

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie

Direktor: Prof. Dr. Christian Zöllner

Universitätsklinik für Anästhesie und Allgemeine Intensivmedizin Innsbruck

Vorstand: O. Univ.-Prof. Dr.med. K.H. Lindner

„Vergleichende Untersuchungen zur endotrachealen Intubation durch Rettungsdienstpersonal am simulierten schwierigen Atemweg“

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Artur Wipp

aus München

Hamburg 2017

Angenommen von der Medizinischen Fakultät am: 20. 07. 2017

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: PD Dr. T.Felbinger

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter: PD Dr. S. Maisch

Der Promovend ist Arzt

Inhaltsverzeichnis

1. Arbeitshypothese und Fragestellung	7
2. Einleitung	8
2.1 Rettungsdienst in Deutschland	8
2.1.1 Rettungsdiensthelfer	8
2.1.2 Rettungssanitäter	8
2.1.3 Rettungsassistent	9
2.1.4 Delegation	9
2.1.5 Notkompetenz	10
2.1.6 Notfallsanitäter	11
2.2 Historische Entwicklung der Intubation	12
2.3 Die endotracheale Intubation	14
2.3.1 Anatomie des Larynx	14
2.3.2 Indikation zur Intubation	14
2.3.3 Das Laryngoskop	16
2.3.4 Der Endotrachealtubus	19
2.3.5 Hilfsmittel zur Intubation	20
2.3.6 Das Vorgehen bei der Intubation	21
2.4 Komplikationen bei der Intubation	23
2.5 Definition des schwierigen Atemwegs	24
2.5.1 Anzeichen für einen schwierigen Atemweg	25
2.5.2 Das Vorgehen beim schwierigen Atemweg	28
2.6 Das Macintosh-Laryngoskop	32

2.7 Das Absaug-Laryngoskop	33
2.8 Studienziel.....	34
3. Material und Methoden	35
3.1 Patientensimulator	35
3.1.1 Versuchsaufbau	36
3.2 Studie I: Absaug-Laryngoskop versus Macintosh-Laryngoskop	37
3.2.1 Studienteilnehmer	37
3.2.2 Versuchsablauf	38
3.2.3 Statistische Analyse Studie I	39
3.3 Studie II: Absaugen durch den Tubus	40
3.3.1 Studienteilnehmer	40
3.3.2 Versuchsablauf	40
3.3.3 Statistische Analyse Studie II	41
4. Auswertung und Ergebnisse	43
4.1 Studie I: Absauglaryngoskop versus Macintosh-Laryngoskop	43
4.1.1 Ergebnisse	43
4.1.1.1 Probandendaten	43
4.1.1.2 Versuchsergebnisse	43
4.2 Studie II Absaugen durch den Tubus versus Standardverfahren mit Macintosh-Laryngoskop	46
4.2.1 Ergebnisse	46
4.2.1.1 Probandendaten	46
4.2.1.2 Versuchsergebnisse	46

5. Diskussion.....	49
5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	49
5.1.1 Ziel, Ergebnis und Limitation von Studie I	49
5.1.1.1 Frühere Untersuchungen mit dem Innsbrucker Absaug-Laryngoskop... 50	
5.1.1.2 Atemwegs-Management mit Absaug-Laryngoskopen	51
5.1.2 Ziel, Limitation und Ergebnis von Studie II	51
5.2 Stellenwert der präklinischen Intubation	52
5.2.1 Häufigkeit der präklinischen Intubation.....	52
5.2.2 Komplikationshäufigkeit bei der präklinischen Intubation	53
5.2.3 Überprüfung des Intubationserfolges.....	54
5.2.4 Befähigung zur Intubation.....	54
5.3 Alternativen zur Intubation	55
5.3.1 Stufen der alternativen Atemwegssicherung	55
5.3.2 Extraglottische Atemwege	57
5.3.3 Notfallkoniotomie (Cricothyreotomie / Cricothyreoidotomie).....	60
5.4 Optimierung des Atemwegsmanagement im Rettungsdienst	60
5.5 Schlussfolgerung	63
6. Zusammenfassung	64
6.1 Abstract.....	65
7. Abkürzungsverzeichnis.....	66
8. Literaturverzeichnis	69
9. Abbildungsverzeichnis	85
10. Tabellenverzeichnis	89
11. Danksagung.....	90

12. Lebenslauf des Artur Konrad Wilhelm Traugott Wipp	92
13. Eidesstattliche Versicherung:	94

1. Arbeitshypothese und Fragestellung

In der präklinischen Notfallsituation stellt das Atemwegsmanagement den ersten Pfeiler der ABC-Regel (Airway, Breathing, Circulation) dar. Die Verlegung der Atemwege bei Notfallpatienten durch Blut und Erbrochenes kann zur unüberwindbaren Herausforderung sowohl für den Notarzt als auch erst recht für den Rettungsassistenten und Rettungsanitäter werden. Drei Methoden in solchen Situationen den Rachen abzusaugen, um eine sichere Intubation durchführen zu können, sollen hier untersucht und einander gegenübergestellt werden. Es wurde ein bereits in früheren Untersuchungen bewährter Patientensimulator (Intubationspuppe/Atemwegstrainer) zur Simulation eines schwierigen Atemwegs verwendet. Durch die Nase desselben läuft über einen Schlauch kalter Kaffee mit einem konstanten Fluss von 500 ml/min in den Rachen, wodurch eine Verlegung der Atemwege durch eine massive Blutung simuliert wird, die mit einer endotrachealen Intubation zu sichern sind. Ein innovatives Absaug-Laryngoskop soll eine endotracheale Intubation unter diesen schwierigen Verhältnissen im Vergleich zur bisherigen Standardmethode der Intubation mit Macintosh-Laryngoskop und Absaugen über einen getrennten Absaugkatheter erleichtern. Dieses Absaug-Laryngoskop wurde am oben beschriebenen Modell bereits von Ärzten und Medizinstudenten getestet [1, 2]. Es sollte nun untersucht werden, inwieweit Rettungsdienstpersonal, von dem im Rahmen der Notkompetenz erwartet wird, eine endotracheale Intubation vor Eintreffen des Notarztes erfolgreich durchführen zu können, von den unterschiedlichen Methoden des Absaugens bei einem schwierigen Atemweg profitieren kann. Es wurden 2 Studien durchgeführt. In STUDIE I führten an einem Tag 34 Rettungsanitäter/-assistenten des Bayerischen Roten Kreuzes, randomisiert an oben beschriebenem Modell entweder eine Intubation mittels Standardmethode (Macintosh-Laryngoskop, getrennte Absaugeinheit) oder mittels Absaug-Laryngoskop durch. In STUDIE II führten, verteilt auf zwei Tage, insgesamt 41 Rettungsanitäter/-assistenten der gleichen Organisation die Intubation am selben Modell randomisiert mittels Standardmethode (Macintosh-Laryngoskop, getrennte Absaugeinheit) im Vergleich zu Absaugen mit dem Absaugkatheter durch den Endotrachealtubus durch. Der jeweilige Zeitaufwand sowie der Erfolg oder der Nichterfolg wurden erfasst und statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse werden in dieser Arbeit eingehend diskutiert. Unsere Arbeitshypothese war, dass zwischen den einzelnen Methoden kein Unterschied besteht.

2. Einleitung

2.1 Rettungsdienst in Deutschland

Der Rettungsdienst in Deutschland ist eine öffentliche Aufgabe der staatlichen Gesundheitsvorsorge und umfasst die Bereiche Notfallrettung und Krankentransport [3]. Er stellt die professionelle Schnittstelle zwischen Laienhilfe und klinischer Versorgung dar [4, 5].

In der Notfallrettung sorgen Notärztinnen und Notärzte zusammen mit nichtärztlichem Rettungsdienstpersonal für Wiederherstellung und Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen von Notfallpatienten und den Transport in das nächste geeignete Krankenhaus. Der Krankentransport stellt Hilfe an und fachgerechten Transport von Verletzten oder Kranken sicher, die keine Notfallpatienten sind [6].

Im Folgenden wird eine Übersicht der verschiedenen Qualifikationen und Ausbildungsgänge nichtärztlicher Rettungsdienstmitarbeiter gegeben.

2.1.1 Rettungsdiensthelfer

Rettungsdiensthelfer werden als Fahrer und Helfer des Rettungssanitäters und Rettungsassistenten im Krankentransport und Rettungsdienst eingesetzt.

Die Ausbildung hierzu umfasst in den meisten Bundesländern und Organisationen 320 Stunden theoretische und praktische Ausbildung mit Abschlussprüfung [6, 7].

2.1.2 Rettungssanitäter

Rettungssanitäter sind nichtärztliche Mitarbeiter mit fortgeschrittener rettungsdienstlicher Ausbildung. Sie werden im Krankentransport zur Betreuung des Patienten, auf Rettungs- oder Notarztwagen als Helfer des Rettungsassistenten beziehungsweise Notarztes und auf Notarzteinsatzfahrzeugen häufig als Fahrer eingesetzt. In Deutschland richtet sich die Ausbildung nach den Grundsätzen zur Ausbildung des Personals im Rettungsdienst des Bund-Länder-Ausschusses Rettungswesen vom 20. September 1977. Sie ist in den meisten Bundesländern gesetzlich geregelt, nicht jedoch durch ein Bundesgesetz. Die theoretische und praktische Ausbildung umfasst 520 Stunden mit schriftlicher und mündlicher Prüfung. Die Inhalte der einzelnen Ausbildungsabschnitte sind beispielsweise in den Anlagen zur Bayerischen Rettungssanitäterverordnung [8] und in der Ausbildungsordnung des Deutschen Roten Kreuzes vorgegeben [7].

2.1.3 Rettungsassistent

Rettungsassistentinnen und Rettungsassistenten sind nichtärztliche Mitarbeiter mit umfassender rettungsdienstlicher Ausbildung. Sie werden auf Rettungswagen zur Versorgung und Betreuung von Notfallpatienten eingesetzt [6].

Das Gesetz über den Beruf des Rettungsassistenten/innen von 1989 [9] legt bundesweit einheitliche Ausbildungsrichtlinien für die zweijährige Ausbildung in Theorie und Praxis mit staatlicher Prüfung fest [10]. Die Regelausbildung besteht aus einem 12-monatigen Lehrgang (1.200 Stunden), der von einer staatlich anerkannten Schule für den Rettungsdienst, an einer Klinik und an einer Rettungswache durchgeführt wird und mit einer staatlichen Prüfung abschließt. Es folgt eine einjährige "praktische Tätigkeit im Rettungsdienst" (mindestens 1.600 Stunden), an deren Ende der anleitende Lehrrettungsassistent und ein Notarzt mit dem angehenden Assistenten ein "qualifiziertes Abschlussgespräch" mit Prüfungscharakter führen.

Gemäß § 3 des Rettungsassistentengesetzes soll die Ausbildung den Rettungsassistenten befähigen, am Notfallort als Helfer des Arztes tätig zu werden sowie bis zur Übernahme der Behandlung durch den Arzt lebensrettende Maßnahmen bei Notfallpatienten durchzuführen, die Transportfähigkeit solcher Patienten herzustellen und die lebenswichtigen Körperfunktionen während des Transportes zu beobachten und aufrechtzuerhalten.

Auch wenn in diesem Gesetz ein eigener Kompetenzbereich beschrieben ist, gilt der Arztvorbehalt für die Ausübung der Heilkunde (vgl. § 1 Heilpraktiker Gesetz [11]). In der rettungsdienstlichen Zusammenarbeit zwischen Arzt und Rettungsassistent sind die Delegation ärztlicher Leistungen im Rettungsdienst und die Notkompetenz des Rettungsassistenten im Rahmen des rechtfertigenden Notstandes voneinander abzugrenzen.

2.1.4 Delegation

Die Delegation beschränkt sich auf die Übertragung der Durchführung ärztlicher Leistungen auf Nicht-Ärzte. Die Anordnungsverantwortung liegt stets beim Arzt, die Durchführungsverantwortung grundsätzlich bei demjenigen, der die Leistung zur Durchführung übernimmt. Dem Arzt vorbehalten und damit nicht delegationsfähig, sind spezifisch ärztliche Leistungen: Das Stellen der Diagnose und die therapeutische Entscheidung. Soweit Delegation zulässig ist, werden Rettungsassistenten im Rahmen eines ihnen übertragenen Aufgabenbereiches tätig und erbringen assistierende Leistungen [12].

2.1.5 Notkompetenz

Dieser Begriff ist gesetzlich nicht geregelt. Er wurde 1992 von der Bundesärztekammer für definierte medizinische Tätigkeiten im Rahmen des rechtfertigenden Notstandes [13] als Empfehlung in den rettungsdienstlichen Alltag eingeführt [12]. Trotz flächendeckender notärztlicher Versorgung in Deutschland kann es in Einzelfällen immer wieder vorkommen, dass der Rettungsassistent/Rettungssanitäter nach eigener Einschätzung und Entscheidung ohne direkte ärztliche Delegation in eigener Verantwortung Maßnahmen zur Lebenserhaltung und Abwendung schwerer gesundheitlicher Schäden ergreifen muss, die an und für sich ärztlicher Natur sind. Dies wird als Notkompetenz bezeichnet. Grundsätzlich sind hier ein Verstoß gegen den Arztvorbehalt in §1 des Heilpraktikergesetzes und der Tatbestand der Körperverletzung zu sehen. Da der Rettungsassistent/Rettungssanitäter aber wie jeder Bürger zur Hilfeleistung nach § 323c StGB [14] verpflichtet ist und Kraft seiner Berufsausübung eine Garantenstellung hat, die höhere Ansprüche an ihn stellen lässt, sind medizinische Tätigkeiten im Rahmen der Notkompetenz möglich [12, 15].

Diese darf nur unter folgenden Bedingungen ergriffen werden: Dass,

- der Rettungsassistent am Notfallort auf sich allein gestellt und rechtzeitige Hilfe durch den (Not-) Arzt nicht erreichbar ist, dieser aber angefordert wurde.
- die von ihm aus eigener Entscheidung durchgeführte Maßnahme unaufschiebbar notwendig ist, um Gefahren für das Leben und die Gesundheit des Patienten abzuwenden und weniger invasive Maßnahmen nicht zum Erfolg führten.
- der Rettungsassistent diese Maßnahme erlernt hat, beherrscht und sie ihm zumutbar ist.
- der Patient über die Maßnahme aufgeklärt wurde und in diese eingewilligt hat (bei bewussten oder entscheidungsunfähigen Patienten entscheidet deren mutmaßlicher Wille).

Nach der Stellungnahme der Bundesärztekammer kommen zur Abwehr von Gefahren für das Leben oder die Gesundheit des Notfallpatienten folgende, spezifisch ärztliche Maßnahmen zur Durchführung für den Rettungsassistenten/ die Rettungsassistentin im Rahmen einer Notkompetenz in Betracht:

- Die Intubation ohne Relaxantien
- Die Venenpunktion
- Die Applikation kristalloider Infusionen
- Die Frühdefibrillation
- Die Applikation ausgewählter Medikamente, derzeit: Glyceroltrinitrat-Spray, Epinephrin zur Reanimation, Glucose, Diazepam rectal, Fenoterol Spray und ggf. Schmerzmittel

Weitere Details sind der entsprechenden Literatur zu entnehmen [12, 15, 16] [17, 18].

2.1.6 Notfallsanitäter

Am 1.1.2014 trat in Deutschland das am 28.05.2013 verabschiedete Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters [19] mit der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter [20] in Kraft. Hierin ist ein neues Berufsbild beschrieben, das die bisher höchste, nichtärztliche Qualifikation und Kompetenz im Rettungsdienst darstellt. In § 5 des Gesetzes werden Dauer und Struktur der Ausbildung festgelegt. Laut der Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter, Anlagen 1-3 [20] soll der theoretische und praktische Unterricht an einer staatlich anerkannten Rettungsdienstschule 1920 Stunden, die praktische Ausbildung in genehmigten Lehrrettungswachen 1960 Stunden und diejenige in geeigneten Krankenhäusern 720 Stunden, umfassen. Die gesamte Ausbildung dauert also 4600 Stunden beziehungsweise in Vollzeit drei Jahre, in Teilzeit maximal fünf und schließt mit einer staatlichen Prüfung ab.

Ausbildungsziel ist, der Notfallsanitäterin, dem Notfallsanitäter alle Kenntnisse zu vermitteln, die sie/er benötigt um eigenverantwortlich und teamorientiert die notfallmedizinische Versorgung und den Transport von Patientinnen und Patienten durchzuführen.

Die ersten derartigen Kurse laufen derzeit an entsprechenden Berufsfachschulen und enden frühestens 2017. Die ersten Ergänzungsprüfungen für etablierte Rettungsassistentinnen/Rettungsassistenten zum Notfallsanitäter fanden schon statt. Mit Etablierung des Berufsbildes des Notfallsanitäters werden die Notkompetenz-Maßnahmen und -Medikamente durch die zuständigen Ärztlichen Leiter Rettungsdienst neu festgelegt [21, 22]. Die weitere Entwicklung bleibt abzuwarten.

2.2 Historische Entwicklung der Intubation

Von Hippokrates (460-370 v. Chr.) wurde die erste Intubation dokumentiert. Er empfahl das Einführen eines geraden Rohres „in Form einer Hirtenflöte“ in die Trachea im Falle des Erstickens [23].

Der arabische Arzt Avicenna (980 – 1037 n. Chr.) beschrieb um 1020 n. Chr. die vermutlich erste orotracheale Intubation des Kehlkopfes und die dabei verwendeten Materialien: Instrumente aus Metall, Gold, Silber [23].

Paracelsus (1493 – 1541n. Chr.) beschrieb die Wiederbelebung Ertrunkener durch Verwendung von Blasebalg und oralem Tubus [24].

1543 und 1559 n. Chr. beschrieb Andreas Vesalius die endotracheale Intubation eines Schweins mittels Schilfrohrtuben und dessen Beatmung mit einem Blasebalg, allerdings benutzte er als Zugang eine Tracheotomie [25].

Die neuere Geschichte der peroralen Intubation beginnt im 18. Jahrhundert. In dieser Zeit verwendeten Geburtshelfer und Lebensretter Beatmungstuben. William Smellie beschrieb 1752 einen starren Endotrachealtubus aus Silber zur Wiederbelebung Neugeborener. Benjamin Pugh setzte 1754 zum gleichen Zweck flexible Tuben, ebenfalls aus Metall ein.

Pierre Joseph Desault (1744-1795) schlug 1790 die nasotracheale Intubation mit elastischem Schlauch vor [23].

Charles Kite (1768 – 1811) benutzte einen Trachealtubus zur Wiederbelebung Ertrunkener: Kite's pocket case of instrumental recovery [26].

James Curry beschrieb und empfahl 1815 die endotracheale Intubation zur Sicherung der Atemwege (Abbildung 1) [27].

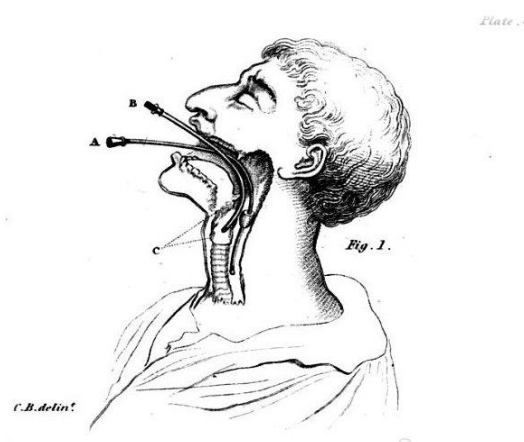


Abbildung 1: Darstellung einer endotrachealen Intubation aus James Curry's "Observations on apparent death" [27]

Der deutsche Chirurg Friedrich Trendelenburg führte 1869 erstmals eine Intubation am Menschen zur Narkoseführung durch. Hierbei brachte er den blockbaren Tubus, der mit dem von ihm entwickelten Narkosetrichter verbunden war, durch eine temporäre Tracheotomie ein [23].

Die erste oro-endotracheale Intubationsnarkose führte 1878 Sir William Macewen durch und intubierte fingergesteuert 1880 einen Patienten präoperativ um die Aspiration von Blut bei der Exstirpation eines Zungengrundtumors zu verhindern. Zudem beschrieb er zwei Fälle einer Intubation über wenigsten 36 h [28].

Victor Eisenmenger, stellte 1893 in Wien die Urform der Endotrachealtuben aus Hartgummi mit Blockermanschette (Cuff) und Druckausgleichsballon vor.

Alfred Kirstein entwickelte 1895 zur direkten Laryngoskopie rohr- und spatelförmige „Autoskope“ die als Vorläufer der modernen Laryngoskope gelten können [23].

Die reguläre endotracheale Intubation zur Sicherung der Atemwege im Rahmen von Narkosen wurde mit flexiblem Metalltubus von Franz Kuhn ab 1900 angewendet [25, 29]. Allerdings wurde sein Verfahren durch die Dominanz Sauerbruchs eiserner Lunge in der raschen Verbreitung behindert.

1920 entwarf Sir Ivan Magill die nach ihm benannte Zange, die als Hilfsmittel zur nasotrachealen Intubation verwendet wird.

1943 stellte Sir Robert Reynolds Macintosh den wohl heute noch am häufigsten eingesetzten „Macintosh-Spatel“ zur direkten Laryngoskopie vor.

Ab 1945 entwickelte sich die endotracheale Intubation auch in Deutschland zum Routineverfahren [25]. Weiterentwicklungen zur Optimierung des Atemwegsmanagements folgten in den nächsten Jahren und Jahrzehnten.

2.3 Die endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation ist die sicherste Methode, die Atemwege freizuhalten, dem Patienten unter kontrollierten Bedingungen die jeweils gewünschte Sauerstoff - oder Narkosegaskonzentration zuzuführen und dabei das Risiko einer tracheobronchialen Aspiration zu minimieren sowie nach einer Aspiration endobronchial abzusaugen [26]. Unter einer orotrachealen Intubation ist das Einführen des Tubus über den Mund in die Luftröhre zu verstehen. Alternativ gibt es die Möglichkeit der endotrachealen Intubation auch über die Nase, diese wird dann als nasotracheale Intubation bezeichnet.

2.3.1 Anatomie des Larynx

Der Kehlkopf, (Larynx), trennt die Luftröhre (Trachea) von der Speiseröhre (Ösophagus). Er liegt vor der Halswirbelsäule. Der Kehlkopfingang projiziert sich beim Kind auf den 3., beim Erwachsenen auf den 4. bis 6., im Durchschnitt 5. Halswirbelkörper. [30].

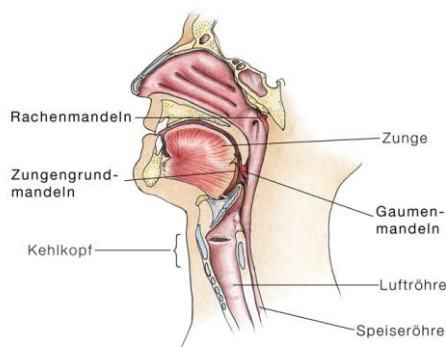


Abbildung 2: Längsschnitt der Nasopharyngolaryngealregion

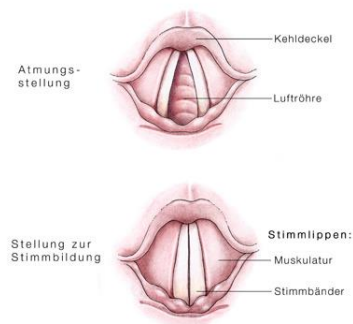


Abbildung 3: Querschnitt durch den Larynx

2.3.2 Indikation zur Intubation

Für die endotracheale Intubation und apparative Beatmung gibt es drei Anwendungsgebiete. So kommt sie einerseits im Operationssaal bei der Großzahl chirurgischer Eingriffe in Allgemeinanästhesie zum Einsatz. Andererseits ist in der Intensivmedizin die Beatmung über einen Endotrachealtubus bei respiratorischer Insuffizienz verschiedenster Ursache, aber auch bei Aufrechterhaltung einer Analgosedierung eine vorrangige Therapieform. Als drittes Anwendungsgebiet ist die Notfallmedizin zu nennen. Für die absolute und relative Indikation zur Intubation siehe Tabelle 1. Die Durchführung oder Nichtdurchführung derselben, womöglich verbunden mit Narkose, ist jedoch auch abhängig von Erfahrung und Können des Intubierenden und vom Zustand des Patienten [31][32-34].

Absolut	Relativ
- Bewusstlosigkeit ohne Schutzreflexe (z.B. Schädel-Hirn-Trauma, intrakranielle Blutung, schwere Gesichtsschädelfrakturen, Polytrauma, schweres Inhalationstrauma, Intoxikation, GCS ≤ 8 , bzw. ≤ 9)	- Prophylaktische oder Schutzintubation auf Grund bestimmter Verletzungen (z.B. Schädel-Hirn-Trauma ohne Bewusstlosigkeit, leichtes bis mittelschweres Thorax-Trauma, mehrere Frakturen)
- Apnoe, Kreislaufstillstand, Reanimation (nur wenn die Herzdruckmassage hierzu nicht länger als 5 Sekunden unterbrochen wird) [35, 36]	- Respiratorischer Stridor (Kehlkopftrauma, Aspiration, Verbrennung, allergische Reaktionen)
- Atemwegsverlegung, gefährdete Atemwege (z.B. Blutungen im Nasen-Rachenraum)	- Leichte bis mittelschwere Gesichtsschädelfrakturen
- Respiratorische Insuffizienz, durch Sauerstoffgabe alleine nicht zu kompensierende Hypoxämie	- Drohende respiratorische Insuffizienz
- Schweres Thorax-Trauma	

Tabelle 1: Absolute und relative Indikation zur prähospitalen Intubation im Notarzt- und Rettungsdienst

Zur Beurteilung des Schweregrades einer Bewusstseinsstörung und somit auch der Intubationsindikation dient vielfach die Glasgow Coma Scale. Diese wurde 1974 durch die Neurochirurgen Graham Teasdale und Bryan Jennett von der Universität Glasgow/Schottland eingeführt [37].

Beurteilt werden die Kenngrößen Augenöffnen, beste verbale Reaktion und beste motorische Reaktion. Bei vollem Bewusstsein ergibt sich hier eine Punktzahl von 15, in tief komatösem Zustand eine solche von 3. In der S3-Leitlinie Polytrauma / Schwerverletzten-Behandlung von 2011 wird eine schwere Bewusstseinsstörung mit einem Score auf der Glasgow Coma Scale < 9 im Rahmen eines Schädelhirntraumas als Intubationsindikation angesehen.

Außerhalb dieser Indikation wird die endotracheale Intubation des Traumapatienten mit einem Glasgow Coma Scale-Score ≤ 8 gemäß der Leitlinie der Eastern Association for the Surgery of Trauma (EAST) und anderen Ausbildungskonzepten, z. B. dem Advanced Trauma Life Support (ATLS®) sowohl präklinisch als auch innerklinisch empfohlen [38]. Gerade bei den relativen Intubationsindikationen müssen Vor- und Nachteile abgewogen werden.

So bereiten eine Epiglottitis, ein Pseudokrupp oder ein Status asthmaticus selbst dem Erfahrenen unter klinischen Bedingungen bereits große Schwierigkeiten. Deshalb sollte eine Intubation nur nach Ausschöpfung aller weniger invasiven Maßnahmen in Erwägung gezogen werden.

2.3.3 Das Laryngoskop

Ein Laryngoskop dient zur Betrachtung des Kehlkopfes (Laryngoskopie). Hier ist zwischen indirekter und direkter Laryngoskopie zu unterscheiden. Indirekt heißt, dass entweder eine Bildumkehr durch einen Planspiegel erfolgt (Abbildung 4 und 5) oder bei dem Lupenlaryngoskop (Abbildung 6) und bei fiberoptischen Geräten, wie dem flexiblen Pharyngo-Laryngoskop (Abbildung 7), die Blickrichtung um bis zu 90° abgewinkelt wird.



Abbildung 4: Kehlkopfspiegel

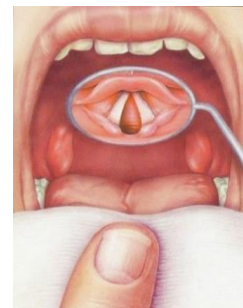


Abbildung 5: Indirekte Laryngoskopie



Abbildung 6: Lupenlaryngoskop



Abbildung 7: flexibles Pharyngo-Laryngoskop

Im Gegensatz ist die direkte, nicht spiegelverkehrte oder abgewinkelte Betrachtung des Larynx zu sehen. Zur endotrachealen Intubation in der Anästhesie, Intensiv- und Notfallmedizin das Intubationslaryngoskop zur direkten Laryngoskopie entwickelt.

Es besteht aus einem Handgriff und verschiedenen geformten, aufklappbaren Spateln unterschiedlicher Größe mit Lichtquelle. Die Glühbirne befindet sich entweder direkt im Spatel (Warmlichtquelle) oder im Handgriff, von dem aus das Licht mittels Glasfaserbündel an die Spatelspitze geleitet wird (Kaltlichtquelle).

Der Macintosh-Spatel nach Robert Macintosh ist leicht gebogen und in den Größen 0 – 5 erhältlich. Bei Erwachsenen werden häufig die Größen 3 und 4 verwendet (Abbildung 8). Der Miller-Spatel (Abbildung 9) ist gerade und hat eine gebogene Spitze. Die Größen reichen von 0-4. Seine Form ermöglicht das Aufladen der Epiglottis, deshalb wird er bevorzugt für Kinder verwendet.



Abbildung 8: Laryngoskop mit Macintosh-Spateln in 5 Größen - Kaltlicht



Abbildung 9: Handgriff mit Miller-Spatel Kaltlicht



Abbildung 10: Foregger - Spatel



Abbildung 11: Dörge's Universal-Spatel

Der Foregger- oder auch Wisconsin-Spatel (Abbildung 10) unterscheidet sich vom Miller-Spatel nur durch seine gerade Spitze. Die kleinste Größe 0 wird für Neugeborene, die größte 4 für Erwachsene mit langem Hals verwendet [39].

Der Döriges Universalspatel (Abbildung 11) ist relativ gerade, nur an der Spitze etwas gebogen. Er eignet sich sowohl zur Intubation von Erwachsenen, als auch von Kindern ab 10 kg, da durch die Markierungen die jeweils erforderliche Einführungstiefe erkennbar ist. McCoy und Mirakhur stellten 1993 ein Hebellaryngoskop mit modifiziertem Macintosh-Spatel vor, dieser wurde als McCoyspatel bekannt (Abbildung 12).

Über den gefedert gelagerten Hebelmechanismus kann die Spatelspitze um knapp 70° nach ventral gekippt werden. Hierdurch kann die Epiglottis angehoben und die Glottis besser eingesehen werden [40].



Abbildung 12: Laryngoskop mit McCoy-Spatel



Abbildung 13: Intubationsendoskop nach Bonfils [41]

Das retromolare Intubationsendoskop nach Bonfils (Fa. Storz, Tuttlingen) (Abbildung 13) ist seit 1985 im klinischen Gebrauch. Es besteht aus einem anatomisch geformten Metallstilet, welches als Leitschiene für den Endotrachealtubus dient und auch bei schwierigen Atemwegsverhältnissen eine indirekte Laryngoskopie und Intubation unter Sicht ermöglicht. Durch diese Technik sind nur eine geringe Mundöffnung und weniger Manipulationen an der Halswirbelsäule notwendig [41].

2.3.4 Der Endotrachealtubus

Dieser Schlauch ist heute aus flexiblem Kunststoff (PVC) gefertigt und besitzt am proximalen Ende einen Anschluss (Konnektor) für das Beatmungsgerät.

Am distalen Ende, das in der Trachea zu liegen kommt, umgibt den Tubus eine aufblasbare Manschette (Cuff), die eng an der Trachealwand anliegt und die Trachea so gegen Aspiration von Sekreten aus Rachen und Ösophagus/Magen abdichtet (Abbildung 14).

Zur genauen Prüfung des optimalen Cuffdruckes gibt es Manometer, die auf das Ventil des Blockerschlauches aufgesetzt werden und so eine exakte Druckmessung ermöglichen. Als optimal wird ein Wert zwischen 15 und 25 cm H₂O gesehen, da niedrigere Werte nicht genügend Dichte garantieren, höhere Werte aber zu einer relativ raschen Schädigung der zarten Trachealschleimhaut führen.



Abbildung 14: Magill - Tubus mit geblocktem Cuff

Bei unzureichender Blockung des Cuffs hört man bei der Auskultation des Halses gurgelnde Geräusche.

Eine Druckschädigung durch den zu stark geblockten Tubuscuff ist insbesondere bei jungen Kindern eine nicht zu unterschätzende Gefahr. Lange Zeit galt deshalb, dass bei Kindern bis zu sechs Jahren ungeblockte Tuben zu verwenden sind. Seit 2004 sind Microcuff – Pädiatrietuben mit Niederdruckballon verfügbar. Mit diesen können auch Kleinkinder aspirationssicher mit endotrachealem, geblocktem Tubus versorgt werden [42]. Standard für die orale und nasale Intubation ist der gebogene Magill-Tubus (Abbildung 14).

Der Innendurchmesser (ID) des Tubus wird in Millimeter, der Außendurchmesser in Charrière (Ch) angegeben. Ein Charrière entspricht 1/3 Millimeter. Synonym hierzu wird im englischen Sprachraum häufig der Begriff French (Fr) verwendet.

Bei Frauen werden in der Regel Tubusgrößen zwischen 7,0 – 8,0 mm Innendurchmesser empfohlen, bei Männern Tubusgrößen zwischen 7,5 – 8,5 mm Innendurchmesser. Für Kinder ab einem Jahr kann die Tubusgröße nach der Formel, Innendurchmesser (mm) = (Alter des Kindes/4) + 3,5 mit Cuff, + 4,5 ohne Cuff, bestimmt werden [43]. Auf die korrekte Einführtiefe für den Endotrachealtubus ist genau zu achten.

Sie sollte bei Frauen etwa 21 cm, bei Männern etwa 23 cm, ab der Zahnreihe gemessen, betragen [44]. Bei nasotrachealer Intubation muss der Tubus um 2 – 3 cm (Abstand Nasenöffnung – Tubusspitze) tiefer eingeführt werden.

Eine einseitige endobronchiale Intubation durch ein zu tiefes Einführen dieses Tubus ist leicht möglich. Deshalb ist die Überprüfung der Tubuseinführtiefe ab Zahnreihe, ermöglicht durch die Tubusskalierung, eine sorgfältige Auskultation des Thorax und des Epigastrium zur Verifizierung seitengleicher Ventilation und korrekter Tubuslage sowie eine endtidale CO₂-Bestimmung unumgänglich notwendig. Bei der Mehrzahl der aus PVC gefertigten Tuben ist seitlich an der Spitze eine ovale Öffnung, das sogenannte Murphy Auge, angebracht. Dieses ermöglicht auch dann noch eine Ventilation wenn der Tubus an der Spitze durch die Trachealschleimhaut verlegt ist. Neben dem Magill-Tubus gibt es Endotrachealtuben entsprechend den Anwendungsgebieten in verschiedenen Formen und Größen [45]. Beispielhaft sind hier speziell geformte Tuben für die nasale oder orale Passage, des Weiteren sogenannte Spiral-Tuben mit Stahldrahtgerüst sowie der Laryngektomie-Tubus, der Laser-Tubus, Jet-Tubus und Doppellumen-Tubus zu nennen.

2.3.5 Hilfsmittel zur Intubation

Das Basis-Instrumentarium für die Intubation ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Absauggerät	Beißschutz z.B. Guedeltubus
Laryngoskop mit Spatel	Fixierungsmaterial – Pflaster, Mullbinde, etc.
Gleitmittel	Beatmungsbeutel oder -Gerät
Magill-Zange	Stethoskop
Endotrachealtubus mit Führungsstab	CO ₂ -Detektor bzw. Kapnometer
Luftgefüllte Blockerspritze	Pulsoximeter
Cuff-Druck-Prüfgerät	EKG- und Blutdruckmonitoring

Tabelle 2: Aufstellung des zur Intubation notwendigen Materials

2.3.6 Das Vorgehen bei der Intubation

In der Anästhesie und Notfallmedizin ist mit endotrachealer Intubation das Einführen des Tubus in die Trachea gemeint. Absolut entscheidend ist, dass dieses Ziel erreicht und eine ösophageale Fehlintonation vermieden wird. Die korrekte Tubuslage zeigt Abbildung 15.

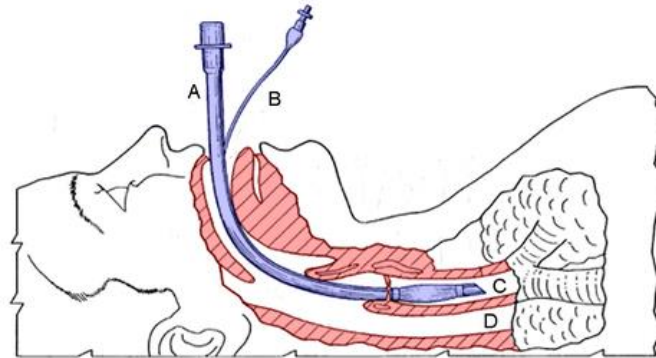


Abbildung 15: Schema eines Endotrachealtubus (Tubus A; Cuffleitung B), der in der Trachea (C) liegt. Ösophagus (D).

Vorbedingungen sind die richtige Wahl des Intubationsinstrumentariums und die sorgfältige Lagerung des Patienten. Hier ist in erster Linie die sogenannte Jackson-Lagerung anzuführen. Sie ist nach Chevalier Jackson benannt, einem Laryngologen aus Philadelphia, 1865 – 1958. Bei dieser wird der Kopf des Patienten in die sogenannte „Schnüffelposition“ gebracht (Abbildung 16) [46].

Das Anheben des Kopfes durch ein ca. 10 cm hohes Intubationskissen und die Überstreckung im Atlantooccipitalgelenk schaffen so eine kurze, relativ gerade verlaufende Achse von den Schneidezähnen bis zur Epiglottis [47] und gewähren so einen besseren Einblick auf den Kehlkopfeingang. Vorsicht ist hier bei einer Verletzung der Halswirbelsäule geboten.

Je nach Habitus des Patienten und geplanter Operation ist neben anderen Vorbereitungen und Maßnahmen, die zum Management des schwierigen Atemwegs notwendig sind (s.u.), eine entsprechende Anpassung der Lagerung von großer Wichtigkeit, um einer zu erwartenden, aber auch nicht vorhersehbaren, schwierigen Intubation gewachsen zu sein.

Adipöse Patienten haben auf Grund ihres Gewichts oft anatomische Besonderheiten, die zu Komplikationen bei der Intubation führen können, unter anderem eine reduzierte Nackenmobilität, ein kurzer Nacken, der eine Reklination behindert oder sogar unmöglich macht, eine geringe Mundöffnung und manchmal eine große Zunge [48].

So ist bei Patienten mit einem Bodymass Index $> 35 \text{ kg/m}^2$ in 13 – 24 % mit einer schwierigen Intubation versus 2,2 % bei Patienten mit einem Bodymassindex $< 30 \text{ kg/m}^2$ zu rechnen und in 79 % mit einer schwierigen Maskenbeatmung [49, S.30].

In der Bariatrischen Chirurgie bei morbid adipösen Patienten sind deshalb spezielle Lagerungen erforderlich. Hier ist die Jackson-Lagerung nicht ausreichend. Durch Anwendung des sogenannten Rapid Airway Management Positioner System (RAMP; Abbildung 17) ist ebenfalls eine kurze, gerade Achse vorgegeben, die bei der Laryngoskopie einen besseren Blick auf die Glottis gewährt [50].

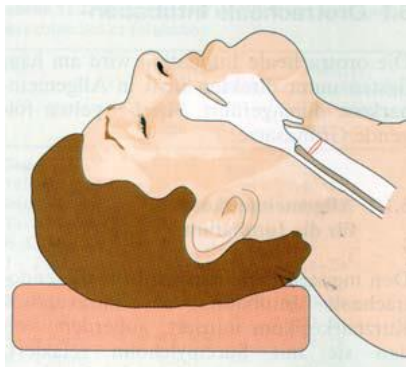


Abbildung 16: verbesserte Jackson Position [46]



Abbildung 17: RAMP Position

Je nach geplanter Operation sind zusätzlich spezielle Lagerungen erforderlich, die dann ebenfalls ein angepasstes Atemwegsmanagement benötigen, wie Rücken -, Bauch - und Seitlagerung [51].

Nach einer Präoxygenierung mit 100 % FiO_2 über Mund-Nasen-Maske oder Beutel-Masken-Beatmung erfolgt beim narkotisierten oder tief bewusstlosen Patienten die endotracheale Intubation. Hierzu wird mit der rechten Hand der Mund des Patienten geöffnet und mit der linken Hand das Laryngoskop über den rechten Mundwinkel geführt. Der Laryngoskopspatel drängt die Zunge des Patienten nach links, die Spitze des gebogenen Spatels wird bis zur Plica glossoepiglottica mediana vorgeschoben. Durch Zug am Laryngoskop gegen den Mundboden nach oben wird die Epiglottis angehoben und die Sicht auf die Stimmritze frei. Insbesondere bei Kindern wird ein gerader Spatel verwendet, mit dem die Epiglottis aufgeladen wird, um die Stimmbandebene besser einsehen zu können.

Anschließend wird mit der rechten Hand der mit gleitfähigem Führungsstab versehene Tubus gefasst und so weit in die Trachea eingeführt, dass der Cuff bzw. die Markierung sicher distal der Stimmbänder platziert ist.

Bei der nasotrachealen Intubation wird der Tubus über die Nase vorgeschoben im Pharynx mit der Magill-Zange gefasst und unter laryngoskopischer Sicht in die Trachea eingeführt. Der nasale Zugang ist schmerzhafter, bedarf der vorherigen Schleimhutanästhesie und führt leicht zu Verletzungen der Nasenschleimhaut mit Blutungen, zu Schädigungen der Nasennebenhöhlen, der Rachenhinterwand und eventuell auch der Schädelbasis bis hin zur Perforation. Er ist kontraindiziert bei intranasalen Hindernissen (z.B. ausgeprägter Septumdeviation), Mittelgesichtsfrakturen, Tumoren und Gerinnungsstörungen.

Auch der orotracheale Zugang birgt Verletzungsgefahren in sich, insbesondere für die Zähne, durch Hebeln mit dem Laryngoskop, ist jedoch der allgemein übliche Weg bei der prähospitalen Intubation im Notfall.

Nach erfolgter Intubation wird der Tubus-Cuff zur Abdichtung der Trachea geblockt und der Beatmungsbeutel oder Respirator angeschlossen. Unmittelbar darauf hat die Verifizierung der trachealen Tubuslage durch Kapnometrie und zur Überprüfung der seitengleichen Ventilation die Auskultation beider Lungen und sicherheitshalber des Epigastrium zu erfolgen. Schließlich wird der Tubus mittels Mullbinde, Heftpflasterstreifen oder vorgefertigter Halterung fixiert, nachdem als Beißschutz beispielsweise ein Güdeltubus eingelegt wurde. Die Prüfung des Cuffdrucks mittels eines Manometers ist sinnvoll um Druckläsionen der Trachealschleimhaut zu vermeiden.

2.4 Komplikationen bei der Intubation

Die fatalste Komplikation bei dem Versuch der endotrachealen Intubation ist die unbenmerkte ösophageale Tubusfehlage, die mindestens zu schweren hypoxischen Schäden und in sehr vielen Fällen zum Tod führt [52]. Dies kann lediglich durch konsequenten Einsatz der Kapnometrie/-graphie oder zumindest durch Verwendung eines Esophageal Detector Device zur Verifizierung der Tubuslage vermieden werden. Eine unerkannte einseitige Intubation kann zu einer Sauerstoffminderversorgung und Atelektasenbildung der nicht ventilierten Lunge führen. Diese Gefahr kann durch sorgfältige Kontrolle der Tubus-Einführtiefe und Auskultation minimiert werden [53].

Weitere Gefahren sind das Herausbrechen von Zähnen durch Hebeln mit dem Laryngoskop, Quetschwunden an den Lippen, Auslösen von Erbrechen mit Aspirationsgefahr durch Reizen der Rachenhinterwand und Verletzungen an Larynx und Trachea durch mehrfache Intubationsversuche [54-56].

Zusätzliche Komplikationen sind die Tubusverlegung durch Abknicken des Tubus oder das Zubeißen des Tubuslumen durch den nicht genügend tief narkotisierten Patienten zu nennen. Dies wird einerseits durch sorgfältige Fixierung und Halterung des Tubus, andererseits durch Vertiefung der Narkose und durch das Einlegen eines Beißschutzes (Güdel-tubus) verhindert.

Eine Obliteration der Tubusöffnung kann auch durch ein Verrutschen des geblockten Cuffs nach distal entstehen und macht sich nach anfänglich unbehinderter Beatmung durch zunehmende Beatmungsdrücke und Blutdruckabfall bemerkbar. Beachtenswert ist, dass die Laryngoskopie und endotracheale Intubation sowohl auf das parasympathische als auch sympathische Nervensystem Einfluss haben. Die Folge können einerseits zur Bradykardie und Asystolie andererseits Tachykardie und vermehrte Kreislaufbelastung sein [57]. Somit ist ein sorgfältiges Herz-Kreislauf-Monitoring notwendig.

2.5 Definition des schwierigen Atemwegs

Im Notfall gilt jeder Atemweg als schwierig. Der Patient ist nicht nüchtern, die Lagerung nicht optimal, Personal wie Ausrüstung sind nur eingeschränkt verfügbar. Weitere präklinische Erschwernisse sind oft schlechte Lichtverhältnisse, ein eingeschränkter Zugang zum Patienten sowie Sekret, Blut und Erbrochenes in den Atemwegen. Oropharyngeale Verletzungen, Gesichtsoedem (Quincke) sowie Verbrennungen und Verätzungen können ebenfalls erschwerend hinzukommen [58], [59, 60]. Eine Standarddefinition des schwierigen Atemwegs kann aus der verfügbaren Literatur nicht abgeleitet werden. Im Februar 2013 veröffentlichte die American Society of Anesthesiologists (ASA) die aktualisierte Version ihrer Leitlinien zum Management des schwierigen Atemwegs [61]. Die hier empfohlenen Definitionen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Schwieriger Atemweg		Ein normal ausgebildeter Anästhesist hat Schwierigkeiten mit der Maskenbeatmung, der endotrachealen Intubation, oder beidem
Schwierige Maskenbeatmung		Eine adäquate Maskenbeatmung ist aufgrund inadäquaten Maskensitzes, hohen Gaslecks oder hohen Widerstands beim Ein- oder Ausströmen des Beatmungsgases nicht durchzuführen
Schwierige Laryngoskopie		Auch nach mehrfachen Versuchen ist kein Anteil der Stimmbandebene bei der konventionellen Laryngoskopie einsehbar
Schwierige Intubation		Für die endotracheale Intubation werden mehrere Versuche benötigt, mit oder ohne Vorhandensein trachealer Pathologien
Unmögliche Intubation		Das Platzieren eines Endotrachealtubus misslingt nach mehreren Intubationsversuchen
Schwieriger Zugang	chirurgischer	Auf Grund der individuellen anatomischen Gegebenheiten und der Umfeldbedingungen, ist die Tracheotomie schwierig

Tabelle 3: Definition und Unterteilung des schwierigen Atemwegs (ASA)

Die Definitionen und die Handlungsempfehlungen für das präklinische Atemwegsmanagement der American Society of Anesthesiologists (ASA), der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) [62], beziehungsweise in der S1-Leitlinie: Atemwegsmanagement der DGAI vom 12.03.2015 [63], gleichen sich im Wesentlichen. Keul et al. verweisen in ihrem Artikel „Methoden des Atemwegsmanagements in der präklinischen Notfallmedizin“ 2004 [64] auf statistische Auswertungen die eine Inzidenz der schwierigen Intubation in der Routineanästhesie mit 1,5 – 3,8 % [65], in der Notaufnahme mit 3- 5 % [65] und in der präklinischen Notfallmedizin mit über 10 % angeben [66, 67].

2.5.1 Anzeichen für einen schwierigen Atemweg

In der präklinischen Situation basiert das Erkennen problematischer Atemwegsverhältnisse auf der konzentrierten Notfallanamnese, sicheren Zeichen, warnenden Hinweisen und Screening-Verfahren [68].

Anamnese: Als bester Prädiktor für einen schwierigen Atemweg erwiesen sich Probleme bei der Atemwegssicherung bei früheren Narkosen.

Ein eventuell beim Patienten vorhandener Anästhesie-Ausweis ist sehr hilfreich. Atemwegserkrankungen und frühere Operationen im HNO- und Thoraxbereich sind ebenso relevant wie chronische, angeborene oder erworbene, Krankheiten und Missbildungssyndrome [69].

Anzeichen für schwierige/unmögliche Maskenbeatmung: Narben, Tumore, Verletzungen von Lippen und Gesicht, Makroglossie, Bestrahlungsfolgen oder Tumor im Halsbereich, pathologische Veränderungen von Pharynx, Larynx und Trachea, männliches Geschlecht, Alter > 55 Jahre. Zusätzlich Schnarchanamnese bzw. Schlafapnoesyndrom, desolater Zahnstaus, Zahnlosigkeit, Vollbarträger, Mallampati Grad III – IV, deutlich eingeschränkte Protrusion des Unterkiefers, Body Mass Index > 30 kg/m², thyreoentaler Abstand < 6 cm [63].

Anzeichen für schwieriges Einsetzen einer supraglottische Atemwegshilfe: Mundöffnung < 2 cm (Distanz zwischen den Schneidezähnen), Trauma, Narben, Tumor, lokale Entzündungen von Pharynx Larynx [70].

Anzeichen für schwierige/unmögliche direkte Laryngoskopie und Intubation: Schwierige Intubation in der Anamnese. Des Weiteren ist hier eine Vielzahl von Faktoren zu nennen, so Missbildungen des Gesichts, eingeschränkte Kopf-/ Halsbeweglichkeit, Larynx-und Trachealveränderungen, Raumforderungen, erworbene Anomalien, Adipositas und Schwangerschaft [63].

Anzeichen für die schwierige indirekte Laryngoskopie: Eine Aufstellung spezifischer Merkmale, insbesondere bei Verwendung videoassistierter Geräte, beschränkt sich derzeit auf die Feststellung, dass vermehrte Sekret-Bildung und Blut die Sicht behindern und eine hochgradige Einschränkung der Mundöffnung das Einführen des (Video-) Laryngoskops unmöglich macht [63].

Um die Vorhersagbarkeit schwieriger Atemwegsbedingungen zusätzlich zur gründlichen Anamnese und körperlichen Untersuchung zu verbessern, wurden verschiedene Scores entwickelt. Am bekanntesten dürften hier der Test nach Mallampati (Abbildung 18 oben) und die Einteilung des Sichtbefundes der Glottis nach Cormack und Lehane (Abbildung 18 unten) sein.

Der von **Mallampati** 1985 eingeführte und nach ihm benannte klassische Test [71], war ursprünglich in drei Klassen eingeteilt. Zur Untersuchung sitzt der wache Patient und streckt die Zunge bei normaler Kopfhaltung maximal heraus. Dabei wird die Sichtbarkeit der Strukturen des Mund-Rachenraumes in Klasse 1-3 eingeteilt.

In der heute meist verwendeten Modifikation nach Samsoon und Young mit Ausleuchtung des Mund-Rachenraumes werden 4 Klassen beurteilt (Abbildung 18) [72].

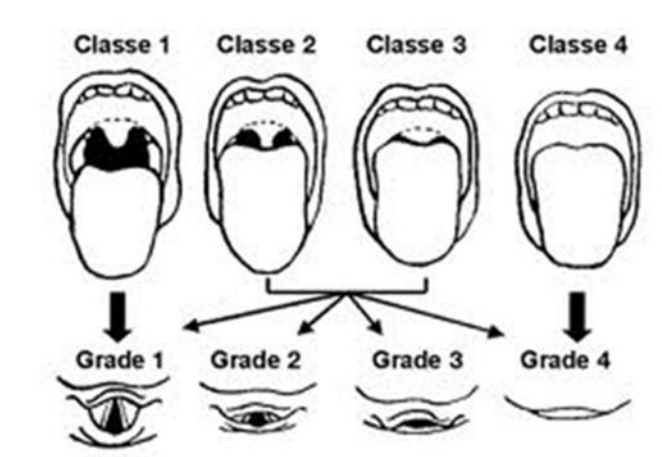


Abbildung 18: Mallampati (oben), Cormack-Lehane (unten)

Die 4-stufige Gradeinteilung nach **Cormack und Lehane** beurteilt die sichtbaren Strukturen der Glottis unter konventioneller, direkter Laryngoskopie (Abbildung 18 unten).

[73]. **Wilson** modifizierte diese, indem er die Befunde in 5 Grade einteilte [74]:

Grad 1: Stimmbänder komplett sichtbar (vordere und hintere Kommissur)

Grad 2: nur die Hälfte der Stimmbänder ist sichtbar (ausschließlich hintere Kommissur)

Grad 3: nur Aryknorpel sichtbar

Grad 4: nur Epiglottis sichtbar

Grad 5: Epiglottis nicht sichtbar

Eine Korrelation mit der direkten Sicht auf die Stimmritze (Klassifikation nach Cormack und Lehane) und somit dem Schwierigkeitsgrad der Intubation ist zwar gegeben aber nicht besonders hoch.

Der Test nach Patil (thyreomentaler Abstand)

Patil publizierte das erste Screening-Verfahren 1983 [75] und bestimmt hierin den Abstand zwischen Schildknorpel und Vorderkante des Unterkiefers bei maximal überstrecktem Kopf.

Bei einer Distanz von weniger als 7 cm muß mit einer schwierigen, wahrscheinlich aber durchführbaren Intubation gerechnet werden, unter 6,5 cm ist die Intubation in aller Regel sehr schwierig und unter Umständen sogar unmöglich.

Das Messkriterium „maximal überstreckter Kopf“ verbietet jedoch die Anwendung bei Patienten mit Verdacht auf ein Trauma der Halswirbelsäule [68] S.245.

Etliche weitere Einzeltests wurden als zusätzliche Prädiktoren für den schwierigen Atemweg entwickelt. Einen Überblick über die Wertigkeit der Kenngrößen der bekanntesten Tests gibt Tabelle 4.

Test	Sensitivität (%)	Spezifität(%)	positiver Vorhersagewert (%)
Patil	32	80	20
Mallampati	42–66	84	4,4
Wilson	42	92	8,9
Sternomentale Distanz	66 – 82	71 – 88	8 – 27

Tabelle 4: Kenngrößen typischer Testverfahren zur Einschätzung einer schwierigen Intubation [68] .

Diese einzelnen gezielten Untersuchungen haben auf Grund ihrer mäßigen Sensitivität und Spezifität nur einen geringen Vorhersagewert für die erschwerte Laryngoskopie. Die Zusammenfassung einzelner Prädiktoren und Würdigung ihrer Häufung ermöglicht jedoch eine bessere Vorhersage ob eine schwierige Atemwegssituation zu erwarten ist. Diese Erkenntnis führte zur Entwicklung verschiedener Punktsysteme und Indices.

Der Wilson Risiko Score ist eines der klassischen Screening-Verfahren. Er klassifiziert in einem Punktesystem neben Körpergewicht und Freiheit der Kopfbewegungen auch verstärkt anatomisch-physiologische Aspekte der Kiefergelenkfunktionen [76, 77]. Weitere nennenswerte multifaktorielle Testverfahren zur Vorhersage einer schwierigen Laryngoskopie, Intubation oder beidem sind der „**Airway Risk Index nach El-Ganzouri**“ [75, S.125, 78, 79], die „**Intubation Difficulty Scale**“ (IDS) nach Adnet et al [80] [75, S. 127] sowie der „**Multifaktor Risiko Index**“ nach Arné et al. [75, S.127, 79, 81]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die Sensitivität durch Zusammenfassung mehrerer Einzeltests deutlich steigern lässt.

2.5.2 Das Vorgehen beim schwierigen Atemweg

Bei Atemstillstand sollte unverzüglich eine suffiziente Beatmung erfolgen. Abhängig vom Können des Helfers wird diese mit Beutel-Maske, extraglottischer Atemwegshilfe oder idealerweise nach endotrachealer Intubation durchgeführt.

Bei Patienten mit stärkerer Dyspnoe und Indikation zur Atemwegssicherung bleibt jedoch etwas Zeit für Präoxygenierung, gezielte Untersuchung und Anamnese [82]. Hierdurch ist auch bei dringlicher Indikation eine Risikominimierung möglich.

Zu unterscheiden ist ob ein erwarteter oder ein unerwarteter schwieriger Atemweg vorliegt. Die Schwierigkeiten können sich auf verschiedenen Ebenen abspielen, der schwierigen bis unmöglichen Maskenbeatmung, der Laryngoskopie und der Intubation. Das Ziel bei der Sicherung schwieriger Atemwege ist nicht die Intubation, sondern die Oxygenierung des Patienten [75].

Beim erwarteten schwierigen Atemweg sollen Bewusstsein und Spontanatmung bis zur Versorgung der Atemwege mit supraglottischem Instrument oder Intubation aufrechterhalten werden. Beim bewusstlosen oder unkooperativen Patienten sollte für diesen Zeitraum wenigstens die Spontanatmung aufrechterhalten werden.

Ist bei Hinweisen auf schwierige oder unmögliche Maskenbeatmung eine Allgemeinanästhesie erforderlich, soll die Atemwegssicherung unter Spontanatmung erfolgen.

Eine medikamentöse Sedierung soll so niedrig dosiert wie möglich durchgeführt werden, um eine Apnoe und / oder Atemwegsverlegung zu verhindern.

Ein unerwarteter schwieriger Atemweg wird auf allen drei oben beschriebenen Ebenen trotz vorheriger Befunderhebung gerade präklinisch bei einer gewissen Anzahl von Patienten vorkommen. Wenn in einem solchen Fall der Patient zwar nicht intubiert, aber über eine Maske suffizient beatmet werden kann, ist die Situation nicht ganz so kritisch.

2.5.3 Das Vorgehen bei der schwierigen Intubation

Die zu erwartende schwierige Intubation ist auf Grund der oben genannten Tests abschätzbar. Alternativen des Atemwegsmanagements können vorher erwogen und vorbereitet werden. Standards sind für einen möglichst ruhigen Ablauf notwendig. Die Indikation zur prähospitalen Intubation gegebenenfalls mit Narkose sollte kritisch, in Absprache mit dem gesamten Team gestellt werden. Die Durchführung der Maßnahmen im Rettungswagen bei guter Beleuchtung und angepasster Temperatur ist, wenn möglich, der Behandlung im Freien oder im Unfallfahrzeug vorzuziehen. Als Nächstes ist zu prüfen, ob sich bei dem Patienten eine suffiziente Beutel-Maskenbeatmung durchführen lässt.

Des Weiteren ist wissenswert ob die Mundöffnung mehr als drei Zentimeter beträgt. Wenn dies der Fall ist, nimmt die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Versorgung mittels Larynxmaske oder – tubus zu. So kann der Patient, selbst wenn eine endotracheale Intubation unmöglich ist, zumindest mit extraglottischen Atemwegshilfen adäquat beatmet werden und die Situation ist bei Weitem nicht so dramatisch.

Timmermann et al. fokussieren in ihren Handlungsempfehlungen für das präklinische Atemwegsmanagement auf 2 Intubationsversuche, die jeweils nicht länger als 30 Sekunden dauern dürfen. Eine Zwischenbeatmung mit Maske soll zwischen diesen Versuchen durchgeführt werden. Gelingt dann die endotracheale Intubation nicht, soll auf alternative Methoden der Atemwegssicherung zurückgegriffen werden [62]. Bei eingeschränkter Sicht auf die Glottis während des Intubationsversuches können nach Optimierung der Lagerung (Jackson Position) das BURP (Backward-Upward- Right- Pressure) und das OELM (Optimal external laryngeal manipulation) – Manöver hilfreich sein [83].

Hilfsmittel für die schwierige endotracheale Intubation sind unter anderem Führungsstäbe deren distales Ende elastisch sein soll, um Verletzungen der Trachea zu vermeiden. Andere Tubus-Einführhilfen sind der sogenannte Eschmann-Bougie, der Cook-Stab oder auch Tubuswechsler [69, 84].

Hilfreich kann auch der Wechsel des Laryngoskop-Spatels sein, so zum Beispiel von Macintosh (Abbildung 8) auf Miller (Abbildung 9) oder McCoy (Abbildung 12) die in dieser Arbeit schon beschrieben wurden.

Zum Management des schwierigen Atemwegs gehört auch die indirekte Laryngoskopie. Neben dem bereits oben erwähnten optischen Intubationsendoskop nach Bonfils (Abbildung 13) wurden weitere optische Intubationshilfen wie das Bullard-Laryngoskop (Abbildung 19) und das Airtraq-Laryngoskop (Abbildung 20) entwickelt.

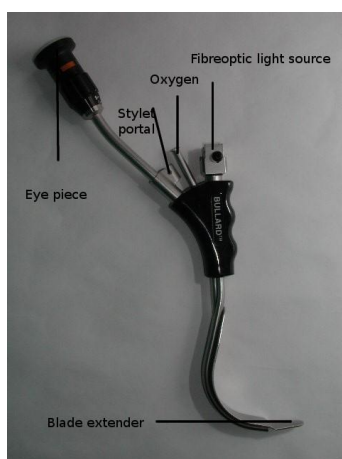


Abbildung 19: Bullard-Laryngoskop



Abbildung 20: Airtraq-Laryngoskop



Abbildung 21: Glidescope



Abbildung 22: Videolaryngoskope

1998 wurde in Kombination mit einem Macintosh-Spatel das Video-Laryngoskop als neues Konzept für die Routine sowie insbesondere die schwierige Intubation vorgestellt.

Mit Einführung des Glidescopes® (Abbildung 21) 2003 begann die rasante Verbreitung und Weiterentwicklung der Videolaryngoskopie (Abbildung 22) [48, 85].

2.6 Das Macintosh-Laryngoskop

Die endotracheale Intubation gilt nach wie vor als „Goldstandard“ [31, 62, 86-88]. Unverzichtbar hierfür ist das entsprechende Instrumentarium, das oben ab 2.3.3 schon ausführlich beschrieben wurde. Hierzu gehört das Intubations-Laryngoskop. Die gebräuchlichste Form ist der Lampengriff mit aufgesetztem Macintosh-Spatel (Abbildung 23). Gerade prähospital besteht immer wieder das Problem, dass Erbrochenes oder nachlaufendes Sekret aus dem Oropharynx schnell und nachhaltig abgesaugt werden muss, um freie Sicht auf die Glottis zu erhalten. Hierzu wurden Hilfsmittel entwickelt, beispielhaft sei der Ambu® Suction Booster (Abbildung 24) genannt, der es ermöglichen soll über den Endotrachealtubus abzusaugen. Allerdings ist die praktische Anwendung mit einer Hand, da die anderen das Laryngoskop hält, schwierig.



Abbildung 23: Laryngoskop mit Macintosh-Spatel

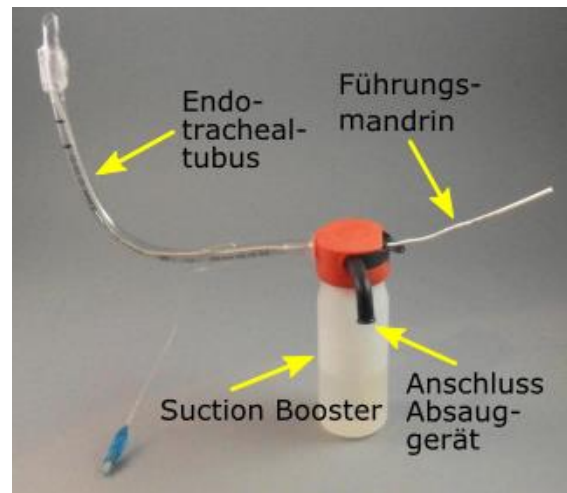


Abbildung 24: Absaugvorrichtung Ambu® Suction Booster"

2.7 Das Absaug-Laryngoskop

Mit dem Ziel, gleichzeitig laryngoskopieren und absaugen zu können, wurde an der Medizinischen Universität Innsbruck ein Absaug-Laryngoskop entwickelt [1]. Ein modifizierter Macintosh Spatel Größe 3 ermöglicht das Einführen eines großlumigen Absaugkatheters über ein seitlich am Spatel angebrachtes Führungsrohr aus rostfreiem Stahl, das über einen Drehpunkt je 15° in vertikaler Richtung schwenkbar ist, die Spitze des Führungsrohres überragt die Spatelspitze nicht, um das Risiko einer Verletzung der Rachenschleimhaut zu minimieren und den Blick auf den Larynx nicht zu behindern. Der Absaugkatheter kann über das Rohr eingeschoben und frei vor und zurück bewegt werden, um so Blut und Erbrochenes unter Sicht absaugen zu können (Abbildung 25).

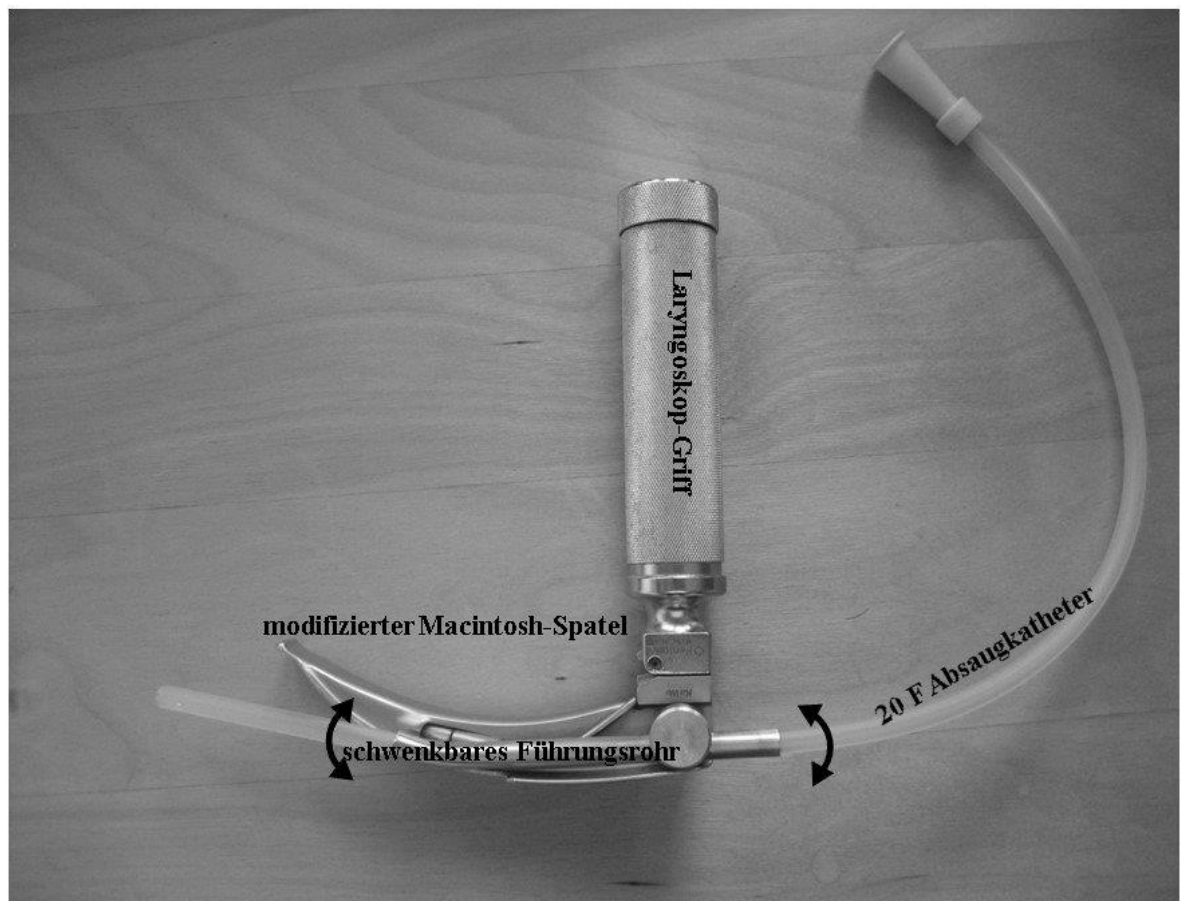


Abbildung 25: Absaug-Laryngoskop mit 20 F Absaugkatheter

2.8 Studienziel

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, Erkenntnisse über die Schnelligkeit und Sicherheit bei der endotrachealen Intubation des schwierigen Atemweges durch Rettungsassistenten und Rettungssanitäter zu gewinnen. Des Weiteren sollte herausgefunden werden, ob die Verwendung des Absaug-Laryngoskops bei der Intubation Vorteile für nichtärztliches Rettungsdienstpersonal bietet. Hierzu wurde in zwei Studien im Modellversuch eine heftige Blutung im Mund-Rachenraum simuliert und verschiedene Methoden des Absaugens während der Laryngoskopie einander gegenübergestellt. Unsere Arbeitshypothese war, dass zwischen den einzelnen Methoden kein Unterschied besteht.

3. Material und Methoden

Beide Studien, I und II, fanden in den Räumen der Rettungswache des Kreisverbandes Augsburg-Land des Bayerischen Roten Kreuzes am Notarztstandort Zusmarshausen statt. Es handelte sich um randomisierte, prospektive Probandenstudien an einem Patientensimulator. Das Studiendesign beinhaltete zwei Untersuchungen mit zwei verschiedenen Teilnehmergruppen.

Zum einen fand in Studie I eine vergleichende Untersuchung zwischen der Intubation mit dem Absaug-Laryngoskop mit integriertem Absaugkatheter (Abbildung 25) gegenüber der herkömmlichen Intubation mit Macintosh-Laryngoskop und getrennter Absaugeinheit statt. Zum anderen wurde in Studie II eine vergleichende Untersuchung mit direktem Führen des Absaugkatheters über den Endotrachealtubus (Abbildung 30) gegenüber der Standardmethode mit Macintosh-Laryngoskop und getrenntem Absaugkatheter durchgeführt. Die Untersuchungen wurden nach Gruppen an drei aufeinander folgenden Tagen durchgeführt. Vorteilsnahme der nachfolgenden Gruppe gegenüber den Vorgängern war durch die Studienstruktur ausgeschlossen. Da die Studie an einem Patientensimulator ohne Patientenkontakt durchgeführt wurde und zu keiner Zeit eine Gefährdung der Teilnehmer bestand, entschied die Ethikkommission, dass eine Genehmigung ihrerseits in diesem Fall nicht erforderlich sei.

3.1 Patientensimulator

An der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin der Medizinischen Universität Innsbruck modifizierten Wenzel et al. einen Atemwegstrainer (Economy Adult Airway Management Trainer, Simulaids, Inc. Woodstock, NY), um eine schwere Blutung aus den oberen Atemwegen simulieren zu können (Abbildung 26). Diesen verwendeten wir so auch in unseren Studien.



Abbildung 26: Modifizierter Atemwegstrainer

Hierbei fließt aus einem Kanister mit 20 Liter Volumen kontinuierlich schwarzer Kaffee durch Schläuche über die Nasenlöcher in den Nasopharynx mit einer standardisierten Flussgeschwindigkeit von 500 Milliliter pro Minute und erschwert so die Sicht bei der Intubation (Abbildung 27).



Abbildung 27: Atemwegstrainer mit Flüssigkeit

3.1.1 Versuchsaufbau

In dem Szenario einer schweren Blutung aus den oberen Atemwegen wurde in Studie I die Anwendung eines Standard Macintosh-Laryngoskops mit einem Spatel Größe 3 und einem Absaug-Laryngoskop mit einem Spatel Größe 3 einander gegenübergestellt. Zur Intubation wurden Mallinckrodt™ - Endotrachealtuben mit Cuff und einem Innendurchmesser von 8,5 Millimeter verwendet. In Studie II wurde die zweihändige Standardmethode mit Macintosh-Laryngoskop und getrenntem Absaugkatheter durchgeführt. In randomisierter Reihenfolge erfolgte die Gegenüberstellung mit einer Intubation ebenfalls mit Standard Macintosh-Laryngoskop, allerdings mit Absaugen über einen, in den Tubus eingelegten, Absaugkatheter. Als Absaugkatheter wurden in beiden Studien 20 French Silicon Katheter (Firma Seidel Medizin, Buchendorf, Deutschland) verwendet. Die Absaugkatheter wurden jeweils mit einer Vakuumpumpe mit 0,8 bar (Medela, Fluid Management System, Dominant 50) verbunden.

Der Versuchsaufbau (Abbildung 28) bestand aus einer Halterung für den Kanister, der den Kaffee enthielt, mit der Schlauchleitung zum Intubationsphantom, dem Absauggerät, den beschriebenen Laryngoskopen, den Endotrachealtuben, Absaugkathetern, Stoppuhr und Verbrauchsmaterial zur Reinigung.

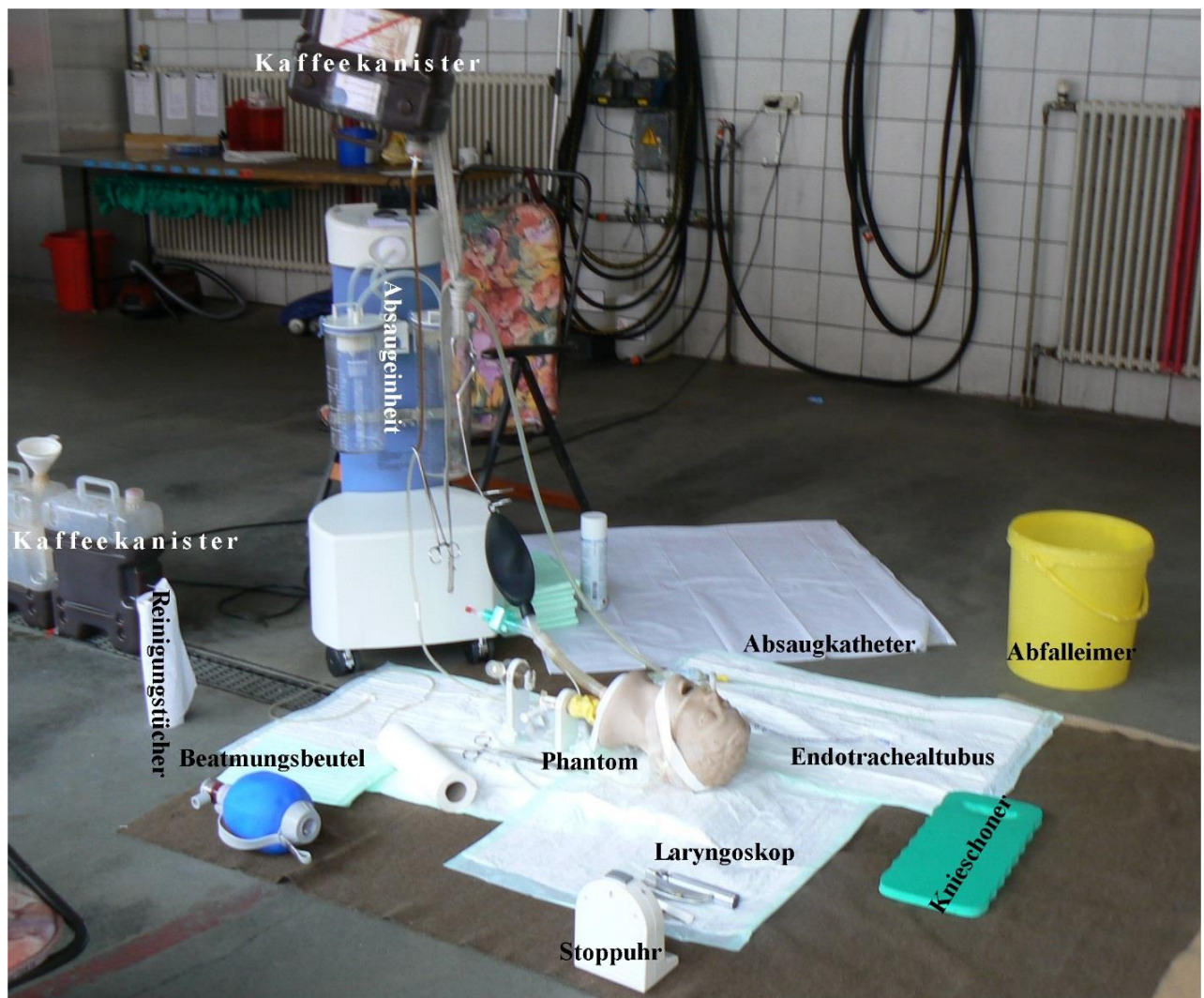


Abbildung 28: Versuchsaufbau

3.2 Studie I: Absaug-Laryngoskop versus Macintosh-Laryngoskop

In dieser Untersuchung wurde wie oben beschrieben die Anwendung der Standardintubation mit Macintosh-Laryngoskop und getrenntem Absaugkatheter mit derjenigen mit dem Absaug-Laryngoskop verglichen.

3.2.1 Studienteilnehmer

An der Studie I (Absaug-Laryngoskop versus Macintosh-Laryngoskop) nahmen insgesamt 34 nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter, davon 20 Rettungsassistenten und 14 Rettungssanitäter, freiwillig teil. Alle haben die Erlaubnis zur Intubation im Rahmen der Notkompetenz.

3.2.2 Versuchsablauf

Das Studienprotokoll und die Handhabung des Absaug-Laryngoskops wurde den Probanden in einer einstündigen Unterweisung mittels Power Point-Präsentation: „Schwieriges Atemwegs-Management“ theoretisch erklärt. Alle unterzeichneten eine Einverständniserklärung. Keiner der Teilnehmer durfte das Absauglaryngoskop vor Versuchsbeginn praktisch anwenden. Anschließend führte jeder die Intubation an dem Modell mit simulierter Blutung aus den oberen Atemwegen durch. In randomisierter Reihenfolge wurde diese einmal unter Verwendung des Macintosh-Laryngoskops in der linken und dem Absaugkatheter in der rechten Hand, das andere Mal mit dem Absauglaryngoskop mit eingeführtem Absaugkatheter in der linken und dem Tubus in der rechten Hand durchgeführt (s. Abbildung 29). Die Zeit vom Aufnehmen des Laryngoskops bis zur Platzierung und Blocken des Tubus-Cuffs wurde gemessen und notiert. Die Tubuslage wurde durch Ventilation mittels Beatmungsbeutel durch die Studienleiter überprüft. Die Anzahl der korrekten endotrachealen Intubationen gegenüber der Anzahl der ösophagealen Fehllagen wurde registriert. Nach Durchführung der Studie füllte jeder Teilnehmer einen Fragebogen aus. Hier wurde die Anzahl der in den letzten 12 Monaten durchgeführten Intubationen abgefragt, außerdem entsprechend einer früheren Studie, die Benutzerfreundlichkeit des Absaug-Laryngoskops auf einer visuellen Analogskala (von 0 = extrem leicht bis 10 = extrem schwer).



Abbildung 29: Intubation mit Absaug-Laryngoskop

3.2.3 Statistische Analyse Studie I

Für die statistische Analyse wurde SPSS 15.0 statistical Package (SPSS 15, SPSS Inc.; Chicago, IL) verwendet. Eine Power Analysen Berechnung war auf der Basis einer früheren Studie [2] mit gelegentlich am Notarztdienst teilnehmenden Ärzten kalkuliert. Wir ermittelten eine Größe von $n = 31$ um statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen auf einem zweiseitigen Alpha Level von 0,05 mit 80 % statistischer Power zu zeigen. Hierbei erfolgte die Bemessung der Normalverteilung der Daten mit dem Kolmogorov-Smirnov Test. Unter Verwendung des Student's t-Test für gepaarte Daten wurde die Dauer der Intubationsversuche analysiert. Die Auswertung des Intubationserfolges erfolgte mit dem McNemar-Test. Die Bemessung der Benutzerfreundlichkeit der Geräte wurde mit dem Wilcoxon-Test vorgenommen. Als Signifikanzniveau wurde ein zweiseitiger P-Wert von $<0,05$ zu Grunde gelegt. Für die Auswertung der Probandendaten unter 4.1.1.1 wurde zuletzt Microsoft Excel 2013 verwendet.

3.3 Studie II: Absaugen durch den Tubus

Am gleichen, bereits in Studie I verwendeten Versuchsaufbau wurde die Anwendung der zweihändigen Standardmethode mit Macintosh-Laryngoskop und getrenntem Absaugkatheter durchgeführt. Im Vergleich hierzu erfolgte in randomisierter Reihenfolge eine Intubation ebenfalls mit dem Macintosh-Laryngoskop, allerdings mit Absaugen über einen in den Endotrachealtubus eingelegten Absaugkatheter (Abbildung 30).



Abbildung 30: Endotrachealtubus mit Absaugkatheter [89]

3.3.1 Studienteilnehmer

An Studie II (Standardverfahren mit Macintosh – Laryngoskop versus Absaugen durch den Tubus) nahmen insgesamt 41 nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter teil. Hiervon waren 28 Rettungsassistenten und 13 Rettungsanitäter. Diese hatten am Studienteil I nicht teilgenommen. Alle Teilnehmer haben die Erlaubnis zur Intubation im Rahmen der Notkompetenz.

3.3.2 Versuchsablauf

Das Studienprotokoll und die Versuchsbedingungen wurden ihnen im Rahmen einer einstündigen theoretischen Unterweisung mittels PowerPoint-Präsentation vorgestellt. Anschließend führten sie am oben beschriebenen Patientensimulator randomisiert, in abwechselnder Reihenfolge zweimal die Intubation durch.

Einmal erfolgte diese in herkömmlicher Art und Weise mit Macintosh-Laryngoskop in der einen Hand und dem Absaugkatheter in der anderen Hand (Standardverfahren), das andere Mal mit Macintosh-Laryngoskop in der einen und dem in den Tubus eingeführtem Absaugkatheter in der anderen Hand (Abbildung 31).

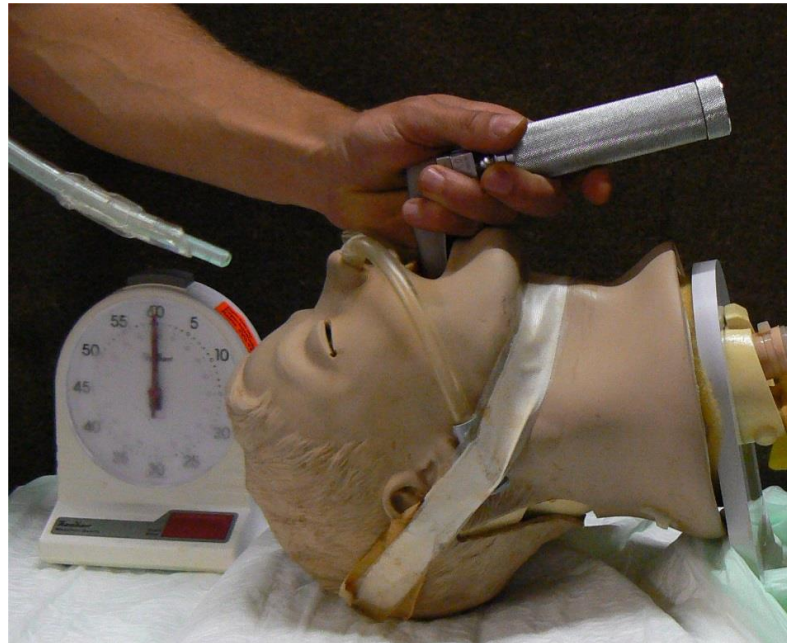


Abbildung 31: Intubation mit Absaugkatheter im Tubus

Die Zeit vom Aufnehmen des Laryngoskops bis zur Platzierung und zum Blocken des Tubus-Cuffs wurde gemessen und notiert. Die Tubuslage wurde von den Studienleitern durch Ventilation mittels Beatmungsbeutel überprüft. Die Anzahl der tracheal platzierten gegenüber den ösophageal platzierten Intubationen wurde registriert.

3.3.3 Statistische Analyse Studie II

Die statistische Analyse wurde ebenfalls mit SPSS 15.0 statistical package (SPSS, Chicago, IL) durchgeführt. Basierend auf der oben genannten früheren Studie schätzten wir auch hier eine Stichprobengröße von 31 Teilnehmern, um 30 % Unterschied im Intubationserfolg zwischen beiden Anwendungen, mit einer statistischen Power von 80 % und einem 2-seitigen Alpha Level von 5% zu ermitteln. Der Medianwert aller Daten wurde erstellt (IQR, CI 95 %). Für Normalverteilung und Konstanten wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test verwendet. Für die Abweichung vom Normalwert und die Zeitdauer der Intubationsversuche wurde der Wilcoxon-Test verwendet.

Der Intubationserfolg wurde unter Verwendung des McNemar-Tests analysiert. Ein zweiseitiger p-Wert $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant angenommen. Für die Auswertung der Probandendaten unter 4.2.1.1 wurde zuletzt Microsoft Excel 2013 verwendet.

4. Auswertung und Ergebnisse

Die statistische Analyse und die Ergebnisse werden für Studie I und Studie II getrennt aufgeführt.

4.1 Studie I: Absaug-Laryngoskop versus Macintosh-Laryngoskop

4.1.1 Ergebnisse

4.1.1.1 Probandendaten

Die erfassten Daten der Teilnehmer an Studie I sind in Tabelle 5 dargestellt.

Anzahl der Probanden: Gesamt n = 34		SD = Standardabweichung		
	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Alter in Jahren	32	8,0	21	54
Anzahl der Intubationen am Patienten in den letzten 12 Monaten	1,0	1,8	0	8
Anzahl der Intubationen am Phantom in den letzten 12 Monaten	4,3	6,0	0	25

Tabelle 5: Probandendaten Studie I: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop

4.1.1.2 Versuchsergebnisse

Der Gebrauch des Absaug-Laryngoskops führte zu einer signifikant geringeren Anzahl von ösophagealen Fehlintubationen, siehe Tabelle 6 und Abbildung 32. Die Zeit, die zur Intubation mit dem Absaug-Laryngoskop verwendet wurde, war signifikant kürzer im Vergleich zur Verwendung des Macintosh-Laryngoskops, siehe Tabelle 7 und Abbildung 33. Das Absaug-Laryngoskop wurde in der Handhabung im Vergleich zur Macintosh-Methode als signifikant leichter bewertet, siehe Tabelle 8.

Intubationserfolg			
Absaug-Laryngoskop		Macintosh-Laryngoskop	
Tracheal	Ösophageal	Tracheal	Ösophageal
31/34 [91 %]	3/34 [9 %]	23/34 [68 %]	11/34 [32 %]
P = 0,021			

Tabelle 6: Intubationserfolg: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop

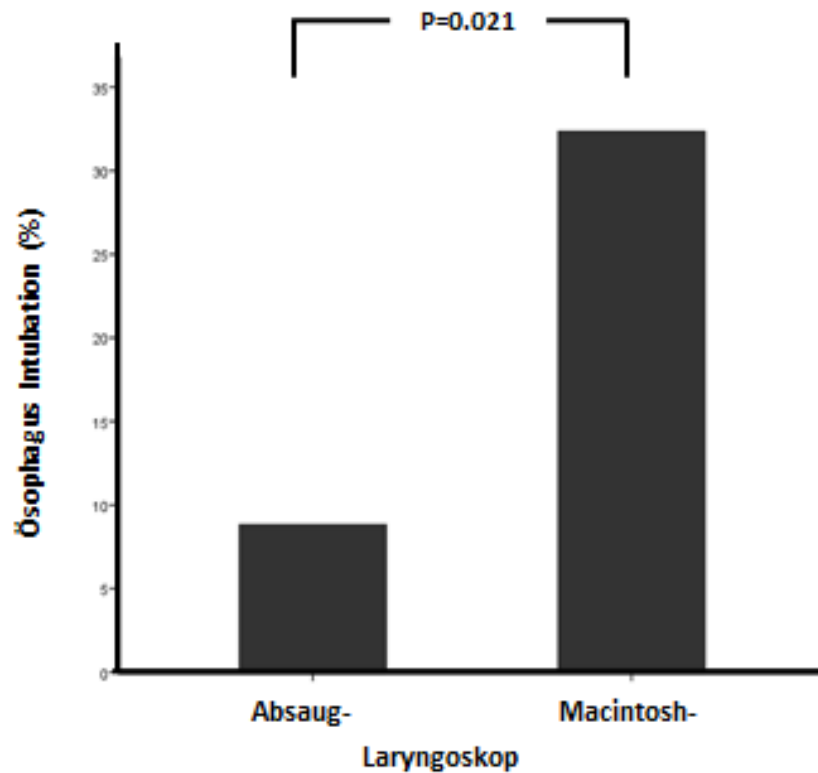


Abbildung 32: Ösophageale Fehllage in %: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop

Zeit für die Intubation

Absaug-Laryngoskop		Macintosh-Laryngoskop		P = 0, 041
Mittelwert	Standardabweichung (SD)	Mittelwert	Standardabweichung (SD)	
50	15	58	27	

Tabelle 7: Zeitaufwand für die Intubation in Sekunden: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop

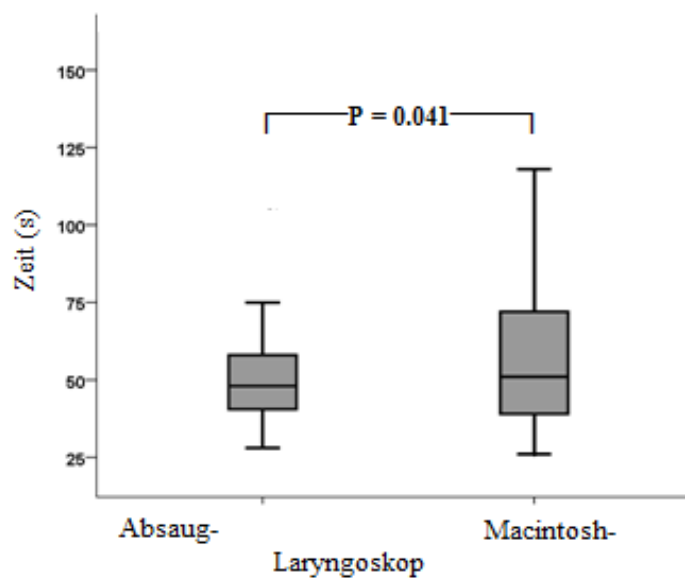


Abbildung 33: Die zur Intubation benötigte Zeit in Sekunden bei Verwendung des Absaug-Laryngoskops oder des Macintosh-Laryngoskops

Handhabung

	Absaug-Laryngoskop	Macintosh-Laryngoskop	
Median	1	6	$p = < 0,05$
Quartilenabstand (IQR)	0-2	5-8	$p = < 0,05$
Spannweite (Range)	0-4	2-10	$p = < 0,05$

Tabelle 8: Handhabung des Absaug-Laryngoskops vs. Macintosh-Laryngoskop (0 = extrem leicht, 10 = extrem schwer)

4.2 Studie II Absaugen durch den Tubus versus Standardverfahren mit Macintosh-Laryngoskop

4.2.1 Ergebnisse

4.2.1.1 Probandendaten

Das Durchschnittsalter der Studienteilnehmer betrug 31 Jahre (Min/Max 18 – 50; SD 9), die Anzahl der Intubationen im realen Einsatz in den letzten 12 Monaten wurden mit einem Mittelwert von 2 ermittelt (SD 3; Min/Max 0 – 15), die am Intubationsphantom mit 12,07 (SD 21; Min/Max 0 - 100), (s. Tabelle 9).

Anzahl d. Probanden Gesamt n = 41

	Mittelwert	SD	Minimum	Maximum
Alter in Jahren	31	9	18	50
Anzahl der Intubationen am Patienten in den letzten 12 Monaten	2	3	0	15
Anzahl der Intubationen am Phantom in den letzten 12 Monaten	12	21	0	100

Tabelle 9: Probandendaten Studie II: Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren

4.2.1.2 Versuchsergebnisse

Es ergab sich kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Fehlintubationen zwischen dem Absaugen über den Tubus und dem Standardverfahren siehe Tabelle 10 und Abbildung 34. Das Absaugen durch den Tubus benötigte jedoch signifikant mehr Zeit im Vergleich zum Standardverfahren siehe Tabelle 11 und Abbildung 35.

Intubationserfolg

Absaugen durch den Tubus		Standardintubation		
Tracheal	Ösophageal	Tracheal	Ösophageal	
33/41 [80 %]	8/41 [20 %]	35/41 [85 %]	6/41 [15 %]	P = 0,688

Tabelle 10: Intubationserfolg: Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren

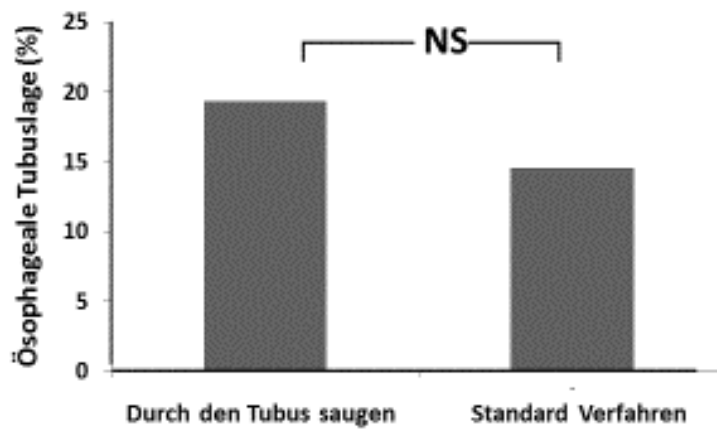


Abbildung 34: Intubationserfolg: Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren.
NS = Nicht Signifikant

Das Absaugen durch den Tubus benötigte jedoch signifikant mehr Zeit im Vergleich zum Standardverfahren siehe Tabelle 11 und Abbildung 35.

Zeit für die Intubation

Absaugen durch den Tubus		Standardintubation		
Median	42 sec	Median	33 sec	P = 0.015
IQR	20 sec	IQR	15 sec	P = 0.015
CI 95 %	39 – 60 sec	CI 95 %	35 – 48 sec	P = 0,015

Tabelle 11: Die zur Intubation benötigte Zeit in Sekunden bei Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren

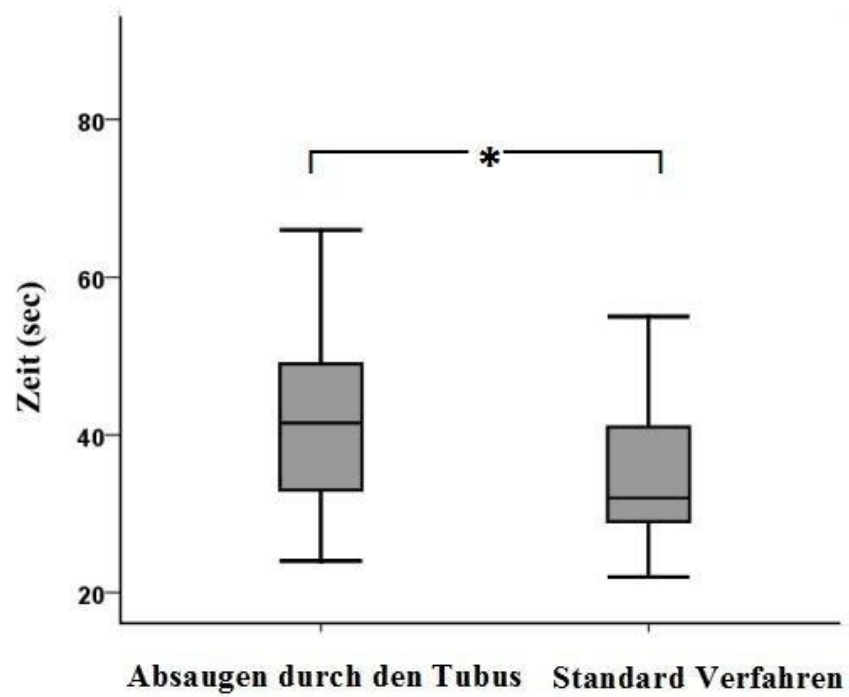


Abbildung 35: Die zur Intubation benötigte Zeit bei Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren. * $p < 0,05$

5. Diskussion

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

5.1.1 Ziel, Ergebnis und Limitation von Studie I

Unsere Studie mit dem Innsbrucker Absaug-Laryngoskop sollte klären, ob von diesem auch nichtärztliches Rettungsdienstpersonal bei der endotrachealen Intubation profitiert. Des Weiteren sollten auch nähere Erkenntnisse über die Schnelligkeit und Sicherheit dieses Personals bei der endotrachealen Intubation des schwierigen Atemwegs im Allgemeinen gewonnen werden. Die Ergebnisse unserer Arbeit zeigen in der Studie Absaug-Laryngoskop versus Standardmethode mit Macintosh-Laryngoskop eine signifikant geringere Anzahl von ösophagealen Fehlintonationen, ebenso war die zur Intubation verwendete Zeit signifikant kürzer und die Anwenderfreundlichkeit höher. Hieraus lässt sich schließen, dass das Absaug-Laryngoskop auch für nichtärztliches Rettungsdienstpersonal eine deutliche Erleichterung in der Bewältigung des schwierigen Atemwegs bei nachlaufender Flüssigkeit darstellen könnte [90].

Die Limitation dieser Studie ergab sich aus unvermeidbaren Übungskünstlichkeiten. Die Simulation von Blut, Mageninhalt und Erbrochenem ist schwierig, so dass wir uns entschlossen, wie auch in den vorhergehenden Studien [1, 2] im Versuchssetting dies durch Kaffee mit einem hohen Flow umzusetzen. Es ist sicher richtig, dass ein Sekretfluss von 500 ml in der Minute ein extremes Ereignis ist, das nur durch so schwere Verletzungen induziert wird, die von vornherein eine obsoleete Prognose haben und eine wie auch immer geartete Intervention überflüssig machen könnten.

Dies ist jedoch so kaum diskutabel, da einerseits der Versuch, adäquate Hilfe zu leisten, nie unterlassen werden darf, andererseits gerade bei einem so raschen Nachlaufen von wie auch immer zusammengesetzter Flüssigkeit in den Atemwegen eine möglichst optimale Absaugmöglichkeit mit schnellstmöglicher Intubation die einzig richtige Möglichkeit darstellt, eine weitere Aspiration zu verhindern. Allerdings können auch mit einem noch so großlumigen Katheter grobe Speisereste und Blutkoagel nicht einfach abgesaugt werden, sondern bedürfen der manuellen Ausräumung. In den Studien verzichteten wir, ressourcenschonend, auf das Tragen von Handschuhen, welches aber im realen Einsatz obligat ist. Des Weiteren bestanden Einschränkungen darin, dass Maßnahmen, die an einem Patientensimulator stattfinden nicht ohne weiteres auf die Notfallmedizinische Realität übertragbar sind. Andererseits sind solche Studien am Patienten ethisch und praktisch nur schwer umsetzbar.

5.1.1.1 Frühere Untersuchungen mit dem Innsbrucker Absaug-Laryngoskop

An der Medizinischen Universität Innsbruck wurde ein Absaug-Laryngoskop entwickelt, das im Abschnitt 2.7 dieser Arbeit beschrieben wurde. Es unterscheidet sich von anderen oben genannten Laryngoskopen mit Absaugvorrichtung durch das schwenkbare Führungsrohr, den großlumigen Absaugkatheter (20 F) und die Möglichkeit, rasch große Mengen Blut, Sekret aus den Atemwegen zu entfernen. Bei einer Studie, die 2008 an der Medizinischen Universität Innsbruck durchgeführt und veröffentlicht wurde [1], intubierten 44 Medizinstudenten ein Phantom mit simulierter schwerer Blutung in den Atemwegen randomisiert, einmal mit diesem Absaug-Laryngoskop sowie herkömmlich mit dem Macintosh-Laryngoskop. Die für die Intubation verwendete Zeit betrug im Mittelwert 43 Sekunden gegenüber 52 Sekunden. Der Unterschied war nicht signifikant, die Zahl der Fehlintubationen jedoch mit 6 von 44 mit dem Absaug-Laryngoskop gegenüber 19 von 44 mit dem Macintosh-Laryngoskop durchaus.

An einer Studie, die ebenfalls an der Medizinischen Universität Innsbruck durchgeführt und 2009 [2] veröffentlicht wurde, nahmen achtzehn Ärzte mit regelmäßiger und 24 Ärzte mit gelegentlicher Rettungsdienst-Erfahrung teil. Sie intubierten auch einen Atemwegstrainer mit simulierter schwerer Blutung in den Atemwegen in zufälliger Reihenfolge einmal mit dem Absaug-Laryngoskop und einmal mit dem Macintosh-Laryngoskop. Es ergab sich, dass bei Ärzten mit regelmäßiger Rettungsdienst-Erfahrung, im Vergleich zwischen dem Absaug-Laryngoskop und dem Macintosh-Laryngoskop weder ein signifikanter Unterschied in der zur Intubation benötigten Zeit: 34 s gegenüber 34 s noch in der Zahl der ösophagealen Fehlintubationen 0/18 vs. 3/18, bestand. Bei den Ärzten mit gelegentlicher Rettungsdienst-Erfahrung gab es keinen signifikanten Unterschied in der für die Intubation erforderlichen Zeit: 42 gegenüber 45 Sekunden. Bei Verwendung des Absaug-Laryngoskops war jedoch die Zahl der ösophagealen Fehlintubationen mit 4/24 deutlich niedriger als bei Anwendung der Standardmethode mit dem Macintosh-Laryngoskop mit 12/24. Zusammenfassend wurde festgestellt, dass bei Ärzten mit gelegentlicher Teilnahme am Rettungsdienst unter Verwendung des Absaug-Laryngoskops an einem Modell mit simulierter schwerer Atemwegsblutung, die Wahrscheinlichkeit von ösophagealen Intubationen signifikant verringert war.

Im Vergleich mit den beiden anderen Studien, die mit dem Innsbrucker Absaug-Laryngoskop gemacht wurden, profitierten auch unsere Studienteilnehmer deutlich von diesem Gerät.

5.1.1.2 Atemwegs-Management mit Absaug-Laryngoskopen

Da eine unbestrittene Voraussetzung für jede Art von Atemwegssicherung freie Atemwege mit Entfernung von Sekreten, Blut und Erbrochenem sind, muss dies in jedem Fall vorab auch durch Absaugen gewährleistet werden.

Problematisch ist hierbei mit einer Hand erst den Absaugkatheter zu führen und anschließend den Tubus aufzunehmen, während mit der anderen Hand das Laryngoskop gehalten wird. Zur Erleichterung wurden auch anderenorts vielfach modifizierte Laryngoskopspatel mit Absaugvorrichtung entwickelt [91-100].

Sie sollen ermöglichen, mit einer Hand zu laryngoskopieren und abzusaugen um die direkte Sicht auf die Glottis und mit der anderen Hand den Endotrachealtubus zu führen. Nachteilig bei diesen früheren Entwicklungen war, dass nur steife oder relativ dünne Absaugkatheter verwendet werden konnten. In jüngerer Zeit wurden jedoch auch in Videolaryngoskope entsprechende Absaugvorrichtungen integriert und Studien hierüber veröffentlicht [101-103], [104], [105]

5.1.2 Ziel, Limitation und Ergebnis von Studie II

Die Effektivität einer bis jetzt kaum beachteten Technik des Absaugens mit Absaugkatheter durch den Tubus im Vergleich zu dem Standardverfahren mit Macintosh-Laryngoskop und separatem Absaugkatheter wurde, aufgeteilt auf zwei Tage, mit insgesamt 41 nichtärztlichen Rettungsdienstmitarbeitern am Patientensimulator untersucht [106].

Es ergab sich kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Fehlintonationen zwischen dem Absaugen über den Tubus der Standardverfahren mit dem Macintosh-Laryngoskop 8/41 gegenüber 6/41. Allerdings benötigte das Absaugen über den Tubus signifikant mehr Zeit im Vergleich zum Standardverfahren.

Diese Methode wurde soweit bekannt in dieser Form von uns erstmalig durchgeführt. Die Aussagekraft war durch die oben schon beschriebenen Übungskünstlichkeiten begrenzt. Es ergaben sich in jeder Hinsicht Werte die diese Methode als nicht sinnvoll oder bereichernd erscheinen lassen. Abgesehen davon wird bei dieser Methode unumgänglich das Tubuslumen mit Absaugmaterial kontaminiert, was die hygienischen Grundlagen für eine schonende, risikoarme Beatmung zusätzlich beschädigt.

5.2 Stellenwert der präklinischen Intubation

Algorithmen zur notfallmedizinischen Versorgung von Schwerverletzten oder Schwerkranken wie beispielshalber im Prehospital Trauma Life Support oder Advanced Trauma Life Support gehen nach dem ABCDE – Schema vor. Hier steht A für Airway = Atemwege, B für Breathing = Atmung/Belüftung, C für Circulation = Kreislauf, D für Disability = neurologische Auffälligkeiten und E für Environment/Exposure = umgebende Faktoren, weitere Untersuchung. Die vorrangige Bedeutung des Atemwegsmanagements kommt so zum Ausdruck.

Auch in der aktuellen S3 – Leitlinie zur Polytrauma-Versorgung wird die Sicherung der Atemwege sowie die Oxygenierung des Patienten möglichst durch endotracheale Intubation bereits in der präklinischen Phase als essentiell erkannt[38, 59, 107]. Diese hat sich seit Jahrzehnten bewährt. Sie ist heute nach wie vor Goldstandard im Atemwegsmanagement und wird als eine zentrale therapeutische Maßnahme in der Notfallmedizin gesehen. Durch sie alleine ist bei kunstgerechter Durchführung ein sicherer Aspirationsschutz gegeben und die optimale Oxygenierung und Beatmung gewährleistet[31, 62, 87, 88, 108].

5.2.1 Häufigkeit der präklinischen Intubation

Die adäquate Durchführung der endotrachealen Intubation erfordert ein großes Maß an Erfahrung und Training. Genzwürker et al. verglichen 2010 drei bodengebundene Notarztstandorte hinsichtlich ihrer Intubationshäufigkeit pro Jahr [109]. Hierbei ergab sich retrospektiv bei vergleichbaren Inzidenzen für einen urbanen, rein anästhesiologisch besetzten Standort mit 31 Notärzten/3241 Einsätzen im Einjahreszeitraum eine mittlere Intubationshäufigkeit von 6,7 pro Jahr. Für einen urbanen, interdisziplinär besetzten Standort mit 27 Notärzten/2255 Einsätzen im gleichen Zeitraum betrug diese 4,7 pro Jahr und für einen ländlichen, interdisziplinär mit 47 Notärzten/2804 Einsätzen besetzten Standort im Zweijahreszeitraum 1,7. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass die individuelle Intubationshäufigkeit so gering war, dass ohne zusätzliche klinische Tätigkeit eine angemessene Routine nicht möglich sei. Eine von Russo et al. 2010 veröffentlichte Literaturrecherche [110] ergab, dass Paramedics in den USA nach abgeschlossener Ausbildung nur je 5 -12 Intubationen/Jahr durchführten [111, 112]. Ähnlich niedrige Zahlen wurden auch für Großbritannien festgestellt. Hier wurde von 1-7 präklinischen Intubationen pro Paramedic und Jahr berichtet [113-115].

Gries et al. werteten in ihrer Arbeit „Einsatzrealität im Notarztdienst“ [116] beziehungsweise „Realistische Bewertung des Notarztdienstes in Deutschland“ [117] die minimalen Notarzt-einsätze 80.000 bodengebundene und 47.000 luftgestützte Notarzteinsätze aus und ermittelten, dass eine kardiopulmonale Reanimation und Intubation durchschnittlich alle 0,5 – 1,5 Monate vom einzelnen Notarzt durchgeführt wird.

5.2.2 Komplikationshäufigkeit bei der präklinischen Intubation

Es besteht kein Zweifel, dass die endotracheale Intubation gerade im Management des schwierigen Atemwegs je nach Ausbildungsstand und Erfahrung des Anwenders erhebliche Probleme bereiten oder gar scheitern kann. Katastrophale Folgen der Intubation wie Hypoxie und Tod können aus einer nicht erkannten ösophagealen Tubusfehlage resultieren [52].

So stellten Timmermann et al. 2007 fest, dass sich bei einer Gruppe von 149 Patienten, die innerhalb einer 5-Jahresperiode von Notärzten prähospital intubiert wurden in 10 Fällen (6,7 %) eine ösophageale Fehllage bestand und bei 16 (10,7 %) Patienten der Tubus im rechten Hauptbronchus lag [118]. Katz et al. beobachteten 2001 bei 108 von Paramedics intubierten Patienten in 25 % (27/108) eine Tubusfehlage.

Hiervon befand sich in 67 % (18/27) der Tubus im Ösophagus, in 33 % (9/27) lag die Spitze des Tubus oberhalb der Stimmbänder [119]. Jemmet et al. veröffentlichten 2003 eine prospektive Beobachtungsstudie von prähospital durch Rettungsdienstpersonal durchgeführten endotrachealen Intubationen in einem Zeitraum von 14 Monaten [120]. Hier fanden sich in 12% (13 von 109) primäre unerkannte Tubus-Fehllagen, davon 9 % (10 von 109) im Ösophagus, 2% (2 von 109) im rechten Hauptbronchus und 1 % (1 von 109) oberhalb der Stimmbänder.

Byhan et al berichteten 2007 basierend auf einer Literatur-Recherche, dass die Erfolgsrate der endotrachealen Intubation in der präklinischen Notfallmedizin bei maximal 2 Intubationsversuchen in arztbesetzten Rettungssystemen kumulativ zwischen 88 % und 96 % beträgt. Wenn jedoch präklinisch ein Paramedicsystem vorgehalten wird, sinkt diese Erfolgsrate auf bis zu 50 % [121, 122]. Jones et al. registrierten 2004 eine erhebliche Fehlintonationsrate bei nicht-ärztlichem Rettungsdienstpersonal (Ground Paramedics). Bei 208 präklinischen endotrachealen Intubationen lagen 12 (5,8 %) Endotrachealtuben außerhalb der Trachea. [55].

5.2.3 Überprüfung des Intubationserfolges

Ein besonders wichtiger Punkt bei allen Methoden ist die möglichst hundertprozentige Bestätigung einer korrekten Intubation. Dies kann durch den konsequenten Einsatz der Kapnometrie gewährleistet werden. Diese Geräte gehören heute zur Standardausrüstung eines Notarzteinsetzungsfahrzeuges. Die ERC/GRC Guidelines 2015 [35, 36] weisen darauf hin, dass die Kapnographie routinemäßig zur Überprüfung der Tubuslage und zum Monitoring der Beatmungsfrequenz eingesetzt werden soll. Zusätzlich sind die klinische Beobachtung und die pulmonale Auskultation des Patienten erforderlich, um die seitengleiche Ventilation zu gewährleisten.

5.2.4 Befähigung zur Intubation

Eine Untersuchung von Thierbach et al. [56] evaluierte den Intubationserfolg bei 598 Patienten in einem rein mit Anästhesisten besetzten Notarztsystem. Bei 85,4 % aller Patienten gelang hier die Intubation im ersten Versuch, bei 2,7 % waren mehr als 2 Versuche erforderlich und bei 1,5 % musste nach dem dritten erfolglosen Intubationsversuch auf supralaryngeale Hilfsmittel wie den Kombitubus oder eine Larynxmaske oder sogar eine Notfallkoniotomie zurückgegriffen werden. Deshalb müssen alternative Methoden zur Atemwegssicherung vorgehalten werden [64, 123].

Laut der von Timmermann et al. veröffentlichten Handlungsempfehlungen für das präklinische Atemwegsmanagement 2012, ist die endotracheale Intubation nur dann anzuwenden wenn wenigstens 100 Intubationen zum Erlernen der Technik unter Aufsicht durchgeführt sowie dokumentiert wurden und nachfolgend mindestens zehn Intubationen pro Jahr durchgeführt werden. Extraglottische Atemwegshilfsmittel sollten verwendet werden wenn keine ausreichende Erfahrung in der endotrachealen Intubation besteht.

Die Kontrolle der Tubuslage sollte obligat mit Kapnographie erfolgen [62]. In einer Literaturübersicht entsprechender Artikel kamen Bernhard et al. zu dem Ergebnis, dass der „erste Schuss“ oft der beste sei [124]. Das heißt, dass nach guter, adäquater Vorbereitung möglichst der erste Intubationsversuch erfolgreich sein sollte, da bei jedem weiteren die Gefahr von Komplikationen zunimmt [125]. Bereits im Jahr 2000 wurde von der International Liaison Committee on Resuscitation eine jährliche Intubationsrate von 6 – 12 angesetzt um eine erfolgreiche Durchführung sicherzustellen [126]. Inwieweit diese Zahl ausreicht, um im präklinischen Bereich die a priori als schwierig zu erwartende Intubation eines nicht nüchternen Notfallpatienten erfolgreich durchzuführen, muss in Frage gestellt werden.

5.3 Alternativen zur Intubation

Bei unmöglicher Intubation muss rasch gehandelt werden, um eine Hypoxie mit möglicherweise katastrophalen Folgen zu vermeiden. Aktualisierte Leitlinien mit Handlungsabläufen bei der (unerwartet) schwierigen Intubation wurden und werden international veröffentlicht. Die DGAI [62, 63] erstellt ebenso wie die ASA [61] und andere Fachgesellschaften die entsprechenden Algorithmen. Abbildung 36 zeigt beispielhaft den Algorithmus der DGAI zum präklinischen Atemwegsmanagement.

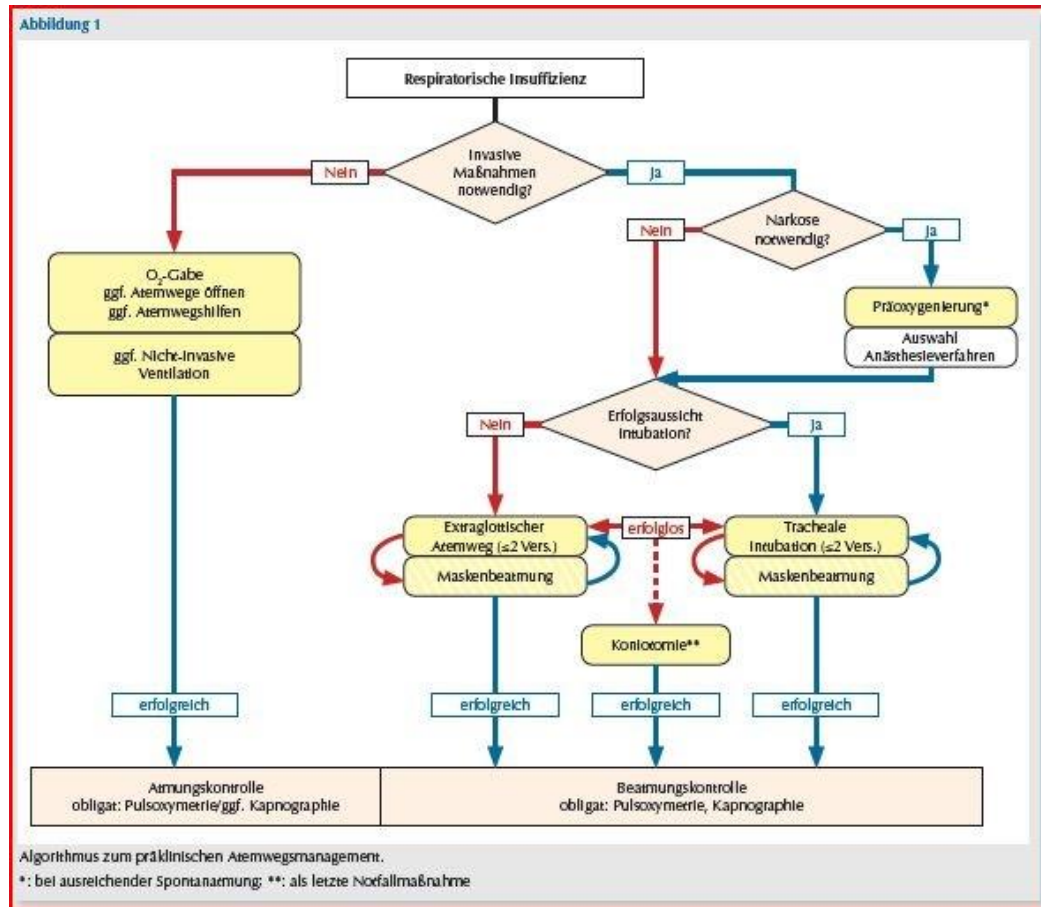


Abbildung 36: DGAI Algorithmus zum präklinischen Atemwegsmanagement [62]

5.3.1 Stufen der alternativen Atemwegssicherung

Zur Atemwegssicherung soll die Methode ausgewählt werden, die so wenig invasiv wie möglich und so invasiv wie nötig ist und die der Anwender am besten beherrscht um den Patienten optimal zu versorgen [127, 128].

Im Folgenden werden die Alternativen zur Intubation auszugsweise in der Reihenfolge ihrer zunehmenden Invasivität ausgeführt.

Die **Beutel - Maskenbeatmung** ist die am wenigsten invasive Maßnahme. Grundvoraussetzung hierzu sind freie, beziehungsweise freigemachte Atemwege. Wichtig bei der Beutel-Maskenbeatmung ist, auf dichten Sitz der passenden Gesichtsmaske mittels C-Griff oder gegebenenfalls doppeltem C-Griff durch einen zweiten Helfer zu achten [129]. Eine Überblähung des Magens mit Entwicklung eines Circulus vitiosus aus zunehmender Magenbeatmung, abnehmender Lungenbeatmung und dadurch zunehmender Hypoxie, Regurgitation und Aspiration, muss so gut wie möglich verhindert werden. Deshalb sollte der Beatmungsdruck 20 cm H₂O (entspricht ~ 20 mbar) möglichst nicht überschreiten. Beatmungsbeutel mit automatischer Flussbegrenzung können helfen, korrekt zu beatmen [130].

Pharyngealtuben werden zur Freihaltung der oberen Atemwege verwendet und tragen dazu bei die Beutel-Maskenbeatmung zu optimieren. Arthur Ernest Guedel (1883-1956) stellte 1933 den nach ihm benannten oropharyngealen Tubus vor [131]. Der über den Mund in den Rachen eingeführte Tubus ist aus bissfestem Material und verhindert das Zurückfallen der Zunge. Johann Karl Wendl entwickelte 1958 den nach ihm benannten nasopharyngealen Tubus. Dieser kommt zur Atemwegsfreihaltung über den nasalen Zugang bei Kieferklemme und gefährdeten Zähnen zum Einsatz [132]. Bei Gesichtsschädelverletzungen und Schädelhirntrauma mit Gefahr der Verletzung der Lamina cribrosa ist dieser Tubus kontraindiziert. Oro- und nasopharyngale Tuben können Mageninsufflation, Reflux und Aspiration nicht verhindern. Die korrekte Position des Guedel- und Wendl-Tubus im anatomischen Schnittbild zeigt Abbildung 37.

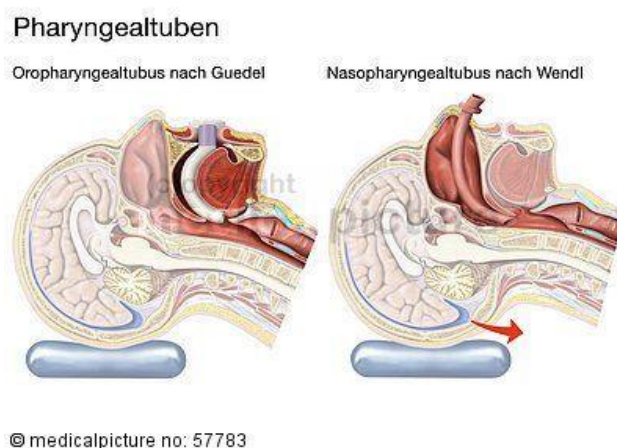


Abbildung 37: Guedel - und Wendl - Tubus in situ

5.3.2 Extraglottische Atemwege

Die Bezeichnung „extraglottischer Atemweg“ [62] wird für Ventilationshilfen verwendet, die dem Offenhalten der Atemwege im Bereich des Oropharynx und oberen Ösophagus dienen aber außerhalb der Glottis liegen. Als Synonym finden die Bezeichnungen „Supraglottischer Atemweg“ und „Supraglottische Atemwegshilfsmittel“ Verwendung.

Die Larynxmaske wurde von Archibald Brain entwickelt und von ihm ab 1983 mehrmals als neues Atemwegshilfsmittel beschrieben, das als Alternative zum Endotrachealtubus und zur Gesichtsmaskenbeatmung verwendet werden könne [133-136]. Seither findet diese eine weite Verbreitung und wird bei verschiedenen Anästhesieverfahren angewandt. Als Alternative im Management des schwierigen Atemwegs, gerade auch durch in der Intubation unerfahrenes und nichtärztliches Personal, hat sie heute auch präklinisch einen zunehmend hohen Stellenwert [137] [138, 139]. Die wesentlichsten Nachteile bei der Anwendung der Larynxmaske sind der geringere Aspirationsschutz, die potentielle Gefahr der Mageninsufflation bei kontrollierter Beatmung und Schleimhautschäden durch zu hohen Cuffdruck.

Um das Risiko der Mageninsufflation mit all ihren Folgen so gering wie möglich zu halten, wurden nach den klassischen Larynxmasken der ersten Generation (Classic LMA, Abbildung 38) solche der zweiten Generation mit Drainagekanal zur Absaugung von Mageninhalt und Luft sowie besserer Abdichtung (LMA Pro Seal, Abbildung 39; LMA Supreme, Abbildung 40) entwickelt [140, 141].



Abbildung 38: Classic LMA



Abbildung 39: LMA Pro Seal

Die Larynxmaske Airway Supreme™ (Abbildung 40) erzielt bei übergewichtigen Patienten höhere Verschlussdrücke. Bei der Auswahl der passenden Larynxmaske sollte demnach auch der Body-Mass-Index (BMI) berücksichtigt werden [142].

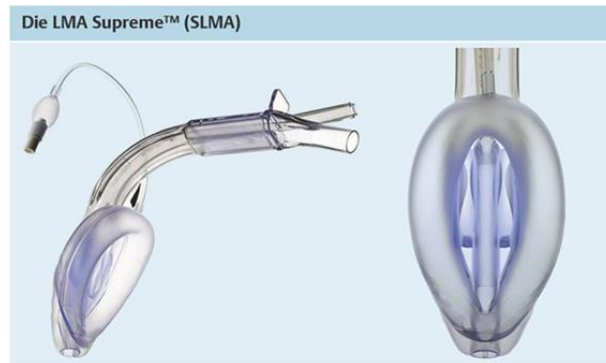


Abbildung 40: LMA Supreme [128]

Die **Intubationslarynxmaske oder FastTrach®** ermöglicht, durch sie einen Tubus endotracheal einzuführen [143, 144]. Zusätzlich steht seit ungefähr 10 Jahren die C-Trach®-Intubationslarynxmaske mit abnehmbarer Monitoreinheit zur optischen Kontrolle des Intubationserfolges zur Verfügung [145]. Die I-Gel® Larynxmaske hat einen nichtaufblasbaren Cuff aus thermoplastischen Material und soll sich den laryngealen Strukturen von selbst gut anpassen [141, 146].

Der Larynxtubus, wurde ab ca. 1999 entwickelt [147]. Als extraglottische Atemwegshilfe der zweiten Generation rückt er in der präklinischen Notfallmedizin mit in den Vordergrund und wurde auch 2015 in die Leitlinien des European Council of Resuscitation [36] und des German Resuscitation Council [35] aufgenommen.

Er besteht aus einem Ein-Lumen-Tubus, der am distalen Ende verschlossen ist. Zur Abdichtung der Atemwege dienen ein ösophagealer und ein pharyngealer Ballon (Cuff), die über eine gemeinsame Zuleitung mit Luft gefüllt werden. Der ösophageale Cuff verschließt die Speiseröhre, der pharyngeale den Rachenraum. Zwischen beiden befindet sich ventral eine Öffnung, die bei korrekter Positionierung des Larynxtubus gegenüber dem Kehlkopfeingang zu liegen kommt. Über diese Öffnung erfolgt die Ventilation. Der Larynxtubus wird blind bis zur Markierung Höhe Zahnreihe geschoben und sollte wegen seiner Form und Kürze immer im Ösophagus zu liegen kommen (Abbildung 41).



Abbildung 41: schematische Anwendung des Larynxtubus-S

Insbesondere für den präklinischen Notfalleinsatz sind unter der Bezeichnung Larynxtubus-S (S=Suction) und Larynxtubus-S II modifizierte Larynxtuben mit zusätzlichem ösophagealen Drainagekanal, zum Absaugen von Mageninhalt und Sekreten, im Handel [148]. Vorteile dieser Atemwegshilfe sind ihre schnelle und leichte Platzierbarkeit, der Aspirationsschutz und eine adäquate Ventilation. Nachteil ist, dass Hinweise darauf bestehen, dass die Larynxtubus-Anwendung häufiger als die Larynxmaske zu schwerwiegenden Atemwegsobstruktionen und Perfusionsstörungen der Zunge mit Zungenschwellung führt [149].

Der Combitube® (Tyco-Kendall Healthcare, Mansfield, MA, USA, Neustadt/Donau, Deutschland) wurde von Michael Frass als ösophageal-trachealer Notfalltubus entwickelt [150-152]. Er ist ein Doppellumentubus, mit dem ein Patient sowohl in ösophagealer als auch in trachealer Position beatmet werden kann. Ein Lumen gleicht einem konventionellen Endotrachealtubus mit Cuff, das andere einem Ösophagusverschlusstubus mit Oropharyngealballon (Abbildung 42).



Abbildung 42: Combitube®

5.3.3 Notfallkoniotomie (Cricothyreotomie / Cricothyreoidotomie)

Bei Unmöglichkeit der endotrachealen Intubation und Versagen der Maskenbeatmung sowie der Beatmung über supraglottische Atemwegshilfen entsteht die Situation: “cannot intubate, cannot ventilate“. Die einzige Möglichkeit eine in kürzester Zeit lebensbedrohliche Hypoxie mit irreversibler Schädigung des Patienten zu verhindern, ist die Schaffung eines chirurgischen Atemweges. Hierbei wird das Ligamentum cricothyroideum durchtrennt und eine Kanüle oder ein Endotrachealtubus unterhalb der Glottisebene in die Trachea eingeführt. Grundsätzlich können drei Techniken unterschieden werden [62, 63]: Bei der „**Catheter-over-needle**“ – **Technik** erfolgt die Punktion des Atemwegs vergleichbar der Anlage einer Venenverweilkanüle. Als Beispiel sei die Quicktrach[®] - Koniotomie Kanüle genannt [153]. Bei der **Seldinger-Technik** wird beispielsweise mit dem MelkerTM-Set nach Punktion der Trachea erst ein Führungsdraht eingelegt und anschließend darüber die Beatmungskanüle platziert [154].

Nachteile dieser Methoden sind die Verletzungsgefahr der Trachea, das geringe Lumen der Beatmungskanüle, die schlechte Vorhersehbarkeit der Beatmungseffektivität und der je nach Modell der fehlende Aspirationsschutz.

Bei der **chirurgischen Koniotomie** wird das Ligamentum cricothyroideum mithilfe eines Skalpells durchtrennt, Schild und Ringknorpel auseinandergedrängt und ein dünner Endotrachealtubus eingeführt [62, 63, 155-158]. Die verfahrensabhängige Komplikationsrate, wie relevante Blutungen, Ringknorpelverletzungen und ein Scheitern des Eingriffs mit teils deletären Folgen bei der notfallmäßigen Koniotomie wird in der Literatur mit teilweise bis zu 50 % angegeben [159, 160]. Andere Quellen beschreiben auch bei unerfahrenen Anwendern niedrigere Komplikationsraten [161, 162]. Helm et al. kommen in ihrer Untersuchung 2013 zu dem Ergebnis, dass die chirurgische Technik signifikant erfolgreicher war als die Punktionstechnik [163].

5.4 Optimierung des Atemwegsmanagement im Rettungsdienst

Unabhängig vom ärztlichen und nichtärztlichen Status ist die Anzahl der Fehlintubationen im Rettungsdienst wie oben beschrieben noch erheblich. Das führt zu der Überlegung, dass die endotracheale Intubation nur etwas für Experten ist [164]. Zwei weitere Studien kommen grob zusammengefasst zu dem Ergebnis, dass eine Intubation im Notarztdienst am besten von einem Facharzt für Anästhesie durchgeführt wird. [114, 165]. Dass dieser Wunsch im präklinischen, notfallmedizinischen Alltag nicht erfüllbar sein dürfte, wird jedoch durchaus erkannt [166].

Anästhesisten sind meist sehr erfahren und haben bei der Intubation seltener Probleme als Ärzte anderer Fachrichtungen im Rettungsdienst, die vielleicht nur einmal pro Jahr einen intubationspflichtigen Patienten zu Gesicht bekommen. Andererseits steht wahrscheinlich eine ausreichende Anzahl erfahrener Anästhesisten nicht zur Verfügung um flächendeckend einen Notarztdienst rund um die Uhr sicher zu stellen.

In der Realität ist im Gegenteil durch zunehmenden Notarztmangel in Deutschland [164, 167] und Einführung des Berufsbildes des „Notfallsanitäters“ davon auszugehen, dass auch das Atemwegsmanagement zukünftig vermehrt von nichtärztlichem Rettungsdienstpersonal durchgeführt wird, dem primär eine anästhesiologische Routine unmöglich ist. Aus diesem Grund scheint es sinnvoll, diesem und auch Ärzten anderer Fachrichtungen entsprechende, engmaschige Trainings- und Hospitationsmöglichkeiten anzubieten, wobei hier auch ein Schwerpunkt auf den Alternativen zur Atemwegssicherung liegen sollte. Sicherheit hierbei kann einerseits nur durch intensives, engmaschiges Training am Phantom und während Hospitationen am Patienten erworben werden [168].

Andererseits besteht allerdings ein deutlicher Unterschied zwischen Training in der Klinik und Anwendung am Notfallort. Unter klinischen Bedingungen einen meist relaxierten Patienten zu intubieren, kann nicht mit der Intubation eines polytraumatisierten Unfallopfers im präklinischen Bereich verglichen werden. In dieser Situation fallen Faktoren wie Stress, Blut, Sekrete, Wrackteile, Einklemmung, schlechte Lichtverhältnisse und fehlende Unterstützung durch erfahrene Kollegen ins Gewicht und können die Intubation erheblich erschweren. Präklinisch ist der Notarzt oder nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter auf sich allein gestellt, während in der Klinik sofort Hilfe geholt werden kann. Er hat alle Entscheidungen am Ort des Geschehens alleine zu treffen [31, 169].

Die Vor- und Nachteile eines Atemwegsmanagements mit oder ohne endotrachealer Intubation müssen genau abgewogen werden, um herauszufinden, wer welche Methode bei dem jeweiligen Patienten zum Einsatz bringt [128]. Die 2016 veröffentlichte Untersuchung von Pakkanen et al. ergab, dass Patienten mit schwerem Schädelhirntrauma nach der präklinischen Versorgung durch Notärzte deutlich seltener hypoxisch waren, als nach der Versorgung durch nichtärztliches Rettungsdienstpersonal und somit ein besseres Outcome hatten [170]. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Böttiger et al. bezüglich des Outcome nach Reanimation mit und ohne Notarzt in einer systematischen Literaturübersicht [171].

Einige Studien ergaben, dass eine präklinisch durchgeführte endotracheale Intubation durch Paramedics, möglicherweise das Outcome des Patienten verschlechtert [110, 172, 173]. Ein Atemwegsmanagement mit z.B. der Larynxmaske oder Larynxtubus könnte Erfolg versprechender sein [174, 175].

Die auf dem Markt befindlichen alternativen Atemwegshilfen bieten zwar alle keinen sicheren Aspirationsschutz, ihre Handhabung ist jedoch schneller zu erlernen sowie einfacher und gefahrloser durchführbar als eine korrekte endotracheale Intubation. Der Larynxtubus und die Intubationslarynxmaske bringen hier sehr gute Ergebnisse. Das Risiko von Komplikationen wie z.B. Aspiration muss mit denen einer endotrachealen Intubation verglichen werden [138]. Allerdings scheint die Inzidenz der potentiell gefährlichen Aspiration unter Anwendung einer Larynxmaske nach einer entsprechenden literaturgestützten Metaanalyse mit 3 Fällen bei 12901 Anwendungen nicht sehr hoch [176] [68].

Die wichtigste Maßnahme vor jeglichem invasivem Atemwegsmanagement ist jedoch das Freimachen der Atemwege von Blut, Sekret und Erbrochenem. Dies muss durch effektive, möglichst einfach zu handhabende Absaugvorrichtungen sichergestellt werden.

Auch wenn supraglottische Atemwegshilfen (SGA) bei Cannot intubate Cannot ventilate (CICV) oder anderen schwierigen Atemwegssituationen als lebensrettende Alternative zur Verminderung von Hypoxien zur Verfügung stehen, gilt die endotracheale Intubation, wie oben schon erwähnt, nach wie vor als Goldstandard zur definitiven Sicherung des Atemwegs.

Inwieweit die Ärztlichen Leiter Rettungsdienst (ÄLRD) in Deutschland die selbstständige endotracheale Intubation auch in die Notkompetenz der zukünftigen Notfallsanitäter übernehmen, bleibt abzuwarten. Derzeit wird im Maßnahmenkatalog im Gegensatz zur bisherigen Notkompetenz des Rettungsassistenten die Intubation als Assistenzmaßnahme aufgeführt und die extraglottischen Atemwegshilfen favorisiert [21, 177, 178] [111].

5.5 Schlussfolgerung

In unserer Studie I profitierten nichtärztliche Rettungsdienst-Mitarbeiter von dem Innsbrucker Absaug-Laryngoskop zur endotrachealen Intubation in den seltenen, aber bedrohlichen Notfällen mit einer großen Ansammlung von Flüssigkeit in den oberen Atemwegen. Die Zahl der Fehlintubationen ist trotzdem noch hoch und die zur Intubation nötige Zeit relativ lang. Alle Anwender in unsere Studie würden das Absaug-Laryngoskop gerne auf ihrem Fahrzeug mitführen um bei Bedarf gerüstet zu sein. Allerdings ist das Gerät bis jetzt nicht im Handel erhältlich. Da jedoch auch bei Anwendung innovativer Techniken wie der Videolaryngoskopie nicht auf ein Freimachen der Atemwege verzichtet werden kann, hat inzwischen beispielsweise die Firma Storz die Idee aufgenommen und den Spatel ihres CMAC-Videolaryngoskops mit einer Rinne zum Einlegen eines Absaugkatheters versehen.

Die von uns in Studie II in dieser Art wohl erstmals durchgeführte Untersuchung des Absaugens mit in den Endotrachealtubus eingeführten Absaugkatheter im Vergleich zur Standardmethode erbrachte keinerlei Vorteile. Diese Methode ist als ineffektiv zu betrachten

Die endotracheale Intubation ist die sicherste Möglichkeit um eine Aspiration zu verhindern und eine optimale Oxygenierung des Patienten zu gewährleisten. Es steht fest, dass der Erfolg dieser Maßnahme von der Erfahrung und Anwendungshäufigkeit des Durchführenden abhängig ist. Gerade für Anwender mit geringer Intubationshäufigkeit ist es wichtig für das Management des unerwartet schwierigen Atemwegs gut ausgerüstet zu sein.

Die Ausstattung mit alternativen Atemwegshilfen wie Larynxmaske und Larynxtubus mit zusätzlichem Absaugkanal zur Reduktion des Aspirationsrisikos hat sich schon lange etabliert. Sie sind eine wichtige Rückfallebene bei der primär undurchführbaren endotrachealen Intubation.

Um feststellen zu können ob und unter welchen Voraussetzungen der endotrachealen Intubation oder alternativen Atemwegshilfen für die Anwendung durch nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter der Vorzug zu geben ist, sind weitere Studien erforderlich. Wichtigste Voraussetzung ist ein engmaschiges und regelmäßiges Training in allen Formen des Atemwegsmanagements, sowohl am Intubationsphantom als auch während Krankenhaus-Hospitationen am Patienten.

6. Zusammenfassung

An einem etablierten Modell zur Simulation einer schweren Blutung aus den Atemwegen führten wir zwei Studien zur endotrachealen Intubation mit nichtärztlichem Rettungsdienstpersonal durch. Wir verglichen zwei unterschiedliche Absaug-Methoden und registrierten den Intubationserfolg, die verwendete Zeit und die Zufriedenheit mit der Methode.

In Studie I untersuchten wir die Anwendung des Innsbrucker Absaug-Laryngoskops, das gleichzeitiges Absaugen und Laryngoskopieren ermöglicht. 34 nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter intubierten in randomisierter Reihenfolge einen Patientensimulator mit simulierter, schwerer Blutung aus den Atemwegen einmal mit dem Innsbrucker Absaug-Laryngoskop und einmal mit dem Macintosh-Laryngoskop mit getrennter Absaugeinheit. Bei Anwendung des Absaug-Laryngoskops war die Anzahl der ösophagealen Fehlintubationen signifikant geringer (3/34 vs. 11/34; $p = 0,021$) und die benötigte Zeit zur Intubation signifikant kürzer (Mittelwert (SD) 50 (15) vs. 58 (27) s; $p = 0,041$) im Vergleich zur herkömmlichen Methode mit dem Macintosh-Laryngoskop. Bei Verwendung des Absaug-Laryngoskops verglichen mit der herkömmlichen Intubationsmethode profitierten die nichtärztlichen Rettungsdienstmitarbeiter. Die Zahl der Fehlintubationen verringerte sich. Der Gebrauch des Absaug-Laryngoskops wurde als besser beurteilt. [90].

In Studie II verglichen wir an dem gleichen Patientensimulator zwei Techniken der endotrachealen Intubation. 41 nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter intubierten in randomisierter Reihenfolge zum einen den Patientensimulator mit gleichzeitigem Absaugen über den in den Tubus eingeführten Absaugkatheter zum anderen mit der Standard-Intubationsmethode. Es bestand kein signifikanter Unterschied in der Anzahl der ösophagealen Fehlintubationen. (8/41(20 %) vs. 6/41(15 %), $p = 0,688$) Allerdings benötigten die Probanden für eine Intubation mit Absaugen durch den Endotrachealtubus signifikant mehr Zeit, verglichen mit der herkömmlichen Methode (Median (Interquartilenabstand, Konfidenzintervall 95 %) 42 (39-60) vs. 33 (35-48) Sekunden; $p=0,015$)[89].

Das Absaugen durch den Endotrachealtubus erwies sich bezüglich Zeitaufwand und Fehlintubationen als ineffektiv, abgesehen davon, dass hierbei eine Kontamination der Tubusinnenwand mit abgesaugtem Material unvermeidbar war.

Um feststellen zu können, ob nichtärztliche Rettungsdienstmitarbeiter in Fällen schwerer Atemwegsblutungen oder generell eine endotracheale Intubation durchführen oder besser alternative Atemwegshilfen anwenden sollen, werden weitere Studien benötigt.

6.1 Abstract

In an established model for difficult airway simulation mimicking upper airway hemorrhage, we conducted two studies with emergency medical technicians intubating a manikin endotracheally. We compared different methods of suctioning and recorded successful intubation, time needed to intubate and satisfaction with the method.

In Study I the use of a suction laryngoscope that enables simultaneous suction and laryngoscopy was evaluated. 34 emergency medical technicians intubated the manikin using the suction laryngoscope and the Macintosh laryngoscope with a separate suction catheter, in random order. When using the suction laryngoscope, the number of esophageal intubations was lower (3/34 vs 11/34; p 0,021) and the time needed for intubation was shorter (mean (SD) 50 (15) vs 58 (27) s; p 0,041). Emergency medical technicians were more satisfied when using the suction laryngoscope compared with the standard intubation strategy in this model. In cases of upper airway haemorrhage, the use of the suction laryngoscope might be beneficial [90].

In Study II we compared emergency medical technicians intubating the above mentioned model with a suction catheter put directly through the endotracheal tube for suctioning and the standard intubation strategy with a Macintosh laryngoscope in one and a suction catheter in the other hand with subsequently advancing the endotracheal tube. Methods: Forty-one emergency medical technicians intubated the trachea of a manikin with severe simulated airway haemorrhage using each technique in random order. Results: There was no significant difference in the number of esophageal intubations between suctioning via the tube and the standard intubation strategy [8/41(20%) vs.6/41(15%); P = 0.688], but suctioning via the endotracheal tube needed significantly more time [median (IQR,CI95%):42(20,39–60)vs.33(15, 35–48) s; P = 0.015] [89].

The catheter through the endotracheal tube method was less effective than the standard intubation technique according time needed to intubate and esophageal intubations. Apart from the fact that contamination of the inner tube wall is unavoidable.

To determine whether emergency medical technicians should perform endotracheal intubation or rely on alternative airway methods also in cases of severe upper airway hemorrhage more studies are needed and the topic remains to be discussed.

7. Abkürzungsverzeichnis

ABC	Airway, Breathing, Circulation
ABCDE	Airway, Breathing, Circulation, Disability Environment/Exposure
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Bodymass Index
BURP	Backward Upward Right/Pressure
Ch.	Charrière
CI	Confidence intervall
CICV	Cannot intubate Cannot ventilate
CO ₂	Kohlendioxid
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease
Cuff	aufblasbare Manschette
DAS	Difficult Airway Society
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anaesthesiologie und Intensivmedizin
EKG	Elektrokardiogramm
ERC	European Resuscitation Council
ET	Endotracheal Tubus
ETI	Endotracheale Intubation
EzT	Easy Tube
F	French
GCS	Glasgow Coma Scale

GRC	German Resuscitation Council
H ₂ O	Chemische Strukturformel für Wasser
HNO	Hals Nase Ohren
HWS	Halswirbelsäule
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
ILMA	Intubationslarynxmaske
IQR	Interquartile Range
KZVA	Krankenhauszweckverband Augsburg
LMA	Larynxmaske
LT	Larynxtubus
LTS	Larynxtubus Suction
NIV	Nichtinvasive Ventilation
NotSan-APrV	Notfallsanitäter-Ausbildungs-und Prüfungsverordnung
NotSanG	Notfallsanitätergesetz
OELM	Optimal external laryngeal manipulation
PLMA	Pro Seal Larynxmaske
PVC	Polyvinylchlorid
RAMP	Rapid Airway Management Positioner System
RD	Rettungsdienst
RDH	Rettungsdiensthelfer
RS	Rettungssanitäter
SD	Standard Deviation

SGA	Supraglottische Atemwegshilfe
SpO ₂	Sauerstoffsättigung
vs.	versus = gegenüber
ZRF	Zweckverband für Rettungsdienst und Feuerwehr

8. Literaturverzeichnis

1. Mitterlechner, T., et al., *Effects of a suction laryngoscope in a model with simulated severe airway hemorrhage*. Anesth Analg, 2008. 106(5): p. 1505-8, table of contents.
2. Mitterlechner, T., et al., *A suction laryngoscope facilitates intubation for physicians with occasional emergency medical service experience--a manikin study with severe simulated airway haemorrhage*. Resuscitation, 2009. 80(6): p. 693-5.
3. Oberndörfer, D., *Überblick über die Organisation des Rettungsdienstes (Rechtsgrundlagen, Träger, Aufsicht, Durchführung, Überwachung)*. Hessisches Ärzteblatt, 2013. 4/2013: p.222-230.
4. BAND, e.V., Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands e.V. *III.1 Rettungsdienst in Deutschland*. Available from: http://www.band-online.de/imageordner/_7011.html.
5. Band, e.V., Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands e.V. *V. 2 Ausschuss "Rettungswesen"*. Available from: http://www.band-online.de/imageordner/_7063.html.
6. Hintzenstern, v.U., *Notarzteitfaden*. Vol. 6.Auflage. 2010: Elsevier,Urban&Fischer, p. 9-13.
7. Deutsches Rotes Kreuz, G., Team 23, *Ordnung für Aus-, Fort- und Weiterbildung des Deutschen Roten Kreuzes Teil: Rettungsdienst 2006*, 2006: p.1-23
8. Bayerisches Staatsministerium des Innern, f.B.u.V., *Bayerische Rettungssanitätäerverordnung (BayRettSanV)* B. Staatsregierung, Editor 2015.
9. Bundesministerium der Justiz, *Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten (Rettungsassistentengesetz - RettAssG)*, 1989; 2007.
10. Bundesministerium der Justiz, *Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Rettungsassistentinnen und Rettungsassistenten,(RettAssAPrV)Gesetze im Internet*, w.j.d. juris GmbH, Editor 1989;2007.
11. Bundesministerium der Justiz, *Gesetz über die berufsmäßige Ausübung der Heilkunde ohne Bestallung (Heilpraktikergesetz)*, 2013.

12. Bundesärztekammer. *Stellungnahme der Bundesärztekammer zur Notkompetenz von Rettungsassistenten und zur Delegation ärztlicher Leistungen im Rettungsdienst* 1992 [cited 2013 24.11.2013]; Available from:
http://www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/BAEK_Stellungnahme_Rettungsassistenten.pdf
13. Bundesministerium der Justiz, *Strafgesetzbuch; § 34 Rechtfertigender Notstand*, 2013.
14. Bundesministerium der Justiz, *Strafgesetzbuch; § 323c Unterlassene Hilfeleistung*, 2013.
15. Bundesärzte der Hilfsorganisationen Arbeiter-Samariter-Bund, D.-L.-R.-G. and J.-U.-H. Deutsches Rotes Kreuz, Malteser-Hilfsdienst, *Handeln von Rettungsassistenten/-sanitätern im Rahmen der Notkompetenz Empfehlung der Bundesärzte der Hilfsorganisationen Arbeiter-Samariter-Bund, Deutsche-Lebens-Rettungs-Gesellschaft, Deutsches Rotes Kreuz, Johanniter-Unfall-Hilfe, Malteser-Hilfsdienst*, 2001.
16. Lippert, H.D., *Wozu dient die Notkompetenz des Rettungsassistenten?* Notfall & Rettungsmedizin, 2003. 6(1): p. 50-52.
17. Bundesärztekammer. *Medikamente, deren Applikation im Rahmen der Notkompetenz durchgeführt werden kann* 2004; Available from:
http://www.bundesaerztekammer.de/downloads/Notfallkompetenz__Medikamente.pdf
18. Sefrin, P., *Information zur Notkompetenz des Rettungsdienstpersonals, Rundschreiben Nr. 10/2007*. 2007.
19. Bundesministerium der Justiz, *Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters (Notfallsanitätergesetz - NotSanG)*, B.d. Justiz, Editor 2013.
20. Bundesministerium der Justiz, *Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter (NotSan-APrV)*, 2013.
21. Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst Deutschland, e.V., *Anlage 3 - Katalog „Invasive Maßnahmen durch Notfallsanitäterinnen und – sanitäter“ - Ergebnis des Erörterungsgespräches vom 6.2.2014 (Pyramidenprozess)*. 2014.

22. Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst Deutschland, e.V., *Anlage 4 Medikamentenkatalog – Ergebnis des Erörterungsgespräches vom 6.2.2014 (Pyramidenprozess)*. 2014.
23. Luckhaupt, H., Brusis,T., *Zur Geschichte der Intubation*. Laryngo-Rhino-Otol 1986; 1986. 65(9): p. 506-510.
24. Kotur, P.F., *Editorial Mechanical Ventilation-Past, Present and Future*. Indian J. Anaesth. 2004; 48 (6) : 430-432, 2004. 48(6): p. 430 - 432.
25. Luckhaupt, H. and T. Brusis, *[History of intubation]*. Laryngol Rhinol Otol (Stuttg), 1986. 65(9): p. 506-10.
26. Schulte am Esch, J., Bause,HW.,Kochs,E.,Scholz,J.,Standl,Th.,Werner,C., *Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie 4. Auflage*. Vol. 4.Auflage. 2011: Thieme: p.3-5
27. Curry, J., *Observations on apparent death* 1815. p. 204.
28. Brandt, L., H. Pokar, and H. Schutte, *[100 years of intubation anesthesia. William Macewen, a pioneer of endotracheal intubation]*. Anaesthesist, 1983. 32(5): p. 200-4.
29. Thierbach, A.R., *Franz Kuhn, his contribution to anaesthesia and emergency medicine*. Resuscitation, 2000. 2001(48): p. 193 - 197.
30. Rohen, J.W., *Topographische Anatomie*. 9. ed1992, Stuttgart: Schattauer: p.222.
31. Fischbacher, M., et al., *Präklinische Intubation bei Trauma*. Notfall + Rettungsmedizin, 2007. 10(7): p. 494-499.
32. Lafenthaler, A.E. *Notfallmedizin/Airway-Management: Intubation - Indikationen m-air-ind* 2002: p.142 Available from: <http://www.notmed.info/mairind.html>.
33. Golecki, N., *Endotracheale Intubation des Traumapatienten*. Notfall & Rettungsmedizin, 2003. 6(1): p. 19-21.
34. Bernhard, M., Hossfeld, B., Bein, B., Böttiger,B. W., Bohn, A., Fischer, M., Gräsner, J.-T., Hinkelbein, J., Kill, C., Lott, C., Popp,E., Roessler, M., Schaumberg, A.,Wenzel, V. , *Supplement Nr. 9 - 2015 - Handlungsempfehlung: Prähospitale Notfallnarkose beim Erwachsenen*. Anästh Intensivmed 2015;56:S477-S492, 2015.

35. Dirks, B., *Reanimation 2015 Leitlinien kompakt*, ed. GRC. Vol. 1. 2015, Ulm: Deutscher Rat für Wiederbelebung-German Resuscitation Council e.V. p.321.
36. Monsieurs, K.G., et al., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015*. Resuscitation, 2015. 95: p. 1-80.
37. Teasdale, G. and B. Jennett, *Assessment of Coma and Impaired Consciousness*. The Lancet. 1974, 304(7872): p. 81-84.
38. Unfallchirurgie, D.G.f., S3 – *Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung*. AWMF, 2011. AWMF-Register Nr. 012/019: p. 445.
39. van Aken, H., Reinhart, K., Zimpfer, M., Welte, T., *Intensivmedizin*. Vol. 2. 2007, Stuttgart: p.106;109
40. Walther, A.K., W.; Hillebrand, H., *Airway-Management: der schwierige Atemweg*, in *Handbuch für den leitenden Notarzt* 2008, ecomed Medizin: Landsberg am Lech. p. 72; 28-29.
41. Piepho, T., et al., *Erfolgreicher Einsatz des Intubationsendoskops nach Bonfils in der präklinischen Notfallmedizin*. Notfall + Rettungsmedizin, 2010. 13(1): p. 41-46.
42. Weiss, M., A. Dullenkopf, and A.C. Gerber, *Der Microcuff Pädiatrietubus*. Der Anaesthesist, 2004. 53(1): p. 73-79.
43. Jöhr, M., *Kinderanästhesie*, 2013, Urban&Fischer. p. 294.
44. Kuhnigk, H., Zischler, K., Roewer, N. , 4. *Ausrüstung für die Narkosedurchführung im Rettungsdienst 4.1 Atemwegssicherung*, in *Narkose in der Notfallmedizin* 2007, Georg Thieme. p. 90-91.
45. Krier, C.G., R., *Airway-Management* 2001: Thieme. 405.
46. Rothmann, D., *Fortbildungsskripte/Basismaßnahmen/Endotracheale Intubation 040103*, in *Fortbildungsskripte* 2003.
47. Pschyrembel, W., *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*. Vol. 260. 2004, Berlin; New York: Berlin ; New York : de Gruyter 2022.

48. Storz, K., *Modernes Atemwegs-Management mit dem C-MAC ® System in der Bariatrie*. 2014; Available from:
https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3250416.pdf.
49. Koch, *Adipositas, Was muss die Anästhesie bedenken?*, 2010, Anästhesie, UK-Köln.
50. Thangaswamy, C.R. and L.B. Elakkumanan, *Ramp position for intubating morbidly obese parturient: What's new?: Indian J Anaesth*. 2011 Mar-Apr;55(2):206-7. doi:10.4103/0019-5049.79881.
51. Braunwarth, H.M., E., *Lagerungsstandards im OP*. 2003.
<http://docplayer.org/6674579-Lagerungsstandards-im-op-esentan-tpa-trocken-polymer-auflagen.html>
52. von Goedecke, A., et al., *Field airway management disasters*. *Anesth Analg*, 2007. 104(3): p. 481-3.
53. Schlechtriemen, T., et al., *Überprüfung der korrekten Tubuslage in der Notfallmedizin*. *Notfall + Rettungsmedizin*, 2004. 7(4): p. 231-236.
54. Jaeger, K., et al., *Iatrogene Trachealverletzung als Folge mehrfacher Intubationsversuche (Fallbericht)*. *Notfall + Rettungsmedizin*, 1999. 2(8): p. 500-503.
55. Jones, J.H., et al., *Emergency physician-verified out-of-hospital intubation: miss rates by paramedics*. *Acad Emerg Med*, 2004. 11(6): p. 707-9.
56. Thierbach, A., et al., *Präklinische Sicherung der Atemwege*. *Der Anaesthesist*, 2004. 53(6): p. 543-550.
57. Mort, T.C., *Complications of Emergency Tracheal Intubation: Hemodynamic Alterations - Part I*. *Journal of Intensive Care Medicine*, 2007. 22(3): p. 157-165.
58. Kühnelt-Leddihn, L. and P. Paal, *Intubation bei präklinischen Notfällen und im Schockraum*. *Notfall + Rettungsmedizin*, 2010. 13(4): p. 281-286.
59. Böttiger, B.W., Bernhard, M., Lier, H., Fischer, M., Schüttler, J., *Trauma-Update: S3-Leitlinie Polytrauma. Was muss der Anästhesist wissen? A & I*, *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 2011. Supplement Nr.9/2011 (52.Jahrgang Oktober 2011).
60. Kluge, S. and G. Marx, *[Airway management]*. *Medizinische Klinik, Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 2012. 107(7): p. 514.

61. Apfelbaum, J.L., et al., *Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway*. Anesthesiology, 2013. 118(2): p. 251-70.
62. Timmermann, A., et al., *Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement*. Notf.med. up2date, 2012. 7(02): p. 105-120.
63. Piepho, T.C., E; Noppens, R; Byhan, C; Dörge, V; Zwissler, B; Timmermann, A, *S1 Leitlinie: Atemwegsmanagement Airwaymanagement*. AWMF-Register Nr.: 001/028, 2015.
64. Keul, W., et al., *[Methods of airway management in prehospital emergency medicine]*. Anaesthesist, 2004. 53(10): p. 978-92.
65. Nolan, J. and M. Clancy, *Editorial IV: Airway management in the emergency department*. British journal of anaesthesia, 2002. 88(1): p. 9-11.
66. Lackner, C.K., et al., *Prähospitale Intubation und Verifizierung der endotrachealen Tubuslage*. Notfall + Rettungsmedizin, 2002. 5(6): p. 430-440.
67. Adnet, F., et al., *Survey of out-of-hospital emergency intubations in the French pre-hospital medical system: a multicenter study*. Ann Emerg Med, 1998. 32(4): p. 454-60.
68. Lipp, M. and A. Thierbach, *Atemwegsmanagement beim traumatisierten Patienten*. Notfall + Rettungsmedizin, 1998. 1(4): p. 242-255.
69. Schälte, G., S. Rex, and D. Henzler, *Atemwegsmanagement*. Der Anaesthesist, 2007. 56(8): p. 837-857.
70. Thierbach, A., et al., *[Comparison between the laryngeal tubus S and endotracheal intubation. Simulation of securing the airway in an emergency situation]*. Der Anaesthesist, 2006. 55(2): p. 154-9.
71. Mallampati, S.R., et al., *A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: a prospective study*. Can Anaesth Soc J, 1985. 32(4): p. 429-34.
72. Samsoon, G.L.T. and J.R.B. Young, *Difficult tracheal intubation: a retrospective study*. Anaesthesia, 1987. 42(5): p. 487-490.

73. Crosby, E.T., et al., *The unanticipated difficult airway with recommendations for management*. Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie, 1998. 45(8): p. 757-76.
74. Cierpka, T., *Vorhersage der schwierigen Intubation mittels des „Upper-Lip-Bite-Testes“ im Vergleich zur Mallampati-Klassifikation* in *Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin* 2008, Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg: Marburg.
75. Krier, C. and R. Georgi, *Airway Management* 2001, Stuttgart: Thieme.
76. Wilson, M.E., et al., *Predicting difficult intubation*. Br J Anaesth, 1988. 61(2): p. 211-6.
77. S. Wanderley, G.H., et al., *Clinical Criteria for Airway Assessment: Correlations with Laryngoscopy and Endotracheal Intubation Conditions*. Open Journal of Anesthesiology, 2013. 03(07): p. 320-325.
78. El-Ganzouri, A.R., et al., *Preoperative airway assessment: predictive value of a multivariate risk index*. Anesth Analg, 1996. 82(6): p. 1197-204.
79. Gschiel, B., *Der schwierige Atemweg in der Narkoseambulanz*, in *1. Salzburger Präanästhesieforum 11.-12. Dezember 2009*, A.f.A.u.I.L. Klagenfurt, Editor 2009. http://www.kongressmanagement.at/files_kongresse/kongress_37/Download_Vortrag_e/Gschiel_Bernadette_Fallbericht_Narkoseambulanz.pdf
80. Adnet, F., et al., *The intubation difficulty scale (IDS): proposal and evaluation of a new score characterizing the complexity of endotracheal intubation*. Anesthesiology, 1997. 87(6): p. 1290-7.
81. Arne, J., et al., *Preoperative assessment for difficult intubation in general and ENT surgery: predictive value of a clinical multivariate risk index*. Br J Anaesth, 1998. 80(2): p. 140-6.
82. Dörge, V., Byhan, C., *Atemwegsmanagement*, in *Notfallmedizin*, e.a. Scholz, Editor 2008, Georg Thieme Verlag KG. p. 70 - 80.
83. Dornberger, I., *BURP-, OELM-Manöver*, in *Schwieriges Atemwegsmanagement bei Erwachsenen und Kindern* Thieme-Verlag, Editor 2013. p. 35.
84. Theisen, M.M., et al., *Airway Management in der Intensivmedizin*. Intensivmed.up2date, 2015. 11(01): p. 13-31.

85. Russo, S.G.W., M., *Videolaryngoskopie olé! Direkte und flexible Intubationsverfahren ade?* Der Anaesthesist, 2012. 61(12): p. 1017-1026.
86. Dörge, V., *Präklinisches Atemwegsmanagement: - Ist die Intubation immer noch der Goldstandard?* , A. Notfallmedizin, Editor 2005, Arbeitskreis Notfallmedizin: Klinik für Anästhesiologie -Universität Heidelberg
https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/fileadmin/Anaesthesie/klinik/notfallmedizin/pdf/Proto_Prae_Atem_07_12_2005_final_.pdf
87. Thierbach, A., T. Piepho, and U. Kreimeier, *Sicherung der Atemwege beim Notfallpatienten*. Notfall + Rettungsmedizin, 2007. 10(7): p. 469-475.
88. Wenzel, V., K.H. Lindner, and A.W. Prengel, *Beatmung während der kardiopulmonalen Reanimation*. Der Anästhesist, 1997. 46(2): p.133-141.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s001010050383>
89. Mitterlechner, T., et al., *Suctioning via the tube during endotracheal intubation in a model of severe upper airway haemorrhage: is there an advantage vs. suctioning with a separate catheter?* Resuscitation, 2011. 82(6): p. 740-2.
90. Mitterlechner, T., et al., *A comparison of the suction laryngoscope and the Macintosh laryngoscope in emergency medical technicians: a manikin model of severe airway haemorrhage*. Emergency medicine journal : EMJ, 2011.
91. Edge, K.R., *A simple but useful modification of a laryngoscope blade*. S Afr J Surg, 1992. 30(1): p. 10-1.
92. Fischelev, W., E. Vatahsky, and H.B. Aronson, *Suction catheter attached to laryngoscope*. Anaesthesia, 1984. 39(2): p. 188-9.
93. Gabrielczyk, M.R., *A new integrated suction laryngoscope*. Anaesthesia, 1986. 41(9): p. 970-1.
94. Hempel, V., *[Laryngoscope with suction tube (author's transl)]*. Praktische Anästhesie, Wiederbelebung und Intensivtherapie, 1979. 14(2): p. 185-6.
95. Khan, A.K., *A Controllable Suctioning Laryngoscope*. Anesthesia & Analgesia, 1990. 71(2): p. 200.

96. Kumar Sinha, P., P. Kumar Dubey, and S. Kaushik, *A simple modification in laryngoscope for continuous suction*: Anesth Analg. 1998 Aug;87(2):500.
97. Loeser, E.A., *Oxygen- and suction-equipped laryngoscope blade*: Anesthesiology. 1985 Mar;62(3):376.
98. Mazumder, J.K., *Laryngoscope blade with suction unit*. Can Anaesth Soc J, 1979. 26(6): p. 513-4.
99. Urbanowicz, C., et al., *Snap on suction tube for Laryngoscope US Patent*, 1999.
100. Vavilala, M. and J. Bramhall, *Suction laryngoscope*. Anesth Analg, 1996. 83(3): p. 664-5.
101. Wadman, M., et al., *A comparison of an integrated suction blade versus a traditional videolaryngoscope blade in the endotracheal intubation of a hemorrhagic cadaver model - a pilot study*. Stud Health Technol Inform, 2012. 173: p. 534-6.
102. Nicholas TA.4th., et al., *Performance comparison of laryngoscopy and suction techniques in a hemorrhagic airway manikin simulator: direct laryngoscopy with Yankauer vs. Storz CMAC with attached suction tip*. Stud Health Technol Inform, 2012. 173: p. 307-9.
103. Boedeker, B.H., et al., *User preference comparing a conventional videolaryngoscope blade vs. a novel suction videolaryngoscope blade in simulated hemorrhagic airway intubation*. Stud Health Technol Inform, 2012. 173: p. 72-4.
104. Knötig, F., *Das C-MAC Absauglaryngoskop in einem Intubationsmodell mit schwerer oberer Atemwegsblutung : eine Versuchsreihe mit Anästhesistinnen und Anästhesisten in Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin*2012, Medizinische Universität Innsbruck.
105. Huber, T., *Endotracheale Intubation bei Blutungen der oberen Atemwege : Vergleich von klassischer laryngoskopischer Intubation und Absaug-Videolaryngoskopie*, in *Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin*2012, Leopold-Franzens-Universität: Innsbruck.

106. Mitterlechner, T., et al., *Suctioning via the tube during endotracheal intubation in a model of severe upper airway haemorrhage: Is there an advantage vs. suctioning with a separate catheter?* Resuscitation, 2011. 82(6): p. 740-742.
107. Frank, M.D., *Die neue S3 – Leitlinie zur Polytrauma-Versorgung*. 2012.
108. Reutter, S. and A. Frost, *Sicherung der Atemwege – Indikationen, Methoden und Hilfsmittel*. Lege artis, 2013. 3(01): p. 40-44.
109. Genzwürker H.V., F.T., Wegener S., Hess-Jähmig F., Segiet W., Kuhnert-Frey B., Ellinger K., Hinkelbein J., *Inzidenz der endotrachealen Intubation im Notarztdienst: adäquate Erfahrung ohne klinische Routine kaum möglich*. Anästh Intensivmed 2010;51:202-210, 2010: p. 202-210.
110. Russo, S.G.Z., W.; Herff, H. ; Wiese, C.H.R, *Tod durch (k)einen Atemweg*. Anaesthesist, 2010.
111. Colwell, C.B., et al., *An evaluation of out-of-hospital advanced airway management in an urban setting*. Acad Emerg Med, 2005. 12(5): p. 417-22.
112. Wang, H.E., et al., *Multivariate predictors of failed prehospital endotracheal intubation*. Acad Emerg Med, 2003. 10(7): p. 717-24.
113. Nolan, J.P. and D. Lockey, *Airway management for out-of-hospital cardiac arrest--more data required*. Resuscitation. 2009 Dec;80(12):1333-4. doi: 10.1016/j.resuscitation.2009.11.001; 2009.
114. Fullerton, J.N., K.J. Roberts, and M. Wyse, *Should non-anaesthetists perform pre-hospital rapid sequence induction? an observational study*. Emerg Med J, 2011. 28(5): p. 428-31.
115. Deakin, C.D., P. King, and F. Thompson, *Prehospital advanced airway management by ambulance technicians and paramedics: is clinical practice sufficient to maintain skills?* Emerg Med J, 2009. 26(12): p. 888-91.
116. Gries, A., et al., *Einsatzrealität im Notarztdienst*. Notfall + Rettungsmedizin, 2005. 8(6): p. 391-398.

117. Gries, A., et al., *Realistic assessment of the physician-staffed emergency services in Germany*. *Anaesthesist*, 2006. 55(10): p. 1080-6.
118. Timmermann, A., et al., *The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians*. *Anesthesia and analgesia*, 2007. 104(3): p. 619-23.
119. Katz, S.H. and J.L. Falk, *Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system*. *Ann Emerg Med*, 2001. 37(1): p. 32-7.
120. Jemmett ME., et al., *Unrecognized misplacement of endotracheal tubes in a mixed urban to rural emergency medical services setting*. *Acad Emerg Med*, 2003. 10(9): p. 961-5.
121. Byhahn, C. and V. Dörge, *Präklinische Intubation*. *Notfall + Rettungsmedizin*, 2007. 10(7): p. 482-487.
122. Bernhard, M., et al., *Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine*. *Acta anaesthesiologica Scandinavica*, 2012. 56(2): p. 164-171.
123. Konrad, C., et al., *Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures?* *Anesth Analg*, 1998. 86(3): p. 635-9.
124. Bernhard, M., et al., *The First Shot Is Often the Best Shot: First-Pass Intubation Success in Emergency Airway Management*. *Anesth Analg*, 2015. 121(5): p. 1389-93.
125. Knapp, J., et al., *First-pass intubation success*. *Notfall + Rettungsmedizin*, 2016. 19(7): p.1-8.
126. ILCOR, *Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Part 8: advanced challenges in resuscitation: section 2: toxicology in ECC. The American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation*. *Circulation*, 2000. 102(8 Suppl): p. I223-8.
127. Timmermann, A., E.A. Nickel, and F. Pühringer, *Larynxmasken der zweiten Generation*. *Der Anaesthesist*, 2015. 64(1): p. 7-15.

128. Timmermann, A., *Modernes Atemwegsmanagement - Aktuelle Konzepte für mehr Patientensicherheit*. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2009. 44(04): p. 246-256.
129. Dornberger, I., *Maskenbeatmung und Intubation*, in *Schwieriges Atemwegsmanagement bei Erwachsenen und Kindern* 2013, Georg Thieme Verlag. p. 38-46.
https://www.thieme.de/medias/sys_master/8820350713886/9783131629418_musterseite_38_46.pdf?mime=application%2Fpdf&realname=9783131629418_musterseite_38_46.pdf
130. von Goedecke, A., et al., *[Mask ventilation as an exit strategy of endotracheal intubation]*. Anaesthesist, 2006. 55(1): p. 70-9.
131. McIntyre, J.W., *Oropharyngeal and nasopharyngeal airways: I (1880-1995)*. Canadian journal of anaesthesia = Journal canadien d'anesthésie, 1996. 43(6): p. 629-35.
132. Bossaert, L., *Atemwegsmanagement, Die neuen ERC-Leitlinien 1998*. Notfall & Rettungsmedizin, 1999. 1999(2: 66 - 83): p. 76.
133. Brain, AI, *The Laryngeal Mask—A New Concept in Airway Management*. British journal of anaesthesia, 1983. 55(8): p. 801-806.
134. Brain, AI, *Three cases of difficult intubation overcome by the laryngeal mask airway*. Anaesthesia, 1985. 40(4): p. 353-5.
135. Brain, AI, et al., *Reflux during positive pressure ventilation via the laryngeal mask airway?* British journal of anaesthesia, 1995. 74(4): p. 489-90.
136. Brain, A.I., C. Verghese, and P.J. Strube, *The LMA 'ProSeal'--a laryngeal mask with an oesophageal vent*. British journal of anaesthesia, 2000. 84(5): p. 650-4.
137. Klein, U., et al., *Die Larynxmaske - aktueller Stellenwert in der Anästhesiologie*. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2004. 39(08): p. 482-506.
138. Genzwürker, H., *Präklinischer Einsatz von supraglottischen Atemwegsalternativen*. Notfall + Rettungsmedizin, 2011. 14(1): p. 21-24.
139. Genzwürker, H. and K. Ellinger, *Atemwegsmanagement: alternative Techniken*. Notfall + Rettungsmedizin, 2007. 10(7): p. 488-493.

140. Cook, T.M., et al., *Randomized crossover comparison of the proseal with the classic laryngeal mask airway in unparalysed anaesthetized patients*. Br J Anaesth, 2002. 88(4): p. 527-33.
141. Bein, B., H. Francksen, and M. Steinfath, *Atemwegsmanagement – Supraglottische Atemwegshilfen*. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2011. 46(09): p. 598-607.
142. Kalmus G., Z.M., Salten A. , Steinfeldt T., Wulf H. , Dette F., *PO-4.5.2 Vergleich der Larynxmasken Air Supreme TM und ProSeal TM – Einfluss eines erhöhtem BMI auf oropharyngeale Leckagedrücke und fiberoptische Scores*. Anästh Intensivmed 2011 52;52:S503, 2011. 2011(52).
143. Menzies, R. and H. Manji, *The intubating laryngeal mask: is there a role for paramedics?* Emerg Med J, 2007. 24(3): p. 198-9.
144. Timmermann, A., et al., *Intubating laryngeal mask airway for difficult out-of-hospital airway management: a prospective evaluation*. British journal of anaesthesia, 2007. 99(2): p. 286-91.
145. Timmermann, A., S. Russo, and B.M. Graf, *Evaluation of the CTrach--an intubating LMA with integrated fiberoptic system*. British journal of anaesthesia, 2006. 96(4): p. 516-21.
146. Tiesmeier, J. and M. Emmerich, *Prehospital transient airway management using the I-gel with sustained spontaneous breathing in different emergency situations* 2012: Minerva Anesthesiol. 2013 Feb;79(2):212-3. Epub 2012 Oct 5.
147. Ocker, H.S., Th; , *Der Larynx-Tubus in der Notfallmedizin: Eine praxisorientierte Anwendungsanleitung*, 2011.
<https://www.habel-medizintechnik.at/resource/read/3269/>
148. Rudolph, M., et al., *Anwendung des Larynx-Tubus für das präklinische Atemwegsmanagement*. Notarzt, 2002. 18(05): p. 183-186.
149. Mann, V., et al., *Larynxmaske oder Larynxtubus*. Notfall + Rettungsmedizin, 2015. 18(5): p. 370-376.

150. Frass, M., *Esophageal - Trachealcombitube TM*, 1999: Wien
http://www.emcongress.org/barcelona03/handouts/frass_handout.pdf
151. Frass, M., et al., *Mechanical ventilation with the esophageal tracheal combitube (ETC) in the intensive care unit*. Archives of emergency medicine, 1987. 4(4): p. 219-25.
152. Piepho, T., A. Thierbach, and C. Werner, *Supraglottische Beatmungshilfen in der Notfallmedizin*. Notfall + Rettungsmedizin, 2005. 8(2): p. 123-128.
153. Martin, C., T. Nefzger, and G. Lotz, *Atemwegsmanagement – Alternatives Atemwegsmanagement im Rettungsdienst*. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2016. 51(04): p. 254-262.
154. Buonopane, C.E., et al., *Cricothyrotomy performed with the Melker set or the QuickTrach kit: procedure times, learning curves and operators' preference*. G Chir, 2014. 35(7-8): p. 165-70.
155. Dirks, B., T. Mutzbauer, and H. Junge, *Koniotomie*. Notfall & Rettungsmedizin, 1999. 2(3): p. 175-176.
156. Helm, M., et al., *Chirurgische Atemwegssicherung in der präklinischen Notfallmedizin*. Notfall + Rettungsmedizin, 2011. 14(1): p. 29-36.
157. Gerlach, K., V. Dörge, and T. Uhlig, *Der schwierige Atemweg*. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2006. 41(02): p. 93-118.
158. Mutzbauer, T.S., *Die Koniotomie im Notarzteinsatz*. Notarzt, 2015. 31(05): p. 268-275.
159. Bair, A.E., et al., *Cricothyrotomy: a 5-year experience at one institution*. J Emerg Med, 2003. 24(2): p. 151-6.
160. Bernhard, M., et al., *Invasive Notfalltechniken*. Notfall + Rettungsmedizin, 2010. 13(5): p. 399-414.
161. Schaumann, N., et al., *Evaluation of Seldinger technique emergency cricothyroidotomy versus standard surgical cricothyroidotomy in 200 cadavers*. Anesthesiology, 2005. 102(1): p. 7-11.
162. Schober, P., et al., *Emergency cricothyrotomy-a comparative study of different techniques in human cadavers*. Resuscitation, 2009. 80(2): p. 204-9.

163. Helm, M., et al., *Emergency cricothyroidotomy performed by inexperienced clinicians--surgical technique versus indicator-guided puncture technique*. Emerg Med J, 2013. 30(8): p. 646-9.
164. Jänig, C., et al., *Atemwegssicherung: Nur etwas für Experten? Notfall + Rettungsmedizin*, 2012. 15(3): p. 218-224.
165. Breckwoldt, J., et al., *Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians-Comparing 'proficient performers' and 'experts'*. Resuscitation, 2012. 83(4): p. 434-9.
166. Hossfeld, B., Bernhard, M., *Unterschied zwischen Profis und Experten*. Der Notarzt, 2012. 28(6 - 2012): p. 275 - 276.
167. Reimann, B., et al., *Gefährdung der Notarztversorgung im ländlichen Gebiet*. Notfall & Rettungsmedizin, 2004. 7(3): p. 200-204.
168. Heidegger, T., et al., *Validation of a simple algorithm for tracheal intubation: daily practice is the key to success in emergencies--an analysis of 13,248 intubations*. Anesthesia and analgesia, 2001. 92(2): p. 517-22.
169. Bernhard M, B.B., Böttiger BW, Bohn A, Fischer M, Gräsner JT, Hinkelbein J, Kill C, and P.E. Lott C, Roessler M, Schaumberg A, Wenzel V, Hossfeld B, *Handlungsempfehlung zur prähospitalen Notfallnarkose beim Erwachsenen*. AWMF online; Das Portal der wissenschaftlichen Medizin, 2015: p. 42.
170. Pakkanen, T., et al., *Pre-hospital severe traumatic brain injury - comparison of outcome in paramedic versus physician staffed emergency medical services*. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2016. 24(62): p. 016-0256.
171. Bottiger, B.W., et al., *Influence of EMS-physician presence on survival after out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation: systematic review and meta-analysis*. Crit Care, 2016. 20(4): p. 015-1156.
172. Bochicchio, G.V., et al., *Endotracheal intubation in the field does not improve outcome in trauma patients who present without an acutely lethal traumatic brain injury*. J Trauma, 2003. 54(2): p. 307-11.

173. Davis, D., *Paramedic intubation*. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 2014. 22(Suppl 1): p. A2.
174. Deakin, C.D., et al., *Securing the prehospital airway: a comparison of laryngeal mask insertion and endotracheal intubation by UK paramedics*. Emerg Med J, 2005. 22(1): p. 64-7.
175. Lukas, R.P., et al., *Einsatz des Larynxtubus durch Rettungsassistenten reduziert Unterbrechungen der Reanimation*. Notfall + Rettungsmedizin, 2015. 18(1): p. 29-34.
176. Brimacombe, J.R. and A. Berry, *The incidence of aspiration associated with the laryngeal mask airway: a meta-analysis of published literature*. Journal of clinical anesthesia, 1995. 7(4): p. 297-305.
177. Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst, e.V., *Anlage 1. Abstimmungs-und Erörterungsprozess (Pyramidenprozess) „invasive Maßnahmen für Notfallsanitäterinnen und -sanitäter“ - Bericht zu den bisherigen Sitzungen bis einschließlich 06.2.2014*, B.Ä.L.R. e.V., Editor 2014.
178. Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst Deutschland, e.V., *Anlage 5: Besondere Hinweise der Ärztlichen Leiter Rettungsdienst*. 2014.

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung einer endotrachealen Intubation aus James Curry's "Observations on apparent death [25]	12
Abbildung 2: Längsschnitt der Nasopharyngolaryngealregion: http://www.eesom.com/fileadmin/user_upload/bilder/medizin/atemwege/allergische_rhinitis/hno_uebersicht.jpg	14
Abbildung 3: Querschnitt durch den Larynx http://www.eesom.com/fileadmin/user_upload/bilder/medizin/atemwege/kehlkopflaehmung/stimmbaender_normal.jpg	14
Abbildung 4: Kehlkopfspiegel http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b1/Larynxspiegel_HNO1.jpg/220px-Larynxspiegel_HNO1.jpg	16
Abbildung 5: Indirekte Laryngoskopie http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ7Z0RZTsnvpdkvlTmP-Zl5xs6Kv6_JbhvhBcaHIMGEMcOilZaHHQ	16
Abbildung 6: Lupenlaryngoskop. http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSGBWbTdd-VsoeRCT8sxjn_08wo8HLlbhuucmuuB6QnXL2RAeyM0	16
Abbildung 7: flexibles Pharyngo-Laryngoskop http://img.medicaexpo.de/images_me/photo-mg/69608-168247.jpg	16
Abbildung 8: Laryngoskop mit Macintosh-Spateln in 5 Größen – Kaltlicht http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/thumb/a/ac/Macintosh_Blades.jpg/220px-Macintosh_Blades.jpg	17
Abbildung 9: Handgriff mit Miller-Spatel Kaltlicht http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/58/LaryngoskopMiller.jpg/220px-LaryngoskopMiller.jpg	17
Abbildung 10: Foregger – Spatel http://www.medicon.de/fileadmin/mediapool/ecat/bilder/5.0/gross/452560.jpg	17

Abbildung 11: Döriges Universal-Spatel, aus Notfall+Rettungsmedizin 2007/7, S. 484 http://link.springer.com/article/10.1007/s10049-007-0957-9	17
Abbildung 12: Laryngoskop mit McCoy-Spatel http://www.radecker-notfallmedizin.de/shop/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/l/a/laryngoskop_kl_spatel_mccoy_2.jpg	18
Abbildung 13: Intubationsendoskop nach Bonfils [40].....	18
Abbildung 14: Magill - Tubus mit geblocktem Cuff eigenes Bild.....	19
Abbildung 15: Schema eines Endotrachealtubus (Tubus A; Cuffleitung B), der in der Trachea (C) liegt. Ösophagus (D) http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/Endotracheal_tube_colored.png/350px-Endotracheal_tube_colored.png	21
Abbildung 16: verbesserte Jackson Position [45]	22
Abbildung 17: RAMP Position http://www.edexam.com.au/wp-content/uploads/images/stories/ramp1.png	22
Abbildung 18: Mallampati (oben), Cormack-Lehane (unten) http://med-basics.de/tl/An.ae.sthesie.htm	27
Abbildung 19: Bullard-Laryngoskop http://www.drtbalu.com/bullard.html	30
Abbildung 20: Airtraq-Laryngoskop https://en.wikipedia.org/wiki/File:Airtraq.JPG	30
Abbildung 21: Glidescope http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3027433/bin/wjem11_5p426f1.jpg	31
Abbildung 22: Videolaryngoskope http://one2oneanesthesia.com/wp-content/uploads/2015/11/laryngoscopes-collage.png	31
Abbildung 23: Laryngoskop mit Macintosh-Spatel https://static.praxisdienst.com/out/pictures/generated/product/3/800_800_100/led_laryngoskop_im_set_134270_3.jpg	32

Abbildung 24: Absaugvorrichtung Ambu® Suction Booster"

<http://www.san-erlangen.de/VirtuelleSanArena-Erlangen->

<Http5/png/Image71c413424cb44443bd5c237e9b123120.png>.....30

Abbildung 25: Absaug-Laryngoskop mit 20 F Absaugkatheter, eigenes Bild.....33

Abbildung 26: Modifizierter Atemwegstrainer, eigenes Bild35

Abbildung 27: Atemwegstrainer mit Flüssigkeit, eigenes Bild.....36

Abbildung 28: Versuchsaufbau, eigenes Bild37

Abbildung 29: Intubation mit Absauglaryngoskop, eigenes Bild38

Abbildung 30: Endotrachealtubus mit Absaugkatheter [94]40

Abbildung 31: Intubation mit Absaugkatheter im Tubus, eigenes Bild41

Abbildung 32: Ösophageale Fehllage in %: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop
eigenes Bild44

Abbildung 33: Die zur Intubation benötigte Zeit in Sekunden bei Verwendung des Absaug-
Laryngoskops oder des Macintosh-Laryngoskops.....45

Abbildung 34: Intubationserfolg: Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren.

NS = Nicht Signifikant47

Abbildung 35: Die zur Intubation benötigte Zeit bei Absaugen durch den Tubus vs.

Standardverfahren. * $p < 0,05$ 48

Abbildung 36: DGAI Algorithmus zum präklinischen Atemwegsmanagement [61].....55

Abbildung 37: Guedel - und Wendl - Tubus in situ

<http://pictures.doccheck.com/de/photos/54911/9697/sizes/o/>56

Abbildung 38: Classic LMA <http://www.innocath.de/images/Larynxmaske.jpg>57

Abbildung 39: LMA Pro Seal

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c3/ProSeal_Laryngeal_Mask_Airway_inflated_001.jpg/800px-ProSeal_Laryngeal_Mask_Airway_inflated_001.jpg.....57

Abbildung 40: LMA Supreme [128] S. 25058

Abbildung 41: schematische Anwendung des Larynxtubus-S (aus : Anwendung des Larynxtubus für das präklinische Atemwegsmanagement, Der Notarzt 2002;18: 183-186)	59
--	----

Abbildung 42: Combitube® http://clinicalgate.com/wp-content/uploads/2015/02/B9781437727647000270_f027-002-9781437727647.jpg	59
---	----

Die Internetadressen der Abbildungsquellen wurden zuletzt am 30.12.16 überprüft und gegebenenfalls aktualisiert.

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Absolute und relative Indikation zur prähospitalen Intubation im Notarzt- und Rettungsdienst	15
Tabelle 2: Aufstellung des zur Intubation notwendigen Materials.....	20
Tabelle 3: Definition und Unterteilung des schwierigen Atemwegs (ASA).....	25
Tabelle 4: Kenngrößen typischer Testverfahren zur Einschätzung einer schwierigen Intubation [73]	28
Tabelle 5: Probandendaten Studie I: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop	43
Tabelle 6: Intubationserfolg: Absaug-Laryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop.....	43
Tabelle 7: Zeitaufwand für die Intubation in Sekunden: Absauglaryngoskop vs. Macintosh-Laryngoskop	44
Tabelle 8: Handhabung des Absaug-Laryngoskops vs. Macintosh-Laryngoskop (0 = extrem leicht, 10 = extrem schwer)	45
Tabelle 9: Probandendaten Studie II: Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren	46
Tabelle 10: Intubationserfolg: Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren	46
Tabelle 11: Die zur Intubation benötigte Zeit in Sekunden bei Absaugen durch den Tubus vs. Standardverfahren.....	47

11. Danksagung

Ich bedanke mich herzlich bei allen die mir die Durchführung und Fertigstellung dieser Dissertation ermöglicht haben.

Herr Chefarzt PD Dr.med. Thomas W. Felbinger ermöglichte die Vorlage an der Universität Hamburg, er betreute die Arbeit mit seinen konstruktiven Vorschlägen und Korrekturen. Ohne ihn wäre das Projekt nicht zu verwirklichen gewesen. Hierfür und für seine jahrzehntelange, stete Freundschaft sowie seine kompetente ärztliche Hilfe, mit der er mich in schwerer Zeit umsorgte, danke ich ihm herzlich.

Meinem Betreuer Herrn Oberarzt Dr.med. Dr.med.vet. Christian A Schmittinger danke ich für die Initiative und Mitwirkung bei unseren Studien, die ungeheure Geduld und Ausdauer mit der er mich zu dieser Arbeit motivierte, im Verlauf immer wieder ermutigte, mit Rat und Tat unterstützte, Korrektur las und mir in schweren Tagen als Freund und fürsorglicher Arzt eng zur Seite stand.

Herr Chefarzt Ao. Univ.-Prof. Dr.med. Volker Wenzel, M.Sc. stand mir von der Themenwahl für die Studien, über die wissenschaftliche Leitung, die Erstellung unserer Veröffentlichungen, die Durchsicht und Korrektur bis zum Abschluss der Arbeit mit seiner großen Erfahrung, Freundlichkeit und Geduld immer zur Seite. Dafür bin ich ihm sehr dankbar.

Herrn O.Univ.-Prof. Dr.med. Karl Lindner danke ich für die Infrastruktur und Unterstützung.

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Christian Zöllner danke ich für die Möglichkeit an dem von ihm geleiteten Zentrum zu promovieren.

Herrn Dr.med. Thomas Mitterlechner danke ich für die schöne Zeit während der Studiendurchführung, die vertrauensvolle, freundschaftliche Zusammenarbeit und für die Erstautorenarbeit bei unseren Veröffentlichungen.

Den Mitarbeitern des BRK-Kreisverbandes Augsburg-Land, insbesondere der Rettungswache Zusmarshausen mit ihren Wachleitern Andreas Nußbaum und Stefan Briechele gebührt mein ganz außerordentlicher Dank für ihr großartiges Engagement und die Mitwirkung an den Studien – ohne sie wären diese nicht durchführbar gewesen.

Herrn Dr. med. Holger Herff spreche ich ebenfalls großen Dank für seine Mitwirkung an unseren Veröffentlichungen aus.

Herr Dr. A M Strasak ermöglichte uns eine exakte statistische Aufbereitung und Auswertung unserer Untersuchungsdaten. Ganz herzlichen Dank dafür.

Ganz besonders danke ich meiner Ehefrau Elisabeth, die mich immer in allen Angelegenheiten unterstützte, mir den Rücken freihielt und mich so ertrug und erträgt wie ich bin. Ebenso danke ich unserem Sohn Sebastian mit Ehefrau Sandra und Tochter Lina für ihr Verständnis, wenn ich mal wieder keine Zeit für sie hatte.

12. Lebenslauf des Artur Konrad Wilhelm Traugott Wipp

- Geboren am 01.03.1949 in München. Staatsangehörigkeit: deutsch. Verheiratet. Ein Sohn
- Volksschule München-Laim 1956 bis 1960. Ludwigsgymnasium München 1960 bis zum Abitur 1969
- Studium der Medizin an der LMU München, vom Sommersemester 1970 bis zum Abschluss mit Staatsexamen am 17.02.1977
- 01.05.1977 bis 30.04.1978 Medizinalassistent an den Kliniken des Krankenhauszweckverbandes Augsburg
- 02.05.1978 – 31.12.1980 Assistenzarzt in der Abteilung für Innere Medizin der Klinik Haunstetten des Krankenhauszweckverbandes Augsburg (KZVA), Sauerbruchstr.6, 86179 Augsburg, Chefarzt Dr.med. G. Frese. Teilnahme an den chirurgischen Diensten des Hauses, Chefarzt Dr. med. Paul Heiss intermittierend Hospitant auf der Intensivstation der Medizinischen Kliniken im Westkrankenhaus des KZVA, Prof. Bruno Frosch.
- 02.05.1978 – 02.05.1988 Ableistung des Ersatzdienstes als Arzt im Katastrophenschutz
- 02.05.1979 – 31.12.1980 Einführung in den Notarztdienst des KZVA und aktive Teilnahme.
- 01.01.1981- 31.08.1981 Assistenzarzt in der Praxis des Allgemeinarztes Dr. med. Hans Kroczeck, Donauwörth
- Seit 01.10.1981 tätig in eigener Praxis, zunächst als praktischer Arzt in 86441 Zusmarshausen. Seitdem auch als Notarzt in dieser Region tätig. Seit 01.02.1989, nach offizieller Anerkennung des Standortes Notarztobmann. 16.01.1990 Fachkundenachweis Rettungsdienst. 13.03.1992 Qualifikation zum Leitenden Notarzt.
- 21.10.1993 Anerkennung als Allgemeinarzt. 1993 und 2015 jeweils die Weiterbildungsermächtigung Allgemeinmedizin erhalten.
- 03.05.2000 Bestellung zum „Leitenden Notarzt“ durch den Rettungszweckverband Augsburg und bis 31.12.2015 Mitglied der LNA-Gruppe Augsburg-Süd.
- 2004 Zusatzbezeichnung Notfallmedizin.
- Seit 01.04.2014 tätig in einer allgemeinärztlichen Gemeinschaftspraxis, Augsburgerstr. 10, 86441 Zusmarshausen

Veröffentlichungen:

Mitterlechner, T., Wipp, A., Herff, H., Wenzel, V., Strasak, A. M., Felbinger, T. W. & Schmittinger, C. A. 2011a. A comparison of the suction laryngoscope and the Macintosh laryngoscope in emergency medical technicians: a manikin model of severe airway haemorrhage. *Emergency medicine journal : EMJ*, p. 54-5.

Mitterlechner, T., Wipp, A., Paal, P., Strasak, A. M., Wenzel, V., Felbinger, T. W. & Schmittinger, C. A. 2011b. Suctioning via the tube during endotracheal intubation in a model of severe upper airway haemorrhage: is there an advantage vs. suctioning with a separate catheter? *Resuscitation*, 82, 740-2.

Hinweis im Sinne des Gleichbehandlungsgesetzes:

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung, wie z.B. Teilnehmer/Innen, verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung für beide Geschlechter.

13. Eidesstattliche Versicherung:

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: