

Diplomarbeit

**DIE ABHÄNGIGKEIT DES PRÄKLINISCHEN
INTUBATIONSERFOLGES VON DER
ANWENDERKOMPETENZ –
EINE LITERATURRECHERCHE**

eingereicht von

Stefan Roppitsch, B.Sc.

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin

unter der Anleitung von

Ao.Univ.-Prof. Dr.med.univ. Gerhard Prause

Dr.med.univ. Michael Eichlseder

Graz, am 23.05.2025

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, am 23.05.2025

Stefan Roppitsch eh.

Zusammenfassung

Hintergrund: Die endotracheale Intubation wird, obwohl sie als Gold-Standard der Atemwegssicherung gilt, in der prähospitalen Anwendung kontrovers betrachtet. International gesehen wird sie von diversen Berufsgruppen mit unterschiedlichster Ausbildung, in der Präklinik angewandt. Der berichtete Intubationserfolg variiert dabei in der Literatur und es kommt immer häufiger zum Einsatz von supraglottischen Atemwegshilfen.

Ziel dieser Arbeit ist es daher systematisch zu erheben, wie erfolgreich diese Berufsgruppen die endotracheale Intubation durchführen.

Methoden: Durch eine systematische Literaturrecherche in der Datenbank PubMed wurden Studien identifiziert, die den Erfolg der präklinischen endotrachealen Intubation, durchgeführt von Notfallmediziner*innen, Sanitäter*innen oder anderen Berufsgruppen, untersuchen. Die Suche brachte 2458 Treffer, welche mittels eines Titel- gefolgt von Abstract- und Volltext-Screenings analysiert wurden. In die finale Analyse konnten zwanzig Studien eingeschlossen werden. Dabei wurden u.a. Intubationserfolg, Berufsgruppe, Rettungssystem, verwendetes Gerät und Intubationsdauer als Parameter definiert.

Ergebnisse: Aus dieser Analyse ging hervor, dass vor allem Notfallmediziner*innen mit anästhesiologischer Ausbildung, sowie Notärzt*innen mit viel klinischer Erfahrung in der endotrachealen Intubation einen hohen Intubationserfolg, sowohl beim ersten Versuch als auch insgesamt, hatten.

Außerdem war der Intubationserfolg bei den meisten verwendeten Videolaryngoskopen verglichen mit direkter Laryngoskopie unabhängig vom Ausbildungsstand höher.

Diskussion: Ein Vergleich ist aufgrund der heterogenen Ausbildung der verschiedenen Rettungsdienst-Berufe nur schwer möglich. Trotzdem lassen die Ergebnisse nahelegen, dass Berufsgruppen, welche die endotracheale Intubation auch regelmäßig im klinischen Setting anwenden, einen höheren Erfolg haben.

Abstract

Background: Although endotracheal intubation is considered the gold standard, it is a highly debated method of airway management in the pre-hospital setting. It is used internationally by a variety of professions with a wide range of training in prehospital services. In the literature, the reported success varies, and complications are common. This is why alternatives like supraglottic airway devices are used increasingly.

This study aims to investigate systematically how successfully the different professional groups carry out prehospital endotracheal intubation.

Methods: For this purpose, a systematic literature study was conducted in the PubMed database with the aim to find studies, which investigate the success of prehospital endotracheal intubation, performed by emergency physicians, paramedics or other professional medical groups. The search found 2458 studies, which were analyzed using a title screening followed by abstract and full-text screening to find relevant data. Twenty suitable studies were found and professional groups, rescue systems, intubation devices and intubation time were defined as parameters.

Results: This analysis showed that emergency physicians with anesthesiology training and emergency physicians with extensive clinical training and experience in endotracheal intubation had a high intubation success rate, both on the first attempt and overall. The intubation success rate was higher using video laryngoscopes compared to direct laryngoscopy, regardless of the level of training.

Discussion: Due to the heterogeneous training of the various emergency service professions a comparison is difficult. Nevertheless, the results suggest that professional groups, which regularly use endotracheal intubation in the clinical setting have higher success.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und deren Erklärungen.....	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	3
1. Einleitung und theoretische Grundlagen	4
1.1. Die endotracheale Intubation.....	5
1.1.1. Anatomische Grundlagen	5
1.1.2. Utensilien zur herkömmlichen Intubation	7
1.1.3. Durchführung der Intubation	9
1.1.4. Der schwierige Atemweg und Intubationshilfen.....	13
1.2. Die endotracheale Intubation im präklinischen Setting.....	18
1.2.1. Besonderheiten in der Präklinik	19
1.2.2. Empfehlungen zum präklinischen Atemwegsmanagement.....	21
1.2.3. Länderbezogene Berufsgruppen in der Präklinik	23
2. Material und Methoden	29
2.1. Suchstrategien und Auswahl der Studien	29
2.2. Datensammlung	32
2.3. Studienqualität und Bias.....	34
3. Ergebnisse.....	37
3.1. Literatursuche	37
3.2. Studiencharakteristika und Studienqualität	41
3.3. Quantitative und qualitative Analyse	42
3.3.1. Eingeschlossene Studien.....	42
3.3.2. Intubationserfolg.....	45
3.3.3. Weitere untersuchte Parameter	52
4. Diskussion	58
4.1. Gründe für den Erfolg der endotrachealen Intubation.....	58
4.2. Limitationen	63
4.3. Zusammenfassung	64
5. Literaturverzeichnis	65

Abkürzungen und deren Erklärung

AW	Airway/Atemweg
BMV	Bag-mask-ventilation/Beutel-Masken-Ventilation
BURP	Backwards upward rightward pressure
DL	direkte Laryngoskopie
EMT	Emergency medical technician
ETI	Endotracheale Intubation
FPS	First pass success
HWS	Halswirbelsäule
MeSH	Medical subject headings
MMT	Mobiel Medisch Team
mRS	Modified Ranking Scale
NDS	Nachdiplomstudium
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
OHCA	Out-of-hospital cardiac arrest
PICO	Population intervention control outcome
ROSC	Return of spontaneous circulation
RSI	Rapid sequence induction
SGA	Supraglottic airway/Supraglottischer Atemweg
SGNOR	Schweizer Gesellschaft für Notfall- und Rettungsmedizin
VL	Videolaryngoskopie
xABCDE	Exsanguination airway breathing circulation disability exposure

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Oberer Atemweg.....	5
Abb. 2 Magill-Tubus	8
Abb. 3 Laryngoskopie mit dem Macintosh- (a) und dem Miller-Spatel (b).....	10
Abb. 4 Einteilung nach Cormack-Lehane	11
Abb. 5 Einteilung nach Mallampati.....	14
Abb. 6 Videolaryngoskop.....	15
Abb. 7 Airtraq®.....	16
Abb. 8 Elastische Bougie	17
Abb. 9 Typische Ausrüstung zur präklinischen Intubation	20
Abb. 10 Intubations- bzw. RSI-Checkliste des Rettungsdienstes aus Graz	23
Abb. 11 Datenerhebung – Kategorien	33
Abb. 12 Ablauf der Studienauswahl.....	40
Abb. 13 Mittelwerte der Gesamterfolge	46
Abb. 14 Mittelwerte der Erfolge beim ersten Versuch	47
Abb. 15 DL - Mittelwerte der Gesamterfolge	48
Abb. 16 DL - Mittelwerte beim ersten Versuch	49
Abb. 17 FPS und Gesamterfolg bei direkter Laryngoskopie	49
Abb. 18 Overall-Success mit Videolaryngoskopen und Intubationshilfen	50
Abb. 19 FPS mit Videolaryngoskopen und Intubationshilfen	51
Abb. 20 FPS und Gesamterfolg in der VL-Gruppe	52
Abb. 21 Erfolg beim ersten Versuch nach Modell	53
Abb. 22 Gesamterfolg nach Modell	53

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 MeSH-Suchbegriffe	30
Tab. 2 Suchbegriffe im Freitext.....	31
Tab. 3 Ergebnisse der orientierenden Suche	37-38
Tab. 4 PubMed-Suche mit MeSH-Terms	38
Tab. 5 PubMed-Suche im Freitext und Endergebnis	39
Tab. 6 Gründe für einen Ausschluss im Literatur-Screening	41
Tab. 7 Bias-Risiko	42
Tab. 8 Datenextraktion 1	43
Tab. 9 Datenextraktion 2	44
Tab. 10 Datenextraktion 3	45
Tab. 11 Rate von ösophagealen Intubationen.....	56

1. Einleitung und theoretische Grundlagen

Das Atemwegsmanagement stellt eine der wichtigsten Maßnahmen in der präklinischen Notfallversorgung dar. Nicht ohne Grund steht das „A“ für Airway im *Treat first, what kills first* -Konzept des xABCDE-Schemas beinahe an erster Stelle (1).

In den letzten Jahren wurde eine Vielzahl an Produkten als technische Unterstützung bei der endotrachealen Atemwegssicherung und auch Alternativen dazu, wie supraglottische, orale oder nasale Atemwegshilfen bis hin zu Produkten zur chirurgischen Atemwegssicherung entwickelt und auf den Markt gebracht. Damit steht dem*der professionellen Helfer*in je nach Situation und Ausbildungsstand eine Vielzahl an Möglichkeiten für das Atemwegsmanagement zur Verfügung (1).

Die präklinische endotracheale Intubation ist ein viel diskutiertes Thema im Rettungs- und Notarztdienst. Viele Fachgesellschaften empfehlen beispielsweise eher die Atemwegssicherung mittels supraglottischen Atemwegshilfen durchzuführen, wenn man über keine ausreichende Erfahrung in der endotrachealen Intubation verfügt, bzw. für diese Maßnahme nicht ausreichend ausgebildet ist (2,3).

Nichtsdestotrotz ist die endotracheale Intubation nach wie vor der Goldstandard der Atemwegssicherung in einer Notfallsituation. Diese wird weltweit von verschiedenen Berufsgruppen, wie Notärzt*innen, Sanitäter*innen oder „Paramedics“, in der präklinischen Notfallmedizin durchgeführt.

Die vorliegende Arbeit soll untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen der Kompetenz und Ausbildung des* der Anwenders*in der endotrachealen Intubation im präklinischen Setting und dem Erfolg dieser Maßnahme besteht. Des Weiteren soll auch eine Aussage getroffen werden, ob jene ferner einen Einfluss auf das Patient*in-Outcome hat.

Aufgrund deren Besonderheiten wird das Atemwegsmanagement bei Kindern, Säuglingen und Neugeborenen nicht behandelt. Stattdessen wird in dieser Arbeit ausschließlich auf die Intubation von erwachsenen Patient*innen eingegangen.

1.1. Die endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation ist ein Verfahren, bei dem ein flexibler Beatmungsschlauch (Tubus) entweder über den Mund, auch als orale Intubation bezeichnet, oder über die Nase (nasale Intubation) in die Luftröhre eingeführt wird.

Diese wird in Österreich seit den 60er Jahren praktiziert, die Ursprünge dieses Verfahrens sind aber schon seit ca. 1890 bekannt (4).

1.1.1. Anatomische Grundlagen

Im folgenden Kapitel werden der Vorgang und die Gerätschaften für die endotracheale Intubation beschrieben. Zum besseren Verständnis soll zunächst mit den anatomischen Grundlagen des Atemwegs begonnen werden.

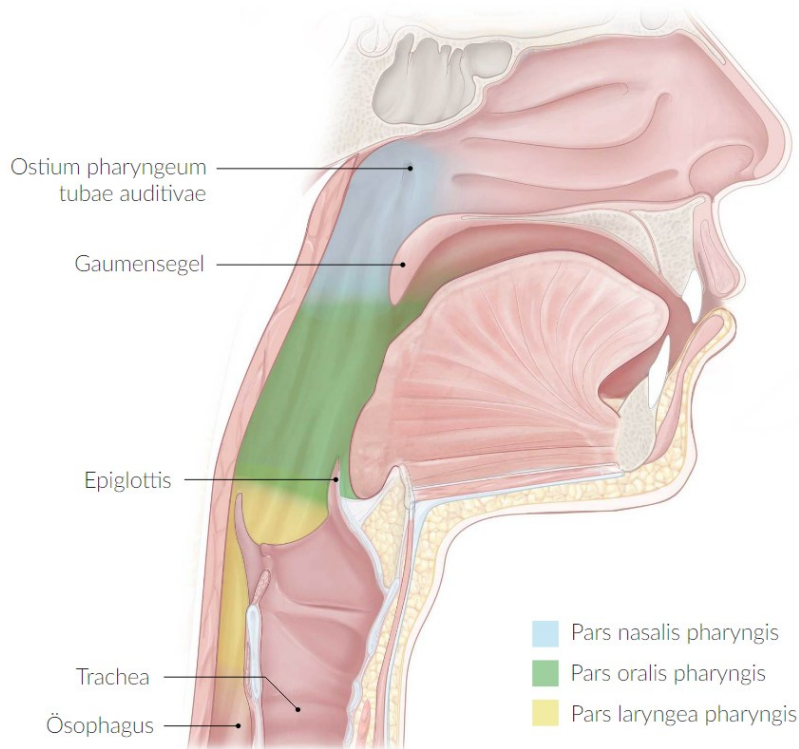


Abb. 1 Oberer Atemweg (5)

Der obere Respirationstrakt setzt sich aus Nasenhöhle, dem Nasopharynx, der Mundhöhle, dem Oropharynx und dem Hypopharynx zusammen. Die Grenze zum unteren Respirationstrakt bildet der Larynx.

In der Nasenhöhle, die durch das Nasenseptum geteilt wird, befinden sich jeweils lateral die Conchae, die (wie auch die restlichen Teile der Nasengänge) mit Schleimhäuten überzogen sind. Da diese Schleimhäute über reichlich Blutgefäße versorgt werden und die

Nasenscheidewand sich nicht bei jedem Menschen in der Mittellinie befindet, muss bei einer nasalen Intubation behutsam vorgegangen werden, um möglichst keine Verletzungen mit Blutungen zu verursachen (6).

Die jeweils zwei oberen, mittleren und unteren Nasengänge münden in die Pars nasalis pharyngis oder Nasopharynx.

In der Mundhöhle sind besonders die Zunge und die Zähne von besonderer Bedeutung für den*die Intubierende*n.

Die Zunge, ein von Schleimhaut überzogenes muskuläres Organ, beschränkt die freie Sicht zur Intubation. Sie muss mithilfe eines Laryngoskops zur Seite gedrängt werden. In einer Notfallsituation kann sie angeschwollen sein und ein beträchtliches Intubationshindernis darstellen.

Der Unterkiefer ist mit den temporalen Anteilen des Schädelknochens gelenkig verbunden. Aufgrund verschiedener Notfallsituationen, aber auch angeborener Zustände kann es vorkommen, dass der Unterkiefer nur mehr eingeschränkt beweglich ist, dies kann die Mundöffnung und damit die Intubation erschweren (6).

Beim Intubieren muss besondere Rücksicht auf die Zähne genommen werden, da dabei durch das Laryngoskop sehr leicht ein Hebel auf die oberen Schneidezähne angesetzt werden kann und diese dadurch abbrechen können (6).

Am weichen Gaumen nach kaudal beginnt die Pars oralis pharyngis oder auch der Oropharynx genannt. Dieser besitzt eine durch die Gaumenbögen definierte Verbindung zur Mundhöhle.

Der Kehldeckel, die Epiglottis, bildet den Beginn der Pars laryngea pharyngis oder Hypopharynx. Diese verläuft bis zum Eingang des Ösophagus.

Dem Kehlkopf, Larynx, kommt eine entscheidende Bedeutung beim Intubieren zu, da er nicht einfach ohne Instrumente eingesehen werden kann und er auch den Übergang zur Trachea darstellt.

Eine knorpelige Struktur aus Kehldeckel, einem prominenten Schildknorpel, und einem Ringknorpel bilden das Gerüst. Außerdem sind noch zwei Stellknorpel mit dem Ringknorpel verbunden. Diese sind mithilfe der mit ihnen verbundenen Stimmbandmuskeln und Stimmbänder für deren Beweglichkeit und Schließen zuständig.

Der schleimhautüberzogene Kehldeckel stellt die obere Begrenzung des Kehlkopfes dar und erfüllt eine wichtige Funktion beim Schluckakt (6).

1.1.2. Utensilien zur herkömmlichen Intubation

Wie bereits erwähnt, können der Kehlkopf und die Stimmbänder und damit der Eingang zur Trachea nicht ohne weiteres eingesehen werden. Um dies zu erreichen, benötigt man ein Laryngoskop. Dessen charakteristische „L-Form“ besteht aus einem Handgriff, in dem sich die Batterie und je nach Modell auch die Lichtquelle befindet und einem Spatel, der in verschiedenen Ausführungen und Größen erhältlich ist. Die beiden häufigsten Arten sind der gebogene Spatel, auch Macintosh-Spatel genannt, und der gerade Spatel oder Miller-Spatel.

Der Macintosh-Spatel wird beim Erwachsenen standardmäßig zum Intubieren verwendet. Er erlaubt aufgrund seines rechtwinkligen Querschnitts das Aufladen und Wegdrängen der Zunge, bietet aufgrund seiner gebogenen Form viel Platz im Mundraum und verursacht bei sachgemäßer Verwendung keine Verletzungen von Epiglottis oder Larynx (7).

Der Spatel wird bis zur Vallecula epiglottica bzw. Plica glossoepiglottica mediana, einer Grube zwischen Zunge und Epiglottis, geführt und mit sanftem Zug am Griff wird der Kehldeckel mit angehoben und die Sicht auf die Stimmritze frei. Bei Erwachsenen verwendet man Spatel mit der Größe 3 oder 4, mit einer Länge von 13 bzw. 15,5 cm (7).

Der Miller-Spatel ist gerade, röhrenförmig und hat nur am distalen Ende eine leichte Biegung. Er wird vor allem bei Intubationen von Kindern aber auch als Alternative bei schwierigen Intubationen verwendet (7). Seine Funktionsweise beruht darauf, dass die Epiglottis mit der Spitze des Laryngoskops direkt angehoben wird. Von Vorteil bei dieser Methode ist die in manchen Fällen bessere Sichtbarkeit, da die Epiglottis definitiv weggehoben wird und der Tubus durch das Profil des Spatels gut eingeführt werden kann (7). Nachteile dieses Laryngoskops sind die beschränkte Sicht im Mundraum sowie eine erhöhte Gefahr von Schäden an der Zahnreihe und Verletzungen an Epiglottis und Larynx (7). Auch hier werden für Erwachsene Größe 3 oder 4, allerdings mit einer Spatellänge von 19,5 und 20,5 cm verwendet (7).

Auch hinsichtlich der Beatmungstuben existieren verschiedene Modelle für unterschiedliche Einsatzzwecke, wie Magill-, Woodbridge- oder RAE-Tubus.

Grundsätzlich werden die meisten Tuben heutzutage als Einmalprodukte aus Polyvinylchlorid hergestellt, das sich als besonders sekretabweisend und verträglich für das

umliegende Gewebe erwiesen hat (7). Es werden auch Tuben aus Silikon oder Latex produziert. Die in Österreich gebräuchliche Größenangabe erfolgt in mm (entspricht dem inneren Durchmesser (I.D.)) und bewegt sich von 2,0 mm für Früh- und Neugeborene bis hin zu 9 mm als größte Erwachsenen-Größe (7).

Ein besonders wichtiger Bestandteil der meisten Tuben ist die sogenannte Blockmanschette oder auch Cuff genannt. Wenn dieser „Ballon“ über einen eigenen Schlauch mit Luft gefüllt wird, soll dieser die Trachea luftdicht abschließen, um so eine Aspiration von Mageninhalt oder anderen Flüssigkeiten zu verhindern (6). Ein prall gefüllter Cuff kann aufgrund des Drucks, der auf das umliegende Trachealgewebe wirkt, für Schäden sorgen.

Deshalb werden meist sogenannte „high volume, low pressure cuffs“ verwendet, die etwas größer sind und damit mehr Auflagefläche bei weniger Druck bieten. Sie sollten mit so viel Luft gefüllt werden, dass danach im Ballon ein Druck von ca. 15 – 25 mmHg herrscht, wobei der benötigte Druck im Cuff mit dem Beatmungsdruck ansteigt, was bedeutet, dass unter Umständen bei höheren Beatmungsdrücken auch Cuffdrücke über 25 mm notwendig sein können (7).

Das am häufigsten bzw. standardmäßig verwendete Tubus-Modell wird Magill-Tubus genannt, der leicht gekrümmt ist und mit oder ohne Cuff verfügbar ist (7). Dieser verfügt, wie auch andere Tubus-Modelle neben der angeschrägten Spitze meist über eine weitere Öffnung, die als „Murphy-Auge“ bezeichnet wird; sie dient dazu, dass weiterhin Luft passieren kann, sollte sich die Spitze am Trachealgewebe anlegen (7). Dieses Modell wird meist in der präklinischen Notfallmedizin verwendet.

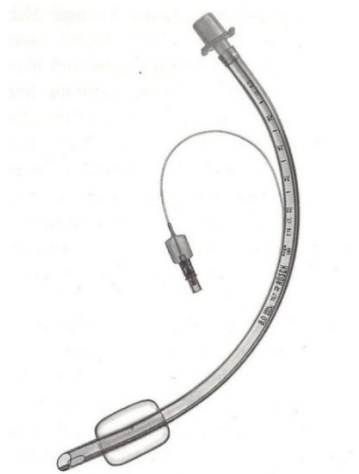


Abb. 2 Magill-Tubus (7)

Ein weiteres häufig verwendetes Modell ist der Woodbridge-Tubus, dessen Wand mit einer Drahtspirale zur Verstärkung versehen ist. Dadurch kann er nicht abknicken, gleichzeitig ist er besonders flexibel und wird vor allem bei bestimmten Lagerungen im OP verwendet, bei der der Tubus besonders eng gekrümmt wird (7).

Der Ring-Adair-Elwyn-Tubus, häufig als RAE-Tubus bezeichnet, wird aufgrund seiner besonderen, etwa U-förmigen Form vor allem bei Mund-Kiefer-Gesichtschirurgischen Operationen verwendet (7). Durch seine Form erlaubt er dem*der Operierenden eine freiere Sicht ins Operationsfeld.

Es existieren noch weitere Spezialformen, Tuben aus besonderem Material, mit besonderer Beschichtung oder auch zusätzlichen Funktionen wie Absaugkanal oder Mess-Elektroden. Diese werden in der präklinischen Notfallmedizin nicht eingesetzt und sind nur bei speziellen Eingriffen oder Indikationen in Verwendung (7).

Zwei weitere wichtige Ausrüstungsgegenstände zur Intubation sind Führungsdrähte und Intubationszangen.

Intubationszangen oder Magill-Zangen genannt, verwendet man als Hilfsmittel um den Tubus damit zu greifen und ihn im Larynx zu platzieren. Sie sind bei der nasalen Intubation notwendig, können aber auch beim Management des schwierigen Atemwegs hilfreich sein (6).

Führungsdrähte, Mandrins genannt, sind flexible Drähte, mit Kunststoff überzogen, die in verschiedenen Stärken existieren. Sie werden in die Tuben gesteckt, um diesen einerseits Festigkeit zu geben, andererseits können sie zur Erleichterung der Intubation vorgeformt werden (7).

Weitere Instrumente wie z.B. Videolaryngoskope und Bougie-Katheter werden später im Kapitel behandelt.

1.1.3. Durchführung der Intubation

Im Folgenden soll die technische Durchführung der oralen endotrachealen Intubation besprochen werden, auf andere wichtige Maßnahmen der Narkose, wie Vorbereitung des Materials und Monitoring, Präoxygenierung, Narkoseeinleitungsmedikamente und Beatmung wird hier nicht weiter eingegangen.

Die Intubation beginnt mit der Lagerung des Kopfes. Eine korrekte Lagerung in der sogenannten Jackson- oder Schnüffelposition kann die direkte Laryngoskopie vereinfachen. Dabei wird der Kopf so weit erhöht gelagert, bis sich das Ohr ungefähr in

einer Linie mit dem Brustbein befindet und zusätzlich im Nacken überstreckt. Dies bewirkt eine geradere Sichtachse von Mundöffnung über den Rachen bis zum Eingang der Luftröhre (6).

Diese optimale Lagerung ist in der Präklinik, beispielsweise bei Halswirbelsäulen-Verletzungen, nicht immer durchführbar, weshalb hier nach Möglichkeit Intubationshilfen verwendet werden sollten.

Wenn der*die Patient*in bereit zur Intubation ist, soll man das Unterkiefer mit beiden Händen langsam und vorsichtig so weit wie möglich öffnen. Aufgrund des Kiefergelenks als Roll-Gleit-Gelenk muss dabei auch ein Zug nach ventral erfolgen (7). Die rechte Hand hält den Unterkiefer in der geöffneten Position und die linke Hand nimmt das Laryngoskop und führt den Spatel vorsichtig in den Mundraum ein.

Der gebogene Macintosh-Spatel wird, wie bereits weiter oben beschrieben, mit seiner Spitze in dem Raum zwischen Zungengrund und dem Kehldeckel platziert, während der gerade Miller-Spatel dazu verwendet wird, die Epiglottis direkt aufzuladen (siehe Abb. 3).

Wenn sich das Laryngoskop an der richtigen Stelle befindet, muss mit Kraft in Richtung, in der der Griff zeigt, gezogen werden. Dies bewirkt, dass sich der Kehldeckel aufstellt und die Sicht auf den Eingang der Trachea frei wird (6). Der Zug am Griff und eventuell ein leichtes Vorschieben sind wichtig, keinesfalls darf der Laryngoskopgriff stattdessen als Hebel gekippt werden, da man so sehr leicht die obere Zahnreihe abbrechen kann.

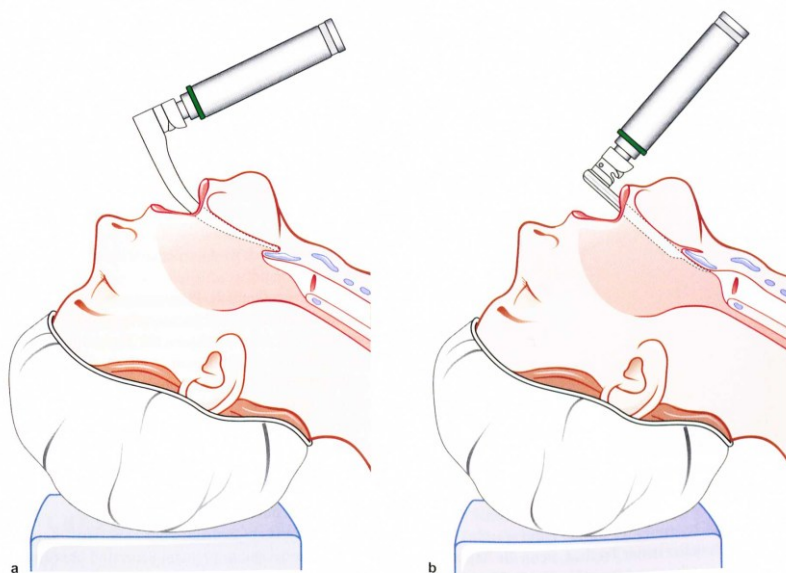


Abb. 3 Laryngoskopie mit dem Macintosh- (a) und dem Miller-Spatel (b) (6)

Sollte die Laryngoskopie noch keine gute Sicht auf die Stimmritze erlauben, kann ein sogenanntes BURP-Manöver versucht werden. BURP steht für „backwards upward rightward pressure“. Dabei drückt die assistierende Person sanft auf den Schilddrüsenschilddrüsenknorpel des*der Patienten*in kopfwärts, nach dorsal und nach rechts (8). Der Kehlkopf bewegt sich so besser in die Sichtachse des*der Intubierenden. Nicht immer ist genau diese Richtung der Bewegung zielführend, weswegen sich auch der Begriff „optimal external laryngeal manipulation“ etabliert hat, was bedeutet, dass der*die Intubierende die Richtung des Drucks auf den Kehlkopf zur optimalen Intubation bestimmen muss (8).

Die durch die Laryngoskopie dargestellten Strukturen bzw. die Sicht auf die Stimmritze können nach der sogenannten Cormack-Lehane-Klassifikation eingeteilt werden, wie in der folgenden Abb. 4 von Timmermann ersichtlich ist.

Ein Cormack-Lehane-Grad von 3 oder 4 bedeutet, dass die Laryngoskopie schwierig bis unmöglich durchzuführen ist (9). Hier sollten weitere Schritte zur Verbesserung der Laryngoskopie unternommen werden. Beispielsweise eine optimierte Lagerung des Kopfes, ein anderer Spatel bzw. alternative Intubations-Instrumente und Hilfsmittel zur Intubation oder falls möglich, das Beiziehen eines*einer erfahreneren Kollegen*in zur Unterstützung (6).



Abb. 4 Einteilung nach Cormack-Lehane (8)

Als schwierig gilt eine Intubation dann, wenn jemand mit anästhesiologisch-fachärztlicher Ausbildung und genügend Erfahrung darin, mehr als zwei Versuche dafür benötigt. Das

Risiko erhöht sich für schwere und lebensgefährdende Komplikationen, wenn weitere Versuche unternommen werden. In dieser Situation der schwierigen Atemwegssicherung sollte der*die Intubierende einen konkreten, klar strukturierten Plan zum weiteren Handeln verfolgen. Alternative Methoden wie supraglottische Atemwegshilfen, einer Beutel-Masken-Beatmung oder bei bestehender Möglichkeit auch der Abbruchs der Intubation, d.h. Wiedereinsetzen der Spontanatmung sollten ebenfalls in Betracht gezogen werden (9). Nachdem eine Sicht auf die Stimmritze vorhanden ist, wird der Tubus (eventuell mit einem vorgeformten Führungsdraht) in die rechte Hand genommen, über den rechten Mundwinkel eingeführt und vorsichtig bis zu den Stimmbändern vor- und durchgeschoben. Er wird dabei so weit in der Trachea platziert, dass der geblockte Cuff die Trachea vollständig abdichtet. Wird der Tubus jedoch zu weit vorgeschoben, erreicht dessen Spitze (aufgrund der anatomischen Lage) meist den rechten Hauptbronchus. Bei dieser *einseitigen Intubation* kann dementsprechend dann auch nur ein Lungenflügel ventiliert werden (6). Um die Abdichtung zu erreichen, muss der Cuff mit Luft geblockt werden. Als erste Maßnahme kann dies beim Erwachsenen mit einer Spritze gemacht werden, jedoch sollte möglichst bald der ideale Cuffdruck mit einem Cuffdruckmesser überprüft und korrigiert werden.

Eine gewissenhafte Durchführung der Kontrolle der korrekten Tubuslage hat danach oberste Priorität. Im Zweifelsfall muss der*die Intubierende unverzüglich extubieren und einen neuen Versuch starten bzw. auf alternative Maßnahmen des Atemwegsmanagements umsteigen. Für die Lagekontrolle gibt es sichere und nicht sichere Methoden (6).

Zu den sicheren Methoden zählt die Kapnografie, also die Messung des expiratorischen CO₂-Gehalts. Diese sollte direkt nach der Intubation stattfinden, da detektierbares CO₂ nach einigen Beatmungshüben bedeutet, dass sich der Tubus in den Luftwegen befindet. Auch die Intubation unter Sicht, d.h. der Tubus wird eindeutig zwischen die Stimmbänder vorgeschoben, sowie eine Überprüfung der korrekten Tubuslage mit Hilfe eines Bronchoskops, zählen als sichere Intubationszeichen (6,8).

Als unsichere Methoden gelten sicht- und spürbare Thoraxexkursionen während der Beatmung, bei der Auskultation hörbare Atemgeräusche über dem Thorax, sowie fehlende Geräusche über dem Magen oder ein fühlbarer Widerstand beim Beatmen mittels des Beatmungsbeutels (6).

War die Lagekontrolle erfolgreich und der Tubus liegt ordentlich geblockt in der Trachea, muss dieser fixiert werden. Diesem wichtigen Schritt muss ausreichend Aufmerksamkeit

gewidmet werden, denn ein Tubus kann bei Manipulation, beispielsweise bei Zug am Konnektor oder Beatmungsschlauch dislozieren. Der*die Patient*in kann unter Umständen dann nicht weiter beatmet und muss gegebenenfalls neu intubiert werden, was bei schwierigen Bedingungen nicht immer oder nicht sofort gelingt. Im präklinischen Bereich ist dies eine reale Gefahr, beim Umlagern in eine Rettungstrage, beim Rettungstransport und bei der Übergabe im Zielkrankenhaus wird der Patient von den unterschiedlichsten Mitarbeitern bewegt und manipuliert. Häufig wird hier auch sehr hektisch, schlecht oder gar nicht kommuniziert, was das Risiko einer Tubus-Dislokation erhöht.

Die Fixierung des Tubus kann auf unterschiedliche Weisen erfolgen: mit Pflasterklebestreifen am Kiefer, mit Mullbinden oder anderen Bändern um den Nacken oder auch mit speziell dafür vorgesehenen Produkten wie dem *Thomas® Tubushalter* (Laerdal Medical GmbH, Puchheim, Deutschland).

1.1.4. Der schwierige Atemweg und Intubationshilfen

Eine schwierige Intubation ist definitionsgemäß dann vorhanden, wenn ein*e Anästhesist*in mehr als zwei Versuche dafür benötigt (9).

Es gibt einige Vorzeichen und Merkmale, die bereits vor der Intubation auf einen möglichen schwierigen Atemweg hinweisen. Diese sind von dem*der Intubierenden zu erkennen, geeignete Maßnahmen zu treffen und Hilfsmittel zu verwenden, um die Intubation trotzdem zu ermöglichen.

Die Anzeichen einer schwierigen Intubation werden im Normalfall bei der Narkose-Untersuchung vor der Operation erfragt bzw. untersucht, so dass der schwierige Atemweg dann beim eigentlichen Intubationsverfahren bereits erwartet wird.

Hat der*die Patient*in einen starken Überbiss bzw. vorstehende Schneidezähne, eine kleine Mundöffnung bzw. eingeschränkte Beweglichkeit des Unterkiefergelenks, eine besonders große bzw. angeschwollene Zunge, angeborene oder erworbene anatomische Besonderheiten im Mund- und Rachenbereich oder einen kurzen oder dicken Hals, muss von einer schwierigen Intubation ausgegangen werden (6).

Vom sogenannten Zeichen nach Patil oder dem Kinn-Kehlkopf-Abstand spricht man, wenn der*die Patient*in bei geschlossenem Mund den Kopf nackenwärts überstreckt. Wenn der Abstand zwischen Kinns Spitze und Schildknorpel weniger als 7 cm beträgt, ist dies ein Hinweis auf einen schwierigen Atemweg (8).

Wenn man den*die Patienten*in bittet, den Mund ganz zu öffnen und die Zunge maximal

herauszustrecken, kann man den sogenannten Mallampati-Score erheben.

Erkennt man bei herausgestreckter Zunge die Uvula und Rachenhinterwand, spricht man von Mallampati I, wenn nur mehr der obere Anteil der Uvula erkennbar ist, von Mallampati II, wenn die Uvula nicht mehr, jedoch der weiche und harte Gaumen noch sichtbar sind, spricht man von Mallampati III und Mallampati IV liegt dann vor, wenn man nur mehr den harten Gaumen sieht (8). Bei Mallampati I sollte sich die Laryngoskopie leicht durchführen lassen, bei Mallampati II und III lässt sich keine genaue Aussage auf die Schwierigkeit der Intubation treffen, während Mallampati IV grundsätzlich auf eine schwierige Intubation hindeutet. Allerdings ist diese Einteilung nicht absolut – nur ca. die Hälfte der als schwierig geltenden Klasse IV-Beurteilungen sind tatsächlich schwierige Intubationen (6).

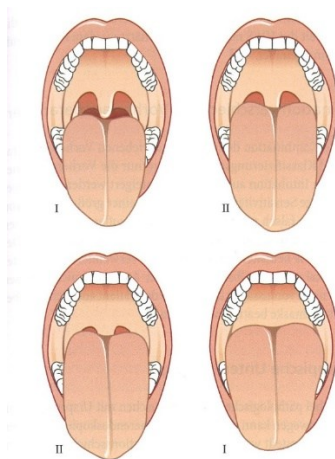


Abb. 5 Einteilung nach Mallampati:

links oben Mallampati I, rechts oben II, links unten III, rechts unten IV (6)

Wenn der*die Intubierende auf einen schwierigen Atemweg, erwartet oder unerwartet, trifft, sollte er*sie Hilfsmittel zur Laryngoskopie bzw. zum Vorschieben des Tubus verwenden:

Das Videolaryngoskop, welches auch häufig in der Präklinik eingesetzt wird, besitzt eine kleine Kamera am Ende des Spatels, die je nach Modell entweder mit einem kleinen Monitor direkt am Griff oder über ein Kabel mit einem externen Monitor verbunden ist. Bei der Intubation ist keine direkte Sicht auf die Glottisebene mehr notwendig, stattdessen führt man den Tubus mittels Kamerasicht in die Trachea. Dafür sollte jedoch ein Mandrin verwendet werden, um dem Tubus die notwendige Steifigkeit und Führbarkeit zu geben (6).

Es gibt sogenannte hyperangulierte Spatel (siehe folgende Abb. 6, mittlerer Spatel), diese sind besonders stark gebogen und sollen sich so der Anatomie besser anpassen (6). Durch diese Anpassung muss keine Einstellung der oro-pharyngolaryngealen Linie mehr erfolgen (vgl. Darstellung a in Abb. 3), was beispielsweise einen Vorteil bringt, wenn der Kopf aufgrund schwieriger anatomischer Verhältnisse oder Schienung bei HWS-Verletzungen nicht überstreckbar ist. Allerdings muss hier zwingend ein Mandrin benutzt werden, der dem Tubus die Form des hyperangulierten Spatels gibt, um das Vorschieben durch die Stimmritze zu erleichtern. Auch sollte der*die Intubierende im Umgang mit dieser Methode vertraut sein und über Routine verfügen (9).

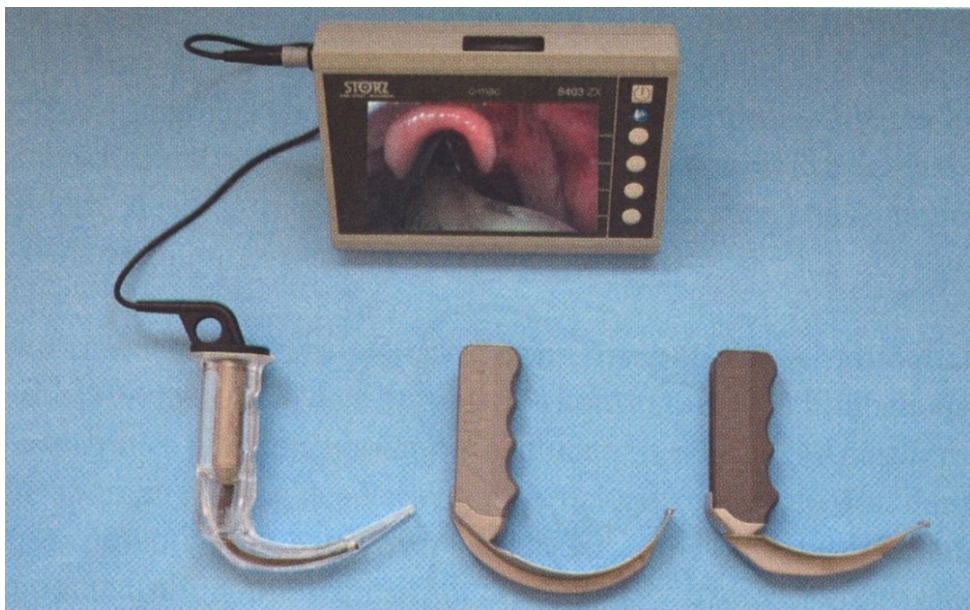


Abb. 6 Videolaryngoskop: Modell C-MAC® mit Monitor (KARL STORZ SE & Co. KG, Tuttingen, Deutschland), von li. nach re.: Laryngoskopie-Spatel zum Einmalgebrauch, hyperangulierter Spatel, wiederverwendbarer Spatel (6)

Ein weiteres Hilfsmittel zur indirekten Intubation ist das Modell *Airtraq®* (Prodol Meditec S.A., Las Arenas, Spanien). Er besitzt eine L-förmige Form, hat einen optischen Kanal mit einem LED-Licht patientenseitig und dem Okular an dem anderen Ende und einem parallel verlaufenden Kanal, in dem ein Tubus eingespannt wird. Der *Airtraq®* wird, eine entsprechend große Mundöffnung vorausgesetzt, mittig eingeführt, um dann mit seiner Spitze die Epiglottis anzuheben. Wenn der*die Intubierende nun Sicht auf den Tracheaeingang hat, wird der eingespannte Tubus vorgeschoben und nach dem Blocken der *Airtraq®* vorsichtig seitlich entfernt (10).



Abb. 7 Airtraq® (11)

Eine andere Möglichkeit zur Intubation ohne direkte Sicht stellt die fiberoptische Intubation dar. Dabei wird das Bronchoskop unter fiberoptischer Sicht in die Trachea bis zur Carina eingeführt. Der Tubus, der zuvor auf das Bronchoskop gesteckt wurde, wird nun vorgeschoben und geblockt. Dieses Verfahren kann sowohl bei der oralen als auch der nasalen Intubation angewendet werden.

Ein ebenfalls in der Notfallmedizin häufig benutztes Hilfsmittel ist der sogenannte „Elastische Bougie“ (siehe Abb. 8). Das ist ein dünner flexibler Kunststoffschlauch mit abgerundeter und aufgebogener Spitze, der bei der Laryngoskopie verwendet werden kann, wenn sich der Kehlkopfeingang kaum oder gar nicht darstellen lässt (6). Der Bougie wird dann in die Trachea vorgeschoben, was aufgrund seiner dünnen Form leichter gelingt als beim Endotrachealtubus, und bietet außerdem über spezielle Konnektoren die Möglichkeit direkt Sauerstoff zu applizieren. Dieser wird als Führungsdraht benutzt, über den ein aufgesteckter Tubus in der Trachea platziert und geblockt wird. Der elastische Bougie kann auch als „Tubuswechsler“ benutzt werden, wenn eine Umintubation notwendig werden sollte (12).

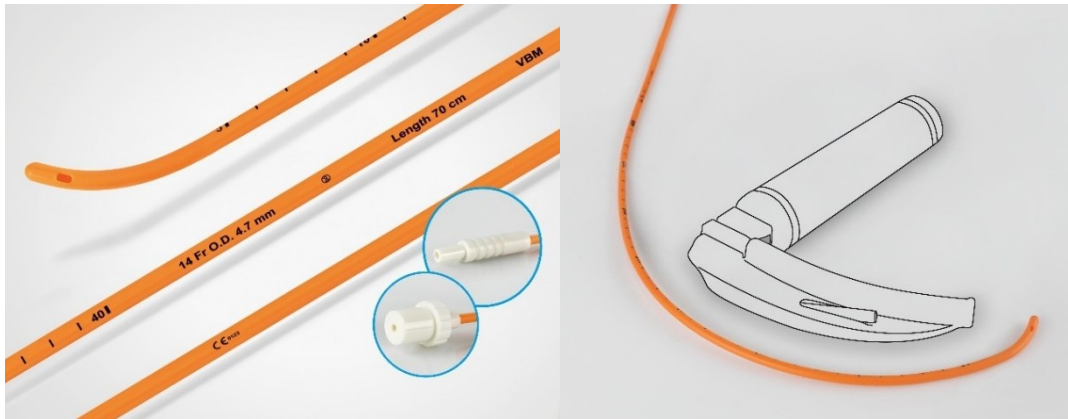


Abb. 8 Elastische Bougie (13)

Der Einsatz einer speziellen Intubationslarynxmaske ist eine weitere Möglichkeit, vor allem beim unerwartet schwierigen Atemweg, eine erfolgreiche Intubation durchzuführen. Sie wird zuerst auf herkömmliche Weise blind im Rachen platziert und ermöglicht auch schon dadurch, wie auch bei normalen Larynxmasken, die Beatmung. Die Bauweise der speziellen Larynxmasken, wie der *LMA® Fastrach™* (Teleflex Inc., Wayne, PA, USA), erlaubt es, dass man einen speziellen Endotrachealtubus über den verbreiterten Beatmungskanal blind in die Trachea schieben kann (6). Die Intubationslarynxmaske kann im Anschluss verbleiben oder entfernt werden. Außerdem ist es möglich einen blinden Intubationsversuch auch mit herkömmlichen Larynxmasken mithilfe eines Bougie-Katheters zu versuchen. Dies sollte jedoch den geübten Anwender*innen vorbehalten bleiben (12).

Sollte jegliche Form von endotrachealer Intubation und Beatmung scheitern, wird als Ultima Ratio ein chirurgischer Atemweg gewählt. Eine Tracheotomie wird in der notfallmedizinischen Atemwegssicherung nicht durchgeführt, stattdessen gilt die Koniotomie als geeignete Maßnahme im Notfall. Hier wird mittels Skalpell oder speziell vorbereiteten Koniotomie-Sets ein Schnitt durch die Membrana cricothyroidea zwischen Schild- und Ringknorpel gesetzt, durch den ein Beatmungsschlauch in die Trachea geschoben wird (12). Eine weitere chirurgische Möglichkeit, um im Notfall zumindest für eine Sauerstoffzufuhr zu sorgen, ist die perkutane transtracheale Jet-Ventilation. Dabei wird eine Kanüle durch die Membrana cricothyroidea gestochen und diese dann an eine Sauerstoffleitung mit hohem Flow angeschlossen. Aufgrund des hohen Verletzungsrisikos dieser Maßnahme sollte diese auch nur von erfahrenen Anwender*innen und auch nur als Ultima Ratio durchgeführt werden (6).

Zusammenfassend und wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, ist beim Vorgang einer schwierigen Intubation ein strukturiertes Vorgehen wichtig. Die *SI Leitlinie Atemwegsmanagement 2023* empfiehlt hierzu folgendes:

Zeigt sich ein schwieriger Atemweg, der sich beispielsweise aus klinischen Untersuchungen oder der Erfahrung aus vorangegangenen Intubationen ergibt, sollte die Atemwegssicherung primär mithilfe eines Videolaryngoskops versucht werden. Wenn dies scheitern sollte, von vornherein nicht möglich erscheint oder der*die Patient*in kardiorespiratorisch dekompenziert, dann sollten als Notfallmaßnahmen beispielsweise eine bronchoskopische Intubation, supraglottische Atemwegshilfen oder eine chirurgische Beatmungs- oder Oxygenierungsmethode gewählt werden (9).

Der unerwartet schwierige Atemweg ist eine äußerst kritische Situation, die sich dadurch definiert, dass der erste Versuch einer Intubation misslungen ist. Hier sollte als erste Maßnahme sofort eine Beutel-Masken-Ventilation, auch gegebenenfalls unter Zuhilfenahme von einer oropharyngealen Atemwegshilfe, dem Guedel-Tubus oder einer naso-pharyngealen Atemwegshilfe (Wendl-Tubus) erfolgen. Die Beatmungsmaske sollte unter Umständen mit beiden Händen dicht aufsitzend gehalten sowie ein Esmarch-Manöver durchgeführt werden. Außerdem ist in dieser Situation ein rasches Herbeiholen von weiteren (höher qualifizierten) Personen zur Hilfe wichtig. Sollte die Beutel-Masken-Beatmung nicht erfolgreich sein, sollte noch ein Intubationsversuch mit Videolaryngoskop oder einem anderen Intubationshilfsmittel oder ein Versuch einer supraglottischen Atemwegshilfe erfolgen, während ein chirurgischer Atemweg vorbereitet wird. Wenn der*die Patient*in weiterhin nicht beatmet werden kann, muss die Koniotomie erfolgen. Wenn die Beatmung mittels Beutel-Maske jedoch suffizient ist, wird die Laryngoskopie nochmals durchgeführt. Dabei sollte die Anzahl der Intubationsversuche möglichst geringgehalten werden. Das bedeutet, dass hier möglichst alle verfügbaren Intubationshilfen verwendet, weitere kompetente Personen hinzugezogen oder auch alternative Beatmungsmittel eingesetzt werden (9).

1.2. Die endotracheale Intubation im präklinischen Setting

Eine Intubation außerhalb einer Krankenanstalt lässt sich nur bedingt mit Routine-Intubationen wie sie beispielsweise bei Anästhesien im Operationssaal oder auf Intensivstationen durchgeführt werden, vergleichen. Im folgenden Kapitel soll auf die Besonderheiten des Personals, der Ausrüstung und der Umgebung, eingegangen werden.

1.2.1. Besonderheiten in der Präklinik

Eine prähospitale Intubation ist keine Routine-Angelegenheit. Zum einen bestimmt die Umgebung des*der Patient*in die gesamte Situation. In Wohnungen oder im Inneren eines Rettungstransportwagens gibt es nur ein begrenztes Platzangebot, mit dem sich der*die Intubierende arrangieren muss. Die Umgebungsbeleuchtung, vor allem bei nächtlichen Einsätzen und/oder im Freien ist nicht optimal und die Witterungsverhältnisse spielen je nach Situation ebenfalls eine Rolle. Diese Umgebungsbedingungen, im Vergleich zu einem großen, hell erleuchteten Operationssaal können als Stressfaktor dienen und eine Intubation erschweren.

Eine weitere Erschwernis können Ausrüstung und Team darstellen. Ärzt*innen oder andere Berufsgruppen, welche grundsätzlich im klinischen Bereich arbeiten, ebenfalls (evtl. auch einen bedeutend geringeren Anteil) präklinisch im Rettungsdienst tätig sind, müssen sich häufig an andere technische Gegebenheiten gewöhnen. Im Rettungsdienst-System sind bestimmte, ihnen bekannte Intubationshilfen oder Material für das Management des schwierigen Atemwegs vielleicht nicht vorhanden oder der*die Patient*in kann am Einsatzort nicht so optimal wie im OP, Notaufnahme oder Intensivstation gelagert werden.

Außerdem muss man auch bei jedem Einsatz logistische Faktoren berücksichtigen.

Einsatzorte im Rettungsdienst sind häufig weiter entfernt von Fahrzeug oder Hubschrauber, mit welchem das Rettungsteam eingetroffen ist. Das Team hat bei dem*der Patienten*in nur jenes Equipment zur Atemwegssicherung und Beatmung zur Verfügung, welches es (meist in Koffer- oder Rucksacksystemen) zu ihm transportiert. Sollten weitere Intubationshilfsmittel benötigt werden, die zwar grundsätzlich im Fahrzeug vorhanden sind, aber ursprünglich nicht mitgenommen wurden, stellt das Nachholen dieser Gerätschaften einen doch nicht unerheblichen Zeitfaktor dar. Deshalb sollte auch vor der Ankunft am Einsatzort von dem Team besprochen werden, welche Ausrüstung eventuell benötigt wird und ob diese überhaupt zum*zur Patient*in transportiert werden kann.



Abb. 9 Typische Ausrüstung zur präklinischen Intubation (14)

Bei der Versorgung aller Notfallpatienten*innen, sowohl klinisch als auch präklinisch, kommt dem gesamten versorgenden Team eine wichtige Rolle zu. Hier können einige Faktoren in der Präklinik einen komplexen Vorgang wie die Intubation erschweren. Zum Beispiel im deutschsprachigen Raum, wo hauptsächlich (not-)ärztliches Personal die Versorgung leitet, kann es vorkommen, dass dieses aufgrund des häufig vorherrschenden „Rendezvous-System“ von Notarztwagen oder Notarztthubschauber und Rettungstransportwagen die bereits erstversorgenden Sanitäter*innen oder Feuerwehrleute nicht persönlich kennen. Da diese bei der weiteren Versorgung, wie einer Narkoseeinleitung und Intubation, im Regelfall mit- und zusammenarbeiten, können hier Kommunikationsprobleme – oder andere Hindernisse auf persönlicher Ebene – eine erfolgreiche Intubation gefährden.

Ein weiterer personeller Unterschied zum klinischen Ablauf ist die Tatsache, dass der*die Intubierende im Rettungsdienst häufig die bestausgebildetste Person für das Atemwegsmanagement ist. Im Kontrast dazu kann innerklinisch bei Intubationsproblemen meist eine fachlich erfahrenere Person als Unterstützung hinzugezogen werden.

Es gibt außerdem im präklinischen Setting keine „Elektiveingriffe“. Hier handelt es sich um Notfallpatienten*innen, die auf eine Intubation nicht vorbereitet werden können und im Normalfall dem Rettungsdienstpersonal auch unbekannt sind. Je nach Notfallgeschehen führt das zu einer Reihe von Faktoren, die eine Intubation erschweren können.

Im deutschsprachigen Raum sind akute Erkrankungen in ca. 4/5 der Fälle der Grund für eine präklinische Intubation, eine traumatische Ursache kommt in 1/5 der Fälle vor. Am häufigsten stellt der Atem-Kreislaufstillstand die Indikation zur Intubation dar (2).

Rasche Narkoseeinleitungen bei eventuell kreislaufinstabilen Patienten*innen oder eine Intubation bei gleichzeitig stattfindender Herzdruckmassage sind für das Rettungspersonal meist keine alltäglichen Situationen. Dies kann die Anwender*innen beim Atemwegsmanagement vor Probleme stellen.

Folgende Krankheiten bzw. Verletzungen sind nach Scholz et al. dabei mit erschwerten Intubationsbedingungen assoziiert:

„- Verletzungen oder Immobilisation der Halswirbelsäule,
- Mittelgesichts- und Kieferverletzungen,
- Verletzungen der Halsweichteile,
- Kehlkopf- und Trachealverletzungen (z. B. Erhängen, Angriffe gegen den Hals),
- thermische Verletzungen im Gesichts- und Halsbereich, Inhalationstrauma,
- Fremdkörperverlegung,
- Epiglottitis,
- stattgefundenen Aspiration,
- intraorale und pharyngeale Schwellungen (z. B. Insektenstich, angioneurotisches Ödem).“ (15)S.96

1.2.2. Empfehlungen zum präklinischem Atemwegsmanagement

Da die präklinische Intubation, wie bereits beschrieben, keine alltägliche und eine schwierige Tätigkeit darstellen kann, haben sich bereits einige Fachgesellschaften der Frage, ob und wann eine endotracheale Intubation durchgeführt werden sollte, angenommen.

Man kann als Konsens ihrer Aussagen sehen, dass die Intubation nur von darin geübten Personen durchgeführt werden sollte.

Beispielsweise empfiehlt das *European Resuscitation Council*, welches sich wiederum auf die *ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation) ALS (Advanced Life Support) Task Force* beruft, für das Atemwegsmanagement im Kreislaufstillstand folgendes (3):

Welches Mittel und Technik zur Atemwegssicherung verwendet wird, hängt stark von der Notfallsituation und dem*der Patient*in selbst, sowie den Fähigkeiten des medizinischen

Personals ab. In Rettungssystemen, in denen das Personal in der endotrachealen Intubation ungeübt ist, sollte in erster Linie eine supraglottische Atemwegshilfe verwendet werden. In Systemen, deren Helfer*innen viel Erfahrung in der endotrachealen Intubation besitzen, kann eine endotracheale Intubation durchgeführt werden.

Als erfahren in der endotrachealen Intubation bzw. als diese Maßnahme erlernt, gilt nach Ansicht der *Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin* in ihrer S1-Leitlinie *Prähospitales Atemwegsmanagement* wer mindestens einhundert Mal beaufsichtigt intubiert hat (2). Des Weiteren empfiehlt diese Gesellschaft, dass zum Fähigkeiterhalt jährlich zumindest zehn Intubation gemacht werden sollten (2).

Eine weitere Empfehlung dieser Gesellschaften ist der Einsatz von Videolaryngoskopen bereits beim ersten Intubationsversuch (2). Der Spatel sollte eine gebogene Form, ähnlich dem Macintosh-Spatel haben, für andere Formen, wie dem stärker gekrümmten, hyperangulierten Spatel bedarf es mehr Übung und Erfahrung.

In dieser Leitlinie wurde auch auf die Ausrüstung und den Teamaspekt eingegangen. Zu Dienstbeginn sollte am jeweiligen Rettungsmittel die Ausrüstung zur Atemwegssicherung auf Vollständigkeit und Einsatzbereitschaft überprüft werden (2). Weiters wurde besonders hervorgehoben, dass der Vorgang des notfallmäßigen Atemwegsmanagements im kompletten (eventuell interdisziplinären) Team des Rettungsdienstes immer wieder trainiert werden sollte. Hierbei sollten auch gewisse Algorithmen oder „standard-operating-procedures“ implementiert werden. Idealerweise sollte dieses Training im Rahmen von möglichst realistischen medizinischen Simulationsszenarien erfolgen, so dass neben den technischen Fertigkeiten auch die Vorbereitung, Assistenz und Kommunikation im Team während des Atemwegsmanagement geübt wird (2). Die folgende Abbildung ist ein Beispiel einer Checkliste, wie sie bei der Narkoseeinleitung und Intubation im präklinischen Bereich verwendet wird, um diesen Vorgang möglichst effizient und vor allem sicher zu machen.

Intubations (RSI)-Checkliste Medizinercorps Graz

Team instruiert	<input type="checkbox"/>
Sauerstoffmaske mit gefülltem Reservoir +15L O2 dicht am Patienten	<input type="checkbox"/>
Nasenbrille am Patienten (Apnoe-Oxygenierung)	<input type="checkbox"/>
Assistent für BURP Manöver instruiert	<input type="checkbox"/>
(In-Line Immobilisierer instruiert)	<input type="checkbox"/>
Vorgehen bei fehlgeschlagener Intubation besprochen	<input type="checkbox"/>
Hinweis auf evtl. schwierigen Atemweg	<input type="checkbox"/>
Optimale Lagerung (360°, Gesicht parallel zur Decke, Ohrloch-Jugulum)	<input type="checkbox"/>
Sauerstoffflasche im grünen Bereich	<input type="checkbox"/>
MONITORING	
Blutdruckwert - Intervall auf 2 min	<input type="checkbox"/>
SpO2-Wert	<input type="checkbox"/>
Kapnographie angeschlossen	<input type="checkbox"/>
4-Kanal EKG	<input type="checkbox"/>
MEDIKAMENTE	
Zugang liegt, Infusion tropft	<input type="checkbox"/>
RR-Manschette auf kontralateralem Arm	<input type="checkbox"/>
Ersatzzugang liegt	<input type="checkbox"/>
Medikament 1 mg und ml	<input type="checkbox"/>
Medikament 2 mg und ml	<input type="checkbox"/>
Medikament 3 mg und ml	<input type="checkbox"/>
INTUBATION	
Absauger funktioniert, Katheter angeschlossen	<input type="checkbox"/>
Laryngoskop, Spatelgröße XX funktioniert	<input type="checkbox"/>
Endotrachealtubus, Größe XX	<input type="checkbox"/>
Xylogel aufgetragen	<input type="checkbox"/>
Ersatztubus, Größe XX, bereit aber verschlossen	<input type="checkbox"/>
Blockerspritze	<input type="checkbox"/>
Mandrin bereit, aber nicht im Tubus	<input type="checkbox"/>
Larynx, Farbe XX bereit, aber verschlossen + Blockerspritze	<input type="checkbox"/>
Fixation	<input type="checkbox"/>
Güdel-tubus, Farbe XX bereit	<input type="checkbox"/>
Ambubeutel + Filter an Sauerstoff angeschlossen (getestet)	<input type="checkbox"/>
Beatmungsmaske, Größe XX bereit	<input type="checkbox"/>
Stethoskop	<input type="checkbox"/>

Instabiler Patient

Sauerstoff	<input type="checkbox"/>
Zugang	<input type="checkbox"/>
Medikamente	<input type="checkbox"/>
Laryngoskop, Spatelgröße XX funktioniert	<input type="checkbox"/>
Absauger funktioniert, Katheter angeschlossen	<input type="checkbox"/>
Endotrachealtubus, Größe XX	<input type="checkbox"/>
Blockerspritze	<input type="checkbox"/>
Kapnographie angeschlossen	<input type="checkbox"/>
Ambubeutel + Filter an Sauerstoff angeschlossen	<input type="checkbox"/>

Medikamentendosierungen

Lysthenon	1 – 2 mg/kg
Esmeron	1 mg/kg
<hr/>	
Ketanest	1 – 2,5 mg/kg
Propofol 1%	2 – 3 mg/kg
Etomidat	0,15 – 0,3 mg/kg
<hr/>	
Fentanyl	0,05 – 0,2 mg
<hr/>	
Ephedrin	1 Ampulle auf 10ml ➡ 1 – 2 ml
L-Adrenalin	1ml auf 10ml NaCl ➡ 0,5 – 2 ml
Neo-Synephrine	1 Ampulle auf 100ml ➡ 0,5 – 2 ml

© Sacherer Florian, Markus Karlseder (Design)



Abb. 10 Intubations- bzw. RSI-Checkliste des Rettungsdienstes aus Graz (16)

1.2.3. Länderbezogene Berufsgruppen in der Präklinik

Im Folgenden sollen exemplarisch einige Berufsgruppen aus verschiedenen Staaten, die präklinisch tätig sind, vorgestellt werden. Dies dient dazu einen Eindruck über das Rettungsdienst-Personal zu bekommen, welches in den, in dieser Arbeit analysierten Studien behandelt wird.

Aufgrund von gesetzlichen Vorgaben, verschiedenen gestalteten Ausbildungen mit unterschiedlicher Ausbildungsdauer und -inhalten dürfen unterschiedliche Berufe nur bestimmte Arten von Atemwegssicherung anwenden. Es soll hier nur auf jene eingegangen werden, die auch die endotracheale Intubation durchführen, da nur diese für diese Arbeit von Relevanz sind.

Österreich:

Der Rettungsdienst in Österreich ist grundsätzlich „Notarzt-basiert“, d.h. die Versorgung von kritisch kranken Patienten*innen übernehmen speziell ausgebildete Ärzte*innen gemeinsam mit dem Sanitätspersonal. Präklinisch tätige Ärzte*innen müssen über eine notärztliche Qualifikation, wie sie im *Bundesgesetz über die Ausübung des ärztlichen Berufes und die Standesvertretung der Ärzte (Ärztegesetz 1998 - ÄrzteG 1998)* geregelt ist,

und aktuell nach der *Notärztinnen/Notärzte-Verordnung der Österreichischen Ärztekammer (NA-V)* ausgebildet wird, die seit 2019 in Österreich gilt, verfügen. Diese Ausbildung sieht vor, dass Ärzte*innen, in mindestens 33 Monaten ihrer beruflichen Tätigkeit gewisse Kompetenzen erwerben, die im notärztlichen Dienst benötigt werden (§ 5 Abs. 1 NA-V). Daneben müssen sie auch an einem theoretischen und praktischen Kurs teilnehmen, sowie eine kommissionelle Abschlussprüfung absolvieren. Im Hinblick auf Techniken zur Atemwegssicherung müssen mindestens 70 Anwendungen der endotrachealen Intubation oder Larynxmaske nachgewiesen werden (Anlage 1 NA-V). Sanitätspersonal darf unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls die endotracheale Intubation durchführen. Das *Bundesgesetz über Ausbildung, Tätigkeiten und Beruf der Sanitäter (Sanitätergesetz – SanG)* erlaubt ausgebildeten „Notfallsanitäter*innen“ mit *Besonderer Notfallkompetenz Beatmung und Intubation* die endotracheale Intubation „ohne Prämedikation“ (§ 12 Abs. 1 SanG). Um diesem Ausbildungsstand zu erreichen, ist insgesamt eine theoretische und praktische Ausbildung im Rahmen von 1600 Stunden notwendig, darunter auch ein klinisches Praktikum im Ausmaß von 80 Stunden, um die endotracheale Intubation zu erlernen (17). Die Erlaubnis hierzu und jeweilige standardisierte Handlungsabläufe bzw. Algorithmen werden von der ärztlichen Leitung des jeweiligen Rettungsdienstes gegeben und definiert.

Deutschland:

Der deutsche Rettungsdienst ist ebenfalls „Notarzt-basiert“. Notärzte*innen müssen die sogenannte *Zusatzbezeichnung Notfallmedizin* führen. Grundsätzlich gilt als Voraussetzung mindestens zwei Jahre Berufserfahrung als Arzt*Ärztin mit Patientenkontakt, davon auch ein gewisser Anteil in Notaufnahmen, außerdem erfolgt als Teil der Ausbildung eine supervidierte Teilnahme an einer bestimmten Anzahl an Notarzt-Einsätzen, ein theoretischer und praktischer Kurs sowie Abschlussprüfung (18).

Intubationen im Rettungsdienst können auch von nicht-ärztlichem Personal durchgeführt werden. „Notfallsanitäter*innen“, ein Berufsgruppe, die eine dreijährige Ausbildung in Berufsfachschulen absolviert haben, sind nach dem *Notfallsanitättergesetz* dazu berechtigt, allerdings ähnlich wie in Österreich nur nach Vorgaben der jeweiligen *Ärztlichen Leiter Rettungsdienst* der Bundesländer (17).

Schweiz:

Auch im Schweizer Rettungsdienst werden überwiegend Notärzte*innen bei kritisch kranken Patient*innen eingesetzt. Diese haben üblicherweise eine Ausbildung innerhalb der Schweizer Gesellschaft für Notfall und Rettungsmedizin (SGNOR) absolviert, die eine jahrelange Praxis in notfallmedizinisch-nahen Bereichen wie Anästhesie, Innere Medizin oder Chirurgie voraussetzt, sowie verschiedene Kurse und eine Abschlussprüfung beinhaltet. Die endotracheale Intubation wird in diesem Ausbildungsprogramm als zu beherrschende Fähigkeit genannt (19).

Daneben sind noch sogenannte „Diplomierte Rettungssanitäter*innen (HF)“, die über eine 5400 Stunden dauernde Ausbildung an einer Höheren Fachschule verfügen, tätig. Etwa ein Fünftel ihrer Ausbildungsstunden entfällt dabei auf klinische Praktika (20).

In manchen Regionen existiert eine weitere Kompetenzstufe: der*die „(Anästhesiepflege NDS) Rettungssanitäter*in“. Diese haben zusätzlich ein zwei Jahre dauerndes Nachdiplomstudium in der Anästhesiepflege absolviert und sind mit umfangreicheren Kompetenzen (die ebenfalls ein*e Ärztliche*r Leiter*in definiert) ausgestattet und zur z.B. freierer Entscheidung zur endotrachealen Intubation berechtigt (20).

Großbritannien:

Ärztliches Personal ist im britischen Rettungsdienst selten und nicht flächendeckend verfügbar. Neben anderem Sanitätspersonal arbeiten vor allem sogenannte „Paramedics“ in der Notfallrettung, die zu vielen Notfallmaßnahmen inkl. der endotrachealen Intubation berechtigt sind. Diese haben im Normalfall ein dreijähriges Studium zum „Bachelor of Science in Paramedicine“ absolviert. Außerdem besteht eine umfangreiche Weiterbildungsmöglichkeit, wie z.B. „Critical Care Paramedics“, die nach weiterer universitärer Ausbildung und klinischer Praxis weitreichende Notfall-Kompetenzen besitzen (21).

Notärzt*innen werden auf Rettungstransporthubschraubern eingesetzt, die Alarmierung erfolgt jedoch nur äußerst selektiv zu besonders kritischen Patient*innen. Sie verfügen üblicherweise über eine Ausbildung in den Bereichen Notfallmedizin, Anästhesie oder Chirurgie und müssen laut dem „Prehospital Descriptors Competency Framework“ dessen Qualifikationsstufe H nachweisen können, die unter anderem auch die endotracheale Intubation vorsieht (21) (22). Obwohl Großbritannien grundsätzlich ein „Paramedic-

basiertes“ Rettungssystem hat, kommen diese selten vorhandenen, aber hochqualifizierten Notfallmediziner*innen auch deshalb zum Einsatz, da sich gezeigt hat, dass Paramedics manche Notfallmaßnahmen zu selten durchführen, um darin Sicherheit zu haben (21).

Niederlande:

Im Rettungsdienst der Niederlande ist ähnlich wie in Großbritannien überwiegend nicht-ärztliches Personal tätig. Neben anderen Berufen, die hauptsächlich als Einsatzfahrer*innen und zur Assistenz dienen, arbeitet die Rettungsfachkraft oder „ambulanceverpleegkundige“, als hauptverantwortliche Person im Rettungsdienst. Diese muss eine Ausbildung bzw. Studium zur Krankenpflege absolviert haben, gefolgt von einer mehrjährigen Berufserfahrung und Fachweiterbildung im notfallmedizinischen Bereich (23).

Dieses Personal handelt nach landesweit gültigen Algorithmen um notfallmedizinische Maßnahmen durchführen zu können, die normalerweise dem*der Ärzt*in vorbehalten sind, wie z.B. die endotracheale Intubation (24). Gegebenenfalls kann deswegen auch eine Rücksprache mit einem*einer ärztlichen Leiter*in erfolgen.

Außerdem gibt es landesweit mit den sogenannten „Mobiël Medisch Team“ oder MMT insgesamt vier luftgestützte Notarzt-Teams, die bei besonders kritischen Notfällen alarmiert werden, um weitere ärztliche Maßnahmen beziehungsweise solche, die von Notärzt*innen besser beherrscht werden, zu setzen (24). MMTs setzen sich aus ausgebildeten Anästhesist*innen oder Unfallchirurg*innen sowie den bereits erwähnten Notfall-Fachpfleger*innen, welche über eine flugrettungsspezifische Zusatzausbildung verfügen, zusammen. Zu den von MMTs durchgeführten Maßnahmen zählen neben der Intubation auch chirurgisches Atemwegsmanagement und weitere kritische Maßnahmen wie beispielsweise die Gabe von Blutprodukten oder die Thorakotomie (25).

USA:

Der US-amerikanische Rettungsdienst kann allein aufgrund der Größe der USA und der Aufteilung und Unabhängigkeit der einzelnen Bundesstaaten nicht einfach und vollständig als Ganzes beschrieben werden.

Grundsätzlich wird bei präklinischen Notfällen in den USA ebenfalls nicht-ärztliches Personal eingesetzt. Es existiert mit den „emergency room physicians“ zwar eine eigene Fachrichtung, welche auch über eine umfangreiche Ausbildung in Atemwegsmanagement

verfügt, jedoch werden diese hauptsächlich in amerikanischen Notfallaufnahmen eingesetzt (26).

Wenn es dem versorgenden Rettungsdienstpersonal nicht möglich ist, den*die Notfallpatient*in zu intubieren, obwohl diese*r eine definitive Atemwegssicherung benötigt, wird nach einer grundlegenden Versorgung vor Ort ein schneller Transport in die Notaufnahme des Krankenhauses angestrebt, wo dies durchgeführt wird (26)(27). Das kommt gerade in sehr abgelegenen, ländlichen Gebieten, in denen zu wenig hoch ausgebildetes Personal stationiert ist, vor. Generell wird in den USA meist die „scoop and run“-Taktik, ein schnellerer Transport in eine Notfallklinik mit weniger Versorgung vor Ort angestrebt (26).

Erweiterte präklinische Maßnahmen benötigen auch dafür geschultes Personal. Wie in vielen anderen Ländern gibt es auch hier in der Sanitätsausbildung ein abgestuftes System. Die erste Stufe der Sanitäter*innen werden als „emergency medical technicians basic (EMT-B)“ bezeichnet, welche sich zu „emergency medical technicians intermediate (EMT-I)“ fortbilden können. Deren Ausbildungsdauer befindet sich im niedrigen dreistelligen Stundenbereich und diese sind auch zur endotrachealen Intubation ohne Prämedikation befähigt, wobei es hier doch regionale Unterschiede gibt. EMT-B-Sanitäter*innen dürfen normalerweise nur Basismaßnahmen, jedoch kein erweitertes Atemwegsmanagement durchführen (26). Eine strikte Trennung bzw. Erlaubnis/Verbote der Kompetenzen, je nach Ausbildungsstand wie beispielsweise in Österreich, ist in den USA aber nicht vorhanden. So wurden beispielsweise EMT-Bs für eine Studie daraufhin trainiert, die endotracheale Intubation in der Präklinik durchzuführen (28).

Die höchste Sanitäts-Ausbildungsstufe wird als „emergency medical technician paramedic (EMT-P)“ bezeichnet, dessen Ausbildung weit länger als ein Jahr dauert, häufig an Colleges oder Universitäten stattfindet, auch immer klinische Praktika beinhaltet und zu dessen Kompetenzkatalog auch die Intubation zählt. Hier existieren viele regionale Unterschiede und Bestimmungen, die sich natürlich auf die Qualität der durchgeführten Maßnahmen auswirken. Beispielsweise sollen Paramedics des Rettungsdienstes der Stadt Seattle bzw. des umgebenden King County, die keine zwölf Intubationen im Jahr nachweisen konnten, diese im Rahmen von klinischen Praktika „nachholen“. Solche gezielten Aus- und Fortbildungsmaßnahmen sind aber nicht überall verbreitet (27).

Im Luftrettungsdienst kommen häufig neben Paramedics (die dafür meist eine Zusatzausbildung erhalten haben) häufig auch speziell ausgebildete „flight nurses“ zum

Einsatz. Dabei handelt es sich um Pflegepersonen mit mehrjähriger Berufserfahrung und weiterer Ausbildung an Intensivstationen und Notaufnahmen, die diese auch zur Atemwegssicherung befähigt (26).

Auch wenn Ärzt*innen in der Präklinik sehr selten sind, arbeiten Notfallmediziner*innen in den Rettungsdiensten als „medical directors“, welche unter anderem für die Ausbildung, Qualitätssicherung und Freigabe von Kompetenzen verantwortlich sind. Aber vereinzelt, wie beispielsweise im Rettungsdienst der Stadt Minneapolis, werden diese auch bei besonderen Indikationen und besonders kritischen Patient*innen präklinisch eingesetzt (29). Diese Ärzt*innen sind als emergency doctors mit Zusatzausbildung äußerst hoch qualifiziert, wobei man davon ausgehen kann, dass sie auch über viel Kompetenz und Erfahrung im Atemwegsmanagement verfügen.

2. Material und Methoden

In dieser Arbeit soll evaluiert werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Kompetenz und Ausbildung des*der Anwender*in der endotrachealen Intubation in der Präklinik und dem Erfolg der Maßnahme bzw. dem Outcome besteht.

Dies wird durch eine systematische Literaturrecherche durchgeführt. Dabei soll die Hypothese geprüft werden, dass der Intubationserfolg direkt mit der Kompetenz des Anwenders korreliert und auch das Outcome damit in Zusammenhang zu bringen ist. Diese Arbeit wurde gemäß den Richtlinien des *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 statement* erstellt (30).

2.1. Suchstrategien und Auswahl der Studien

Nach dem Auseinandersetzen mit dem Hintergrund wurde die Suche passender Primärliteratur für die systemische Übersichtsarbeit in mehreren Schritten ausgeführt. Zuerst wurde das grundlegende Ziel der Suche nach dem sogenannten PICO-Schema definiert. Das P in PICO steht hierbei für „Population“, das Patientenkollektiv, das in den Studien eingeschlossen wurde. Dafür wurden erwachsene Patient*innen (>18 Jahre), unabhängig vom Geschlecht, die initial im präklinischen Setting (im angloamerikanischen Raum auch häufig als „out-of-hospital“ bzw. „on-scene“ bezeichnet) versorgt wurden, definiert. Eine bestimmte Erkrankung oder ein bestimmtes Notfallbild waren dafür unbedeutend.

Die „Intervention“, das I, steht für das Verfahren, das in den zu findenden Studien untersucht wurde. Hier wurde die endotracheale Intubation als Form des Atemwegsmanagements definiert, unabhängig von einer etwaigen erfolgten Prämedikation, da rein die Durchführung der Intubation untersucht werden sollte. Dabei kann sowohl der Einsatz eines Videolaryngoskops als auch die direkte Laryngoskopie vorkommen. Ebenfalls zählen spezielle Geräte, wie der *Airtraq*® dazu. Beim Screening wurden Intubationslarynxmasken ausgenommen, da hier die zu untersuchende Tätigkeit der Laryngoskopie wegfällt.

C für „Control“, die Kontrollintervention zum Vergleich entfiel bei dieser Suche. Als „Outcome“ – O – wurde der Erfolg der Intubation als zu erreichende Zielgröße angenommen: entweder die erfolgreiche Intubation direkt, festgestellt z.B. durch direkte Sicht auf die Stimmritze oder durch eine kapnografische Messung oder eine erfolgreiche Beatmungsmöglichkeit nach der Atemwegssicherung.

Da die präklinische Notfallmedizin von vielen schnelllebigen Entwicklungen, als auch immer wieder ändernder Ausbildung und Geräte zur Atemwegssicherung geprägt ist, wurde beschlossen nur Literatur der letzten zwanzig Jahre mit einzubeziehen.

Als nächstes wurde in der Datenbank PubMed eine orientierende Suche mit dem Suchbegriff „prehospital endotracheal intubation success“ durchgeführt, um einen einfachen Überblick über eventuell passende Studien und über deren in PubMed zugeordneten MeSH-Terms und Keywords zu bekommen.

Von diesen Studien ausgehend wurde eine Suche in der MeSH-Datenbank nach geeigneten Terms gestartet, um diese Begriffe für den ersten Suchdurchgang zu verwenden. Um diesen Suchdurchgang einzugrenzen wurden die Filter der PubMed-Suchmaske auf Primärliteratur, erwachsene Patient*innen und Studien der letzten zwanzig Jahre eingestellt. Die Suchbegriffe sind in der Tab. 1 ersichtlich.

"Emergencies"[Mesh]	"Physician Assistants"[Mesh]
"Emergency Medicine"[Mesh]	"Physicians"[Mesh]
"Emergency Treatment"[Mesh]	"Anesthetists"[Mesh]
"Life Support Care"[Mesh]	"Nurse Practitioners"[Mesh]
"Paramedicine"[Mesh]	"Nurses, Community Health"[Mesh]
"Evidence-Based Emergency Medicine"[Mesh]	"Intubation, Intratracheal/methods"[Mesh]
"Out-of-Hospital Cardiac Arrest"[Mesh]	"Intubation, Intratracheal/adverse effects"[Mesh]
"Emergency Medical Services"[Mesh]	"Intubation, Intratracheal/instrumentation"[Mesh]
"Emergency Responders"[Mesh]	"Intubation, Intratracheal/statistics and numerical data"[Mesh]

Tab. 1 MeSH-Suchbegriffe

Da man nicht davon ausgehen kann, dass alle für diese Arbeit in Frage kommenden Studien in PubMed vollständig mittels MeSH indexiert sind, wurde eine weitere Suche durchgeführt, um auch bestimmte Schlüsselworte im Freitext zu finden (siehe Tab.2).

Um diese Keywords zu finden, wurden die Studien der orientierenden Suche gelesen und deren Begriffe identifiziert. Außerdem ergaben sich viele Begriffe bzw. deren verschiedenen Abwandlungen aus den bereits gefundenen MeSH-Terms.

prehospital*[tw] pre-hospital[tw] out-of-hospital[tw] preclinical*[tw] pre-clinical[tw] advanced life support[tw] advanced cardiac life support[tw] als[tw] acls[tw] emergency medicine[tw] emergency rescue[tw] emergency treatment[tw] emergency resus*[tw] emergency care[tw] combat care[tw] combat medicine[tw] military medicine[tw] emergency medical service*[tw] ems[tw] emergency service*[tw] emergency-service[tw] ambulance*[tw]	air ambulance*[tw] emergency medical technician*[tw] emt[tw] first responder*[tw] paramedic*[tw] emergency responder*[tw] emergency technician*[tw] medic[tw] combat medic[tw] emergency doctor*[tw] emergency physician*[tw] anesthetist*[tw] anesthetists*[tw] anesthesiologist*[tw] physician*[tw] physicians assistant*[tw] physician assistant*[tw] emergency nurse*[tw] flight nurse*[tw] prehospital nurse*[tw] prehospital registered nurse*[tw] pre-hospital registered nurse*[tw]	prehospital nursing[tw] emergency care practitioner[tw] non-physician[tw] nonphysician[tw] endotracheal intubation*[tw] intubation*[tw] intratracheal[tw] intratracheal intubation[tw] eti[tw] laryngoscop*[tw] videolaryngoscop*[tw] clinical trial*[tw] clinical stud*[tw] case report*[tw] comperative stud*[tw] controlled clinical trial*[tw] observational stud*[tw] randomized controlled trial*[tw] rct[tw] multicenter stud*[tw] multicenter[tw] adult*[tw]
--	--	---

Tab. 2 Suchbegriffe im Freitext

Als nächstes wurde mit dem Screening aller gefundenen Studien begonnen.

Im ersten Schritt wurden die Titel aller Studien in dieser Suche betrachtet und all jene entfernt, die eindeutig nicht dem Sinn dieser Arbeit entsprachen.

Außerdem wurden die Literaturverzeichnisse der bereits erwähnten Leitlinien *Prähospitales Atemwegsmanagement* und *Adult advanced life support* nach passenden Titeln durchsucht und in den weiteren Prozess eingeschlossen.

Im nächsten Schritt wurden alle Abstracts gelesen und nichtzutreffende Literatur aussortiert. Schließlich wurden die Volltexte der verbleibenden Studien gelesen und auf Eignung für diese Arbeit geprüft.

Um diese Suchen und deren Ergebnisse, bzw. deren Verweise auf die Literatur zu verwalten, wurde die Cloud-basierende Literaturverwaltungssoftware *RefWorks®* (*ProQuest LLC, Ann Arbor, MI, USA*) verwendet. Die Tabellen, Diagramme und Grafiken in dieser Arbeit wurden mithilfe von *Microsoft 365 (Office)* (*Microsoft Corporation, Redmont, WA, USA*) erstellt.

2.2. Datensammlung

Nachdem die passenden Studien gefunden wurden, begann die Extraktion der Daten, die für diese Arbeit von Relevanz sind. Diese wurden in das Tabellenkalkulationsprogramm von *Microsoft 365 (Office)* eingetragen.

Dabei wurden folgende Charakteristiken gesammelt:

- Studienname
- Publikationsjahr
- Land
- Berufsgruppe
- Rettungsdienstsystem
- verwendete Geräte
- Erfolg oder Nicht-Erfolg der endotrachealen Intubation (ETI)
- Zeit für die Intubation

Im Bereich der Berufsgruppe wurde nach Durchsicht der Studien zwischen folgenden Gruppen unterschieden:

- *NÄ (Anästhesie)* sind Notärzt*innen aus dem Fachbereich Anästhesie, meist mit einer Zusatzausbildung für präklinische Notfallmedizin (31,32).
- *NÄ (Notfallmedizin)* sind entweder Facharzt*innen für Notfallmedizin (sofern die Ausbildung in diesem Land existiert oder Facharzt*innen aus anderen Fachbereichen, die in irgendeiner Weise eine zusätzliche Ausbildung für die präklinischen Notfallmedizin besitzen (32,33).
- *NÄ (Anä./Notfallmed.)* beschreibt die Situation in der das notärztliche Personal aus meist ungefähr gleich verteilten Anteilen an Anästhesist*innen und anderen Notfallmediziner*innen besteht (34,35).
- *Paramedics* sind wie bereits im Kapitel 1.2.3. beschrieben, Rettungsfachpersonal mit einer meist mehrjährigen Ausbildung, die auch das komplette Spektrum der Atemwegssicherung umfasst.
- *Notfall-Fachpflege*: sind Pflegepersonen, die speziell für den präklinischen Notfallbereich ausgebildet sind und einen anästhesiologischen oder intensivmedizinischen fachlichen Hintergrund haben (36,37).
- *Sanitäter*innen*: Rettungsdienstpersonal, welches nicht über die umfangreiche Ausbildung von Paramedics verfügt.

Das Tabellenkalkulationsprogramm mit den eingetragenen Daten wurde auch zur Berechnung der gewichteten Mittelwerte mehrerer Studien mit gleicher Berufsgruppe aber unterschiedlicher Stichprobengröße genutzt. Außerdem wurden damit die Konfidenzintervalle der Studien, sofern nicht angegeben, mithilfe des Wilson-Intervalls bestimmt. Die erhobenen und die berechneten Daten wurden als Grundlage für die Darstellung von verschiedenen Graphen mithilfe des Programms *R*© (*The R Foundation for Statistical Computing*) genutzt.

In dieser Arbeit soll auch eine Aussage über das Outcome der intubierten Notfallpatient*innen getroffen werden. Dazu wurden die eingeschlossenen Studien dahingehend analysiert, ob neben dem Intubationserfolg auch weitere Daten wie Komplikationen nach der Intubation, das weitere Überleben der Patient*innen oder der neurologische Verlauf erfasst wurden.

2.3. Studienqualität und Bias

Um eine Methode zu finden und um die Qualität der eingeschlossenen Studien und das Risiko für Verzerrungen zu beurteilen, wurde die Arbeit von Hoy et al. als Grundlage sowie dessen Modifikation von Fouche et al. verwendet (38,39). Dieses System wurde für diese Arbeit angepasst, es besteht aus acht Fragen, die, bezogen auf die zu untersuchende Studie, jeweils mit Ja oder Nein zu beantworten sind, wobei Ja für ein niedriges Bias-Risiko und Nein für ein hohes Bias-Risiko steht. Abschließend errechnet sich daraus ein Score, mit dem man die Qualität der Studie für diese Arbeit beurteilen kann. Folgende Fragen wurden auf Basis der oben erwähnten Literatur, gestellt:

- 1.) Entspricht die Studienpopulation, also die Patient*innen, bei denen die endotracheale Intubation im präklinischen Setting untersucht wurde, einer „typischen Patientengruppe“ dieses Landes für diese Maßnahme? Die vorliegende Arbeit untersucht die präklinische ETI bei erwachsenen Patient*innen, unabhängig der Indikation für diese Maßnahme. Nach Timmerman et al. stellen akute Erkrankungen, inkl. dem Atem-Kreislauf-Stillstand den Hauptgrund für eine Intubation dar, traumatologische Ursachen nur zu ca. einem Fünftel (2). Dementsprechend liegt hier ein niedriges Bias-Risiko nur vor, wenn die Studienpopulation einen „Mix aus medizinischen und traumatologischen Ursachen“ als Intubations-Indikation abbildet.
- 2.) Ist die Stichprobe eine adäquate Repräsentation der Studienpopulation oder haben die Studienautor*innen nur einen gewissen Anteil, beispielweise eine bestimmte Patienten-

oder Altersgruppe oder ein bestimmtes Krankheitsbild, analysiert? In diesem Fall würde ein hohes Bias-Risiko vorliegen.

3.) Wurde zur Auswahl der Stichprobe aus der Studienpopulation ein Zufallsverfahren gewählt bzw. wurden die gesamten Daten in Studie miteinbezogen? Damit liegt ein niedriges Bias-Risiko vor, wenn alle Daten eine gleichwertige Chance erhalten in der Studie analysiert zu werden. Bei einer fehlenden Aussage dazu ist die Antwort „Nein“ und damit ein hohes Risiko.

4.) Konnten die Studienautor*innen die Daten von mehr als 80% der eingeschlossenen Fälle für ihre Studie verwenden? Diese vierte Frage betrifft den sog. „Antwortausfall“ oder „Schweigeverzerrung“ (engl. „non-response bias“). Wenn eine Antwort oder andere Daten bei der Studierhebung fehlen oder nicht vollständig sind, kann dies nicht für die Stichprobe gewertet werden. Sollte der Verlauf der Daten (Anzahl der Einschlüsse, fehlende Daten, tatsächlich analysierte Daten etc.) nicht nachvollziehbar sein, stellt dies ein hohes Bias-Risiko dar.

5.) Erfolgte die Feststellung der erfolgreichen endotrachealen Intubation durch Kapnografie, einer zweiten Person durch erneute Laryngoskopie oder durch eine Form von Bildgebung? Wenn der Intubationserfolg jedoch nur von dem*der Durchführenden angegeben wurde (durch Intubation unter Sicht und/oder folgender Auskultation der Lunge) oder die Methode zur Verifizierung des Intubationserfolgs durch die Autor*innen nicht angegeben wurde, liegt ein hohes Bias-Risiko vor.

6.) Wurden alle für diese Arbeit relevanten Ereignisse und Zielgrößen in den Studien korrekt und umfassend definiert? Der Erfolg beim ersten Versuch und der Gesamt-Erfolg nach einer beliebigen Zahl Versuchen ist selbsterklärend, jedoch sollte der Erfolg nach zwei bzw. drei Versuche bedeuten, dass die Intubation genau beim zweiten bzw. dem dritten Versuch gelang. Dieselben Prinzipien gelten bei den misslungenen Intubationen und dem Wechsel auf alternative Beatmungsmethoden. Die Zeit für den ersten bzw. für die Gesamt-Versuchen soll definiert sein, als genau jene Zeit, die zur Laryngoskopie und dem Einführen des Tubus in die Trachea und erste Beatmungsmöglichkeit benötigt wird.

7.) Wurde dieselbe Methode zur Erhebung aller Daten der Studie angewandt? Bei unterschiedlichen Methoden bzw. wenn die Methode der Datenerhebung nicht erwähnt wird, liegt ein hohes Risiko für einen Bias vor.

8.) Sind mindestens 70% der für die vorliegende Arbeit relevanten Ergebnisse durch angeführte Statistiken nachvollziehbar? Sollten in einer Studie beispielsweise Ergebnisse

in Prozentangaben stehen, die keinen Rückschluss auf Fallzahlen zulassen, liegt ein hohes Bias-Risiko vor. Ebenfalls sollten Prozentangaben mit Statistiken überprüft werden, auch bei Rechenfehlern würde ein hohes Risiko bestehen.

Schließlich wird die Anzahl der Ja-Antworten (also niedriges Bias-Risiko) für jede Arbeit zusammengezählt, damit sich daraus der Risiko-Score errechnet (39):

1 – 3 ... hohes Risiko

4 – 6 ... moderates Risiko

7 – 8 ... niedriges Risiko.

3. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Literatursuche, deren weitere Verarbeitung im Screening-Prozess, die Datenerhebung und die Analyse der Daten mittels deskriptiver Statistik dargestellt.

3.1. Literatursuche

Wie im Kapitel 2.1 erwähnt, erfolgte als erstes eine orientierende Suche. Es wurden sechs Studien identifiziert und nach deren Studium unter anderem deren zugeordnete Schlagworte als Grundlage für die weitere Suche in PubMed verwendet (siehe Tab. 3).

	<u>Studiename</u>	<u>MeSH-Terms</u>	<u>Keywords</u>
1	<i>Predictors for Prehospital First-Pass Intubation Success in Germany</i> (40)		adverse events endotracheal intubation first-pass intubation success prehospital emergency care professional education
2	<i>The success of pre-hospital tracheal intubation by different pre-hospital providers: a systematic literature review and meta-analysis</i> (41)	Emergency Medical Services* / methods Emergency Medical Services* / standards Health Personnel / standards* Humans Intubation, Intratracheal / methods Intubation, Intratracheal / standards* Workforce	Airway management Intubation Pre-hospital emergency care Systemic literature review
3	<i>Paramedic training for proficient prehospital endotracheal Intubation</i> (42)	Canada Clinical Competence* Cohort Studies Education / organization & administration Emergency Medical Services Emergency Medical Technicians / education* Humans Intubation, Intratracheal / standards* Prospective Studies	
4	<i>First-pass intubation success rate during rapid sequence induction of prehospital anaesthesia by physicians versus paramedics</i> (43)	Adult Air Ambulances / organization & administration* Airway Obstruction / diagnosis Airway Obstruction / therapy Allied Health Personnel Ambulances / organization & administration* Anesthesia, General / methods* Clinical Competence* Databases, Factual Emergency Medical Services / methods* Female Glasgow Coma Scale Humans Intubation, Intratracheal / adverse effects Intubation, Intratracheal / methods* Male Middle Aged Netherlands Physicians Retrospective Studies Risk Assessment Young Adult	
5	<i>Flight Versus Ground Out-of-hospital Rapid Sequence Intubation Success: a Systematic Review and Meta-analysis</i> (44)	Clinical Competence / statistics & numerical data Emergency Medical Services / statistics & numerical data* Health Personnel / statistics & numerical data* Humans Intubation, Intratracheal / statistics & numerical data* Treatment Outcome	emergency medical services flight medical rapid sequence intubation; systematic review

6	<i>Nonphysician Out-of-Hospital Rapid Sequence Intubation Success and Adverse Events: A Systematic Review and Meta-Analysis (39)</i>	Allied Health Personnel* Clinical Competence / statistics & numerical data* Critical Illness / therapy* Emergency Medical Services* / methods Humans Intubation, Intratracheal* / adverse effects Treatment Outcome
---	--	---

Tab. 3 Ergebnis der orientierenden Suche

Als nächstes erfolgte die Suche mittels MeSH-Terms. Die Tab. 4 zählt die Suchbegriffe, die verwendeten Filter und die Anzahl der gefundenen Studien auf. Im Ergebnis wurden 1096 Werke gefunden. (Stand der Suche: 29.09.2024)

Die nächste Suche mittels Schlüsselworte ergab 1675 Treffer und nachdem beide Suchen in der PubMed-Suchfunktion mittels dem „OR-operator“ vereinigt worden sind, ergab das ein Endergebnis von 2423 gefundenen Studien (siehe Tab. 5).

Filter	Filters applied: Adaptive Clinical Trial, Case Reports, Clinical Study, Clinical Trial, Clinical Trial, Phase I, Clinical Trial, Phase II, Clinical Trial, Phase III, Clinical Trial, Phase IV, Comparative Study, Controlled Clinical Trial, Interview, Multicenter Study, Observational Study, Pragmatic Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, Humans, Adult: 19+ years, Young Adult: 19-24 years, Adult: 19-44 years, Middle Aged + Aged: 45+ years, Middle Aged: 45-64 years, Aged: 65+ years, 80 and over: 80+ years, from 2004 - 2024	Anzahl der gefundenen Studien:
1	"Emergencies"[Mesh]	3617
2	"Emergency Medicine"[Mesh]	878
3	"Emergency Treatment"[Mesh]	14620
4	"Life Support Care"[Mesh]	559
5	"Paramedicine"[Mesh]	2
6	"Evidence-Based Emergency Medicine"[Mesh]	17
7	"Out-of-Hospital Cardiac Arrest"[Mesh]	1896
8	"Emergency Medical Services"[Mesh]	19661
9	"Emergency Responders"[Mesh]	888
10	"Physician Assistants"[Mesh]	177
11	"Physicians"[Mesh]	7199
12	"Anesthetists"[Mesh]	375
13	"Nurse Practitioners"[Mesh]	689
14	"Nurses, Community Health"[Mesh]	55
15	1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10 or 11 or 12 or 13 or 14	44175
16	"Intubation, Intratracheal/methods"[Mesh]	2315
17	"Intubation, Intratracheal/adverse effects"[Mesh]	1827
18	"Intubation, Intratracheal/instrumentation"[Mesh]	1751
19	"Intubation, Intratracheal/statistics and numerical data"[Mesh]	281
20	16 or 17 or 18 or 19	4478
21	15 and 20	1096

Tab. 4 PubMed-Suche mit MeSH-Terms

keine Filter		Anzahl der gefundenen Studien:
22	prehospital*[tw]	23457
23	pre-hospital[tw]	6506
24	out-of-hospital[tw]	17193
25	preclinical*[tw]	218189
26	pre-clinical[tw]	26166
27	advanced life support[tw]	2962
28	advanced cardiac life support[tw]	2159
29	als[tw]	31451
30	acls[tw]	1426
31	emergency medicine[tw]	33756
32	emergency rescue[tw]	380
33	emergency treatment[tw]	16003
34	emergency resus*[tw]	339
35	emergency care[tw]	13987
36	combat care[tw]	34
37	combat medicine[tw]	45
38	military medicine[tw]	30990
39	emergency medical service*[tw]	57349
40	ems[tw]	17016
41	emergency service*[tw]	100543
42	emergency-service[tw]	95233
43	ambulance*[tw]	19341
44	air ambulance*[tw]	3737
45	emergency medical technician*[tw]	7010
46	emt[tw]	37905
47	first responder*[tw]	3785
48	paramedic*[tw]	10907
49	emergency responder*[tw]	1810
50	emergency technician*[tw]	40
51	medic[tw]	1245
52	combat medic[tw]	81
53	emergency doctor*[tw]	431
54	emergency physician*[tw]	12947
55	anesthetist*[tw]	129
56	anesthetists*[tw]	5791
57	anesthesiologist*[tw]	30343
58	physician*[tw]	677952
59	physicians assistant*[tw]	704
60	physician assistant*[tw]	9108
61	emergency nurse*[tw]	2546
62	flight nurse*[tw]	215
63	prehospital nurse*[tw]	9
64	prehospital registered nurse*[tw]	67
65	pre-hospital registered nurse*[tw]	16
66	prehospital nursing[tw]	9
67	emergency care practitioner[tw]	27
68	non-physician[tw]	1414
69	nonphysician[tw]	2776
	22 or 23 or 24 or 25 or 26 or 27 or 28 or 29 or 30 or 31 or 32 or 33 or 34 or 35 or 36 or 37 or 38 or 39 or 40 or 41 or 42 or 43 or 44 or 45 or 46 or 47 or 48 or 49 or 50 or 51 or 52 or 53 or 54 or 55 or 56 or 57 or 58 or 59 or 60 or 61 or 62 or 63 or 64 or 65 or 66 or 67 or 68 or 69	1226982
70	endotracheal intubation*[tw]	12005
71	intubation*[tw]	93135
72	intratracheal[tw]	51979
73	intratracheal intubation[tw]	279
74	eti[tw]	1906
75	laryngoscop*[tw]	27941
76	videolaryngoscop*[tw]	1866
77	71 or 72 or 73 or 74 or 75 or 76 or 77	123836
78	70 and 78	13390
79	clinical trial*[tw]	1227947
80	clinical stud*[tw]	195044
81	case report*[tw]	2539062
82	comperative stud*[tw]	11
83	controlled clinical trial*[tw]	135328
84	observational stud*[tw]	283029
85	randomized controlled trial*[tw]	892151
86	ret[tw]	39248
87	multicenter stud*[tw]	390553
88	multicenter[tw]	436841
89	80 or 81 or 82 or 83 or 84 or 85 or 86 ord 87 or 88 or 89	4858664
90	79 and 90	4809
91	adult*[tw]	6712216
92	Filters applied: from 2004 - 2024	
93	91 and 92	1675
94	21 or 93	2423

Tab. 5 PubMed-Suche im Freitext und Endergebnis

Im Screening Prozess wurden von den 2423 gefundenen Studien und den Quellenverzeichnissen der Leitlinien *Adult advanced life support* und *Prähospitales Atemwegsmanagement* zuerst 373 Titel aus der Suche sowie 35 Titel aus den Verzeichnissen der Leitlinien (wovon zwanzig entfernt wurden, da sie entweder zu alt oder doppelt vorhanden waren), als möglicherweise passend identifiziert. Nach dem Abstract-Screening dieser 388 Werke, wurden 301 Arbeiten ausgeschlossen, die Texte der verbleibenden 87 Studien wurden gelesen und weitere 67 Studien ausgeschlossen. Die Abb. 12 stellt diesen Ablauf schematisch dar.

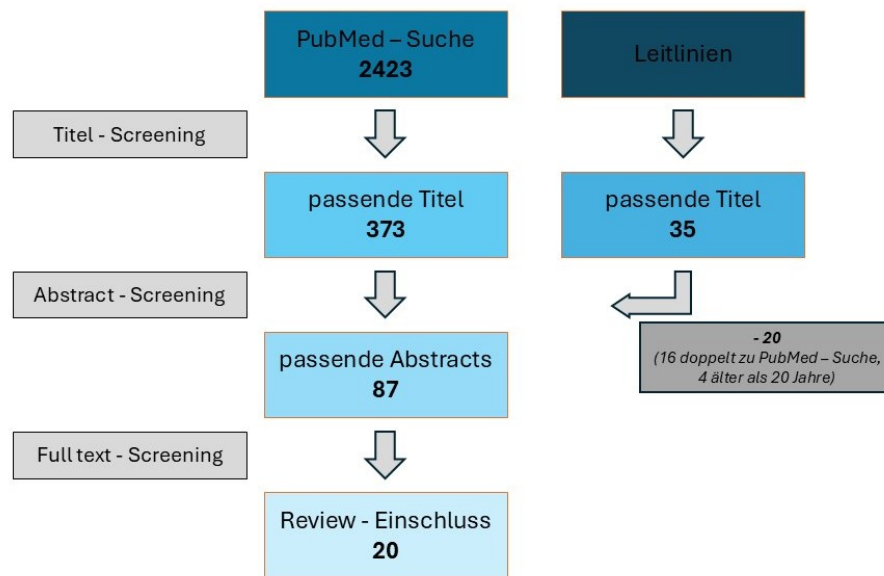


Abb. 12 Ablauf der Studienauswahl (eigene Darstellung)

Die Ausschlussgründe sind in der weiter untenstehenden Tab. 6 dargestellt. Beispielsweise wurden Studien vor allem aus dem anglo-amerikanischen Raum, in denen Atemwegsmanagement nicht im präklinischen Setting, sondern in „Emergency Departments“, also in Notaufnahmen untersucht wurden, ausgeschlossen.

Beim Lesen der kompletten Studien fiel häufig auf, dass die präklinische Intubation bei allen Notfallpatient*innen untersucht wurde, dass keine Altersunterscheidung stattfand, dies war der häufigste Ausschlussgrund. Des Weiteren wurde in einigen Studien nicht dezidiert die erfolgreiche Intubation durch die Studienteilnehmer*innen, weder beim ersten Versuch (dem sog. „First pass success“) als auch die Gesamtzahl der Versuche erfasst. Damit schieden auch diese für den Zweck dieser Arbeit aus.

Schließlich wurden zwanzig Studien in diese Übersichtsarbeit eingeschlossen.

Ausschlussgründe

Abstract - Screening	Simulationsbasiert oder kein reales Notfallsetting	16
	Zielpunkt erfolgreiche Intubation / Beatmungsmöglichkeit nicht erfasst	78
	Kein präklinisches Setting bzw. Atemwegsmanagement nicht präklinisch durchgeführt	116
	Pädiatrische Patienten oder keine Altersunterscheidung	5
	Ausbildungsstand nicht erkennbar	7
	Fallbericht / Artikel / kein Studiendesign	79
Full text - Screening	Abstract only / kein Volltext gefunden	2
	Zielpunkt erfolgreiche Intubation / Beatmungsmöglichkeit nicht erfasst	19
	Kein präklinisches Setting bzw. Atemwegsmanagement nicht präklinisch durchgeführt	7
	Keine Unterscheidung in den Techniken der Atemwegssicherung	5
	Pädiatrische Patienten oder keine Altersunterscheidung	25
	Ausbildungsstand nicht erkennbar	9

Tab. 6 Gründe für einen Ausschluss beim Literatur-Screening

3.2. Studiencharakteristika und Studienqualität

Drei der zwanzig eingeschlossenen Studien waren retrospektive Beobachtungsstudien (32,45,46), neun Beobachtungsstudien wurden prospektiv durchgeführt (28,31,34,36,37,47-50), sieben randomisiert-kontrollierte Studien (33,35,51-55) und eine nicht-randomisierte Studie (56) wurden eingeschlossen.

Das Bias-Risiko für alle Studien war als niedrig bis moderat zu bezeichnen. Möglichkeiten für Verzerrungen gab es vor allem, da in einigen Studien nicht alle Notfallpatient*innen mit Indikation zur Intubation untersucht wurden, sondern nur Personen mit Atem-Kreislauf-Stillstand (49,51,55), Trauma-Patient*innen (32,47), nur Notfall-Narkosen (45) oder den intubierenden Helfern war aufgrund des dortigen Rettungssystems die ETI nur bei gewissen Notfällen gestattet (36,48,56). Als weiterer wichtiger Grund für mögliche Verzerrungen wurde in einigen Studien die erfolgreiche Intubation nicht durch technische Hilfsmittel oder eine zweite Person bestätigt, sondern nur durch den*die Intubierende angegeben bzw. war die Methode hierzu nicht angeführt (32,34,37,45-49,52,53,55).

Wie in der Tab. 7 ersichtlich ist, wies keine der eingeschlossenen Studien ein hohes Risiko für einen systematischen Fehler auf, so dass hier auch kein weiterer Ausschluss erfolgen musste.

Studie	1	2	3	4	5	6	7	8	Bias-Risiko
<i>Angermann, 2018 (45)</i>	nein	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	moderat
<i>Benger, 2018 (51)</i>	nein	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja	moderat
<i>Breckwoldt, 2011 (34)</i>	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	niedrig
<i>Breeman, 2020 (36)</i>	nein	nein	nein	ja	ja	ja	ja	ja	moderat
<i>Ducharme, 2017 (52)</i>	ja	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	moderat
<i>Gellerfors, 2018 (37)</i>	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein	nein	moderat
<i>Helm, 2006 (31)</i>	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	moderat
<i>Hossfeld, 2016 (47)</i>	nein	ja	ja	nein	nein	ja	ja	ja	moderat
<i>Kreutziger, 2019 (35)</i>	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	niedrig
<i>Levi, 2024 (56)</i>	nein	ja	nein	nein	ja	ja	nein	ja	moderat
<i>Macke, 2020 (53)</i>	ja	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	niedrig
<i>McCall, 2008 (48)</i>	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	moderat
<i>Pratt, 2005 (28)</i>	nein	ja	ja	nein	ja	nein	ja	nein	moderat
<i>Price, 2022 (32)</i>	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein	ja	moderat
<i>Szarpak, 2022 (49)</i>	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	moderat
<i>Timmermann, 2006 (50)</i>	nein	ja	nein	ja	ja	nein	ja	ja	moderat
<i>Trimmel, 2011 (33)</i>	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	niedrig
<i>Trimmel, 2016 (54)</i>	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	niedrig
<i>Viejo-Moreno, 2021 (46)</i>	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	moderat
<i>Voss, 2014 (55)</i>	nein	ja	ja	nein	nein	nein	ja	ja	moderat

Tab. 7 Bias-Risiko

3.3. Quantitative und qualitative Analyse

3.3.1. Eingeschlossene Studien

Die erhobenen Daten aus den zwanzig eingeschlossenen Studien sind in den folgenden Tab. 8, 9 und 10 dargestellt.

Die Studien wurden überwiegend in europäischen Ländern oder den USA durchgeführt. In einer Arbeit wurden die Intubationen in sowohl Dänemark als auch Finnland, Norwegen und in Schweden untersucht (37). Die durchführende Gruppe waren in acht Fällen Notärzt*innen mit anästhesiologischem Hintergrund (31-33,37,45,47,50,54), in drei Fällen Notfallmediziner*innen (32,33,46), zwei Mal wurde kein Unterschied zwischen Anästhesist*innen und Notfallmediziner*innen gemacht (34,35) und einmal waren dies Unfallchirurg*innen (53). Im nicht-ärztlichen Bereich führten Paramedics sechs Mal die Intubation durch (48,49,51,52,55,56) und in zwei Studien Notfall-Fachpflege (36,37). In einer Studie wurde die endotracheale Intubation von Sanitätern*innen durchgeführt, die im Regelfall nur über eine Ausbildung in notfallmedizinischen Basismaßnahmen verfügen und für diese Studie speziell weitergebildet wurden (28). Die Intubierenden arbeiteten in sechs Studien in Luftrettungsdiensten (31,32,35,45,47,53), in acht Fällen war der Rettungsdienst bodengebunden (28,36,46,48,49,52,55,56), in fünf Studien fand beim

Rettungssystem keine Unterscheidung statt (33,34,37,50,54) und in einer war dies nicht angegeben (51).

Nr	Studie	Land	Berufsgruppe	System
1	Angermann, 2018 (45)	Finnland	NÄ (Anästhesie)	Luft
2	Angermann, 2018	Finnland	NÄ (Anästhesie)	Luft
3	Benger, 2018 (51)	England	Paramedics	n.a.
4	Breckwoldt, 2011 (34)	Deutschland	NÄ (Anä./Notfallmed.)	Gemischt
5	Breeman, 2020 (36)	Niederlande	Notfall-Fachpflege	Bodengebunden
6	Breeman, 2020	Niederlande	Notfall-Fachpflege	Bodengebunden
7	Ducharme, 2017 (52)	USA	Paramedics	Bodengebunden
8	Ducharme, 2017	USA	Paramedics	Bodengebunden
9	Gellerfors, 2018 (37)	Nordische Länder ¹	NÄ (Anästhesie)	Gemischt
10	Gellerfors, 2018	Nordische Länder ¹	Notfall-Fachpflege	Gemischt
11	Helm, 2006 (31)	Deutschland	NÄ (Anästhesie)	Luft
12	Hossfeld, 2016 (47)	Deutschland	NÄ (Anästhesie)	Luft
13	Kreutziger, 2019 (35)	Österreich	NÄ (Anä./Notfallmed.)	Luft
14	Kreutziger, 2019	Österreich	NÄ (Anä./Notfallmed.)	Luft
15	Levi, 2024 (56)	USA	Paramedics	Bodengebunden
16	Macke, 2020 (53)	Deutschland	NÄ (Unfallchirurgie)	Luft
17	Macke, 2020	Deutschland	NÄ (Unfallchirurgie)	Luft
18	McCall, 2008 (48)	Australien	Paramedics	Bodengebunden
19	Pratt, 2005 (28)	USA	Sanitäter*innen	Bodengebunden
20	Price, 2022 (32)	Großbritannien	Paramedics	Luft
21	Price, 2022	Großbritannien	NÄ (Notfallmedizin)	Luft
22	Price, 2022	Großbritannien	NÄ (Anästhesie)	Luft
23	Szarpak, 2022 (49)	Polen	Paramedics	Bodengebunden
24	Szarpak, 2022	Polen	Paramedics	Bodengebunden
25	Timmermann, 2006 (50)	Deutschland	NÄ (Anästhesie)	Gemischt
26	Trimmel, 2011 (33)	Österreich	NÄ (Anästhesie)	Gemischt
27	Trimmel, 2011	Österreich	NÄ (Notfallmedizin)	Gemischt
28	Trimmel, 2011	Österreich	NÄ (Anästhesie)	Gemischt
29	Trimmel, 2011	Österreich	NÄ (Notfallmedizin)	Gemischt
30	Trimmel, 2016 (54)	Norwegen, Österreich	NÄ (Anästhesie)	Gemischt
31	Trimmel, 2016	Norwegen, Österreich	NÄ (Anästhesie)	Gemischt
32	Viejo-Moreno, 2021 (46)	Spanien	NÄ (Notfallmedizin)	Bodengebunden
33	Voss, 2014 (55)	Großbritannien	Paramedics	Bodengebunden

Tab. 8 Datenextraktion 1: n.a. = nicht angegeben, I: Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden

Die Tab. 9 zeigt die Art und Weise der Intubation, die Stichprobengröße, also die Anzahl der durchgeführten Intubationen und die Erfolgsraten beim ersten, zweiten und dritten Versuch sowie die Gesamterfolgsrate, unabhängig von der Versuchsanzahl.

Ein Videolaryngoskop wurde in sieben Studien verwendet. Einmal das Modell *King Vision®* (Ambu A/S, Ballerup, Dänemark), zwei Mal das Modell *McGRATH™* (Medtronic plc, Minneapolis, MN, USA), das Videolaryngoskop *C-MAC®* wurde in drei Studien und das Modell *GlideScope®* (Verathon Inc., Bothell, WA, USA) in einer Studie verwendet (35,36,45,47,52-54). Außerdem wurden zwei weitere Intubationshilfsmittel untersucht – *Airtraq®* und *Vie Scope®* (Adroit Surgical LLC, Oklahoma City, OK, USA) (33,49).

Nr	Studie	Gerät	Stichproben- größe n=	Erfolg beim 1. Versuch (%)	Erfolg nach 2 Versuchen (%)	Erfolg nach 3 Versuchen (%)	Gesamt- Erfolg (%)
1	Angermann, 2018 (45)	n.a.	238	85,7	n.a.	n.a.	99,2
2	Angermann, 2018	VL ^I	543	98,2	1,5	0	99,7
3	Benger, 2018 (51)	n.a.	4410	n.a.	69,4	n.a.	70,9
4	Breckwoldt, 2011 (34)	n.a.	276	86,9	9,8	n.a.	98,5
5	Breeman, 2020 (36)	DL	126	48,4	n.a.	n.a.	63,5
6	Breeman, 2020	VL ^{II}	93	57	n.a.	n.a.	82,8
7	Ducharme, 2017 (52)	DL	42	66,7	n.a.	n.a.	81
8	Ducharme, 2017	VL ^{III}	40	62,5	n.a.	n.a.	72,5
9	Gellerfors, 2018 (37)	Gemischt	1518	n.a.	n.a.	n.a.	99
10	Gellerfors, 2018	Gemischt	507	n.a.	n.a.	n.a.	97,6
11	Helm, 2006 (31)	n.a.	342	87,4	11,1	1,5	100
12	Hossfeld, 2016 (47)	VL ^{IV}	116	88,8	10,3	0,9	100
13	Kreutziger, 2019 (35)	DL	247	83	12,3	2,8	98,5
14	Kreutziger, 2019	VL ^{II}	267	79	14,8	3,9	98,1
15	Levi, 2024 (56)	DL	83	67,5	22,9	n.a.	n.a.
16	Macke, 2020 (53)	DL	76	78,9	17,1	2,6	100
17	Macke, 2020	VL ^{IV}	76	94,7	5,3	0	100
18	McCall, 2008 (48)	DL	46	56,5	21,7	10,9	91,3
19	Pratt, 2005 (28)	DL	32	n.a.	n.a.	n.a.	93,7
20	Price, 2022 (32)	Gemischt	100	90	n.a.	n.a.	n.a.
21	Price, 2022	Gemischt	473	90,3	n.a.	n.a.	n.a.
22	Price, 2022	Gemischt	90	90	n.a.	n.a.	n.a.
23	Szarpak, 2022 (49)	DL	45	51,1	28,9	13,3	93,3
24	Szarpak, 2022	Anderes ^V	45	93,3	6,7	0	100
25	Timmermann, 2006 (50)	DL	1106	73,4	12,7	n.a.	98
26	Trimmel, 2011 (33)	DL	48	n.a.	n.a.	n.a.	97,9
27	Trimmel, 2011	DL	93	n.a.	n.a.	n.a.	98,9
28	Trimmel, 2011	Anderes ^{VI}	43	n.a.	51,2	n.a.	51,2
29	Trimmel, 2011	Anderes ^{VI}	63	n.a.	44,4	n.a.	44,4
30	Trimmel, 2016 (54)	DL	158	n.a.	96,2	n.a.	96,2
31	Trimmel, 2016	VL ^{VII}	168	n.a.	61,9	n.a.	61,9
32	Viejo-Moreno, 2021 (46)	Gemischt	425	76,7	14,6	6,8	98,1
33	Voss, 2014 (55)	n.a.	49	75,5	n.a.	n.a.	n.a.

Tab. 9 Datenextraktion 2: n.a. = nicht angegeben, DL = direkte Laryngoskopie, VL = Videolaryngoskopie, I: C-MAC® (immer mithilfe eines Bougie-Katheters), II: McGRATH™ MAC, III: King Vision®, IV: C-MAC®, V: VieScope®, VI: Airtraq®, VII: GlideScope®

In der Tab. 10 sind, falls Studien dies untersucht haben, die alternativen Techniken zur Atemwegssicherung bzw. Etablierung eines Atemwegs im Falle einer fehlgeschlagenen endotrachealen Intubation aufgezeigt. In einer Studie, welche die Intubation mittels des *Airtraq*® untersuchte, wurde als alternative Methode die Intubation mittels direkter Laryngoskopie angegeben (33). In einer weiteren, welche den Vergleich zwischen direkter Laryngoskopie und dem *GlideScope*® Videolaryngoskop zum Inhalt hatte, war die alternative Methode die Intubation jeweils mit dem anderen Gerät (54).

Ebenfalls wurde die durchschnittliche Intubationszeit, sowohl beim ersten Versuch als auch die Zeit bis zur Intubation unabhängig der Versuche, erhoben.

Nr	Studie	Kein ETI-Erfolg Wechsel auf BMV (%)	Kein ETI-Erfolg, Wechsel auf SGA (%)	Kein ETI-Erfolg, Wechsel auf chir. AW (%)	Kein ETI-Erfolg, Methode n.a. (%)	Ø Zeit beim 1. Versuch (s)	Ø Zeit bei gesamten Versuchen (s)
1	Angermann, 2018 (45)	0	0,4	0,4	0	n.a.	n.a.
2	Angermann, 2018	0	0	0,3	0	n.a.	n.a.
3	Benger, 2018 (51)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
4	Breckwoldt, 2011 (34)	1,1	0,4	0	0	n.a.	n.a.
5	Breeman, 2020 (36)	8,7	27,8	0	0	56	80
6	Breeman, 2020	4,3	12,9	0	0	53	77
7	Ducharme, 2017 (52)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
8	Ducharme, 2017	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
9	Gellerfors, 2018 (37)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
10	Gellerfors, 2018	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
11	Helm, 2006 (31)	0	0	0	0	n.a.	n.a.
12	Hossfeld, 2016 (47)	0	0	0	0	n.a.	n.a.
13	Kreutziger, 2019 (35)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	27,5
14	Kreutziger, 2019	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	35
15	Levi, 2024 (56)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
16	Macke, 2020 (53)	0	0	0	0	18,5	18,88
17	Macke, 2020	0	0	0	0	15,5	15,25
18	McCall, 2008 (48)	n.a.	n.a.	n.a.	8,7	n.a.	n.a.
19	Pratt, 2005 (28)	n.a.	n.a.	n.a.	6,3	n.a.	n.a.
20	Price, 2022 (32)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
21	Price, 2022	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
22	Price, 2022	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
23	Szarpak, 2022 (49)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	61,3	97
24	Szarpak, 2022	0	0	0	0	42	49
25	Timmermann, 2006 (50)	0,2	1,7	0,1	0	n.a.	n.a.
26	Trimmel, 2011 (33)	0	2,1	0	0	n.a.	77
27	Trimmel, 2011	0	1,1	0	0	n.a.	85
28	Trimmel, 2011	0	2,2	0	46,5 ^I	n.a.	84
29	Trimmel, 2011	0	1,6	0	54 ^I	n.a.	109
30	Trimmel, 2016 (54)	0	1,3	0	2,5 ^{II}	n.a.	14
31	Trimmel, 2016	0	1,8	0	36,3 ^I	n.a.	21
32	Viejo-Moreno, 2021 (46)	0,5	1,4	0	0	n.a.	n.a.
33	Voss, 2014 (55)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tab. 10 Datenextraktion 3: n.a. = nicht angegeben, I: endotracheale Intubation mittels DL, II: endotracheale Intubation mittels GlideScope®

3.3.2. Intubationserfolg

Der ETI-Erfolg nach dem ersten Versuch (FPS) sowie der Gesamterfolg waren die beiden Parameter, die bei den eingeschlossenen Studien am meisten untersucht wurden.

Geordnet nach Berufsgruppen zeigten sich folgende Ergebnisse für den Gesamterfolg:

- Anästhesie-Notärzt*innen: 96,88%
- Anästhesie- & Notfallmedizin-Notärzt*innen: 98,36%
- Notfallmedizin-Notärzt*innen: 92,11%
- Unfallchirurgie-Notärzt*innen: 100%

- Notfall-Fachpflege: 89,79%
- Paramedics: 72,05%
- Sanitäter*innen: 93,7%

Die Abb. 13 zeigt dies als Balken dargestellt, geordnet nach den Berufsgruppen, wobei die Breiten der Balken proportional zu der Größe der Studienpopulationen stehen, um die Fallzahlen in den jeweiligen Studien besser zu visualisieren.

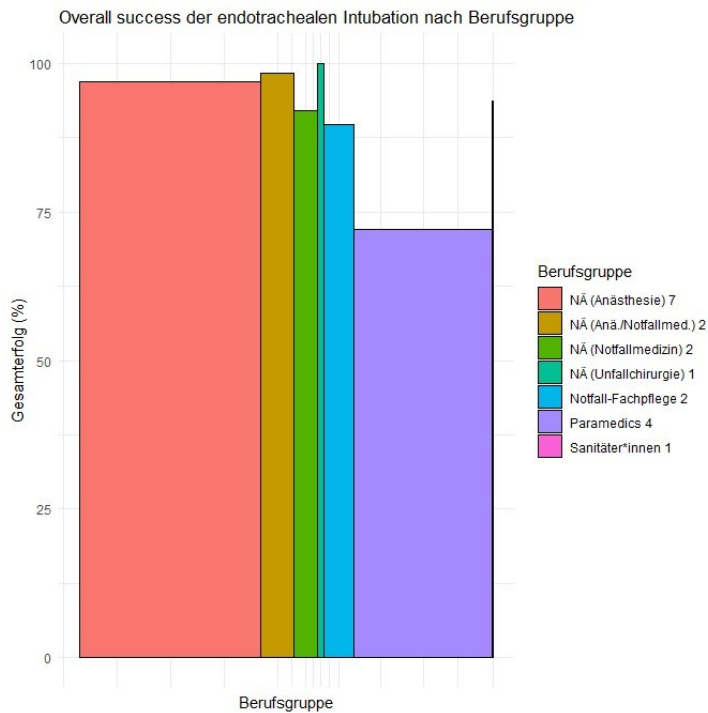


Abb. 13 Mittelwerte der Gesamterfolge: die Zahlen rechts neben den Berufsgruppen stehen für die Anzahl der Studien, die dies untersucht haben (eigene Darstellung)

Für den First pass success je Berufsgruppe wurden folgende Daten erhoben:

- Anästhesie-Notärzt*innen: 87,31%
- Anästhesie- & Notfallmedizin-Notärzt*innen: 83,01%
- Notfallmedizin-Notärzt*innen: 83,86%
- Unfallchirurgie-Notärzt*innen: 86,8%
- Notfall-Fachpflege: 52,05%
- Paramedics: 29,32%

Die Mittelwerte der einzelnen Gruppen sind in Abb. 14 ersichtlich.

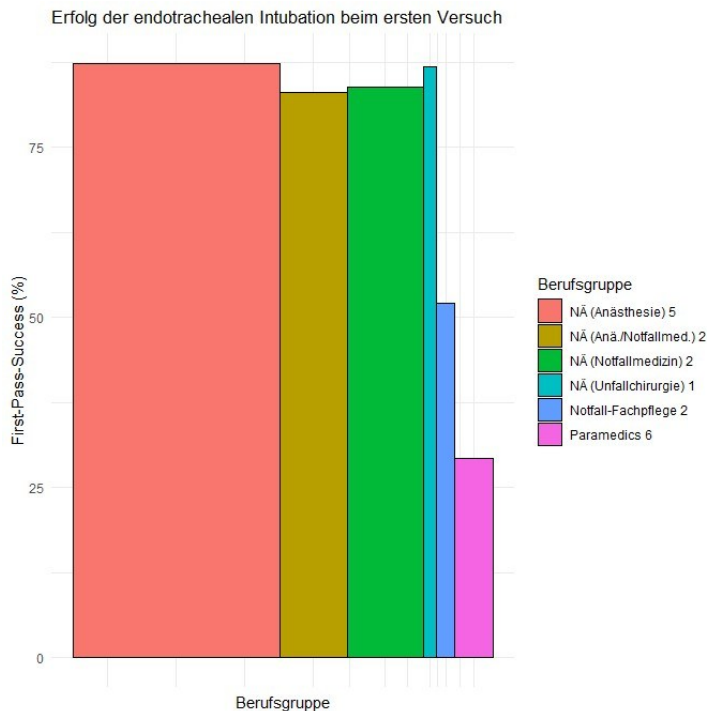


Abb. 14 Mittelwerte der Erfolge beim ersten Versuch (eigene Darstellung)

Insgesamt 17 Studien haben den Intubations-Gesamterfolg oder „Overall-Success“ der verschiedenen Berufsgruppen erhoben, wenn die ETI mittels direkter Laryngoskopie durchgeführt wurde oder das Intubations-Utensil bzw. die Intubationstechnik nicht weiter beschrieben war.

Im ärztlichen Bereich hatten die Anästhesie-Notärzt*innen bei der Analyse von sechs Arbeiten eine Gesamt-Erfolgsrate von im Schnitt 98,64% (31,33,37,45,50,54).

Die gemischte Gruppe aus Anästhesist*innen und Notfallmediziner*innen hatte bei zwei Datensätzen eine Rate von 98,5%, zwei Studien ergaben für die Gruppe der Notfallmediziner*innen eine durchschnittliche Erfolgsrate von ebenfalls 98,24% und in einer Arbeit gelang die ETI, durchgeführt von unfallchirurgischen Notärzt*innen, letztendlich in allen Fällen (33-35,46,53).

Bei den beiden Studien, in der Notfall-pflegerisches Personal die Intubation durchführte, schwankte die Gesamt-Erfolgsrate zwischen 63,5% und 97,6% (36,37).

Vier Werke gaben eine durchschnittliche Rate von 71,42% bei Paramedics an und eine Studie untersuchte die ETI, durchgeführt von Sanitätern, dabei hatten diese eine Gesamt-Erfolgsrate von 93,7% (28,48,49,51,52).

In einer Studie wurde nur die insgesamt Anzahl der Versuche angegeben, ohne einen Rückschluss darauf zuzulassen, ob diese erfolgreich waren (56).

Die Abb. 15 stellt den Gesamterfolg bei direkter Laryngoskopie dar.

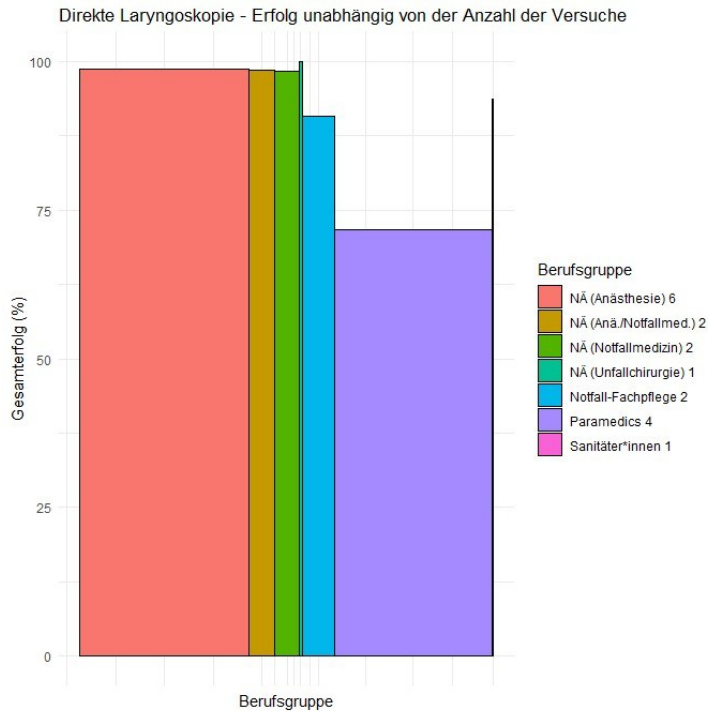


Abb. 15 DL - Mittelwerte der Gesamterfolge (eigene Darstellung)

Der First pass success mittels direkter Laryngoskopie wurde in 15 Studien erhoben (siehe Abb. 16 auf der nächsten Seite).

Sechs verschiedene Studien haben Daten für Paramedics erhoben. Nach Berechnung des gewichteten Mittelwerts gelang im Schnitt 71,24% die Intubation beim ersten Versuch (32,48,49,52,55,56).

In der Gruppe der anästhesiologische Notärzt*innen betrug der FPS aus vier Studien im Durchschnitt 83,88% (31,32,45,50).

Aus jeweils zwei Arbeiten ergab sich für die gemischte Anästhesie- & Notfallmedizin-Gruppe ein durchschnittlicher FPS von 85,06% und für die Notfallmedizin-Gruppe ein Wert von 83,86% (32,34,35,46).

In je einer Studie hatte die Gruppe der unfallchirurgischen Notärzt*innen zu 78,9% und die Notfall-Fachpflege-Gruppe zu 48,8% Erfolg beim ersten Versuch (36,53).

Eine Studie unterschied nur den FPS zwischen verschiedenen Berufsgruppen, jedoch keine weiteren Versuche oder den Gesamterfolg (32).

Die Abb. 17 zeigt den First pass- und den Overall success mit direkter Laryngoskopie der einzelnen Studien mit ihren 95%-Konfidenzintervallen, um so nochmals den Unterschied zwischen den einzelnen Berufsgruppen sichtbar zu machen.

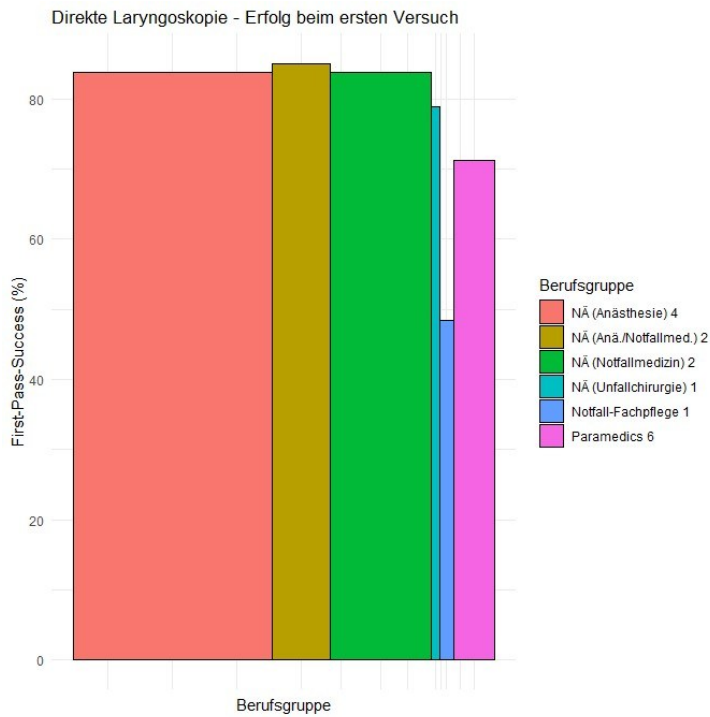


Abb. 16 DL - Mittelwerte beim ersten Versuch (eigene Darstellung)

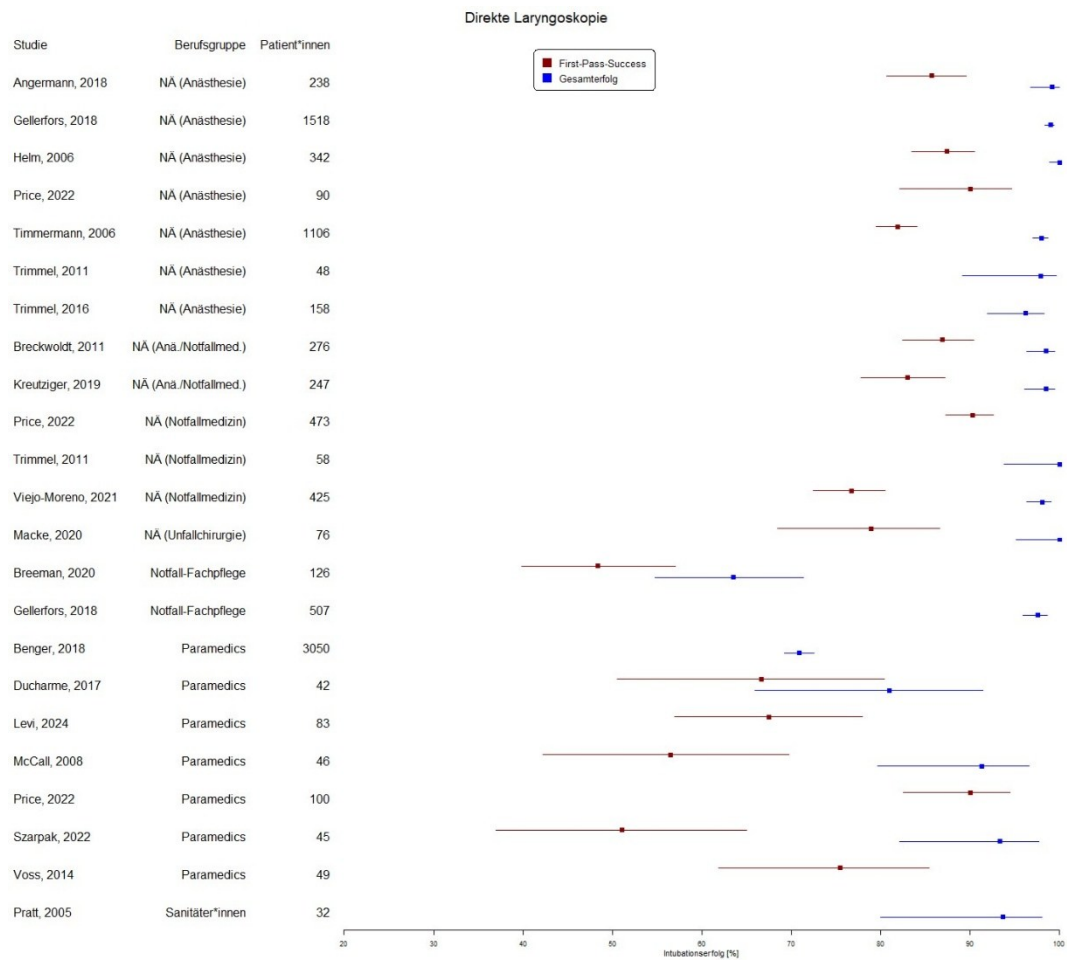


Abb. 17 FPS und Gesamterfolg bei direkter Laryngoskopie: sortiert nach Berufsgruppen (eigene Darstellung)

Der Einsatz von Videolaryngoskopen bzw. indirekten Intubationshilfen, welcher insgesamt von neun Studien untersucht wurde, ergab folgendes Bild (siehe Abb. 18):

Der Gesamt-Erfolg von Anästhesist*innen, in vier Studien erfasst, lag bei 90,04% (33,45,47,54). Anzumerken sei hier aber, dass hier in allen vier jeweils ein unterschiedliches Modell bzw. eine unterschiedliche Methode gewählt wurde. Eine Aufschlüsselung – Intubationserfolg nach Modell ist im Kapitel 3.3.2. zu finden.

Jeweils eine Arbeit dokumentierte die Gesamt-Erfolgsrate von der Anästhesie/Notfallmedizin-Gruppe, den Notfallmediziner*innen und Unfallchirurg*innen. Diese lag bei 98,1%, 44,4% und 100% (33,35,53).

Eine Studie wies die gesamte Erfolgsrate von Videolaryngoskopen durch Notfall-Fachpflegepersonen mit 82,8% aus (36).

Zwei Arbeiten untersuchten dies in der Berufsgruppe der Paramedics, mit durchschnittlich 87,06% als Ergebnis (49,52).

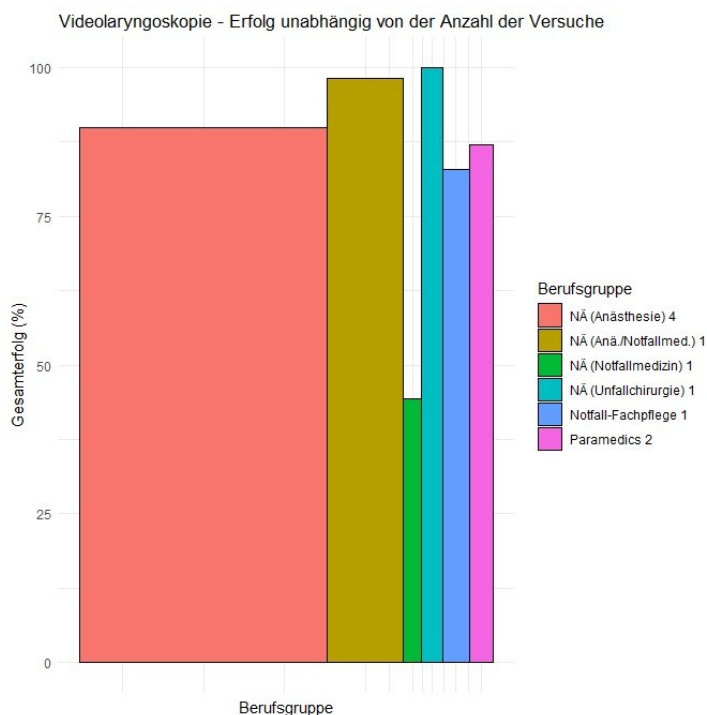


Abb. 18 Overall-Success mit Videolaryngoskopen und Intubationshilfen (eigene Darstellung)

Wenn Videolaryngoskope oder alternative Intubationshilfen verwendet wurden, lag der FPS von Anästhesist*innen in zwei Arbeiten im Schnitt bei 96,55% (45,47).

Die gemischte Gruppe aus Anästhesist*innen und Notfallmediziner*innen konnten in 79% der Fälle beim ersten Versuch erfolgreich intubieren und die unfallchirurgischen Notärzt*innen in 94,7% der Fälle (35,53).

Der FPS der Videolaryngoskopie durch Notfall- Fachpflegepersonen lag in einer Studie bei 57% (36).

Paramedics konnten in zwei Studien zu 78,81% mittels Videolaryngoskop oder Intubationshilfe beim ersten Versuch erfolgreich intubieren (49,52).

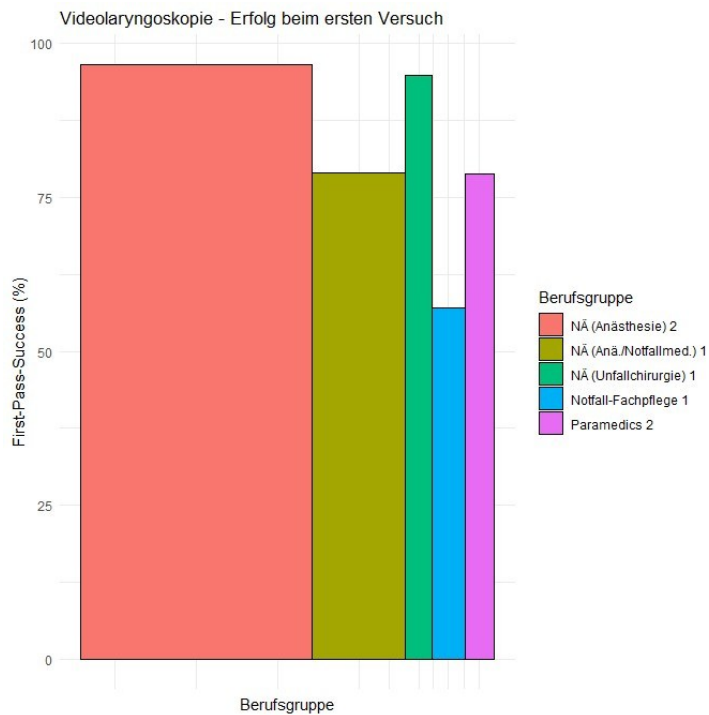


Abb. 19 FPS mit Videolaryngoskopen und Intubationshilfen (eigene Darstellung)

In Abb. 20 sind die einzelnen Studien, die den First pass success und Gesamterfolg mit Videolaryngoskopen oder alternativen Intubationshilfen erhoben haben, ersichtlich.

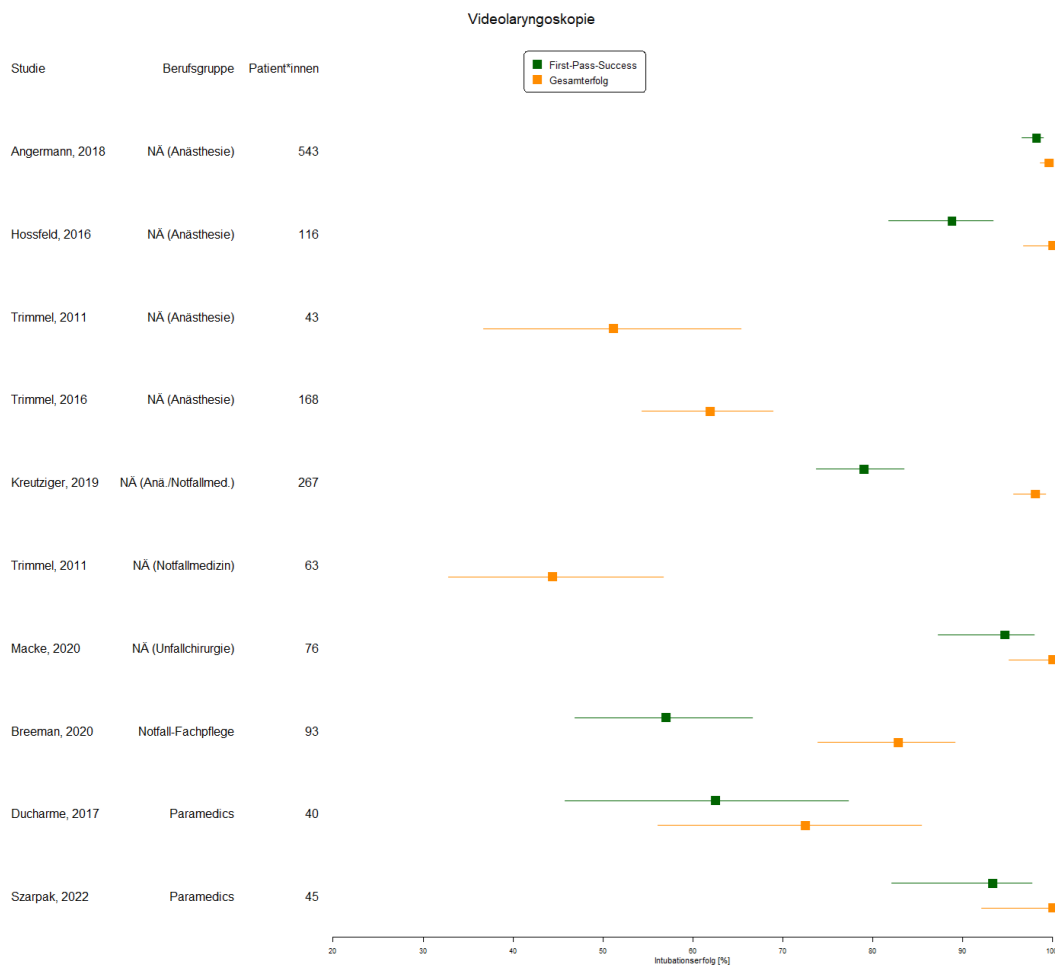


Abb. 20 FPS und Gesamterfolg in der VL-Gruppe (eigene Darstellung)

3.3.3. Weitere untersuchte Parameter

Das Modell *C-MAC*® wurde in drei Studien (zwei mit anästhesiologischen, eine mit unfallchirurgischen Notärzt*innen) untersucht, im Schnitt mit einem FPS von 96,35% und einer Gesamt-Erfolgsrate von 99,78% (45,47,53). In der Arbeit von Angerman et al. wurde bei jedem Intubationsversuch zusätzlich ein Bougie-Katheter als Hilfsmittel verwendet (45). In den anderen Arbeiten waren etwaige weitere Hilfsmittel nicht angegeben. Das *McGRATH*™ *MAC*-Videolaryngoskop wurde einmal im Einsatz durch Notfall-Fachpflegepersonen und einmal durch die gemischte Anästhesie-Notfallmedizin-Gruppe dokumentiert, hier mit einer durchschnittlichen Erfolgsrate von 73,32% im ersten Versuch und 94,15% in allen Versuchen (35,36).

Intubationen mit dem *Airtraq*® wurden in einer Studie mit Anästhesist*innen als auch Notfallmediziner*innen untersucht und kam dabei auf eine durchschnittliche Gesamt-Erfolgsrate von 47,16% (33).

Eine Studie dokumentierte eine Gesamt-Erfolgsrate durch anästhesiologische Notärzt*innen mit dem *GlideScope*®-Videolaryngoskop von 61,9% (54).

Das *King Vision*®-Videolaryngoskop und das *Vie Scope*®-Laryngoskop wurden in zwei Arbeiten mit Paramedics mit einem FPS von jeweils 62,5% und 93,3% und einem Gesamt-Erfolg von 72,5% und 100% beschrieben (49,52).

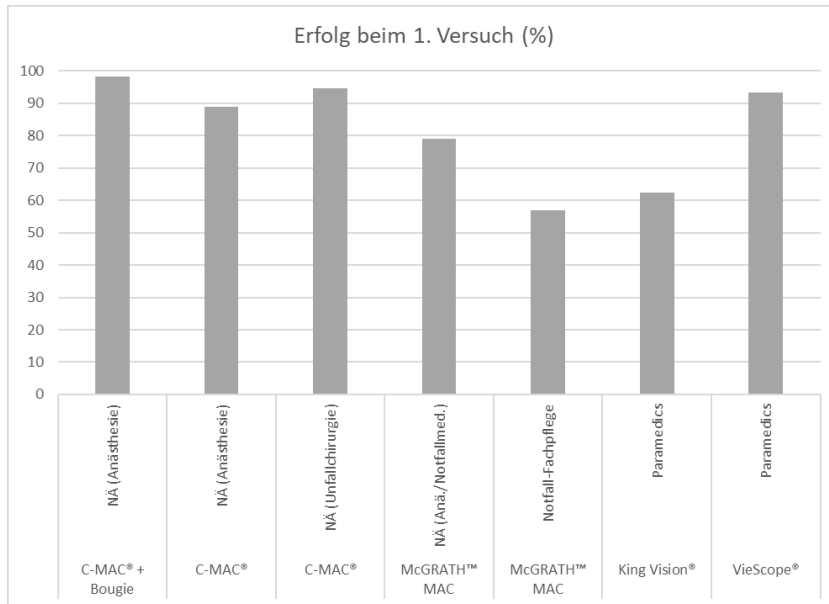


Abb. 21 Erfolg beim ersten Versuch nach Modell (eigene Darstellung)

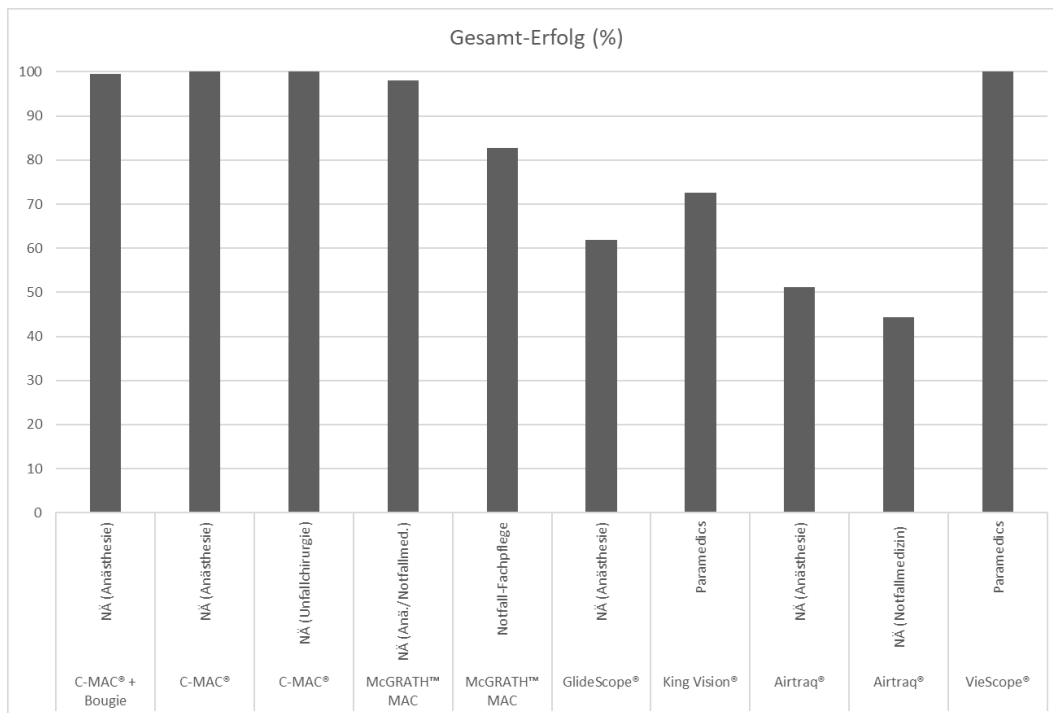


Abb. 22 Gesamterfolg nach Modell (eigene Darstellung)

Eine Analyse der erfolgreichen Intubation mit allen Geräten und Hilfsmittel nach der Art des Rettungssystems bzw. -transports welches in 15 Studien dokumentiert wurde, zeigte Folgendes:

Der Erfolg beim ersten Versuch in der Gruppe der Rettungshubschrauber-gebundenen Rettungsdienste (sechs Studien) war im Schnitt 88,98% und bei allen Versuchen 99,35%. Vier Datensätze ergaben sich von Anästhesist*innen und je eine von Notfallmediziner*innen, unfallchirurgischen Notärzt*innen, einer gemischten Gruppe aus Anästhesist*innen und Notfallmediziner*innen und eine von Paramedics (31,32,35,45,47,53).

In diesen Arbeiten wurde viermal mit Videolaryngoskopen und zweimal mittels direkter Laryngoskopie intubiert, in fünf Fällen wurde dem*der Intubierenden die Gerätewahl freigestellt oder war in der Studie nicht angegeben.

Die Daten für bodengebundene Rettungsdienste wurden aus ebenfalls acht Studien extrahiert. Das Personal in einer Studie bestand aus Notfallmediziner*innen, in einer anderen Studie aus Sanitäter*innen, in einer weiteren aus Notfall-Fachpflegepersonen und in den restlichen Fällen Paramedics (28,36,46,48,49,52,55,56).

Sechsmal wurde direkte Laryngoskopie angewandt, dreimal Videolaryngoskopie und zweimal war die Methode gemischt oder nicht angegeben.

Im Schnitt betrug der FPS hier 68,11% und der Gesamt-Erfolg 89,03%.

Nur sechs Studien haben die durchschnittliche Zeit bei den Gesamt-Intubationsversuchen erhoben, jedoch wurden bei diesen auch die jeweilige Methode dokumentiert (33,35,36,49,53,54).

Mit der direkten Laryngoskopie benötigte das Pflegepersonal in einer Studie im Schnitt 80 Sekunden, Paramedics benötigten 97 Sekunden, die gemischte Notärzt*innen-Gruppe 28 Sekunden und die unfallchirurgischen Notärzt*innen 19 Sekunden. Zwei Studien erhoben dies für Anästhesist*innen mit durchschnittlich 65 Sekunden und in einer gleichen Arbeit, verglichen mit Anästhesist*innen (hier 77 Sekunden), benötigten Notfallmediziner*innen 85 Sekunden.

Bei der Analyse der Videolaryngoskopie/Intubationshilfe-Gruppe ergab sich:

- Notfall-Fachpflege mit *McGRATH® MAC* – 77 Sekunden,
- Paramedics, *Vie Scope®*-Laryngoskop – 49 Sekunden,
- Anästhesie- und Notfallmedizin-Notärzt*innen mit *McGRATH® MAC* – 35 Sekunden,
- unfallchirurgische Notärzt*innen, *C-MAC®*-Videolaryngoskop – 15 Sekunden,

- Anästhesie-Notärzt*innen bei einer Intubation mit *Airtraq*® – 84 Sekunden,
- Anästheist*innen, *GlideScope*® – 21 Sekunden,
- Notfallmediziner*innen mit *Airtraq*® – 109 Sekunden.

In vier Studien der Gesamterfolg der endotrachealen Intubation 100%, es war daher keine alternative Beatmungsmethode vonnöten (31,47,49,53).

Zu erwähnen sei hier aber noch, dass in beiden Arbeiten von Trimmel et al. eine ETI mit der jeweils anderen Methode als Alternative angegeben wurde (33,54). Bei einer erfolglosen Intubation mit dem *Airtraq*® in den Gruppen der Anästhesist*innen wurde in 95,2% der Fälle erfolgreich mittels direkter Laryngoskopie intubiert. Ebenso wurde in der Gruppe der Notfallmediziner*innen nach erfolglosem *Airtraq*®-Einsatz zu 97,1% erfolgreich intubiert.

In der zweiten Studie wurde nach Scheitern der direkten Laryngoskopie noch zu 66,7% erfolgreich mittels *GlideScope*® intubiert. Umgekehrt wurde im Fall dessen ursprünglich erfolglosen Einsatzes in 95,13% der Fälle erfolgreich direkt intubiert.

Hinsichtlich schwieriger Intubationen beschrieb Timmermann et al., dass in 4,3% drei oder mehr Intubationsversuche nötig waren, Viejo-Moreno et al. erwähnt hier 6,8% und bei Price et al. gelangten 0,3% der ETIs erst beim vierten Versuch (32,46,50).

Bei einer fehlgeschlagenen Intubation wurde am häufigsten der Einsatz eines supraglottischen Atemwegs als alternative Beatmungsmethode angegeben.

Die anästhesiologischen Notärzt*innen nutzten diese Maßnahme durchschnittlich in 1,52% der Fälle, erhoben in vier Studien (33,45,50,54). Diese Gruppe musste auch, wie in zwei Studien aufgezeichnet, in 0,2% der Fälle einen chirurgischen Atemweg durchführen (45,50). In der Studie von Timmermann et al. wurde weiters zu 0,2% bei fehlgeschlagener Intubation mittels Beatmungsbeutel und -maske beatmet (50).

Eine Studie, mit Notärzt*innen aus der gemischten Gruppe der Anästhesie und der Notfallmedizin, hat bei Scheitern der Intubation zu 1,1% BMV und zu 0,4% SGA verwendet (34).

Die Notfallmediziner*innen hatten in zwei Studien im Mittel in 1,39% der Fälle ein SGA als Alternative gewählt und in einer davon zu 0,5% mittels BMV beatmet (33,46).

Bei den nicht-ärztlichen Berufen hat nur Breeman et al. alternative Beatmungsmöglichkeiten für den Fall des Scheiterns der primären endotrachealen Intubation erhoben. Hier hat das notfall-fachpflegerische Personal in der direkten

Laryngoskopie- und der Videolaryngoskopie-Gruppe durchschnittlich 6,83% mittels BMV und 21,47% mittels SGA beatmet (36).

In insgesamt zehn Studien wurden über Komplikationen beim Atemwegsmanagement oder das weitere Outcome berichtet.

Am häufigsten wurde die Rate von ösophagealen Intubationen erfasst (siehe Tab. 11).

Studie	Berufsgruppe	Gerät	Stichproben- größe n=	ösophageale Intubation (%)
Trimmel, 2011 (33)	NÄ (Anästhesie) & NÄ (Notfallmedizin)	Airtraq®	106	5,4 ¹
Trimmel, 2016 (54)	NÄ (Anästhesie)	DL	158	2,5
	NÄ (Anästhesie)	GlideScope®	168	1,8
Kreutziger, 2019 (35)	NÄ (Anä./Notfallmed.)	DL	247	2,8
	NÄ (Anä./Notfallmed.)	McGRATH® MAC	267	4,9
Viejo-Moreno, 2021 (46)	NÄ (Notfallmedizin)	Gemischt	425	10
Levi, 2024 (56)	Paramedics	DL	83	2
Pratt, 2005 (28)	Sanitäter*innen	DL	32	0

Tab. 11 Rate von ösophagealen Intubationen: I: keine Unterscheidung nach Berufsgruppe

Weiters standen in drei Studien Daten zu Aspiration nach der Atemwegssicherung. Bei Macke et al. (Notärzt*innen Unfallchirurgie, je 1,3% bei n=76 in der DL- und der C-MAC®-Gruppe) sowie Benger et al. (Paramedics, 7% bei n=3050) und Levi et al. (Paramedics, 0%, n=83) (51,53,56).

Außerdem wurden in der Studie von Breeman et al. (Notfall-Fachpflege) über nicht näher bezeichnete Komplikationen berichtet – 1% in der DL-Gruppe (n=126) und 2% in der Gruppe, die mithilfe des *McGRATH® MAC* intubierte (n=93) (36).

Vier Arbeiten lieferten klare Aussagen zum Outcome. In drei davon wurden überwiegend oder ausschließlich „Out-of-hospital cardiac arrest“ (OHCA) - Patienten analysiert (36,51,56). Der Rate von primär erfolgreichen Reanimationen, also „Return of spontaneous circulation“ (ROSC) sah wie folgt aus:

- Benger et al. – Paramedics – 29% (n=3050)
- Breeman et al. – Notfall-Fachpflege mit direkter Laryngoskopie – 50% (n=123)
- Breeman et al. – Notfall-Fachpflege mit *McGRATH® MAC* – 43% (n=93)
- Levi et al. – Paramedics – 27% (n=77)

In der Studie von Viejo-Moreno et al., dessen Patient*innenkollektiv alle Arten von Notfällen, welche eine Intubation erforderte, umfasste, wurden Daten zum weiteren Überleben erhoben. Gelang die ETI beim ersten Versuch wurde hier die Überlebensrate nach Kreislaufstillstand mit 14,3%, die Überlebensrate nach anderen Notfällen (ohne Kreislaufstillstand) mit 98,3% angegeben. Waren mehr Intubationsversuche notwendig betrug die erste Rate 13,9% und die Zweite 85,7% (46).

Umfangreichere Daten wurden von Bengler et al. veröffentlicht. Hier wurde als primärer Endpunkt das neurologische Outcome, gemessen mithilfe des „modified Ranking Scale“ (mRS) Score, definiert. Ein mRS-Wert von Null bedeutet keine Symptome, beim Maximalwert von Sechs wäre der*die Patient*in tot. Der Bereich von Null bis Drei wird als gute funktionelle Erholung nach dem Atem-Kreislaufstillstand verstanden. In der ETI-Gruppe befanden sich nach dreißig Tagen 6,8% der in der Studie eingeschlossener Patient*innen in jenem Bereich. Im Vergleich dazu erhielten 91,5% einen mRS-Wert von Sechs und waren verstorben. Weiters wurden auch Daten zur Mortalität umfangreich erhoben: 56,5% verstarben noch am Einsatzort, 24% der Patient*innen verstarben, bevor sie an eine Intensivstation transferiert werden konnten, 11,1% verstarben während ihres Krankenhausaufenthaltes innerhalb von dreißig Tagen und 8,4% überlebten diesen Zeitraum bzw. bis zu ihrer Entlassung. Die überlebenden Patient*innen befanden sich durchschnittlich 96,6 Stunden auf einer Intensivstation, Patient*innen die dort verstarben im Schnitt 47,4 Stunden (51).

Levi et al. erhob ebenfalls den durchschnittlichen Intensivstation-Aufenthalt mit 50,4 Stunden, wobei hier keine weitere Unterscheidung nach Überlebensdauer stattfand (56).

4. Diskussion

Ziel dieser Arbeit war eine Antwort auf die Frage zu finden, ob es einen Unterschied in der erfolgreichen Durchführung der endotrachealen Intubation im präklinischen Setting gibt. Dabei wurden die verschiedenen Berufsgruppen mit deren unterschiedlicher Ausbildung in den verschiedenen Rettungsdienst-Systemen betrachtet. Hierfür wurde eine Literatursuche in PubMed durchgeführt und das Ergebnis in einer systemischen Übersichtsarbeit dargestellt.

Nach Auswertung von zwanzig Studien hat es sich gezeigt, dass in der Gruppe der Anästhesie-Notärzt*innen eine Gesamterfolgs-Rate der endotrachealen Intubation von 96,88% erreicht wurde. In der gemischten Gruppe der Anästhesie- und Notfallmedizin-Notärzt*innen wurde ein Gesamterfolg von 98,36%, in der Gruppe der Notfallmedizin-Notärzt*innen 92,11% und in der Gruppe der Unfallchirurgie-Notärzt*innen 100% erreicht.

In den nicht-ärztlichen Berufen erreichte die Gruppe der Notfall-Fachpflege eine Gesamterfolgs-Rate von 89,79%, die Gruppe der Paramedics 72,05% und die Gruppe der Sanitäter*innen 93,7%.

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass durchaus ein Unterschied im Intubations-Erfolg zwischen den verschiedenen Berufen und Ausbildungen besteht. Im folgenden Kapitel werden etwaige Gründe hierfür diskutiert.

4.1. Gründe für den Erfolg der endotrachealen Intubation

Wenn man die in Kapitel 3.3.2. dargestellten Daten – der Intubation mittels direkter Laryngoskopie bzw. unbekannter Methode – betrachtet, sieht man, dass Notärzt*innen mit anästhesiologischem Hintergrund einen hohen Erfolg beim ersten Versuch als auch Gesamterfolg hatten. Dies könnte man damit erklären, dass diese Berufsgruppe neben ihrer Tätigkeit als präklinische Notfallmediziner*innen auch in ihrem klinischen Alltag viel Erfahrung mit erweitertem Atemwegsmanagement hat.

Im Bereich der Videolaryngoskope hatte diese Berufsgruppe sehr gute Ergebnisse mit dem *C-MAC®*-Videolaryngoskop erzielt, jedoch nur mittlere Erfolge bei den Modellen *Airtraq®* und *GlideScope®* (siehe Abb. 20). Die Tatsache, dass in den Studien von Trimmel et al., wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, beim Scheitern der Videolaryngoskopie bzw. alternative Intubationsmethode mit hohem Prozentsatz erfolgreich direkt intubiert wurde, untermauert die Annahme nochmals, dass diese

Berufsgruppe die direkte Laryngoskopie aufgrund ihrer klinischen Erfahrung gut beherrschte (33,54). Weiters gab auch Hossfeld et al. an, dass die Anästhesie-Notärzt*innen wie auch das am Einsatzort arbeitende Assistenzpersonal viel Erfahrung im klinischen Alltag mit dem *C-MAC*® hatten. Dies würde hier die sehr guten Erfolgsraten erklären (47).

In vier Studien, in denen DL und VL vergleichend untersucht wurde, zeigte sich eine höhere Erfolgsrate mit Videolaryngoskopen (36,45,49). Das intubierende Pflegefachpersonal in der Arbeit von Breeman et al. bemerkte in 81% der Fälle, dass das Videolaryngoskop (*McGRATH*® *MAC*) einen positiven Einfluss auf den Intubationserfolg hatte (36). In zwei Studien wurde das Modell *C-MAC*® und einmal *Vie Scope*® verwendet. Auch Gellerfors et al. schreiben, dass mittels verschiedener Videolaryngoskope in 41,6% der Fälle intubiert und mit 92,9% ein höherer FPS im Vergleich zur direkten Laryngoskopie erreicht wurde (37).

Umgekehrt wurde in ebenfalls vier Studien ein schlechteres Ergebnis gefunden (33,35,52,54). Vor allem bei Trimmel et al. zeigte sich dies mit dem Modell *Airtraq*®. Die 32 Notärzt*innen führten damit ein Simulations-Training, sowie zwei- bis fünfmal eine Atemwegssicherung im Operationssaal unter Supervision durch. Die Autoren folgerten aufgrund der schlechten Erfolgsrate, dass, obwohl alle Anwender*innen als klinisch erfahren in der Atemwegssicherung galten, weit mehr Training und Übung mit dem *Airtraq*®-Intubationshilfsmittel notwendig wäre (33).

Eine Studie zeigte nur geringfügig schlechtere Ergebnisse mit dem *McGRATH*® *MAC* Videolaryngoskop. Deren Verfasser führten vor allem die schlechte Sicht auf den Bildschirm und die Unmöglichkeit den Tubus trotz Sicht auf die Stimmritze korrekt zu positionieren, als Hauptprobleme an. Ihrer Meinung nach wären die Videolaryngoskopie und die direkte Methode im präklinischen Einsatz beide gleichbedeutend wichtig und würden sich gegenseitig ergänzen (35).

Auch die bereits im Kapitel 1 erwähnte Leitlinie für die prähospitale Atemwegssicherung untermauert diese Erkenntnisse und Aussagen. Es sollten alle Maßnahmen und Hilfsmittel ergriffen werden und möglichst beim ersten Versuch erfolgreich zu intubieren. Sie empfiehlt, dass nur in der ETI geübte Anwender intubieren und ein Videolaryngoskop mit einem Macintosh-ähnlichen Spatel verwenden sollten (2).

Bezüglich weiterer Hilfsmittel wurde beispielsweise in einer Studie (Helm et al.,

anästhesiologische Notärzt*innen) in 93,6% der Atemwegsicherungen ein elastischer Bougie verwendet. Bei einer Fallzahl von 342 Patient*innen wurde ein First pass success von 87,4% und ein Gesamterfolg von 100% erreicht (31).

Eine Berufsgruppe, in der ebenfalls mehr Daten erhebbar waren, war die Gruppe der Notfallmediziner*innen, die über eine spezielle Ausbildung für ihre präklinische Tätigkeit verfügen. Diese hatte eine ähnlich gute Erfolgsquote wie die Anästhesie-Gruppe. Die Studie von Price et al. gab an, dass die Notfallmediziner*innen im untersuchten Rettungssystem eine mindestens sechs Monate dauernde Ausbildung in klinischer Anästhesie bei bereits vorherrschender großer Erfahrung im Management von kritisch kranken und verletzten Personen zu absolvieren hatten (32).

In einer Studie (Macke et al.) wurden Intubationen sowohl direkt als auch mit dem *C-MAC*® von erfahrenen Unfallchirurg*innen mit einer Weiterbildung in präklinischer Notfallmedizin mit sehr gutem Erfolg durchgeführt. Die Autoren gaben an, dass ca. die Hälfte der Intubierenden über eine Erfahrung von über 100 bisherigen endotrachealen Intubationen verfügten, die andere Hälfte wurde als „weniger erfahren“, mit 50-100 bisherigen ETIs, bezeichnet. Die Autoren fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen (53).

Für die eher heterogene Gruppe der Paramedics gab es ähnlich viele Daten wie für die Anästhesie-Gruppe. Deren Intubationserfolg beim ersten Versuch war mit durchschnittlich 71,24% niedriger als bei den Anästhesist*innen (83,88%). Außerdem war deren Gesamterfolg mit 71,42% deutlich niedriger gegenüber der ärztlichen Gruppe mit 98,64%. Auch hatte die Gruppe der Notfallmediziner*innen, die gemischte Gruppe aus Notfallmedizin und Anästhesie sowie die unfallchirurgische Gruppe mit durchschnittlich 98,24%, 98,5% und 100% einen deutlich höheren Gesamt-Erfolg bei der direkten Laryngoskopie.

Dies lässt vermuten, dass in den ärztlichen Gruppen Intubationsprobleme wie schwierige Atemwege nach einigen Versuchen besser beherrscht wurden als in der Paramedic-Gruppe. Gründe hierfür dürfte einerseits im Ausbildungsinhalt und -dauer und andererseits in der klinischen Erfahrung liegen.

Während das Medizinstudium vermutlich überall den vergleichbaren Standards unterliegen, ist der Begriff Paramedic nicht international einheitlich definiert, sondern wird als länger andauernde, häufig auch mehrjährige, manchmal akademische Ausbildung verstanden, in der auch klinische Praktika zum Erlernen der Fähigkeiten inbegriffen sind.

Gegensätzlich absolvieren „normale“ Sanitäter*innen meist nur einen regional organisierten Kurs.

Ein großer Unterschied liegt auch darin, dass Paramedics in der Regel (und im Gegensatz zu den gerade in Mitteleuropa eingesetzten Notärzt*innen) neben ihrer Tätigkeit im Rettungsdienst nicht klinisch tätig sind, sondern ständig im Rettungsdienst arbeiten. Wie in einigen Studien dargestellt, benötigten nur ein Bruchteil aller Rettungsdienst-Notfallpatient*innen ein erweitertes Atemwegsmanagement (35,37,46,53). Man kann also auch davon ausgehen, dass der*die Paramedic während seiner*ihrer Dienstverrichtung nur selten die Indikation zur endotrachealen Intubation stellen kann. Somit haben Paramedics in der Regel auch weit weniger Erfahrung in der reinen Durchführung der ETI als beispielweise Notärzt*innen, die durch ihre klinische Tätigkeit als Anästhesist*innen regelmäßig im OP intubieren. Diese fehlende Erfahrung könnte ebenfalls auf die rein präklinisch tätige Notfall-Fachpflege zutreffen. Breeman et al. vermuteten, dass holländische Notfall-Pfleger*innen jährlich eine Zahl von fünf bis zehn Intubation erreichten, obwohl eine höhere Anzahl notwendig sein sollte, um diese Fähigkeit zu erhalten (36).

Einzelne Rettungsdienst-Systeme bzw. -Organisationen sorgten mit Trainings bzw. klinischen Praktika für Erhalt der Fähigkeiten, jedoch kann dies nicht als allgemein gültig gesehen werden (27,56). Pratt et al. vermuteten beispielsweise, dass in dem quartalsmäßig durchgeführten „Refresher-Training“ ein Grund für die hohe Erfolgsquote lag (28).

Beispielhaft sei hier noch die Studie von Price et al. erwähnt, in der die Erfolgsraten im sogenannten „Inter-Changeable Operator Model“ von Paramedics untersucht wurden. Dies bedeutet, dass die Rolle des*der Intubierenden zwischen „Critical Care Paramedic“ und „Emergency Physician“ im Team des Hubschrauber-Rettungsdienstes wechseln konnte. Folglich sorgte dies auch dafür, dass Paramedics über weit mehr Erfahrung in der ETI verfügten und auch einen ähnlichen FPS wie die Notärzt*innen erreichten (32).

Auf den Team-Aspekt wurde auch bei Helm et al. eingegangen. Die Gruppe der durchführenden Anästhesist*innen und der für die Assistenz verantwortlichen Notfallsanitäter*innen war eher klein. Diese Teams kamen aber aus denselben klinischen Abteilungen, arbeiteten regelmäßig zusammen und verfügten auch alle über entsprechendes Training in präklinischer Notfallversorgung. Die Autoren vermuteten darin einen wichtigen Faktor für die hohen Erfolgsquoten der ETI (31).

Die Ausbildung in der endotrachealen Intubation ist bei Paramedics regional unterschiedlich geregelt. Beispielsweise ist dies für Österreich im Kapitel 1.2.3. erklärt, in einer australischen Arbeit ist diese für den tasmanischen Rettungsdienst mit einer Theorieeinheit und 20 Intubationen im Operationssaal beschrieben (48).

Paramedics führen die endotracheale Intubation nach klaren Vorgaben und bei speziellen Indikationen durch. Dies könnte ebenfalls ein Faktor für die den Intubations-(miss-)erfolg sein. In der Arbeit von Breeman et al. wurde erwähnt, dass das Notfall-Fachpflegepersonal nur bei Patient*innen mit einem Glasgow Coma Scale-Wert von drei (wenn keine neurologische Ursache für den Bewusstseinsverlust vermutet wird) und ohne Gabe von Muskelrelaxantien endotracheal intubieren durfte. Dies bedeutete meist eine Intubation in einer Reanimationssituation während laufender Herz-Druckmassage, was durchaus eine zusätzliche Erschwernis sein konnte (36).

Helm et al. vermerkte, dass in US-amerikanischen Studien über Abwehrreaktionen, Husten oder eingeschränkte Unterkieferbeweglichkeit während der Atemwegssicherung berichtet wurden, die die Ursachen für misslungene Intubationen darstellten. Er führte dies auf starre Protokolle für Sedierung und Muskelrelaxation der handelnden Paramedics zurück, denen manchmal nicht erlaubt war, die für eine ETI standardmäßig applizierten Medikamentendosierung zu verabreichen (31).

Erwähnenswert ist hier noch die Studie von Pratt et al., die die ETI-Ausbildung und Anwendung durch Sanitäter*innen, den sogenannten „EMT-Basics“, beschreibt. Hier erreichten diese, nach einer 34-stündigen theoretisch-praktischen Ausbildung und 10 innerklinischen Intubation eine 93,7% Gesamt-Erfolgsquote. Als stark limitierend muss jedoch die sehr kleine Fallzahl von 32 Intubationen gesehen werden. Es wurden hier außerdem aus vierzig verfügbaren Sanitäter*innen speziell vier ausgewählt, die möglichst alle Voraussetzungen mitbrachten, um diese Ausbildung positiv abzuschließen. Damit lässt dies auch keinen Rückschluss auf die universelle Anwendbarkeit eines „Intubations-Trainings für EMT-Basics“ zu (28).

Eine solche Limitation traf auch auf die Studie von Voss et al. zu.

Die durchführenden Paramedics meldeten sich freiwillig zu der Studien-Teilnahme, womit keine allgemein gültige Aussage über die Fähigkeiten dieser Berufsgruppe in diesem Rettungssystem möglich war (55).

4.2. Limitationen

Eine weitere Einschränkung dieser Arbeit besteht in den teilweise geringen Studienpopulationen. Nur drei Arbeiten untersuchten die Intubationen in mehr als 1000 Fällen, in sechs Studien wurden weniger als 100 Personen eingeschlossen. Wie jedoch bereits erwähnt ist eine Atemwegssicherung mittels ETI keine alltägliche Handlung im Rettungsdienst, so dass es herausfordernd ist in Studien auf große Fallzahlen zu kommen. Eine zusätzliche Limitation ergibt sich durch das intubierende Personal in den eingeschlossenen Studien. Einzelnen Berufsgruppen im Rettungsdienst unterscheiden sich sehr hinsichtlich ihrer Ausbildung und Erfahrung mit der endotrachealen Intubation. Ein Nachteil ergab sich dadurch, dass in fast allen Arbeiten keine genaue Aussage zur Art der Ausbildung, um Intubationen durchführen zu können, getroffen wurde. Deshalb erfolgte die Einteilung der Intubierenden in die oben erwähnten Gruppen, unterteilt in vier ärztliche und drei nicht-ärztliche Berufe.

Die Zeiten bis zur erfolgreichen Intubation waren beschränkt aussagekräftig, da in den einzelnen Studien teilweise nicht klar definiert war, wie diese gemessen wurden bzw. die Zeitpunkte unterschiedlich waren. Damit ist eine Vergleichbarkeit nicht eindeutig gegeben. Komplikationen und weitere Daten zum Outcome wurden nur in wenigen Studien erhoben und ließen damit keine generellen Aussagen zu. Es gab beispielsweise Zahlen zu ösophagealen Intubationen, diese waren bei anästhesiologischen Notärzt*innen und Paramedics und Sanitäter*innen am geringsten. Wobei man dies in Relation zu den teilweise sehr geringen Fallzahlen betrachten muss. Beispielsweise erwähnte Pratt et al., dass, obwohl es zu keinen ösophagealen Intubation bei 32 Atemwegssicherungen kam, diese statistisch durchaus möglich wären (28).

Der weitere klinische Verlauf der Patient*innen wurde auch nur in drei Studien weiterverfolgt (46,51,56).

4.3. Zusammenfassung

Die Ergebnisse zusammenfassend erzielte ärztliches Personal mit klinischem Hintergrund aus Anästhesiologie, Notfallmedizin und Unfallchirurgie einen gesamt gesehen, höheren Intubationserfolg als das nicht-ärztliche Personal, welches aus Pflegepersonen, Paramedics und Sanitäter*innen bestand. Weiters war der höhere Erfolg beim ersten Versuch der endotrachealen Intubationen der ärztlichen Gruppe auffallend. Erwähnenswert ist außerdem, dass das nicht-ärztliche Personal bei der Verwendung von Videolaryngoskope und Intubationshilfen im Vergleich zur direkten Laryngoskopie durchwegs bessere Intubationserfolge erreichte.

Die regelmäßige Durchführung der Atemwegssicherung im innerklinischen Setting scheint für eine hohe Erfolgsquote in der Präklinik essenziell zu sein.

Um für die sichere Durchführung dieser Maßnahme zu sorgen, sollten Rettungsdienste bestrebt sein, ihren Helfer*innen, die zur ETI qualifiziert sind, eine regelmäßige Möglichkeit zu bieten, diese auch im (sichereren) klinischen Setting durchzuführen und somit ihre Fähigkeiten zu erhalten.

Limitierend war, dass die Angaben zur Ausbildung der Anwenderin*innen sowie Maßnahmen zum Erhalt der Routine in den Studien teils mangelhaft waren. Dies unterstreicht die Notwendigkeit weiterer prospektiver randomisierter Forschung.

5. Quellenverzeichnis

1. *Dönitz S, Brokmann JC, Münzberg M.* Präklinisches Traumamanagement. 3. aktualisierte und überarbeitete Auflage auf Grundlage der 8. englischen Auflage. München. Elsevier. 2016.
2. *Timmermann A., Böttiger BW, Byhahn C, Dörges V, Eich C, Gräsner JT, et al.* S1-Leitlinie Prähospitales Atemwegsmanagement. 2019. (Version 1.0).
3. *Soar J, Böttiger BW, Carli P, Couper K, Deakin CD, Djävrv T, et al.* European Resuscitation Council Guidelines 2021: Adult advanced life support. 2021. 161. S.115–151.
4. *Prause G.* Die orotracheale Intubation. In: Prause G, Rief M, Hrsg. Kursbuch notfallmedizin. Graz. Arbeitsgemeinschaft für Notfallmedizin, Conventa. 2020. S.39–44.
5. *AMBOSS GmbH.* Pharynx. Verfügbar auf: <https://next.amboss.com/de/article/Kp0UqS?q=pharynx&m=K4bU4F>. Zugriff am: 08.01.2024.
6. *Larsen R, Annecke T, Fink T.* Anästhesie. 12. Auflage. München. Elsevier. 2022.
7. *Laux G.* Endotracheale Intubation. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, Hrsg. Die Anästhesiologie. 4. Auflage. Berlin. Springer. 2019. S.707–717.
8. *Timmermann A.* Atemwegsmanagement. In: Wilhelm W, Hrsg. Praxis der Anästhesiologie. 1. Auflage. Berlin. Springer. 2018. S.265–299.
9. *Piepho T., Kriege M, Byhahn C, Cavus E, Dörges V, Ilper H, et al.* S1 Leitlinie Atemwegsmanagement 2023. 2023.
10. *Klock PAJ, Anderson J, Hernandez M.* Airway Management. In: Longnecker DE, Mackey SC, Sandberg WS, Zapol WM, Hrsg. Anesthesiology. Third Edition. New York. McGraw-Hill Education. 2017. S.498–532.
11. *Prodol Meditec SA.* Airtraq. 2025.
12. *Laux G.* Intubation bei schwierigem Atemweg. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, Hrsg. Die Anästhesiologie. 4. Auflage. Berlin. Springer. 2019. S.729–739.
13. *VBM Medizintechnik GmbH.* i-Bougie. 2024.

14. *Eigene Darstellung, mit freundlicher Genehmigung des Notarztsystem Graz-Ost.* Foto von Intubationsausrüstung. 2024.
15. *Döriges V, Byhahn C.* Atemwegsmanagement. In: Scholz J, Sefrin P, Böttinger BW, Döriges V, Wenzel V, Hrsg. Notfallmedizin. 3. Auflage. Stuttgart. Georg Thieme Verlag KG. 2013. S.96–109.
16. *Sacherer F., Karlseder M.* Intubations (RSI)-Checkliste.
17. *Bundesverband Rettungsdienst - BVRD.at.* Zukunft Rettungsdienst. Quo vadis, Berufsbild? Positionspapier. 2023.
18. *Engelhardt F.* Zusatzbezeichnung Notfallmedizin: Wie werde ich Notfallmediziner:in? . 2022. Verfügbar auf: <https://www.jungmediziner.de/zusatzbezeichnung-notfallmedizin/2022/07/28/>. Zugriff am: 08.02.2024.
19. *SIWF I.* Präklinische Notfallmedizin / Notarzt (SGNOR). Fähigkeitsprogramm vom 1. Januar 2018. 2018.
20. *Hallas T, Tschopp G.* Rettungsdienst in der Schweiz. 2022. (05/2022). S.12–19.
21. *.Stanley M.* Rettungsdienst in England. 2022. (05/2022). S.34–43.
22. *The Royal College of Surgeons of Edinburgh.* Pre-hospital provider competencies. 2017.
23. *Gloger T.* Rettungsdienst in den Niederlanden. 2022. (05/2022). S.26–33.
24. *Gretenkort P, Beneker J, Döriges V, Sefrin P, Fischer L, Riebandt F.* Einsatz von Notärzten in Ländern mit Paramedic-System. 2017. 33(6). S.272–278.
25. *Berkeveld E, Sierkstra TCN, Schober P, Schwarte LA, Terra M, de Leeuw MA, et al.* Characteristics of helicopter emergency medical services (HEMS) dispatch cancellations during a six-year period in a Dutch HEMS region. BMC Emerg Med. 2021. 21(1). S.50.
26. *Koppenberg J, Briggs SM, Wedel SK, Conn AK.* Das amerikanische Notfallwesen - "emergency medical service" und "emergency room". 2002. 5(8). S.598–605.
27. *Rauschenberger N.* Erfahrungen aus Seattle/King County. 2018. Verfügbar auf: <https://foam-rd.health.blog/2018/12/20/erfahrungen-aus-seattle-king-county/>. Zugriff am: 09.11.2024.
28. *Pratt JC, Hirshberg AJ.* Endotracheal tube placement by EMT-Basics in a rural EMS system. Prehosp Emerg Care. 2005. 9(2). S.172–175.

29. *Ryzek D.* Präklinischen Notfallmedizin in den USA (am Beispiel Minneapolis/MN). 2023. Verfügbar auf: <https://drryzek.de/praeklinischen-notfallmedizin-usa/>. Zugriff am: 09.11, 2024.
30. *Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. 2021. 372. S.71–71.
31. *Helm M, Hossfeld B, Schäfer S, Hoitz J, Lampl L.* Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting--a multicentre study in the German Helicopter Emergency Medical Service. *Br J Anaesth.* 2006. 96(1). S.67–71.
32. *Price J, Lachowycz K, Steel A, Moncur L, Major R, Barnard EBG.* Intubation success in prehospital emergency anaesthesia: a retrospective observational analysis of the Inter-Changeable Operator Model (ICOM). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2022. 30(1). S.44.
33. *Trimmel H, Kreutziger J, Fertsak G, Fitzka R, Dittrich M, Voelckel WG.* Use of the Airtraq laryngoscope for emergency intubation in the prehospital setting: a randomized control trial. *Crit Care Med.* 2011. 39(3). S.489–493.
34. *Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Mochmann H, Arntz H.* Difficult prehospital endotracheal intubation - predisposing factors in a physician based EMS. 2011. 82(12). S.1519–1524.
35. *Kreutziger J, Hornung S, Harrer C, Urschl W, Doppler R, Voelckel WG, et al.* Comparing the McGrath Mac Video Laryngoscope and Direct Laryngoscopy for Prehospital Emergency Intubation in Air Rescue Patients: A Multicenter, Randomized, Controlled Trial. *Crit Care Med.* 2019. 47(10). S.1362–1370.
36. *Breeman W, Van Vledder MG, Verhofstad MHJ, Visser A, Van Lieshout EMM.* First attempt success of video versus direct laryngoscopy for endotracheal intubation by ambulance nurses: a prospective observational study. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2020. 46(5). S.1039–1045.
37. *Gellerfors M, Fevang E, Bäckman A, Krüger A, Mikkelsen S, Nurmi J, et al.* Pre-hospital advanced airway management by anaesthetist and nurse anaesthetist critical care teams: a prospective observational study of 2028 pre-hospital tracheal intubations. *Br J Anaesth.* 2018. 120(5). S.1103–1109.
38. *Hoy D, Brooks P, Woolf A, Blyth F, March L, Bain C, et al.* Assessing risk of bias in prevalence studies: modification of an existing tool and evidence of interrater agreement. *J Clin Epidemiol.* 2012. 65(9). S.934–939.

39. *Fouche PF, Stein C, Simpson P, Carlson JN, Doi SA.* Nonphysician Out-of-Hospital Rapid Sequence Intubation Success and Adverse Events: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Emerg Med.* 2017. 70(4). S.449–459.e20.
40. *Reinert L, Herdtle S, Hohenstein C, Behringer W, Arrich J.* Predictors for Prehospital First-Pass Intubation Success in Germany. *J Clin Med.* 2022. 11(3). S.887.
41. *Crewdson K, Lockey DJ, Røislien J, Lossius HM, Rehn M.* The success of pre-hospital tracheal intubation by different pre-hospital providers: a systematic literature review and meta-analysis. *Crit Care.* 2017. 21(1). S.31.
42. *Warner KJ, Carlbom D, Cooke CR, Bulger EM, Copass MK, Sharar SR.* Paramedic training for proficient prehospital endotracheal intubation. *Prehosp Emerg Care.* 2010. 14(1). S.103–108.
43. *Peters J, van Wageningen B, Hendriks I, Eijk R, Edwards M, Hoogerwerf N, et al.* First-pass intubation success rate during rapid sequence induction of prehospital anaesthesia by physicians versus paramedics. *Eur J Emerg Med.* 2015. 22(6). S.391–394.
44. *Fouche PF, Stein C, Simpson P, Carlson JN, Zverinova KM, Doi SA.* Flight Versus Ground Out-of-hospital Rapid Sequence Intubation Success: a Systematic Review and Meta-analysis. *Prehosp Emerg Care.* 2018. 22(5). S.578–587.
45. *Ångerman S, Kirves H, Nurmi J.* A before-and-after observational study of a protocol for use of the C-MAC videolaryngoscope with a Frova introducer in pre-hospital rapid sequence intubation. 2018. 73(3). S.348–355.
46. *Viejo-Moreno R, Galván-Roncero E, Parra-Soriano S, Cabrejas-Aparicio A, Merchán-Sánchez B, Jiménez-Carrascosa JF, et al.* Advanced airway management: a descriptive analysis of complications and factors associated with first-attempt intubation failure in prehospital emergency care. *Emergencias.* 2021. 33(6). S.447–453.
47. *Hossfeld B, Jongebloed A, Lampl L, Helm M.* Out-of-hospital airway management in trauma patients: Experiences with the C-MAC® video laryngoscope. *Unfallchirurg.* 2016. 119(6). S.501–507.
48. *McCall MJ, Reeves M, Skinner M, Ginifer C, Myles P, Dalwood N.* Paramedic tracheal intubation using the intubating laryngeal mask airway. *Prehosp Emerg Care.* 2008. 12(1). S.30–34.

49. Szarpak L, Peacock FW, Rafique Z, Ladny JR, Nadolny K, Malysz M, et al. Comparison of Vie Scope® and Macintosh laryngoscopes for intubation during resuscitation by paramedics wearing personal protective equipment. *Am J Emerg Med.* 2022. 53. S.122–126.
50. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Bräuer A, Rosenblatt WH, et al. Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation.* 2006. 70(2). S.179–185.
51. Bengner JR, Kirby K, Black S, Brett SJ, Clout M, Lazaroo MJ, et al. Supraglottic airway device versus tracheal intubation in the initial airway management of out-of-hospital cardiac arrest: the AIRWAYS-2 cluster RCT. *Health Technol Assess.* 2022. 26(21). S.1–158.
52. Ducharme S, Kramer B, Gelbart D, Collieran C, Risavi B, Carlson JN. A pilot, prospective, randomized trial of video versus direct laryngoscopy for paramedic endotracheal intubation. 2017. 114. S.121–126.
53. Macke C, Gralla F, Winkelmann M, Clausen J, Haertle M, Krettek C, et al. Increased First Pass Success with C-MAC Videolaryngoscopy in Prehospital Endotracheal Intubation-A Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2020. 9(9). S.2719.
54. Trimmel H, Kreuziger J, Fitzka R, Szüts S, Derdak C, Koch E, et al. Use of the GlideScope Ranger Video Laryngoscope for Emergency Intubation in the Prehospital Setting: A Randomized Control Trial. *Crit Care Med.* 2016. 44(7). S.470.
55. Voss S, Rhys M, Coates D, Greenwood R, Nolan JP, Thomas M, et al. How do paramedics manage the airway during out of hospital cardiac arrest? 2014. 85(12). S.1662–1666.
56. Levi D, Hoogendoorn J, Samuels S, Maguire L, Troncoso R, Gunn S, et al. The i-gel(®) supraglottic airway device compared to endotracheal intubation as the initial prehospital advanced airway device: A natural experiment during the COVID-19 pandemic. *J Am Coll Emerg Physicians Open.* 2024. 5(2). S.e13150.