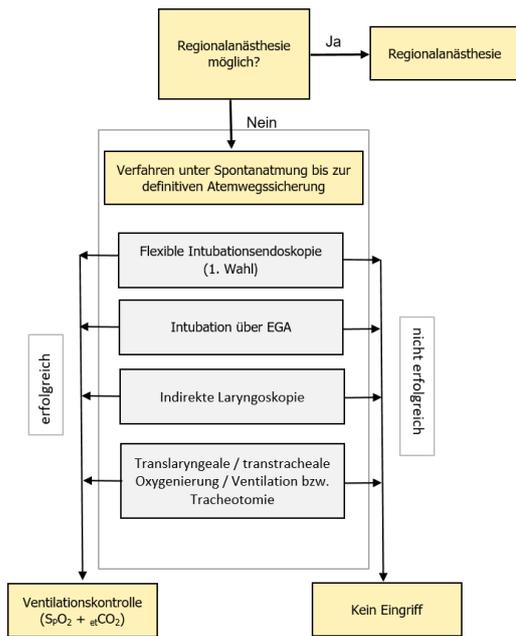


Abbildung 16: Algorithmus DGAI (nachgezeichnet): Vorgehen bei erwartetem schwierigem Atemweg (Piepho et al., 2015)

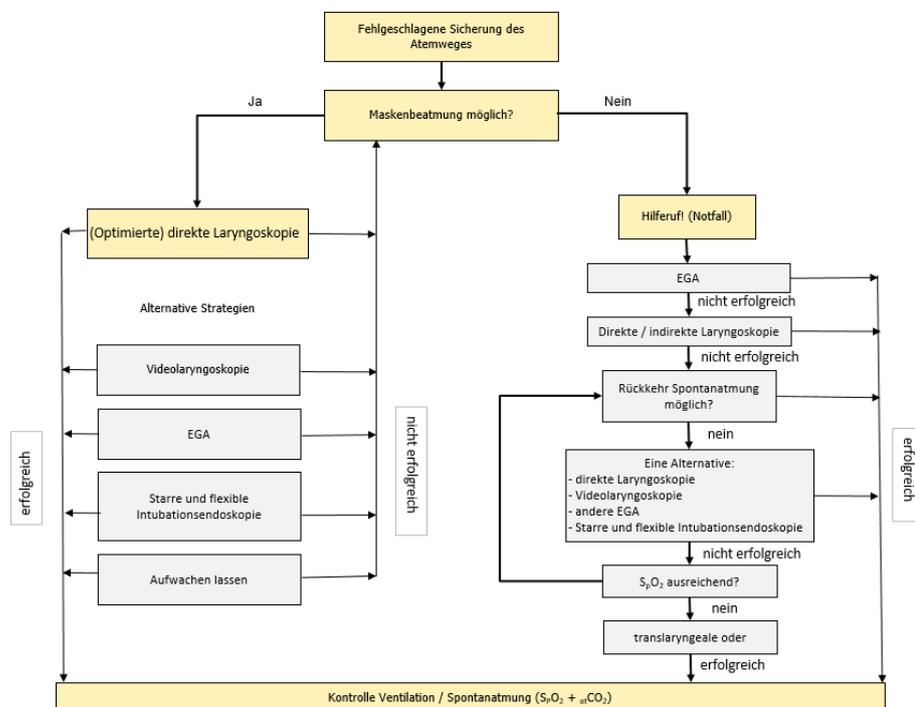


Abbildung 17: Algorithmus DGAI (nachgezeichnet): Vorgehen bei unerwartetem schwierigem Atemweg (Piepho et al., 2015)

Kramer und Mitarbeiter verglichen 2015 das Vorgehen einer Wachintubation mithilfe des C-MAC®-Videolaryngoskops mit der fiberoptischen Intubation, beides in Lokalanästhesie. Alle Patienten hatten einen erwartet schwierigen Atemweg; die einzigen Ausschlusskriterien waren ein ASA-Status IV sowie eine Mundöffnung von weniger als 19mm, die das Einführen des Laryngoskopspatels anatomisch nicht mehr zugelassen hätte. Hierbei zeigte sich kein Unterschied in Bezug auf den Intubationserfolg bei beiden Verfahren, bei geringerer Intubationszeit zu Gunsten des Videolaryngoskops. Die Wachintubation mittels Videolaryngoskop könnte somit eine akzeptable Alternative zur fiberoptischen Intubation bieten (Kramer et al., 2015). Einschränkend muss jedoch Erwähnung finden, dass es sich bei dieser Arbeitsgruppe um im Atemwegsmanagement extrem erfahrene Anwender handelte und daher – zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt – eine unkritische Übertragbarkeit dieser Studienergebnisse auf die Allgemeinheit der Anästhesisten verfrüht und möglicherweise sogar gefährlich erscheint.

Die Einlage des iLTS-D ist nur bei komatösen oder tief narkotisierten Patienten möglich, da das Einführen zu einem starken Würge- und Pressreiz führt. In einem Selbstversuch wurde die Einlage eines iLTS-D unter topischer Anästhesie versucht. Beim Blocken der Cuffs kam es ösophageal zu einem derart starken Reiz, dass das Device nicht toleriert wurde. Auch eine intravenöse Sedierung mit Propofol war nicht geeignet, um eine Toleranz des iLTS-D zu erwirken (Bergold 2016, unveröffentlichte Daten). Einzig die Einleitung einer entsprechend tiefen Narkose hätte zur Tubustoleranz geführt.

Ein sicherer Erhalt der Spontanatmung ist bei tiefer Narkose jedoch nicht mehr gewährleistet. Für den erwarteten schwierigen Atemweg ist der iLTS-D aufgrund des Verlusts der Spontanatmung bei Anwendung somit nicht geeignet (Piepho et al., 2015).

„Patients do not die from failure to intubate, they die from failure to stop trying to intubate“ (Scott, 1986)

Vergleicht man die Apnoezeiten der direkten Laryngoskopie mit der Intubation mittels iLTS-D von Beendigung der Maskenbeatmung bis zur erfolgreichen Einlage des endotrachealen Tubus miteinander, wird deutlich, dass die Intubation über den iLTS-D mit mehreren Schritten (Beendigung Maskenbeatmung, Einlage iLTS-D, Beatmung via iLTS-D, Beendigung der Beatmung via iLTS-D; Bronchoskopie mit Intubationsvorgang) verbunden ist und länger dauert als die Intubation mittels direkter Laryngoskopie. Es muss jedoch erwähnt werden, dass durch die Einlage des iLTS-D eine suffiziente Beatmungsmöglichkeit geschaffen wird, die die Oxygenierung im Fall einer frustranen Intubation sichert. Bei frustraner Intubation mittels direkter Laryngoskopie kann entweder auf die herkömmliche Maskenbeatmung oder auf die Einlage einer SGA zurückgegriffen werden; dieser Schritt ist bei der primären Verwendung des iLTS-D nicht mehr notwendig.

Insgesamt war die klinisch relevante Apnoezeit, nämlich die Dauer zwischen Beendigung der Maskenbeatmung und Etablierung einer suffizienten Ventilation, bei Verwendung des iLTS-D kürzer als bei der direkten Laryngoskopie mit anschließender Intubation. Unabhängig von der Dauer der in der Untersuchung gemessenen Apnoezeiten kam es bei keinem Patienten zu einer kritischen Entsättigung, definiert als ein Abfall der pulsoxymetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung auf unter 92%.

Einschränkend muss bemerkt werden, dass alle Patienten optimal präoxygeniert waren und somit eine deutlich verlängerte Apnoetoleranz aufwiesen. Bei zwei Patienten, die mithilfe der direkten Laryngoskopie intubiert wurden, betrug die dafür benötigte Zeit zwischen drei und vier Minuten. Auch bei der Intubation über den iLTS-D lag bei zwei Patienten die Apnoedauer zwischen zwei und drei Minuten. Es ist davon auszugehen, dass eine derart lange Apnoephase bei einem Notfallpatienten zu einer kritischen Entsättigung führt. Diese kann bereits sogar schon dann eintreten, wenn das Einführen des iLTS-D länger als eine Minute dauert, was ebenfalls bei zwei Patienten in der vorliegenden Untersuchung der Fall war.

Vergleicht man ausschließlich die Apnoezeiten des Intubationsvorgangs, welcher bei der direkten Laryngoskopie direkt nach Beendigung der Maskenbeatmung begann und bei der Intubation über den iLTS-D nach Beendigung der Beatmung über den bereits einliegenden iLTS-D, so zeigt sich im Mittel weiterhin eine kürzere Apnoezeit bei Intubation zugunsten der direkten Laryngoskopie; das Ergebnis ist hier jedoch nicht signifikant.

Der Facharztstandard, der in dieser Studie Anwendung fand, führte vor allem bei der Bronchoskopie zu einem routinierten Handling über den einliegenden iLTS-D, welches zu keiner weiteren Verzögerung führte. Es bleibt daher fraglich, ob bei problemlosem Ablauf von Einlage des iLTS-D, über Bronchoskopie bis zur Intubation die Apnoezeit im Vergleich zur direkten Laryngoskopie weiter verkürzt werden kann. Die routinierte und häufige Anwendung des iLTS-D führt zwar zu einem reibungsloseren Ablauf, eine Verkürzung der Apnoezeit im Vergleich zur direkten Laryngoskopie ist damit jedoch nicht zu erwarten.

4.1 Limitationen der Studie

Die hier durchgeführte Studie weist einige Limitation auf, die bei den aufgeführten Schlussfolgerungen berücksichtigt werden müssen.

Zum einen wurde die Studie in einer standardisierten Umgebung bei elektiven operativen Eingriffen durchgeführt. Die Patienten wiesen keine Prädiktoren für eine erschwerte Maskenbeatmung und/oder erschwerte Laryngoskopie bzw. Intubation auf. Ferner erfolgte eine suffiziente Präoxygenierung. Die damit verlängerte Apnoetoleranz führte zu einem ruhigen und stressfreien Arbeiten während des Intubationsvorgangs. Des Weiteren wurden die Anwender während der Studie durch geschultes Assistenzpersonal (ausschließlich Fachkrankenpflegekräfte Anästhesie/Intensiv) unterstützt. Gerade in der Präklinik ist weder eine Auswahl des Patientenkollektivs möglich, noch ist vom Vorhandensein geschulten Assistenzpersonals auszugehen. Auch kann der

Facharztstandard Anästhesie definitiv nicht gewährleistet werden. Die Übertragbarkeit der Studienergebnisse auf die Präklinik sollte somit – zumindest im Hinblick auf die endotracheale Intubation – nur sehr zurückhaltend erfolgen.

Supraglottische Atemwegs- und Intubationshilfen finden vor allem im Bereich des unerwartet schwierigen Atemwegs Anwendung. Durch die angewendeten Ein- und Ausschlusskriterien bei der Patientenauswahl, wurden Patienten mit einem zu erwartenden schwierigen Atemweg nicht in die Studie eingeschlossen. Aufgrund der derzeitigen Empfehlung bei zu erwartendem schwierigem Atemweg eine Atemwegssicherung unter Erhalt der Spontanatmung durchzuführen, kam der iLTS-D in dieser Situation nicht zur Anwendung, da zur Einlage des Devices eine tiefe Narkose mit Verlust der Spontanatmung notwendig gewesen wäre. Ob die Erfolgsrate bezogen auf die Einlage und die Intubation über die einliegende Atemwegshilfe bei schwierigem Atemweg gleichbleibend hoch ist, ist daher anhand der vorliegenden Daten nicht zu beantworten.

4.2 Schlussfolgerung

Der iLTS-D ist eine neue extraglottische Atemwegshilfe, dessen einfaches Handling dem Anwender erlaubt, rasch eine suffiziente Beatmung zu etablieren. Bezogen auf die Zeit, zeigt der iLTS-D einen Vorteil im Vergleich zur direkten Laryngoskopie bei der Ventilation.

In Bezug auf den Intubationserfolg im ersten Versuch mit dem iLTS-D kann zurzeit noch keine Verbesserung bei simuliertem schwierigem Atemweg im Vergleich zur direkten Laryngoskopie verzeichnet werden. Jedoch bleibt bei Einlage des iLTS-D die Sicherung der Oxygenierung bestehen, welche bei der direkten Laryngoskopie bei frustraner Intubation mittels Maskenbeatmung oder Einlage einer supraglottischen Atemwegshilfe erfolgen müsste. Ein weiterer entscheidender Vorteil des iLTS-D gegenüber seinen Vorgängermodellen ist die

Möglichkeit, die Intubation über die platzierte Atemwegshilfe durchzuführen. Eine „Um-Intubation“ ist in diesem Sinne nicht nötig, da der gesicherte Atemweg nicht aufgegeben werden muss, sondern für die Intubation verwendet werden kann.

Derzeit gilt die Larynxmaske Fastrach™ (LMA Fastrach™) als Standard unter den extraglottischen Intubationshilfen mit einem Intubationserfolg größer 90% (Kapila et al., 1997, Baskett et al., 1998, Joo et al., 1999). Die Intubation über die LMA Fastrach™ erfolgt blind über die einliegende Intubationslarynxmaske. Ein Vorteil des iLTS-D ist die Intubation unter Sicht. Eine im Jahr 2015 erschienene Studie von *Ott* und seinen Mitarbeitern beschreibt die – allerdings „blinde“ – Anwendung des iLTS-D im Vergleich zur LMA Fastrach™ in einer *in vitro* Studie an Manikins (Ott et al., 2015). Hierbei zeigte sich ein vergleichbarer Outcome bezogen auf die Platzierung der Atemwegshilfe und die Apnoezeit bis zur erfolgreichen Intubation für beide extraglottischen Atemwegshilfen. Bisher wurde der iLTS-D jedoch nur *in vitro* an Manikins mit der LMA Fastrach™ wissenschaftlich verglichen.

4.3 Ausblick

Weitere Entwicklungen am iLTS-D scheinen nötig zu sein, um die *in-vivo* beobachtete Rotation entlang der Längsachse zu beherrschen um somit die Sicht auf die Glottisebene zu verbessern. Des Weiteren wären weitere MRT-Untersuchungen bei einliegendem iLTS-D interessant, um beurteilen zu können, wie häufig eine nach kaudal umgeschlagene Epiglottis die Sicht auf die Glottisebene unmöglich macht. Hier könnten Veränderungen am proximalen Cuff des iLTS-D interessant sein, welche eine andere Lage des Larynx tubes im Bereich des Pharynx und Larynx mit sich führt.

Um den iLTS-D als Intubationshilfe zu etablieren, müssen weitere *in-vivo* Studien erfolgen, die den iLTS-D mit der LMA Fastrach™ vergleichen. Die bisher

durchgeführte in-vitro Studie der Arbeitsgruppe *Ott* und Mitarbeiter ist dafür nicht ausreichend.

5. Zusammenfassung / Summary

5.1 Zusammenfassung

Einleitung:

Der schwierige Atemweg ist eines der zentralen Probleme in der Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin. Die Firma VBM entwickelt seit dem Jahr 1999 den Larynxtubus. Der Larynxtubus ist eine extraglottische Atemwegshilfe. Er wird blind eingeführt und liegt aufgrund seiner Form und Beschaffenheit im Ösophagus, der hierdurch suffizient abgedichtet wird. Durch einen zusätzlichen Beatmungskanal kann nun die Beatmung erfolgen. In den letzten Jahren entstand im Rahmen der Weiterentwicklung eine extraglottische Atemwegshilfe, welche nun die Möglichkeit bieten soll eine Intubation unter Sicht über den Beatmungskanal durchzuführen, ohne die zuvor geschaffene Atemwegssicherung aufgeben zu müssen.

Studienziel:

Vergleich von Apnoezeiten und des Intubationserfolges im ersten Versuch bei der direkten Laryngoskopie und der Intubation über den iLTS-D am simulierten schwierigen Atemweg.

Methode:

Es handelt sich um eine prospektive, randomisiert-kontrollierte und einfach-verblindete Studie mit 80 Probanden, aufgeteilt in eine experimentelle Gruppe (iLTS-D) und eine Kontrollgruppe (DL).

Ergebnisse:

Der Intubationserfolg im ersten Versuch mithilfe des iLTS-D liegt bei 65% im Vergleich zur direkten Laryngoskopie bei 75%. Die Apnoedauer nach Ende der Maskenbeatmung bis zum ersten Atemhub über den endotrachealen Tubus ist bei Anwendung des iLTS-D im Mittel 38,5 +/- 10,3 Sekunden länger als bei der

direkten Laryngoskopie. Die Apnoedauer nach Ende der Maskenbeatmung bis zur suffizienten Oxygenierung über den einerseits einliegenden Endotrachealtubus bei der direkten Laryngoskopie und den andererseits erfolgreich platzierten iLTS-D weist bei Anwendung des iLTS-D im Mittel eine $16,7 \pm 7,2$ Sekunden kürzere Apnoedauer als bei der direkten Laryngoskopie auf.

Schlussfolgerung:

Der Intubationserfolg kann im ersten Versuch mithilfe des iLTS-D im Vergleich zur direkten Laryngoskopie nicht von 64% auf 90% gesteigert werden. Die Apnoedauer (Zeit nach Ende der Maskenbeatmung bis zum ersten Atemhub über den endotrachealen Tubus) kann durch Anwendung des iLTS-D im Vergleich zur konventionellen Laryngoskopie nicht verringert werden. Die Apnoedauer bis zur suffizienten Oxygenierung kann durch Anwendung des iLTS-D im Vergleich zur konventionellen Laryngoskopie verringert werden.

5.2 Summary

Introduction:

The difficult airway and its management is one of the main problems in anesthesia, intensive care medicine and prehospital emergency settings. The laryngeal tube was introduced in 1999 and is an extraglottic airway device which has been constantly enhanced in its features. Because of its shape the laryngeal tube can be placed blindly into the esophagus and can then be used for lung ventilation through the provided supraglottic aperture. Further improvements of the laryngeal tube in the last years lead to a novel device (iLTS-D) with the possibility of endotracheal intubation through the ventilation channel of the installed extraglottic airway.

Aim of Study:

Comparison of the apnea time and the intubating success at first try by using direct laryngoscopy vs. iLTS-D both with a simulated difficult airway.

Method:

This study is a prospective, randomized-controlled single blinded study including 80 patients. The study population was randomized into the experimental group (iLTS-D) and control group (DL).

Results:

The intubation success at first try using the iLTS-D is 65% compared to the direct laryngoscopy with 75%. The apnea time from ending the mask ventilation until the first successful ventilation using the inserted laryngeal tube is 38,5 +/- 10,3 seconds longer when using the iLTS-D compared to the direct laryngoscopy. The length of apnea from ending mask ventilation until sufficient oxygenation by using direct laryngoscopy on the one side and the iLTS-D on the other side shows a shorter length of apnea for the iLTS-D with 16,7 ± 7,2 seconds.

Conclusion:

The intubating success at first try by using the iLTS-D compared to direct laryngoscopy cannot be increased from 64% to more than 90%. The length of apnea (time between end of mask ventilation until first successful ventilation using the inserted laryngeal tube) cannot be shortened by using the iLTS-D compared to the direct laryngoscopy. The length of apnea until sufficient oxygenation can be shortened by using the iLTS-D compared to the direct laryngoscopy.

6. Literaturverzeichnis

1. Adnet F., Racine S.X., Borron S.W., Clemessy J.L., Fournier J.L., Lapostolle F., Cupa M. A survey of tracheal intubation difficulty in the operating room: a Prospective observational study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2001; 45: 327-332
2. Agro F., Cataldo R., Alfano A., Galli B. A New Prototype for Airway Management in an Emergency: The Laryngeal Tube. *Resuscitation* 1999; 41: 284–286
3. American Society of Anesthesiologists Task Force on the Management of the Difficult Airway, Practice Guidelines for the Management of the Difficult Airway. An Updated Report, *Anesthesiology* 2013; 118: 251-270
4. Amini A., Zand F., Maghbooli M. Disposable Versus Reusable Laryngeal Tube Suction for Ventilation in Patients undergoing Laparoscopic Cholecystectomy. *Braz J Anesthesiol* 2010; 60: 32-41
5. Baskett P.J., Parr M.J., Nolan J.P. The intubating laryngeal mask. Results of a multicentre trial with experience of 500 cases. *Anaesthesia* 1998; 53: 1174-1179
6. Bergold M.N., Kahle S., Schultzik T., Bücheler M., Byhahn C. Intubationslarynx-tubus Suction Disposable: Erste klinische Erfahrungen mit einem neuen Hilfsmittel zur endotrachealen Intubation. *Anaesthesist* 2016; 65: 30-35
7. Brain A. The Laryngeal mask – a new concept in airway management. *Br J Anaesth* 1983; 55: 801-805
8. Byhahn (a) C., Nemetz S., Breikreutz R., Zwissler B., Kaufmann M., Meininger D. Brief report: tracheal intubation using the Bonfils intubation

fibrescope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Can J Anaesth* 2008; 55: 232-237

9. Byhahn (b) C., Iber T., Zacharowski K., Weber C.F., Ruessler M., Schalk R., Meininger D. Tracheal intubation using the mobile C-MAC video laryngoscope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway. *Minerva Anesthesiol* 2010; 76: 577-583.
10. Cook (a), T.M., Woodall, N., Frerk, C. Fourth National Audit Project, Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia. *Br J Anaesth* 2011; 106: 617-631
11. Cook (b), T.M., Woodall, N., Frerk, C. Fourth National Audit Project, Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 2: intensive care and emergency departments. *Br J Anaesth* 2011; 106: 632-642
12. Cormack R.S., Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia* 1984; 39: 1105-1111
13. Deakin C.D., Murphy D., Couzin M., Mason S. Does an advanced life support course give non-anaesthetists adequate skills to manage an airway? *Resuscitation* 2010; 81: 539-543
14. Dörger (a) V., Ocker H., Wenzel V., Schmucker P. The laryngeal tube: a new simple airway device. *Anesth Analg* 2000; 90: 1220-1222
15. Dörger (b) V., Ocker H., Wenzel V., Steinfath M., Gerlach K. The Laryngeal Tube S. A modified simple airway device? *Anesth Analg* 2003; 96: 618-621

16. Frerk C., Mitchell V.S., McNarry A.F., Mendonca C., Bhagrath R., Patel A., O'Sullivan E.P., Woodall N.M., Ahmad I. Difficult Airway Society intubation guidelines working group, Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth* 2015; 115: 827–848
17. Gatward J.J., Thomas M.J., Nolan J.P., Cook T.M. Effect of chest compressions on the time taken to insert airway devices in a manikin. *Br J Anaesth* 2008; 100: 351-356
18. Han R., Tremper K.K., Kheterpal S., O'Reilly M. Grading scale for mask ventilation. *Anesthesiology* 2004; 101: 267
19. Heath K.J. The effect on laryngoscopy of different cervical spine immobilisation techniques. *Anaesthesia* 1994; 49: 843-845
20. Jokela, J., Nurmi, J., Genzwuerker, H.V., Castrén, M. Laryngeal tube and intubating laryngeal mask insertion in a manikin by first-responder trainees after a short video-clip demonstration. *Prehosp Disaster Med* 2009; 24: 63-66
21. Joo H.S., Rose D.K. The intubating laryngeal mask airway with and without fiberoptic guidance. *Anesth Analg* 1999; 88: 662-666
22. Kapila A., Addy E.V., Verghese C., Brain A.I. The intubating laryngeal mask airway: an initial assessment of performance. *Br J Anaesth* 1997; 79: 710-713
23. Kette F., Reffo I., Giordani G., Buzzi F., Borean V., Cimarosti R., Codiglia A., Hattinger C., Mongiat A., Tararan S. The use of laryngeal tube by nurses in out-of-hospital emergencies: preliminary experience. *Resuscitation* 2005; 66: 21-25

24. Kheterpal (a) S., Han R., Tremper K.K., Shanks A., Tait A.R., O'Reilly M., Ludwig T.A. Incidence and predictors of difficult and impossible mask ventilation. *Anesthesiology* 2006; 105: 885-891
25. Kheterpal (b) S., Healy D., Aziz M.F., Shanks A.M., Freundlich R.E., Linton F., Martin L.D., Linton J., Epps J.L., Fernandez-Bustamante A., Jameson L.C., Tremper T., Tremper K.K. Multicenter Perioperative Outcomes Group (MPOG) Perioperative Clinical Research Committee, Incidence, predictors, and outcome of difficult mask ventilation combined with difficult laryngoscopy: a report from the multicenter perioperative outcomes group. *Anesthesiology* 2013; 119: 1360-1369
26. Kohama, H., Komazawa, N., Ueki, R., Samma, A., Nakagawa, M., Nishi, S., Kaminoh, Y. Comparison of Supreme® and Soft Seal® laryngeal masks for airway management during cardiopulmonary resuscitation in novice doctors: a manikin study. *J Anesth* 2011; 25: 98-103
27. Kramer A., Müller D., Pförtner R., Mohr C., Groeben H., Fiberoptic vs videolaryngoscopic (C-MAC® D-BLADE) nasal awake intubation under local anaesthesia. *Anaesthesia* 2015; 70: 400-406
28. Langeron O., Masso E., Huraux C., Guggiari M., Bianchi A., Coriat P., Riou B. Prediction of difficult mask ventilation. *Anesthesiology* 2000; 92: 1229-1236
29. Larsen R., *Anästhesie*, 9. Auflage 2010, Elsevier GmbH, München, Kapitel 21; S. 528
30. Lavery G.G., McCloskey B.V. The difficult airway in adult critical care. *Crit Care Med* 2008; 36: 2163-2173
31. Niven, A.S., Doerschug, K.C. Techniques for the difficult airway. *Curr Opin Crit Care* 2013; 19: 9-15

32. Noppens, R.R. Airway management in the intensive care unit. *Acta Clin Croat* 2012; 51: 511-517
33. Ott T., Fischer M., Limbach T., Schmidtmann I., Piepho T., Noppens R.R. The Intubating laryngeal tube (iLTS-D) is comparable to the intubating laryngeal mask (Fastrach) – a prospective randomised manikin study. *Scan J Trauma Resusc Emerg Med* 2015; 23: 44
34. Peterson, G.N., Domino, K.B., Caplan, R.A., Posner, K.L., Lee, L.A., Cheney, F.W. Management of the difficult airway: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 2005; 103: 33-39
35. Piepho T., Cavus E., Noppens R., Byhahn C., Döriges V., Zwissler B., Timmermann A. S1 Leitlinie: Atemwegsmanagement. *Anaesthesist* 2015; 64: 859-873
36. Ragazzi, R., Finessi, L., Farinelli, I., Alvisi, R., Volta, C.A. LMA Supreme™ vs i-gel™--a comparison of insertion success in novices. *Anaesthesia* 2012; 67: 384-388
37. Russi, C.S., Miller, L., Hartley, M.J. A comparison of the King-LT to endotracheal intubation and Combitube in a simulated difficult airway. *Prehosp Emerg Care* 2008; 12: 35-41
38. Schalk (a) R., Auhuber T., Haller O., Latasch L., Wetzel S., Weber C.F., Ruesseler M., Byhahn C. Implementation of the laryngeal tube for prehospital airway management: training of 1,069 emergency physicians and paramedics. *Anaesthesist* 2012; 61: 35-40
39. Schalk (b) R., Eichler K., Bergold M.N., Weber C.F., Zacharowski K., Meininger D., Byhahn, C., Mutlak H. A radiographic comparison of human

airway anatomy and airway manikins--Implications for manikin-based testing of artificial airways. *Resuscitation* 2015; 92: 129-136

40. Scott D.B. Endotracheal intubation: friend or foe? *Br Med J (Clin Res Ed)* 1986; 292: 157-158
41. Soar J., Nolan J.P., Böttiger B.W., Perkins G.D. Lott C., Carli P., Pellis T., Sandroni C., Skrifvars M.b., Smith G.B., Sunde K., Deakin C.D., Adult advanced life support section Collaborators European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015; 95: 100-147
42. Sreevathsa, S., Nathan, P.L., John, B., Danha, R.F., Mendonca, C. Comparison of fiberoptic-guided intubation through ILMA versus intubation through LMA-CTrach. *Anaesthesia* 2008; 63: 734-737
43. Suppan L., Tramèr M.R., Niquille M., Groscurin O., Marti C. Alternative intubation techniques vs Macintosh laryngoscopy in patients with cervical spine immobilization: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Br J Anaesth* 2016; 116: 27-36
44. Timmermann (a) A., Byhahn C., Wenzel, V., Eich, C., Piepho, T., Bernhard, M., Dörge, V. Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. *Anaesth Intensivmed* 2012; 53: 294-308
45. Timmermann (b) A., Russo S.G., Crozier T.A., Eich C., Mundt B., Albrecht B., Graf B.M Novices ventilate and intubate quicker and safer via intubating laryngeal mask than by conventional bag-mask ventilation and laryngoscopy. *Anesthesiology* 2007; 107: 570–576
46. Warters, R.D., Szabo T.A., Spinale F.G., DeSantis S.M., Reves J.G. The effect of neuromuscular blockade on mask ventilation. *Anaesthesia* 2011; 66: 163-167

47. Wedekind, L.V.; Krier C. Kehlkopfmaske - Eine Übersicht 1983-1993.
Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 1993; 28: 137-147

7. Danksagung

Ein großes Dankeschön an Prof. Dr. med. Christian Byhahn für die Betreuung während der Entstehung und Fertigstellung der Promotionsarbeit. Die ehrlichen Worte, konstruktive Kritik sowie aufmunternden Kommentare waren mir stets ein guter Begleiter.

Herzlichen Dank auch an Dr. med. Martin Bergold. Dafür, dass es keine doofen Fragen gibt und mir auch zu teilweise späten Stunden ein offenes Ohr galt.

Vielen Dank auch an Dr. med. Andreas Kraft. Für die seelische Unterstützung und das motivierende Vorantreiben.

Magnus Friepörtner möchte ich danken. Für die Geduld, wenn die sowieso knappe gemeinsame Freizeit außerhalb des Krankenhauses meinerseits am Schreibtisch verbracht wurde. Danke für die unerschöpfliche Unterstützung und das Verständnis.

Meiner Familie danke ich ebenfalls von ganzem Herzen. Sie hat mich zu jederzeit, vor allem während meines Studiums unterstützt. Ohne sie, wäre ich nicht da, wo ich jetzt bin.

Besonderen Dank an meine Eltern; ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Stephanie Friepörtner, geb. Kahle
Geburtsdatum: 31.07.1984
Geburtsort: Moers
Staatsangehörigkeit: Deutsch

Schulbildung

08/1991 – 06/1995 Ernst-Reuter-Grundschule Kamp-Lintfort
08/1995 – 06/2004 Städtisches Gymnasium Kamp-Lintfort
Abschluss: Allgemeine Hochschulreife

08/2001 – 07/2002 Auslandsschuljahr in den USA
Holliston High-School, 01746 Holliston,
Massachusetts, USA

Studium

10/2004 – 10/2010 Studium der Humanmedizin
im Modellstudiengang der Ruhr-Universität-
Bochum

04/2007 Bestehen der zum Ersten Abschnitt der Ärztlichen
Prüfung gleichwertigen Prüfungen des
Modellstudienganges Medizin

10/2010 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
Abschluss: Staatsexamen

Praktisches Jahr

08/2009 - 12/2009 Medizinische Klinik I & II, St. Josef-Hospital Bochum
Professor Dr. med. W. Schmidt
Professor Dr. med. A. Mügge

12/2009 - 04/2010 Chirurgische Klinik, St. Josef-Hospital Bochum
Professor Dr. med. W. Uhl

04/2010 - 08/2010 Klinik für Anästhesiologie, St. Josef-Hospital Bochum
Professor Dr. med. T. Weber

Arbeitsstelle

02/2011 - aktuell	Evangelisches Krankenhaus Oldenburg Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie Professor Dr. med. C. Byhahn
02/2014 – 05/2014	Hospitation in der Klinik für Anästhesie und interdisziplinäre Intensivmedizin am Pius-Hospital Oldenburg Klinikdirektor Dr. med. R. Schaper
10/2012 – 04/2016	Lehrauftrag an der Fakultät VI - Medizin und Gesundheitswissenschaften der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Wissenschaftliche Veröffentlichung

01/2016	Bergold M.N., Kahle S., Schultzik T., Bücheler M., Byhahn C. Intubationslarynx-tubus Suction Disposable: Erste klinische Erfahrungen mit einem neuen Hilfsmittel zur endotrachealen Intubation. Anaesthesist 2016; 65: 30-35
---------	--