

Aus der Klinik für Anästhesiologie
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Evaluation zur Vorhaltung von Equipment und Ausbildung im präklinischen
Atemwegsmanagement von nicht-ärztlichem Personal im Rettungsdienst

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Timo Kalinsky
aus Lengerich (Westfalen)

Mainz, 2026

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. med. Philipp Drees

1. Gutachter: Prof. Dr. Marc Kriege

2. Gutachter: Prof. Dr. Stefan Sebastian Heinrich

Tag der Promotion: 19. Juni 2026

Nachnutzungslizenz: Urheberrechtsschutz (in C-1.0)

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Inhaltsverzeichnis

I.	Abkürzungsverzeichnis	III
II.	Abbildungsverzeichnis	IV
III.	Tabellenverzeichnis.....	V
1	Einleitung / Ziel der Dissertation	1
2	Literaturdiskussion	3
2.1	Formen der Atemwegssicherung in der Präklinik	3
2.1.1	Beutel-Masken-Ventilation	3
2.1.2	Extraglottische Atemwegshilfen	5
2.1.3	Endotracheale Intubation	9
2.1.4	Koniotomie	13
2.2	Atemwegsmanagement in der Präklinik	16
2.3	Der schwierige Atemweg in der Präklinik	20
2.4	Aus- und Fortbildung im Atemwegsmanagement bei Notfallsanitätern	23
3	Material und Methoden.....	28
3.1	Studiendesign	28
3.2	Statistik	29
4	Ergebnisse	31
4.1	Demographie	31
4.2	Atemwegsspezifische Ausstattung auf dem Rettungswagen	34
4.3	Ausbildung im Atemwegsmanagement	36
4.3.1	Ausbildung am Atemwegstrainer.....	36
4.3.2	Ausbildung im innerklinischen Setting am Patienten.....	39
4.3.3	Supervision nach erfolgter Atemwegssicherung	41
4.4	Atemwegssicherung während des Einsatzes	43
4.5	Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemweges.....	45
4.5.1	Feedbacksystem mit weiterbehandelndem Krankenhaus.....	46
4.6	Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement.....	47

4.6.1	Jahresfortbildung im Atemwegsmanagement	47
4.6.2	Zukünftige Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement.....	48
5	Diskussion.....	50
5.1	Umsetzung der Ausbildungsinhalte und Handlungsempfehlungen im prähospitalen Atemwegsmanagement	51
5.2	Beurteilung des Kompetenzerhaltes im prähospitalen Atemwegsmanagement.....	58
5.3	Inzidenz des Schwierigen Atemweges	62
5.4	Limitationen der Studie.....	64
6	Zusammenfassung	66
7	Literaturverzeichnis.....	68
8	Anhang	82
9	Danksagung	87
10	Tabellarischer Lebenslauf	88

I. Abkürzungsverzeichnis

ÄLRD *Ärztlicher Leiter Rettungsdienst*

BMI *Body-Mass-Index*

BMV *Beutel-Masken-Ventilation*

C&L *Cormack & Lehane*

CVCO *Cannot Ventilate – Cannot Oxygenate*

DBRD *Deutscher Berufsverband Rettungsdienst e.V.*

DGAI *Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V.*

DL *Konventionelle direkte Laryngoskopie*

EGA *Extraglottische Atemwegshilfen*

ETI *Endotracheale Intubation*

ETT *Endotrachealtubus*

FPS *First-Pass Intubation Success*

Guedel-Tubus *Oropharyngealtubus*

HLP *Hypopharyngealer Leckagedruck*

ID *Innendurchmesser des Endotrachealtubus*

ILMA *Intubationslarynxmaske*

LM *Larynxmaske*

LT *Larynxtubus*

mRS *modified Rankin Scale*

OLP *Oropharyngealer Leckagedruck*

ROSC *Erreichen eines Return of Spontaneous Circulation*

VL *Videolaryngoskopie*

Wendel-Tubus *Nasopharyngealtubus*

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gesichtsmaske.....	4
Abbildung 2: Oropharyngealtubus (links) und Nasopharyngealtubus (rechts).....	5
Abbildung 3: Larynxmaske	6
Abbildung 4: Lage des Larynxtubus im (Hypo-)Pharynx.....	7
Abbildung 5: Endotrachealtubus mit Cuffpilot	10
Abbildung 6: Konventionelles Laryngoskop (links) und Videolaryngoskop mit hyperangulierten Spatel (rechts)	11
Abbildung 7: Klassifikation nach Cormack & Lehane (C&L)	20
Abbildung 8: Algorithmus prähospitales Atemwegsmanagement	22
Abbildung 9: Einbettung des Maßnahmenkatalogs in den Gesamtkontext des Rettungsdienstes	24
Abbildung 10: Regelmäßige Kompetenz-Zertifizierung.....	26
Abbildung 11: Berufserfahrung in Relation zu der beruflichen Qualifikation	32
Abbildung 12: Ausbildung am Atemwegstrainer	36
Abbildung 13: Ausbildung im innerklinischen Setting am Patienten	40
Abbildung 14: Schwieriger Atemweg in Relation zu der beruflichen Qualifikation	45

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Berufliche Qualifikation, Geschlecht, Berufserfahrung und Arbeitsverhältnis	31
Tabelle 2: Verteilung der Rückantworten auf die Bundesländer	33
Tabelle 3: Atemwegsspezifische Ausstattung auf dem Rettungswagen	34
Tabelle 4: Ausbildung am Atemwegstrainer / innerklinisches Setting am Patienten..	37
Tabelle 5: Anzahl durchgeführter Maßnahmen am Atemwegstrainer / innerklinisch am Patienten	38
Tabelle 6: Anzahl durchgeführter Maßnahmen am Atemwegstrainer im Vergleich der Bundesländer	39
Tabelle 7: Anzahl durchgeführter Maßnahmen innerklinisch am Patienten im Vergleich der Bundesländer	41
Tabelle 8: Supervision Ausbildung	42
Tabelle 9: Atemwegssicherungen während eines Einsatzes in den letzten 12 Monaten	43
Tabelle 10: Atemwegssicherungen während eines Einsatz in den letzten 12 Monaten im Vergleich der Bundesländer	44
Tabelle 11: Jahresfortbildung im Atemwegsmanagement	47
Tabelle 12: Jahresfortbildung im Atemwegsmanagement im Vergleich der Bundesländer	48
Tabelle 13: Zukünftige Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement.....	49

1 Einleitung / Ziel der Dissertation

Notfallsanitäter und Rettungsassistenten sollen gemäß § 2a des Notfallsanitätergesetzes bei medizinischen Notfällen eigenverantwortlich oder bis zum Eintreffen des Notarztes alle erforderlichen Versorgungsaufgaben leisten, um das Leben des Patienten zu erhalten oder wiederherzustellen (1). Die Sicherung der Atemwege und die suffiziente Oxygenierung, sowie Ventilation des Notfallpatienten ist dabei eine wesentliche Hauptaufgabe für das nicht-ärztliche Rettungsdienstpersonal. Gleichzeitig ist das prähospitaler Atemwegsmanagement jedoch eine große Herausforderung für das behandelnde Notfallteam (2). Die unterschiedlichen örtlichen Gegebenheiten, die Heterogenität an Erkrankungen und die individuellen Kenntnisse des Personals erschweren die präklinische Atemwegssicherung (3).

Für eine hohe Versorgungsqualität und Patientensicherheit im prähospitalen Atemwegsmanagement ist eine fundierte und strukturierte theoretische sowie praktische Aus- und Fortbildung notwendig und bedarf spezifischen Handlungsempfehlungen (4). 2019 veröffentlichte die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGAI) die S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ (2). Diese beinhaltet differenzierte Handlungsempfehlungen und Mindestanforderungen zum sicheren Beherrschen der einzelnen Techniken einer präklinischen Atemwegssicherung.

Trotz der klaren Empfehlungen und Richtlinien zum prähospitalen Atemwegsmanagement gibt es zum Zeitpunkt dieser Dissertation wenig vergleichende Daten, welche Ausstattung den nicht-ärztlichen Rettungsdienstmitarbeitern im Einsatz zur Verfügung steht, ob es länderspezifische Unterschiede gibt, wie häufig Rettungsdienstmitarbeiter eine prähospitaler Atemwegssicherung eigenverantwortlich durchführen und wie der jährliche Kompetenzerhalt gewährleistet wird. Vor diesem Hintergrund richtet sich die vorliegende Arbeit auf die Frage, wie die Qualität der Aus- und Fortbildung im Atemwegsmanagement einzustufen ist, in welchem Umfang die Handlungsempfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ umgesetzt werden können und welches Verbesserungspotenzial diesbezüglich für die Zukunft im Rettungsdienst besteht (2).

Zur Evaluierung des derzeitigen Status Quo wurde im Rahmen der Studie im Jahr 2021 eine deutschlandweite Umfrage durch Notfallsanitäter und Rettungsassistenten durchgeführt. Der primäre Studienendpunkt war die Umsetzung der

Ausbildungsinhalte des Atemwegsmanagements bei nicht-ärztlichem Personal im Rettungsdienst. Auf Grundlage der erhobenen Daten und eines ergänzenden Literaturvergleichs wird geprüft, ob die in der S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ formulierten Mindestanforderungen im praktischen Arbeitsalltag erfüllt werden oder ob relevante Diskrepanzen bestehen (2).

In der vorliegenden Dissertation wird zunächst der aktuelle Stand des Atemwegsmanagements sowie der damit verbundenen Aus- und Fortbildung von Notfallsanitätern und Rettungsassistenten systematisch dargestellt. Das folgende Kapitel widmet sich der durchgeführten Forschung und erläutert den Studienaufbau sowie die angewandte Methodik. Anschließend werden die erhaltenen Daten ausführlich analysiert und mit der zuvor beschriebenen Literatur verglichen. Die Arbeit schließt mit der Beantwortung der Forschungsfrage, dem Ableiten von Handlungsempfehlungen, sowie der kritischen Betrachtung möglicher Limitationen der Studie ab.

2 Literaturdiskussion

Im Folgenden werden die einzelnen Techniken einer prähospitalen Atemwegssicherung vorgestellt und miteinander verglichen. Zudem werden die Schwierigkeiten und die möglichen Komplikationen des präklinischen Atemwegsmanagements beleuchtet und die bisherige Aus- und Fortbildung des nicht-ärztlichen Rettungsdienstpersonals im prähospitalen Atemwegsmanagement in Deutschland dargestellt.

2.1 Formen der Atemwegssicherung in der Präklinik

2.1.1 Beutel-Masken-Ventilation

Die Maskenbeatmung ist eine nicht-invasive Form des Atemwegsmanagements. Für den Patienten ist es weiterhin möglich, selbstständig zu atmen und mittels der Beutel-Masken-Ventilation (BMV) kann die Atmung des Patienten unterstützt werden. Falls ein Atemstillstand vorliegt, kann über eine Gesichtsmaske eine kontrollierte Beatmung durchgeführt werden. Dabei stehen dem Anwender verschiedene Gesichtsmasken unterschiedlicher Größe und Form zur Verfügung, wie in Abbildung 1 dargestellt. Der Maskenrand besteht aus einem weichen Gummi, welches sich dicht an das Gesicht anlegt. Die Gesichtsmaske wird mit einem Beatmungsbeutel oder Beatmungsgerät verbunden und anschließend dem Patienten möglichst eng mit Daumen und Zeigefinger über Nase und Mund aufgesetzt („C-Griff“). Die übrigen Finger umgreifen den Unterkiefer und führen gleichzeitig eine Überstreckung des Kopfes durch. Der C-Griff empfiehlt sich zur besseren Abdichtung der Maske anzuwenden, da ansonsten keine einwandfreie BMV durchführbar ist (5, 6). Bei einer BMV sollte ein Beatmungsdruck von $\leq 15 \text{ cmH}_2\text{O}$ nicht überschritten werden, da höhere Drücke zu einer vermehrten gastralen Insufflation führen können (7). Die Zielgröße für eine effektive BMV stellt die sichtbare Thoraxexkursion oder eine sichtbare Kapnographieflowkurve dar. Falls keine Kapnographieflowkurve am Beatmungsgerät ableitbar ist, sollte der Inspirationsdruck titriert auf $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ erhöht werden (5). Durch die vermehrte gastrale Insufflation kann bei einem nicht nüchternen Patienten eine pulmonale Aspiration begünstigt werden. So ist z.B. eine fortlaufende BMV während eines Herzkreislaufstillstandes mit einer erhöhten Aspirationsgefahr von 12,4% (58/466) verbunden (8).

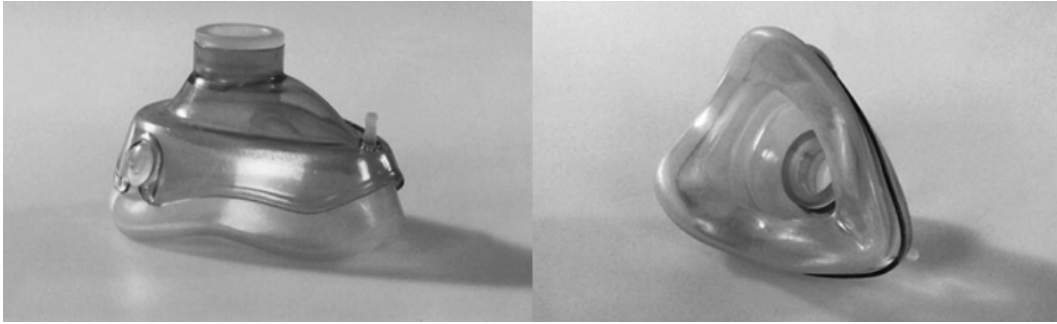


Abbildung 1: Gesichtsmaske (6)

Baroträger, übergewichtige Patienten und auch besondere anatomische Gegebenheiten, wie eine Verletzung oder ein Tumor im Halsbereich, erschweren häufig die BMV. Hier empfiehlt es sich, die BMV über eine Optimierung der Kopfposition oder über eine bessere Abdichtung der Gesichtsmaske mit zwei Händen (Doppelter C-Griff) zu verbessern (9). Gelegentlich ist selbst unter verbesserten Bedingungen keine ausreichende BMV möglich. In diesen Fällen kann ein Nasopharyngealtubus (Wendel-Tubus) oder Oropharyngealtubus (Guedel-Tubus) eingelegt werden. Guedel- und Wendel-Tuben sind Hilfsmittel, die ein Zurückfallen der Zunge verhindern sollen und sind in verschiedenen Größen verfügbar. Die optimale Größe des Guedel-Tubus entspricht dem Abstand zwischen Mundwinkel und Ohrläppchen. Die Insertionstiefe des Wendel-Tubus wird zwischen dem entsprechenden Nasenloch und dem Ohrläppchen ausgemessen. Dabei wird ein Guedel-Tubus durch den Mund am harten Gaumen entlang in einer rotierenden Bewegung eingesetzt und ein Wendel-Tubus durch den unteren Nasengang eingeführt. In beiden Fällen wird bei korrekter Größe und Position eine Verlegung der oberen Atemwege verhindert, wie in Abbildung 2 ersichtlich ist (5).

In einer Metaanalyse konnte gezeigt werden, dass die Qualität der Beatmung mittels BMV im Vergleich zu den Extraglottischen Atemwegshilfen (EGA) hinsichtlich des Erreichens eines Return of Spontaneous Circulation (ROSC); EGA 23% vs. BMV 24%, $p < 0,001$) sowie der Überlebensrate bei Krankenhausaufnahme (EGA 19 % vs. BMV 21%, $p < 0,001$) und -entlassung (EGA 6% vs. BMV 4%, $p < 0,001$) gleichwertig ist (10). Eine weitere Metaanalyse verglich die BMV mit der Endotrachealen Intubation (ETI) und konnte keinen signifikanten Unterschied in dem neurologischen Outcome, dem ROSC und der Überlebenswahrscheinlichkeit der Patienten feststellen (11).

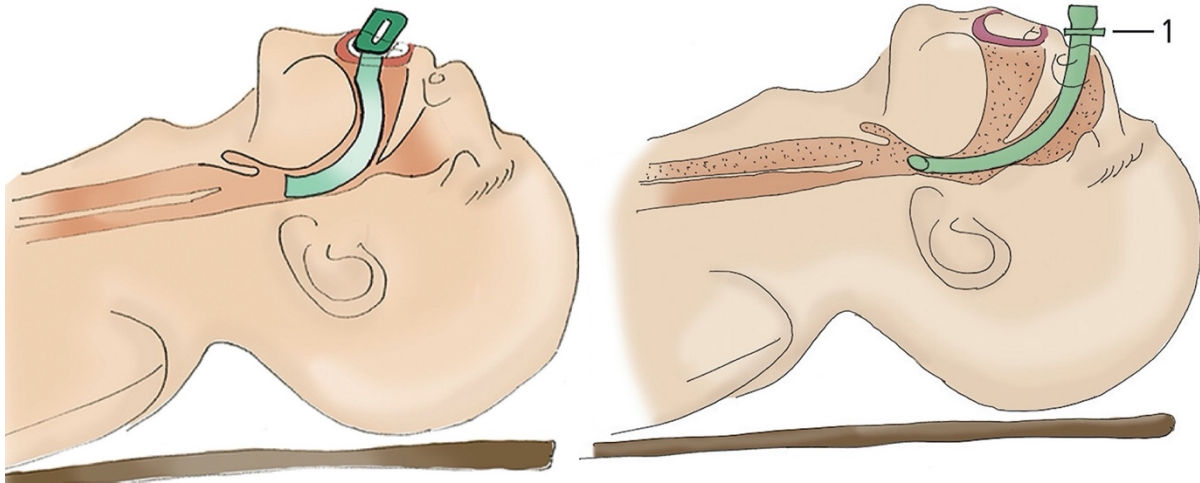


Abbildung 2: Orophaaryngealtubus (links) und Nasopharyngealtubus (rechts) (5)

Die DGAI empfiehlt die BMV in der Präklinik vor jeder ETI durchzuführen (während die eigentliche ETI vorbereitet wird), intermittierend bei einer respiratorischen Insuffizienz oder falls andere Atemwegstechniken nicht erfolgreich sind. Für eine sichere Beherrschung der Maßnahme sollen laut der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ mindestens 100 Maskenbeatmungen, einschließlich Hilfsmittel (davon 5 bei Kindern), am Patienten unter Supervision und jährlich 10 Wiederholungen erfolgen (2). Diese Empfehlungen basieren jedoch nicht auf Primärdaten, sondern beruhen auf einem expertenkonsensbasierten Ansatz. Die aktuelle Literatur liefert bislang keine Studien, die diese spezifischen Mindestanforderungen bestätigen. So zeigten Komatsu et al., dass unerfahrene Assistenzärzte aus der Inneren Medizin und der Chirurgie bereits nach etwa 25 Anwendungen eine definierte Erfolgsrate von über 80% erreichten (12).

2.1.2 Extraglottische Atemwegshilfen

Seit der ersten Vorstellung einer Larynxmaske - Laryngeal Mask Airway (LM) Classic® (Teleflex® Inc., Wayne, Pennsylvania, USA) - im Jahre 1983 durch Dr. Archibald Brain spielen die Extraglottischen Atemwegshilfen (EGA) eine zunehmende Rolle in der (prä-)klinischen Atemwegssicherung (13). Grundsätzlich unterscheiden sich die EGA in einen Typ LM (Larynxmaske) und Typ LT (Larynxtubus). Gemein ist, dass die EGA als Alternative zur BMV und zur ETI eingesetzt werden können und ohne Zuhilfenahme eines Laryngoskops entlang des harten Gaumens eingeführt werden, bis sich ein federnder Widerstand einstellt.

Die Larynxmasken, wie in Abbildung 3 ersichtlich, bestehen aus einem Silikonschlauch, der am oberen Ende einen Anschluss für ein Beatmungsgerät und am distalen Ende eine spitz zulaufende Maske besitzt. Der Maskenrand lässt sich, vergleichbar mit einem Endotrachealtubus (ETT), über eine Blockerspritze aufblasen, beziehungsweise entblocken (5). Der blockbare Anteil der Larynxmaske positioniert sich kreisförmig um den Kehlkopf und schließt nach kaudal im Ösophaguseingang ab. Durch das Blocken des Maskenrandes entsteht eine Abdichtung im Hypopharynx (Postkrikoidregion) und eine suffiziente Beatmung wird hierdurch ermöglicht (5, 6).

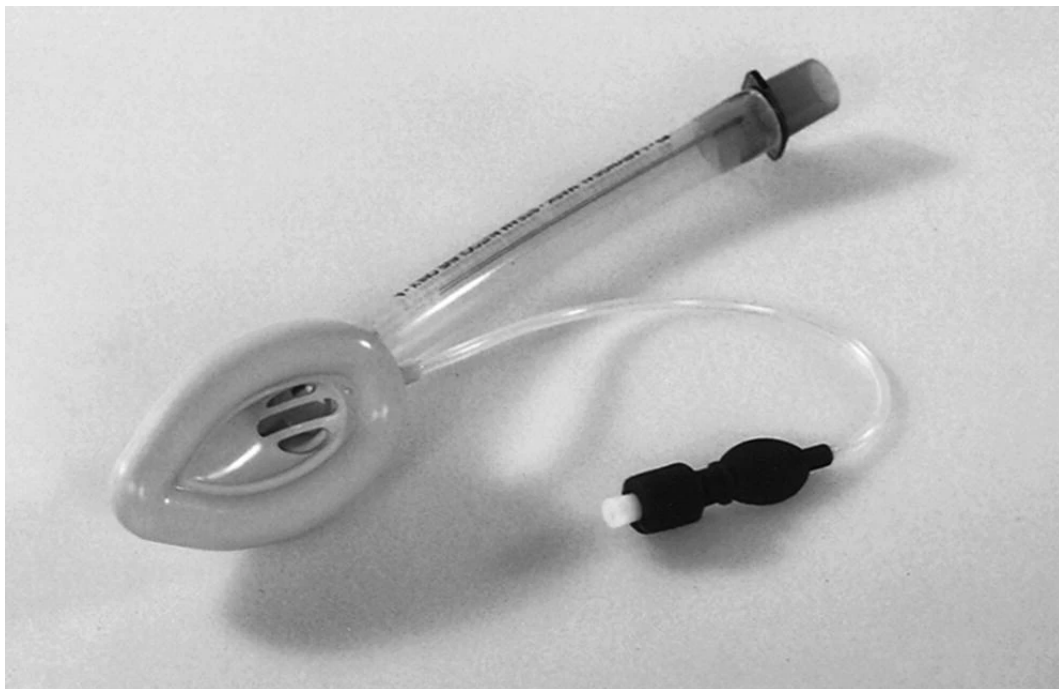


Abbildung 3: Larynxmaske (6)

Eine neue Form der extraglottischen Atemwegshilfen sind die i-gel® LM (Intersurgical Ltd., Wokingham, Berkshire, UK). Ein gelartiger, nicht aufblasbarer Maskenkörper passt sich der Anatomie des Patienten an und muss nicht mehr geblockt werden. Dies ermöglicht eine einfachere Anwendung ohne die Gefahr von zu hohen oder zu niedrigen Cuffdrücken (5, 6). Darüber hinaus stehen Larynxmasken zur Verfügung, die eine ETI ohne direkte laryngoskopische Sicht erlauben. Diese sogenannten Intubationslarynxmasken (ILMA) sind mit einem speziell geformten Silikonschlauch ausgestattet, durch den ein ETT vorgeschoben werden kann, wodurch eine endotracheale Platzierung ermöglicht wird. Insbesondere bei unerfahrenen Anwendern konnte mit der ILMA eine Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch, der sogenannte First-Pass Intubation Success (FPS), von 83,3% (75/90) erzielt werden,

während die konventionelle ETI eine FPS-Rate von 42% (38/90) erreichte ($p < 0,01$) (14). Alternativ kann über den Tubus der ILMA eine endoskopisch geführte Intubation erfolgen, welche vergleichbare Ergebnisse für die ILMA und die i-gel® LM zeigt ($p = 0,21$) (2, 15).

Der LT (VBM®, Sulz am Neckar, Deutschland) besteht wie die LM aus einem Silikonschlauch, der am proximalen Ende einen Anschluss für ein Beatmungsgerät oder Beatmungsbeutel hat. Am mittleren und distalen Ende des Larynxtubus befindet sich jeweils ein aufblasbarer Ballon (Cuff), wie in Abbildung 4 sichtbar. Der distale Cuff wird am oberen Ösophagus platziert und schließt diesen nach kranial ab. Der zweite und größere Ballon kommt im Oropharynx zum Liegen und dichtet diesen ebenfalls ab. Die zugeführte Luft kann über die Ventilationsebene auf Höhe des Kehlkopfeinganges zwischen den beiden aufblasbaren Ballons entweichen und somit Trachea und Lunge belüften (5).



Abbildung 4: Lage des Larynxtubus im (Hypo-)Pharynx (16)

Eine Kombination aus einem LT und einem ETT ist der Kombitubus. Der Kombitubus besitzt zwei separate Lumen (Doppellumentubus), über die Luft in den Patienten insuffliert werden kann. Abhängig von der Position der Tubusspitze wird entweder über das distale oder das weiter proximale endende Lumen beatmet (5).

Mittlerweile gibt es Larynxmasken und Larynxtuben in vielen unterschiedlichen Größen - für Neugeborene, Kinder und auch Erwachsene. Neuere EGA der zweiten

Generation besitzen ein zweites Lumen, welches am distalen Ende im Ösophaguseingang liegt und über das ein Absaugkatheter vorgeschoben werden kann. Trotz des zusätzlichen Lumens gewährleisten die extraglottischen Atemwegshilfen keinen sicheren Aspirationsschutz (6). Mehrere Studien zeigen, dass die Anwendung von EGA mit einem erhöhten Risiko für Erbrechen und Aspiration verbunden sind (17, 18). Eine Untersuchung mit Paramedics ergab, dass bei der Anwendung eines Larynx tubes (LT) in außerklinischen Notfällen in 52,7% (183/347) der Fälle Schwierigkeiten bei der Platzierung auftraten und in 12,7% (44/347) der Fälle Erbrechen und Aspiration beobachtet wurden (19). Zudem besteht die Gefahr von Atemwegstraumata, die durch unsachgemäße Handhabung oder übermäßigen Druck entstehen können (20-23). Infolgedessen ist ein ausreichender oropharyngealer Leckagedruck (OLP) und hypopharyngealer Leckagedruck (HLP) entscheidend, um eine effektive Beatmung sicherzustellen und das Risiko von Mageninsufflation und Aspiration zu minimieren (24, 25).

Um Schwierigkeiten bei der Platzierung frühzeitig zu erkennen und zu vermeiden, ist es essenziell, Prädiktoren für eine erschwerte extraglottische Atemwegssicherung zu identifizieren und zu berücksichtigen. Zu diesen Prädiktoren zählen unter anderem eine eingeschränkte Mundöffnung, ein Halsumfang von mehr als 44 cm, Adipositas, eine unzureichende Narkosetiefe sowie ein schlechter Zahnstatus oder eine vollständige Zahnlosigkeit (26-30).

Zudem gibt es weiterhin keine einheitlichen Aussagen darüber, welche Variante der EGA im präklinischen Atemwegsmanagement eingesetzt werden sollte (31). Ein wichtiger Erfolgsfaktor ist der FPS. So wurde in einer Studie eine FPS-Rate von 75,6% (300/397) für die LM und 66,1% (115/174) für den LT beobachtet, wobei die ungleichen Gruppengrößen die Vergleichbarkeit einschränken ($p = 0,068$) (32). In einer weiteren Untersuchung war die i-gel[®] LM mit 82% (157/191) dem LT 69% (41/59) überlegen ($p = 0,07$), während eine dritte Studie vergleichbare FPS-Raten für die i-gel[®] LM und die LM feststellte (33, 34). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die i-gel[®] aufgrund ihrer anatomischen Passform und der intuitiven Anwendung möglicherweise Vorteile bei der präklinischen Atemwegssicherung bietet. Auch hinsichtlich neurologischer Ergebnisse (gemessen anhand des modified Rankin Scale (mRS), einer Skala zur Bewertung der funktionellen Behinderung) und des Erreichens eines ROSC liefern EGA wie die i-gel[®] LM im Vergleich zur ETI vergleichbare Resultate und stellen somit eine zuverlässige Alternative dar (35-37). Im Gegensatz

dazu wurde der LT in einer Untersuchung mit einem schlechteren neurologischen Outcome (Ausmaß der Hirnschädigung) nach einem Herz-Kreislauf-Stillstand assoziiert ($p < 0,001$) (38). Andere Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass der LT im Vergleich zur ETI beim 72-Stunden-Überleben nach einem außerklinischen Herz-Kreislauf-Stillstand überlegen sein kann ($p = 0,04$) (39).

Aufgrund der kontroversen Studienlage ist es schwierig, einheitliche Empfehlungen für das prähospitalen Atemwegsmanagement zu erstellen. Da die Atemwegssicherung mit der EGA technisch weniger anspruchsvoll ist als eine BMV, wird sie als Mittel der Wahl für unerfahrene Anwender oder als Alternative bei Schwierigkeiten mit der ETI empfohlen (14, 40). Bevor eine EGA der zweiten Generation in der Präklinik eigenverantwortlich angewendet wird, sollten mindestens 45 Atemwegssicherungen mit einer EGA am Patienten unter Supervision durchgeführt und jährlich dreimal wiederholt worden sein. Idealerweise sollte die präklinische Vorhaltung einer EGA mit den regionalen Aus- und Fortbildungsbedingungen in den Krankenhäusern übereinstimmen (2, 18).

2.1.3 Endotracheale Intubation

Die ETI stellt den „Goldstandard“ der Atemwegssicherung dar und bezeichnet das „Einführen eines Beatmungsschlauches oder Tubus durch die Stimmritze in die Trachea“ (5).

Die endotrachealen Tuben können entweder durch die Nase (nasotracheale Intubation) oder durch den Mund (orotracheale Intubation) eingeführt werden. Ein ETT besteht aus einem Schlauch, der am oberen (proximalen) Ende ein konnektierbares Endstück (15 mm Konnektor) für ein Beatmungsgerät oder Beatmungsbeutel beinhaltet. Am unteren (distalen) Ende ist ein blockbarer Ballon (Cuff) integriert, wie in Abbildung 5 ersichtlich.



Abbildung 5: Endotrachealtubus mit Cuffpilot (41)

Der aufblasbare Cuff sollte bei korrekter Tubusplatzierung in der Tracheamitte vor der Aufzweigung in den rechten und linken Hauptbronchus zu liegen kommen und gewährleistet einen bestmöglichen Schutz vor Aspirationen mit Sekreten oder Fremdkörpern (9, 41). Daneben sind auch Endotracheal Tuben ohne Cuff für die Intubation von Neonaten im Handel erhältlich.

Für die konventionelle direkte Laryngoskopie (DL) wird neben dem ETT ein Laryngoskop benötigt. Das Laryngoskop besteht aus einem Griff und einem Spatel, welcher an seiner Spitze eine Lichtquelle aufweist, wie in Abbildung 6 sichtbar. Es gibt zahlreiche unterschiedliche Spatelformen. Der am häufigsten verwendete Spatel bei Erwachsenen ist der gebogene Spatel nach Macintosh. Die gebogene Form erleichtert das Einführen und bietet zudem einen ausreichenden Sicherheitsabstand zum Oberkiefer sowie ausreichend Platz im Mundraum. Ein weiterer Vorteil des Macintosh-Spatel ist ein geringes Verletzungsrisiko der Epiglottis und des Larynx, da der Kehldeckel nicht aufgeladen wird (41). Außerdem beträgt die Sichtachse bei einem Macintosh-Spatel etwa 15 Grad, was eine optimale Ausrichtung für die direkte Sicht auf die Glottis ermöglicht. Ein gerader Spatel (Miller-Spatel) wird dagegen häufig bei Kindern verwendet oder falls der Erstversuch mit einem Macintosh-Spatel frustan verlief. Mithilfe des Spatels kann die Zunge, der Zungengrund und die Epiglottis angehoben und verdrängt werden, bis eine direkte Sicht auf die Glottisebene möglich

ist. So kann die Sicht auf die Glottis auch unter schwierigeren Bedingungen erreicht werden (41). Für eine erfolgreiche direkte Laryngoskopie mit beiden Spatelformen ist eine direkte Sicht auf die Glottisebene erforderlich. Dies setzt voraus, dass die oropharyngeale und laryngeale Achse bestmöglich übereinanderliegen, um optimale Sichtbedingungen zu schaffen (42). Gewisse Prädiktoren können diese Sichtbedingungen beeinträchtigen. Dazu zählen beispielsweise eine eingeschränkte Mundöffnung, ein kurzer oder dicker Hals, ein hoher Body-Mass-Index (BMI), prominente Schneidezähne, eine Retrognathie, eine eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule oder eine große Zunge (30, 43-46). Auch die Erfahrung und Kompetenz des durchführenden Personals spielen eine entscheidende Rolle bei der Sicherstellung optimaler Sichtverhältnisse (47, 48).



Abbildung 6: Konventionelles Laryngoskop (links) und Videolaryngoskop mit hyperangulierten Spatel (rechts) (5)

Neben der DL wird auch die Videolaryngoskopie (VL) in der Notfallmedizin vermehrt eingesetzt. Erstmals wurden die starren Videolaryngoskope Mitte der 2000er-Jahre in Studien untersucht und evaluiert (49-52). Ein Videolaryngoskop hat an der Spatelspitze eine kleine Bildquelle verbaut, die es dem Anwender erlaubt, die Position des Laryngoskops im (Hypo-)Pharynx auf einem Monitor zu verfolgen, wie in Abbildung 6 dargestellt. Durch die integrierte Chip-Technik kann sich die optische

Sichtachse erweitern. Bei Macintosh-ähnlichen Spatelformen vergrößert sich der Sichtwinkel von etwa 15 Grad auf beispielsweise 42 Grad (53). Trotz dieser erweiterten Sichtachse bleibt bei Macintosh-ähnlichen Videolaryngoskopen weiterhin eine direkte Laryngoskopie möglich. Die verwendeten Spatel können jedoch - je nach Modell - stärker gebogen sein als herkömmliche Macintosh-Spatel, sodass eine direkte Sicht auf die Glottisebene nicht mehr möglich ist. Während bei der DL die oropharyngeale und laryngeale Achse möglichst in eine Linie gebracht werden muss, entfällt dieser Schritt bei der VL mit hyperangulierten Spateln. Die Kamera an der Spatelspitze ermöglicht eine direkte Visualisierung (obligate indirekte Laryngoskopie) der Glottis (42, 53). Aufgrund der ausgeprägten Krümmung der hyperangulierten Spatel wird für die Intubation ein Führungsstab benötigt. Dieser sorgt dafür, dass sich der ETT an die Form des Spatels anpasst und der Anwender mithilfe des Monitors den Tubus gezielt über die Stimmritze in die Trachea schieben kann (5). Ein Vorteil ergibt sich bei der Verwendung von VL-Systemen mit Macintosh- oder Miller-Spateln: Sollte die Kameralinse beschlagen, kann das Gerät als klassische DL verwendet werden. Dies ist bei hyperangulierten Spatelsystemen nicht möglich (42, 54-56).

Trotz des „Goldstandards“ der Atemwegssicherung bleibt die prähospitaler ETI selbst für erfahrene Anwender eine anspruchsvolle Maßnahme, die mit einer erhöhten Rate an ösophagealen Fehlintubationen oder einer einseitigen Lungenventilation assoziiert ist (57). Daher ist es essenziell, dass die Atemwegssicherungen im präklinischen Setting möglichst einfach und sicher durchführbar sind. Die VL stellt eine vielversprechende Alternative dar, um präklinische Komplikationen zu minimieren. Mehrere Studien belegen, dass bei der DL im Vergleich zur VL häufiger Zahnverletzungen und Weichteilschäden auftreten, insbesondere bei anatomisch schwierigen Atemwegen (58-60). Durch die verbesserte Darstellung der Glottisebene reduziert die VL diese Komplikationen und senkt das Risiko einer ösophagealen Fehlintubation im Vergleich zur DL (58, 61-68). Allerdings können Faktoren wie eine stark eingeschränkte Mundöffnung, Adipositas, anatomische Anomalien, unerfahrene Anwender oder massive Blutungen sowie Sekrete im Atemweg die Anwendung der VL erschweren (30, 55). Der FPS ist mit der VL höher als mit der DL, insbesondere bei weniger erfahrenen Anwendern (61, 65, 66, 69, 70). Dieser Vorteil zeigt sich jedoch nicht in allen Situationen. Speziell im prähospitalen Setting weisen Studien darauf hin, dass erfahrene Ärzte mit mehrjähriger klinischer Praxis einen vergleichbaren FPS von

72,1% (815/1130) mit der VL und 79,9% (880/1101) mit der DL erreichen ($p = 0,15$) (67).

Die VL eignet sich somit besonders im Umgang mit schwierigen Atemwegen und bietet sich für die Aus- und Weiterbildung von Auszubildenden sowie Weiterbildungsassistenten an. Damit der Umgang mit der DL und der VL im prähospitalen Raum sicher angewendet werden kann, empfiehlt die S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“, dass ein Anwender mindestens 100 ETI am Patienten unter Supervision und anschließend regelmäßig 10 ETI pro Jahr absolviert hat. Zudem empfiehlt die DGAI, dass primär die VL für die präklinische ETI benutzt werden soll (2). Trotz der Vorteile der VL fehlen groß angelegte, prospektive, randomisierte Studien, die den Nutzen der VL gegenüber der DL in einem unvorhersehbaren und heterogenen Umfeld wie dem Rettungsdienst klar belegen. Dies erschwert die evidenzbasierte Entscheidungsfindung für eine standardisierte Einführung der VL in diesem Bereich (2).

2.1.4 Koniotomie

Die Koniotomie gilt als Ultima Ratio Methode, wenn eine Cannot Ventilate - Cannot Oxygenate Situation (CVCO) vorliegt (5, 9). Eine CVCO-Situation kann multifaktoriell bedingt sein und erfordert ein sofortiges Handeln.

Grundsätzlich wird die Koniotomie in drei unterschiedliche Techniken kategorisiert. Allen gemein ist die notfallmäßige Durchtrennung des Ligamentum cricothyroideum zwischen Schild- und Ringknorpel (2):

1. „Chirurgische Koniotomie“ (4-Step technique): Im ersten Schritt erfolgt die Palpation und Identifizierung der Membrana cricothyroidea. Mithilfe eines 10er-Skalpells wird daraufhin die horizontale Inzision der Haut und des Ligamentum cricothyroideum vorgenommen. Anschließend erfolgt eine kaudale Traktion der Membran mithilfe eines Trachealhakens oder die Insertion eines Bougies, um den Zugang zu stabilisieren. Abschließend, im vierten Schritt, wird ein ETT mit kleinerem Innendurchmesser sowie kürzerer Länge in die Trachea eingeführt (2, 71).
2. „Catheter-over-needle technique“: Ähnlich wie bei einem intravenösen Zugang wird ein Katheter über einen Stahlmandrin zwischen Schild- und Ringknorpel in

die Trachea vorgeschoben. Anschließend erfolgt die Entfernung des Stahlmandrin und die Kanüle wird in der Trachea inseriert (2, 9).

3. „Seldinger-Technik“: Vergleichbar mit der „Catheter-over-needle technique“ wird zuerst eine Kanüle durch das Ligamentum cricothyroideum in die Trachea vorgeschoben. Durch die Kanüle wird nachfolgend ein Seldinger-Draht bis in die Trachea gelegt werden. Nach Entfernung der Kanüle und Aufdehnung des Stichkanals kann über den Seldinger-Draht ein ETI oder eine Trachealkanüle bis in die Luftröhre vorgeschoben und anschließend fixiert werden (9).

Wissenschaftliche Untersuchungen haben die verschiedenen Techniken der prähospitalen Koniotomie hinsichtlich Erfolgsrate, Schnelligkeit und Komplikationen miteinander verglichen. Eine retrospektive Metaanalyse von 21 Studien mit insgesamt 512 Patienten ergab für die chirurgische Technik eine gepoolte Erfolgsrate von 90,5%, während die „Seldinger-Technik“ 65,8% erreichte (72). Versuche an Schweinekadavern und Simulatoren zeigten für alle drei Techniken eine hohe Erfolgsrate, wobei die chirurgische Koniotomie in beiden Modellen am schnellsten durchführbar war (73-76). In einer Studie mit Medizinstudenten an humanen Leichen lag die Erfolgsrate der chirurgischen Koniotomie bei 95% (19/20), während die Katheter-Technik mit 55% (11/20) und die perkutane Technik mit 50% (10/20) deutlich schlechter abschnitten ($p = 0,025$) (77). Gleichzeitig zeigte sich, dass die Katheter-Technik mit einem erhöhten Risiko für Komplikationen einherging, insbesondere kam es in 20% bis 60% der Fälle zu Verletzungen der Trachea Hinterwand (77-80).

Trotz dieser technischen Erfolge bleibt die Überlebensrate nach einer prähospitalen Koniotomie begrenzt, da sie häufig als letzte Maßnahme bei schwerstverletzten Patienten durchgeführt wird. In einer Analyse von Lockey et al. waren alle chirurgischen Atemwegssicherungen erfolgreich (46 von 7256), jedoch lag die Überlebensrate bei nur 20% (18/89) ($p = 0,797$) (81). Ähnliche Ergebnisse zeigten Schober et. al, bei der von 18 Patienten nur 6 lebend das Krankenhaus erreichten und lediglich 2 langfristig entlassen wurden (82).

Die derzeitige Studienlage weist einige Limitationen auf. Viele Ergebnisse basieren auf Modellen mit Kadavern, Puppen oder Simulationen, die keine Faktoren wie Ödeme, Blutungen oder spontane Patientenbewegungen berücksichtigen. Zudem wurden häufig keine adipösen Patienten simuliert, wodurch das in der klinischen Praxis häufige

Problem der Identifizierung der Membrana cricothyroidea nicht ausreichend abgebildet wird (75, 77-79). Zusätzlich sind die meisten Studien retrospektiv angelegt, während prospektive, randomisierte kontrollierte Studien weitgehend fehlen, um klare und evidenzbasierte Empfehlungen für eine bevorzugte Technik ableiten zu können (2, 30).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die chirurgische Koniotomie in den meisten Studien höhere Erfolgsraten aufweist als die „Seldinger- und Katheter-Technik“. Dennoch bleibt die Überlebensrate aufgrund der häufig späten Anwendung eingeschränkt. Wichtig für eine erfolgreiche Koniotomie ist das frühzeitige Erkennen einer CVCO-Situation unter Berücksichtigung der individuellen Patientensituation sowie das Wissen um Abbruchkriterien bei den einzelnen Atemwegstechniken. Da die Koniotomie eine selten durchgeführte Maßnahme ist, sollte der Anwender mit der lokal verfügbaren Technik vertraut sein und regelmäßige Aus- und Fortbildungen absolvieren, um die erforderliche Handlungssicherheit zu gewährleisten (2, 82, 83).

2.2 Atemwegsmanagement in der Präklinik

Das prähospitaler Atemwegsmanagement stellt große Herausforderungen für die Anwender dar und unterscheidet sich grundlegend vom innerklinischen Atemwegsmanagement. So zeigten Breckwoldt et al., dass in 28,9% (80/276) der Fälle nur begrenzt Platz für die prähospitaler Atemwegssicherung vorhanden war, wobei in 68,9% (190/276) der Fälle die ETI auf dem Fußboden durchgeführt werden musste (84). Eine weitere Studie zeigt, dass bei der invasiven Atemwegssicherung 46% (107/232) der Patienten nicht nüchtern waren (3). Diese Faktoren, zusammen mit der Versorgung dekompensierter und häufig multimorbider Notfallpatienten, erschweren das prähospitaler Atemwegsmanagement erheblich (3). Aufgrund schwieriger Bedingungen und eingeschränkter Ressourcen sind die Indikationen für eine präklinische Atemwegssicherung auf Folgende limitiert (entsprechend (85)):

- Herzkreislaufstillstand
- Akute Respiratorische Insuffizienz (Hypoxie und/oder AF < 6 oder >29/min) und Kontraindikation/Versagen einer nicht invasiven Ventilation
- Anhaltende Vigilanzminderung mit Aspirationsgefahr
- Polytrauma/schweres Trauma mit:
 - o Hämodynamischer Instabilität (RRsyst < 90mmHg) oder
 - o Hypoxie mit SpO₂ < 90% trotz Sauerstoffgabe oder
 - o Schädel-Hirn-Trauma (Glasgow Coma Scale < 9) (2, 84-87)

Zusätzlich sollten bei der Indikationsstellung das individuelle Kompetenzprofil des Notfallteams, die Einsatzbedingungen vor Ort, die Transportzeit ins nächstgelegene Krankenhaus sowie Begleiterkrankungen und potenzielle Risikofaktoren für einen schwierigen Atemweg berücksichtigt werden (2, 85).

Neben einer patientenorientierten Indikationsstellung, optimierten Vorbereitung des Equipments und einer essenziellen Kommunikation im Team ist vor allem eine qualitativ hochwertige theoretische und praktische Aus- und Fortbildung wichtig, um die Atemwege von Notfallpatienten effizient zu sichern. Aufgrund der örtlichen Gegebenheit in der Notfallsituation, sowie der individuell heterogenen medizinischen Erfahrung und Kompetenz des Rettungsdienstmitarbeiters bedarf es klare Handlungsempfehlungen für das prähospitaler Atemwegsmanagement (2, 4).

Der bisherige Goldstandard der Atemwegssicherung ist die endotracheale Intubation. Mittlerweile gibt es viele weitere Formen der Atemwegssicherung, die sowohl in der Klinik als auch in der Präklinik zur Anwendung kommen. Neben der ETI haben sich die EGA in der Notfallmedizin etabliert. Zusätzlich findet seit einigen Jahren die VL immer mehr Zuspruch in der Präklinik und wird von der DGAI als primäres Hilfsmittel für die ETI empfohlen (2).

Mehrere Studien haben sich in der Folge mit der Vergleichbarkeit der ETI und der EGA als primäre Form der Atemwegssicherung auseinandergesetzt. Verglichen wurde hierbei das neurologische Outcome (gemessen anhand der Cerebral Performance Category (CPC) oder des mRS bei Krankenhausentlassung oder nach 30 Tagen), die Überlebenswahrscheinlichkeit (bis zur Krankenhausentlassung oder nach 30 Tagen) und das ROSC der Patienten nach erfolgter prähospitaler Atemwegssicherung. Eine große Metaanalyse aus dem Jahr 2015 zeigte, dass die ETI der EGA in Bezug auf das neurologische Outcome und des ROSC überlegen ist (88). Drei große Publikationen aus dem Jahr 2022 belegen, dass die Form der Atemwegssicherung keinen signifikanten Einfluss in Bezug auf das neurologischen Outcome, das Überleben, das ROSC oder die erfolgreiche Atemwegssicherung hat (11, 36, 89). Allerdings kritisieren die Autoren, dass sehr wenige randomisierte, kontrollierte Studien zu diesem Thema zur Verfügung stehen und die Aussagekraft der analysierten Daten eingeschränkt ist. Andere Autoren weisen darauf hin, dass die EGA im Vergleich zur ETI und zur BMV mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für das ROSC assoziiert ist (39, 90).

Einen relevanten Einflussfaktor auf das ROSC stellt die Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch (FPS) dar. Diese ist bei einer EGA mit 87,4% (4255/4868) höher als bei einer ETI mit 79,0% (3473/4397) ($p < 0,001$) (36). Zudem geht ein höherer FPS bei einem außerklinischen Herzkreislaufstilland mit einer kürzeren Zeit bis zum Wiedereinsetzen des Spontankreislaufes einher (91). Die Ergebnisse der Studie von Montag et al. sind eingeschränkt bewertbar, da teils unvollständige Dokumentation und fehlende Angaben zum neurologischen Outcome die Aussagekraft erschweren (91). In diesem Kontext könnte ein verlängertes ROSC auch durch Verzögerungen bei anderen Interventionen, wie der Defibrillation oder der Behandlung reversibler Ursachen, bedingt sein (91). Insgesamt sind jedoch auch die Ergebnisse dieser Studien nur eingeschränkt belastbar, da methodische Unterschiede wie ungleiche Gruppengrößen und eine Überrepräsentation der ETI in ärztlich besetzten Settings die Vergleichbarkeit beeinträchtigen. Dies könnte erklären, warum der FPS für die ETI in

nicht-ärztlichen Settings niedriger ausfallen könnte, während gleichzeitig der hohe Anteil an ETI in der ärztlich besetzten Studie den ROSC positiv beeinflusst haben könnte.

Neben der Form der Atemwegssicherung wird ebenfalls viel über die Qualifikation des Anwenders diskutiert. Mehrere Arbeitsgruppen analysierten zahlreiche Studien im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen ETI im ersten Versuch in Abhängigkeit von der beruflichen Qualifikation. Für nicht-ärztliches Rettungsdienstpersonal lag der FPS zwischen 46,4% (265/571) und 77,2% (5807/7521), während er bei Notärzten (erfahrene Anästhesisten oder Notfallmediziner mit mehr als vier Jahren Erfahrung) zwischen 71,2% (582/817) und 87,5% (350/400) lag (92-94). Eine weitere Publikation hat zudem Unterschiede zwischen den einzelnen Facharztqualifikationen festgestellt. So erzielten Anästhesiologen mit einem FPS von 81,9% (732/894) deutlich bessere Ergebnisse als Ärzte anderer Fachrichtungen, zu denen vor allem Notfallmediziner und Internisten gehörten, deren FPS bei 67,5% (1284/1903) lag ($p < 0,001$) (95). Demgegenüber zeigten Price et al. in ihrer Veröffentlichung gleichartige Erfolgsraten für ärztliches und nicht-ärztliches Personal, mit einem FPS von 90,2% (508/563) bei Anästhesisten und Notfallmediziner sowie 90% (90/100) bei Paramedics ($p = 0,38$) (96). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Gruppengrößen in dieser Studie sehr unterschiedlich waren und stets ein interdisziplinäres Team agierte, in dem auch die Paramedics von ärztlichen Kollegen supervidiert wurden.

Warum es bedeutsam ist, die Atemwegssicherung kontinuierlich zu überwachen und zu üben, zeigten bereits Timmermann et al. im Jahre 2007 (57). Die Komplikationsrate bei präklinischen ETI von erfahrenen Anästhesisten lag bei 17,4% (26/149) und umfasste nicht erkannte ösophageale und endobronchiale Intubationen. Seitdem haben sich viele Studien mit den Komplikationen während und nach einer präklinischen Atemwegssicherung beschäftigt. Hierbei konnte ein direkter Zusammenhang zwischen dem FPS und dem Auftreten einer Komplikation aufgezeigt werden (87, 92, 97-102). Zwei oder mehr Intubationsversuche bedeuten einen bis zu 10-fachen Anstieg für das Risiko einer Hypoxämie, einer ösophagealen Fehlintonation oder einer Aspiration (92, 103).

Um das präklinische Atemwegsmanagement sicher zu beherrschen, müssen die Atemwegstechniken ausreichend geübt und praktiziert werden. Mehrere Studien

belegen, dass mit zunehmender Lernkurve die Erfolgsrate der ETI im ersten Versuch ansteigt. So lag der FPS nach 20 ETI mit der DL bei Assistenzärzten der Anästhesie im ersten Lehrjahr bei 60% und nach knapp 60 ETI bei 90% (104). In zwei weiteren Publikationen mussten über 100 ETI mit der DL ausgeübt werden, um eine Erfolgsrate von mehr als 85% zu erreichen (37, 105).

Die DGAI empfiehlt in ihrer S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“, dass „mindestens 100 ETI am Patienten unter Anleitung dokumentiert wurden und in der Wiederholung 10 ETI pro Jahr durchgeführt werden“ (2), bevor die ETI eigenverantwortlich praktiziert wird. Für das sichere Anwenden einer extraglottischen Atemwegshilfe gilt, dass „mindestens 45 EGA-Anwendungen am Patienten unter Anleitung dokumentiert und in der Wiederholung drei EGA-Anwendungen pro Jahr durchgeführt wurden“ (2). Ein weiterer zentraler Punkt für die DGAI ist, dass es möglichst zu einer Angleichung des Equipments in der Präklinik und der innerklinischen Aus- und Fortbildung kommt.

Diese Empfehlungen stellen jedoch viele Beschäftigte in der Notfallmedizin vor große Herausforderungen. So erfolgt die präklinische Intubation im Rahmen eines Herzkreislaufstillstandes alle 0,5 bis 1,4 Monate und die präklinische Notfallnarkose außerhalb der präklinischen Reanimation alle 0,7 bis 3,7 Monate (106). Durch die alleinige präklinische (Notarzt-)Tätigkeit ist es schwierig, ausreichend Routine im Umgang mit den verschiedenen Techniken der Atemwegssicherung zu erwerben (107). Ziel muss es sein, eine bundesweit einheitliche Versorgungsqualität zu gewährleisten und die fehlende Erfahrung im prähospitalen Atemwegsmanagement durch Fortbildungen und Hospitationen zu kompensieren.

2.3 Der schwierige Atemweg in der Präklinik

Die Empfehlungen der DGAI und gleichermaßen die hohen Komplikationsraten zeigen, dass das präklinische Atemwegsmanagement sehr komplex ist (2). Trotz der Etablierung vieler neuer Atemwegstechniken, wie die EGA oder der VL ist die alleinige Anwendung der Techniken in der Präklinik oft erschwert.

In diesem Zusammenhang hat die DGAI in ihrer S1-Leitlinie „Atemwegsmanagement“ den Begriff des „schwierigen Atemweges“ definiert (30). Die DGAI unterscheidet bei der Begriffserklärung des schwierigen Atemweges zwischen der BMV, den EGA und der ETI. Per Definition ist ein schwieriger Atemweg mit einer Gesichtsmaske oder mit einer EGA, „wenn aufgrund eines oder mehrerer Probleme das Ausgangsniveau der Sauerstoffsättigung nicht erreicht werden kann“ (30). Bei den EGA liegt ein schwieriger Atemweg vor, „wenn mehr als zwei Versuche zur korrekten Platzierung notwendig sind“ (30). Im Rahmen der Laryngoskopie und der ETI bezeichnet man einen schwierigen Atemweg, „wenn die Glottis nicht visualisiert werden kann. Dies entspricht einem Laryngoskopiebefund gemäß Cormack & Lehane Grad 3 oder 4. Eine schwierige endotracheale Intubation liegt vor, wenn mehr als zwei Intubationsversuche notwendig sind“ (30). Im internationalen Vergleich beschreibt die American Society of Anesthesiologists (ASA) den schwierigen Atemweg als eine Situation, in der ein geschulter Anästhesist erwartete oder unerwartete Schwierigkeiten bei der BMV, der Ventilation mit EGA, der Laryngoskopie oder der ETI hat (108).

Grad	Laryngoskopiebefund
1	Stimmritze gesamt/überwiegend sichtbar
2	Nur hintere Kommissur der Stimmritze sichtbar
3	Stimmritze <u>nicht</u> sichtbar, nur Epiglottis (Kehledeckel) sichtbar
4	Stimmritze und Epiglottis <u>nicht</u> sichtbar

Abbildung 7: Klassifikation nach Cormack & Lehane (C&L) (Quelle: In Anlehnung an (109))

Im Vergleich zur Klinik ist die Inzidenz schwieriger Atemwege in der Präklinik deutlich höher. Timmermann et al. berichten von einer bis zu 7-fach erhöhten Rate im prähospitalen Umfeld (110). In ihrer Studie wurde ein schwieriger Atemweg definiert durch ein C&L von 3 oder 4, mehr als zwei Versuche zur Atemwegssicherung oder eine fehlgeschlagene Intubation. Die Ergebnisse zeigen, dass C&L 3 in der Präklinik

mit 12,6% (131/1041) deutlich häufiger auftrat als in der Klinik (5,1%; 536/10507), ebenso wie C&L 4 mit 6,6% (69/1041) gegenüber 1,0% (105/10507). Mehr als zwei Intubationsversuche waren in der Präklinik bei 4,3% (48/1106) der Fälle nötig, verglichen mit 1,5% (273/18205) in der Klinik. Auch die Rate fehlgeschlagener Atemwegssicherungen war mit 2,0% (22/1106) deutlich höher als in der Klinik (0,3%; 55/18205).

Weitere Studien belegen, dass die präklinische Inzidenz für einen schwierigen Atemweg über 10% beträgt (84, 86, 100, 111-114). Dennoch liegt die Gesamterfolgsrate prähospitaler Atemwegssicherungen durch anästhesiologisch besetzte Rettungsmittel bei nahezu 100% (C&L 1/2: 84,8%, 290/342; C&L 3/4: 15,2%, 52/342) und es gibt aufgrund verschiedener Atemwegstechniken so gut wie keine CVCO-Situationen (115). Jedoch kommt es häufiger zu unerwünschten Nebenwirkungen. Mehrere Publikationen berichten, dass die Rate an ösophagealen Fehlintubationen, einseitigen endobronchialen Intubationen und Aspirationen bei präklinischen Atemwegssicherungen bei bis zu 20% liegt (68, 102, 114, 116-119).

Risikofaktoren für einen schwierigen Atemweg stellen folgende Faktoren dar:

- Adipositas (BMI > 30kg/m²)
- Eingeschränkte Reklination des Kopfes
- Erbrechen
- geringe Anwendererfahrung
- Hals-Nasen-Ohren Tumor (prä- und postoperativ)
- Makroglossie
- Mallampati Grad III oder IV
- Mikrognathie/Retrognathie
- Mundöffnung < 3 cm
- Thyreomentaler Abstand < 6-7cm
- Upper-lip Bite Test Grad 3 (9, 30, 43, 44, 84, 97, 120)

Zusätzlich zu den Prädiktoren eines schwierigen Atemweges hat die DGAI ein Flussdiagramm für das präklinische Atemwegsmanagement entwickelt. Der in

Abbildung 8 dargestellte Algorithmus greift die Empfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ auf und kann zur Vorgehensweise einer prähospitalen Atemwegssicherung herangezogen werden (2).

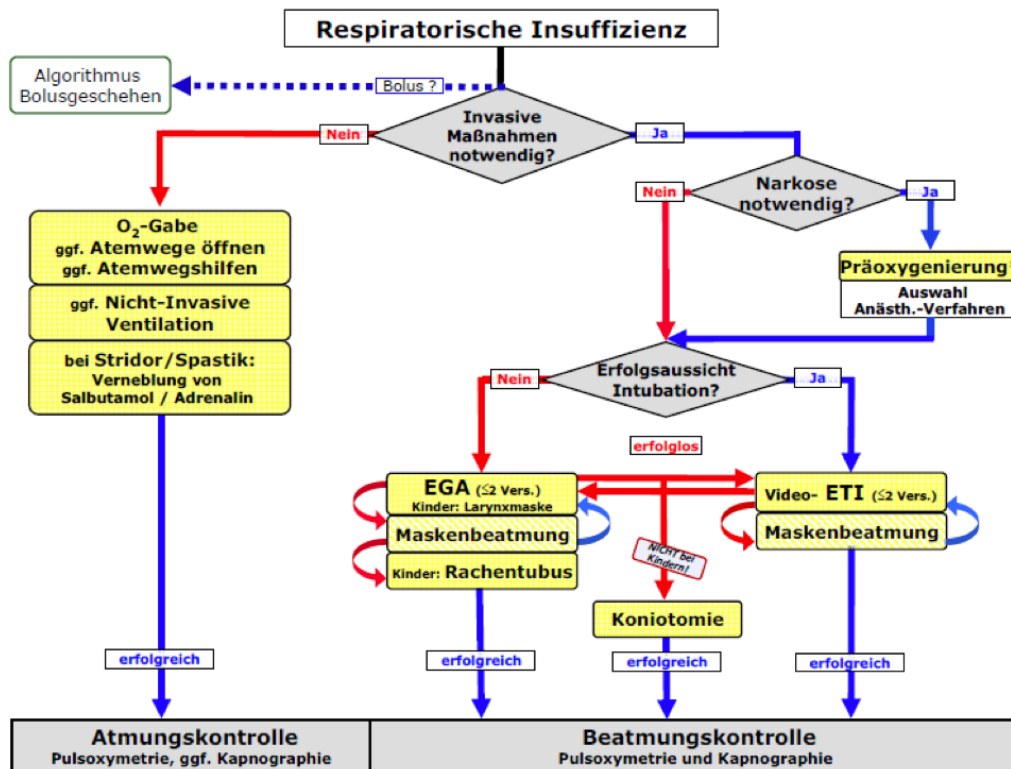


Abbildung 8: Algorithmus prähospitales Atemwegsmanagement
(Legende: *= bei ausreichender Spontanatmung) (2)

2.4 Aus- und Fortbildung im Atemwegsmanagement bei Notfallsanitätern

Das zum 1. Januar 2014 in Kraft getretene Notfallsanitätergesetz (NotSanG) hat die seit 1989 bestehende 2-jährige Ausbildung zum Rettungsassistenten (RettAssG) ersetzt (1).

In Deutschland war bis zum Jahre 2014 der Rettungsassistent die höchste nicht-ärztliche berufliche Qualifikation im Rettungsdienst. Sie befähigte ihn gemäß § 3 des RettAssG als Helfer des Arztes am Notfallort bis zur Übernahme der Behandlung durch den Arzt lebensrettende Maßnahmen bei Notfallpatienten durchzuführen, die Transportfähigkeit solcher Patienten herzustellen und die lebenswichtigen Körperfunktionen während des Transports zum Krankenhaus zu beobachten und aufrechtzuerhalten.

Da laut § 1 des HeilprG das Durchführen invasiver Maßnahmen dem Arzt vorbehalten war, durfte der Rettungsassistent vereinzelte erweiterte Maßnahmen nur im Rahmen der Notkompetenz des rechtfertigenden Notstandes (§ 34 StGB) zur Lebenserhaltung und Abwendung schwerer gesundheitlicher Störungen durchführen, wenn keine rechtzeitige ärztliche Hilfe erreichbar ist und der Rettungsassistent diese Maßnahme beherrscht (121). Mit diesem Handeln begab sich der Rettungsassistent in einen rechtlichen Graubereich, welcher mit der neuen 3-jährigen Ausbildung zum Notfallsanitäter (NotSan-APrV) abgeschafft werden sollte.

Mit dem 2013 verabschiedeten Notfallsanitätergesetz sollte dem präklinischen Rettungsdienstpersonal in Deutschland mehr Verantwortung zugeteilt werden. Der Notfallsanitäter darf bis zum Eintreffen des Notarztes ausgewählte, einschließlich invasive heilkundliche Tätigkeiten, eigenverantwortlich (gemäß § 4 Abs. 2 Nr. 1 NotSanG) oder eigenständig im Rahmen der Mitwirkung (gemäß § 4 Abs. 2 Nr. 2 NotSanG) ausführen, die durch den Ärztlichen Leiter Rettungsdienst (ÄLRD) freigegeben sind.

In der Folge publizierte der Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst Deutschland e.V. einen Maßnahmenkatalog im Rahmen eines Pyramidenprozesses mit einem Fachkonsens von über 100 Experten, in dem ein Kompetenzniveau und eine Mindestanforderung für jede einzelne zu erlernende Maßnahme beschrieben ist (122). Um eine bundeseinheitliche und vergleichbare Notfallsanitäterausbildung zu gewährleisten, hat der Deutsche Berufsverband Rettungsdienst e. V. (DBRD) in

Anlehnung an den Pyramidenprozess ein Nachweisheft für die klinische Notfallsanitäterausbildung und Musteralgorithmen entwickelt (123, 124). Die Veröffentlichungen des DBRD sollen den auszubildenden Schulen als länderübergreifende Lernvorlage und den ÄLRD zur Erstellung von lokalen Protokollen helfen, die Empfehlungen des Pyramidenprozesses umzusetzen.



Abbildung 9: Einbettung des Maßnahmenkatalogs in den Gesamtkontext des Rettungsdienstes
(Quelle: In Anlehnung an (125))

In Abbildung 9 ist der Maßnahmenkatalog im Zusammenhang mit den relevanten rettungsdienstlichen Strukturen dargestellt. Es ist zu berücksichtigen, dass es vereinzelt zu Abweichungen von den Empfehlungen kommen kann. Daher muss die Umsetzung des Maßnahmenkataloges im Zusammenhang mit den länderspezifischen Vorgaben, den lokalen Protokollen und den einzelnen Gegebenheiten in der Notfallsituation vor Ort betrachtet werden (125).

Im Zuge des Pyramidenprozesses kommt der Ausbildung im Atemwegsmanagement eine besondere Bedeutung zu. Anhand einer Kompetenznachweisliste sollen die auszubildenden Notfallsanitäter die entsprechende Anzahl an Atemwegssicherungen am Phantom und am Menschen praktizieren (122). Neben den allgemeinen Empfehlungen seitens des Bundesverbandes ÄLRD und des DBRD hat sich die DGAI explizit mit den Ausbildungszielen im Atemwegsmanagement beschäftigt und 2019 ein 3-stufiges Konzept für die Ausbildung des Rettungsdienstfachpersonals im Atemwegsmanagement entwickelt. Über die Vermittlung grundlegender Kenntnisse und Fertigkeiten im Atemwegsmanagement hinaus ist ein strukturiertes Training an

Phantomen sowie in simulationsbasierten Szenarien essenziell, um alle relevanten Techniken sicher zu beherrschen. Die Anwendung dieser Maßnahmen sollte anschließend unter Supervision am klinischen Patienten erfolgen und unter Berücksichtigung der etablierten Mindeststandards zur Atemwegssicherung abgeschlossen werden (2). Ergänzend spricht sich die DGAI für eine standardisierte Ausstattung im Atemwegsmanagement aus - insbesondere im Hinblick auf die Verfügbarkeit EGA sowie videolaryngoskopischer Systeme auf Rettungsmitteln und in den kooperierenden Kliniken. Nur so könne gewährleistet werden, dass die erlernten Verfahren auch im präklinischen Einsatz sicher angewendet und im Rahmen weiterführender Schulungen vertieft werden können (2).

Ein weiterer zentraler Baustein neben der Ausbildung ist der zukünftige Kompetenzerhalt. Aufgrund der geringen Anzahl präklinischer Atemwegssicherungen ist es essenziell, dass die Notfallsanitäter ihre Maßnahmen regelmäßig und vollumfänglich wiederholen und auffrischen (106, 107, 126, 127). Pilbery et al. zeigen, dass es wenig Informationen über die Art und Weise der Aufrechterhaltung der erlernten Intubationsfähigkeiten gibt (128). Dabei sei es notwendig, jährliche Wiederholungsschulungen in Form von Simulationen und Krankenhaushospitationen unter Supervision von erfahrenen Lehrkräften anzubieten, um den erlernten Kompetenzerhalt zu gewährleisten (129, 130). Simulationsbasierte Fortbildungen an Übungsphantomen führen zu einer anhaltenden Verbesserung des prähospitalen Atemwegsmanagements, allerdings können ohne regelmäßige klinische Anwendungen am Patienten die komplexen Anforderungen einer prähospitalen Atemwegssicherung nicht eingehalten werden (2, 131-135). Der Bundesverband der ÄLRD empfiehlt daher eine Kompetenz-Zertifizierung in Bezug auf das Qualitätsmanagement und die Patientensicherheit im Rettungsdienst. Die Fort- und Weiterbildungen sollen in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess neu evaluiert und an die aktuellen Situationen angepasst werden, wie in Abbildung 10 dargestellt (136). Das vorrangige Ziel der Kompetenz-Zertifizierung ist eine gleichbleibende Versorgungsqualität im Rettungsdienst. Zudem kann über die Fortbildungen und über die Hospitationen in Krankenhäusern die Fach- und Handlungskompetenz des Rettungsdienstfachpersonales gewährleistet werden.

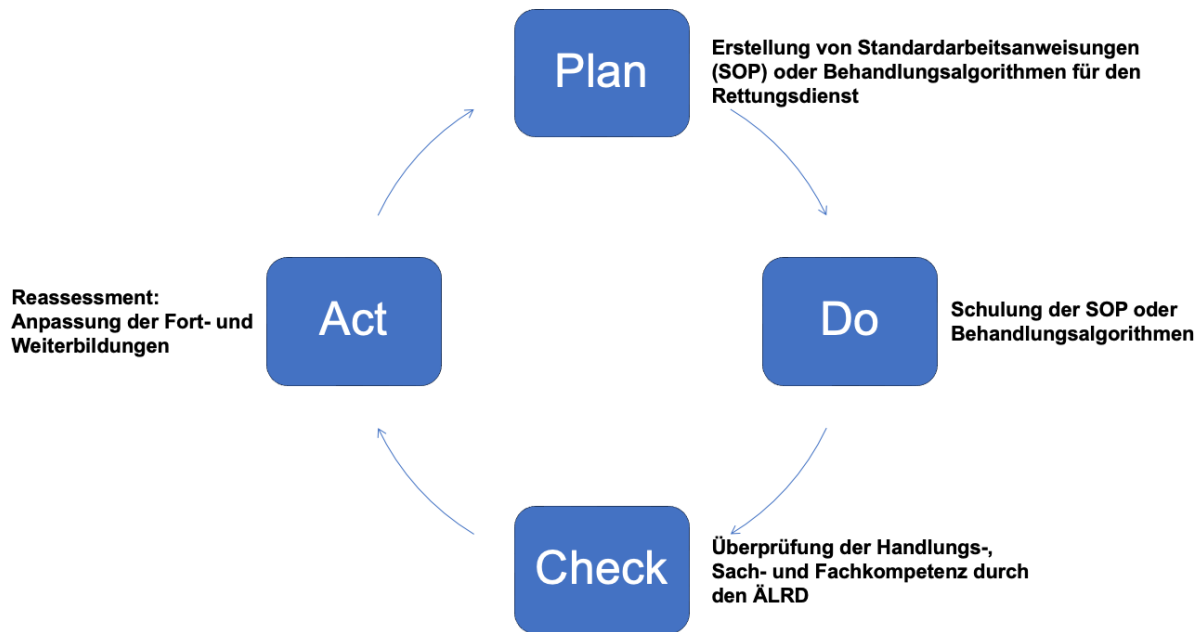


Abbildung 10: Regelmäßige Kompetenz-Zertifizierung (Quelle: In Anlehnung an (136))

Ein europäischer Vergleich zeigt, dass auch in anderen Ländern hohe Anforderungen an nicht-ärztliches Rettungspersonal gestellt werden – bei unterschiedlicher Struktur. Im Vereinigten Königreich erfolgt die Qualifikation über ein mindestens dreijähriges Bachelorstudium, mit weiterführenden Spezialisierungen zum „Specialist“ oder „Advanced Paramedic“ (137). Die Gabe von Narkotika zur Einleitung einer Narkose ist nicht gestattet, daher ist eine endotracheale Intubation (ETI) nur im Rahmen der Reanimation zulässig (138). In Dänemark besteht ein mehrstufiges, praxisorientiertes Modell: Auf eine dreijährige Basisausbildung und 18-monatige Berufserfahrung als „Ambulanceassistent“ folgt die Qualifikation zum „Ambulancebehandler“ mittels mehrwöchiger Fortbildung. Nach drei weiteren Jahren ist durch erneute Fortbildung und Prüfung die Qualifikation „Ambulancebehandler med særlig kompetence“ erreichbar (139). Diese berechtigt u. a. zur Durchführung der ETI, jedoch nicht zur Narkoseeinleitung (138). In den Niederlanden rekrutiert sich das Rettungsdienstpersonal primär aus examinierten Pflegefachpersonen mit Zusatzweiterbildungen in Anästhesie, Intensivpflege oder Notaufnahme. Darauf folgt eine einjährige rettungsdienstspezifische Ausbildung (140). Auch hier ist die ETI Bestandteil der Ausbildung, jedoch ausschließlich ohne Narkoseeinleitung oder nur unter ärztlicher Anleitung (138).

Trotz der unterschiedlichen Zugangswege – sei es über ein akademisches Studium (Vereinigtes Königreich), gestufte Berufspraxis mit praktischer Prüfung (Dänemark) oder pflegerische Fachweiterbildung mit rettungsdienstlicher Zusatzqualifikation (Niederlande) – weisen alle betrachteten Länder ein hohes Maß an Professionalisierung im nicht-ärztlichen Rettungsdienst auf. Die Ausbildungs- und Weiterbildungszeiten überschreiten in der Regel sieben Jahre und beinhalten sowohl umfassende theoretische Inhalte als auch praktische Fertigkeiten. Invasive Maßnahmen wie die Atemwegssicherung mit extraglottischen Hilfsmitteln und die endotracheale Intubation gehören zum festen Bestandteil des Ausbildungskatalogs. Einschränkend ist festzustellen, dass in allen drei Ländern eine Narkoseeinleitung durch nicht-ärztliches Personal nicht vorgesehen ist bzw. ausschließlich unter unmittelbarer ärztlicher Anleitung erfolgen darf (138).

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Nach positivem Ethikvotum der Ethik-Kommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz (Antrag 05.02.2021; 2021-15779) wurde die Online-basierte Umfrage bundesweit über den Zeitraum vom 10.05.2021 bis zum 28.06.2021 an nicht-ärztlichem Rettungsdienstpersonal durchgeführt.

Die Studienregistrierung erfolgte im Register der U.S. National Library of Medicine (ClinicalTrials.gov: NCT04842175). Die Umfrage wurde mit dem Endorsement durch die Wissenschaftlichen Arbeitskreise Atemwegsmanagement und Notfallmedizin der DGAI ausgeführt.

Insgesamt wurden 208 Ärztliche Leiter im Rettungsdienst (über die Homepage „Berufsverband der ärztlichen Leiter Rettungsdienst e.V.“) angeschrieben und um entsprechende Weiterleitung der Online-Umfrage in ihre Rettungsdienst-Verteiler beziehungsweise an die jeweiligen Wachleiter/Bereichsleiter gebeten. Darüber hinaus wurde der Link auf der Internetseite der „Stumpf + Kossendey Verlagsgesellschaft mbH“ publiziert.

Als Einschlusskriterium galt eine abgeschlossene Berufsausbildung zum Rettungsassistenten oder zum Notfallsanitäter. Die Datenerhebung erfolgte anonymisiert im Rahmen eines standardisierten Fragebogens mit der Software LimeSurvey® (LimeSurvey Community Edition Version 5.2.6, LimeSurvey GmbH, Sitz: Hamburg). Die quantitative Befragung sah eine Wahl von Einfach- und Mehrfach-Antwortmöglichkeiten vor.

3.2 Statistik

Der Fragebogen (siehe Anhang) wurde in verschiedene Teilabschnitte mit unterschiedlichen Schwerpunkten gegliedert. Der erste Abschnitt erfasste fünf Fragen zu den demographischen Daten der Teilnehmer, darunter berufliche Qualifikation, Geschlecht, Bundesland des Arbeitgebers, Berufserfahrungsjahre nach abgeschlossener Ausbildung sowie den prozentualen Umfang des Arbeitsverhältnisses.

Im zweiten Abschnitt wurde den Teilnehmern eine Frage zur atemwegsspezifischen Ausstattung auf den Rettungswagen gestellt, die sie mittels Mehrfachauswahl beantworten konnten.

Der dritte Abschnitt widmete sich mit sechs Fragen der Ausbildung und den durchgeführten Atemwegssicherungen. Dabei wurden unter anderem die Anzahl der Maßnahmen während der Ausbildung am Atemwegstrainer sowie im innerklinischen Setting erfasst. Zudem sollten die Teilnehmer die Qualifikation der supervidierenden Person angeben und Auskunft über die Anzahl der eigenverantwortlich durchgeführten Atemwegssicherungen innerhalb der letzten zwölf Monate geben. Auch die Inzidenz unerwartet schwieriger Atemwege wurde abgefragt. Ein schwieriger Atemweg wurde dabei definiert, wenn für eine EGA mehr als zwei Versuche erforderlich waren, für eine ETI mehr als zwei Versuche unternommen werden mussten oder die Atemwegssicherung länger als 120 Sekunden dauerte. Ergänzend wurde erfragt, ob ein Feedbacksystem nach erfolgter präklinischer Atemwegssicherung existiert und durch wen dieses Feedback erfolgt.

Abschließend wurde das Thema Fortbildung adressiert. In zwei Fragen wurde erfasst, ob und wie eine Überprüfung des Atemwegsmanagements im Rahmen der rettungsdienstlichen Jahresfortbildung erfolgt. Zudem hatten die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten die Möglichkeit, ihre Wünsche und Anregungen zur zukünftigen Aus- und Fortbildung im Atemwegsmanagement zu äußern.

Die Bearbeitungszeit des gesamten Fragebogens betrug durchschnittlich etwa zehn Minuten. Es waren sowohl Fragen mit Einfach- als auch mit Mehrfachantwortmöglichkeiten enthalten.

Der primäre Studienendpunkt war die Umsetzung der Ausbildungsinhalte des Atemwegsmanagements bei nicht-ärztlichem Personal im Rettungsdienst. Als

sekundäre Endpunkte dienten die Erhebung der Anwendung von Atemwegstechniken im Einsatz innerhalb der letzten 12 Monate, die Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemweges, die regionale atemwegsspezifische Ausstattung, die Supervision nach erfolgter Atemwegssicherung, sowie der Erhalt der Fertigkeiten im Rahmen der Jahresfortbildungen.

Im Rahmen einer online-basierten Umfrage wurde diese Umsetzbarkeit in binärer Form (wurde umgesetzt / wurde nicht umgesetzt) abgefragt. Zur Ermittlung einer entsprechenden Fallzahl an ausgefüllten Fragebögen wurde das zweiseitige, approximative 95%-Konfidenzintervall zu Grunde gelegt. Bei einem absoluten Fehler von 10% und einer angenommenen Rücklaufquote von 70% wurde empfohlen, n = 138 online-basierte Umfragen durchzuführen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software IBM® SPSS® Statistics Version 23 (International Business Machines Corporation, Armonk, New York, USA).

4 Ergebnisse

4.1 Demographie

Insgesamt nahmen 1262 nicht-ärztliche Rettungsdienstmitarbeiter an der bundesweiten Online-Umfrage teil. Davon beantworteten 782/1262 (62,0%) die Umfrage vollständig. Von den 782 auswertbaren Teilnehmern waren 603/782 (77,1%) Notfallsanitäter, 118/782 (15,1%) Rettungsassistenten und 61/782 (7,8%) hatten eine andere berufliche Qualifikation. Letztere Gruppe konnte im weiteren Verlauf keine zusätzlichen Fragen beantworten, sodass die endgültige Stichprobengröße bei $n = 721$ lag (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Berufliche Qualifikation, Geschlecht, Berufserfahrung und Arbeitsverhältnis

Parameter	Häufigkeit (n = 721)	Prozent
Berufliche Qualifikation		
Notfallsanitäter	603	77,1
Rettungsassistent	118	15,1
Andere berufliche Qualifikation	61	7,8
Gesamt	782	100,0
Gesamt (ohne andere berufliche Qualifikation)	721	100,0
Geschlecht		
Weiblich	115	16,0
Männlich	606	84,0
Berufserfahrung		
1-5 Jahre	210	29,1
6-10 Jahre	181	25,1
11-15 Jahre	113	15,7
16-20 Jahre	81	11,2
mehr als 20 Jahre	136	18,9
Arbeitsverhältnis		
100%	568	78,8
75-99%	30	4,2
50-74%	39	5,4
25-49%	42	5,8
<25%	42	5,8

Bezogen auf das Beschäftigungsverhältnis hatten 568/721 (78,8%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten eine Vollzeitstelle. Die größte Gruppe der Notfallsanitäter verfügte über 1-5 Jahre Berufserfahrung (195/603; 32,3%), gefolgt von 6-10 Jahren Berufserfahrung (149/603; 24,7%). Die meisten Rettungsassistenten wiesen eine Berufserfahrung von 6-10 Jahren (32/118; 27,1%) oder 11-15 Jahren (32/118; 27,1%) auf. Eine vollständige Übersicht zur Relation zwischen Berufserfahrung und beruflicher Qualifikation ist in Abbildung 11 dargestellt.

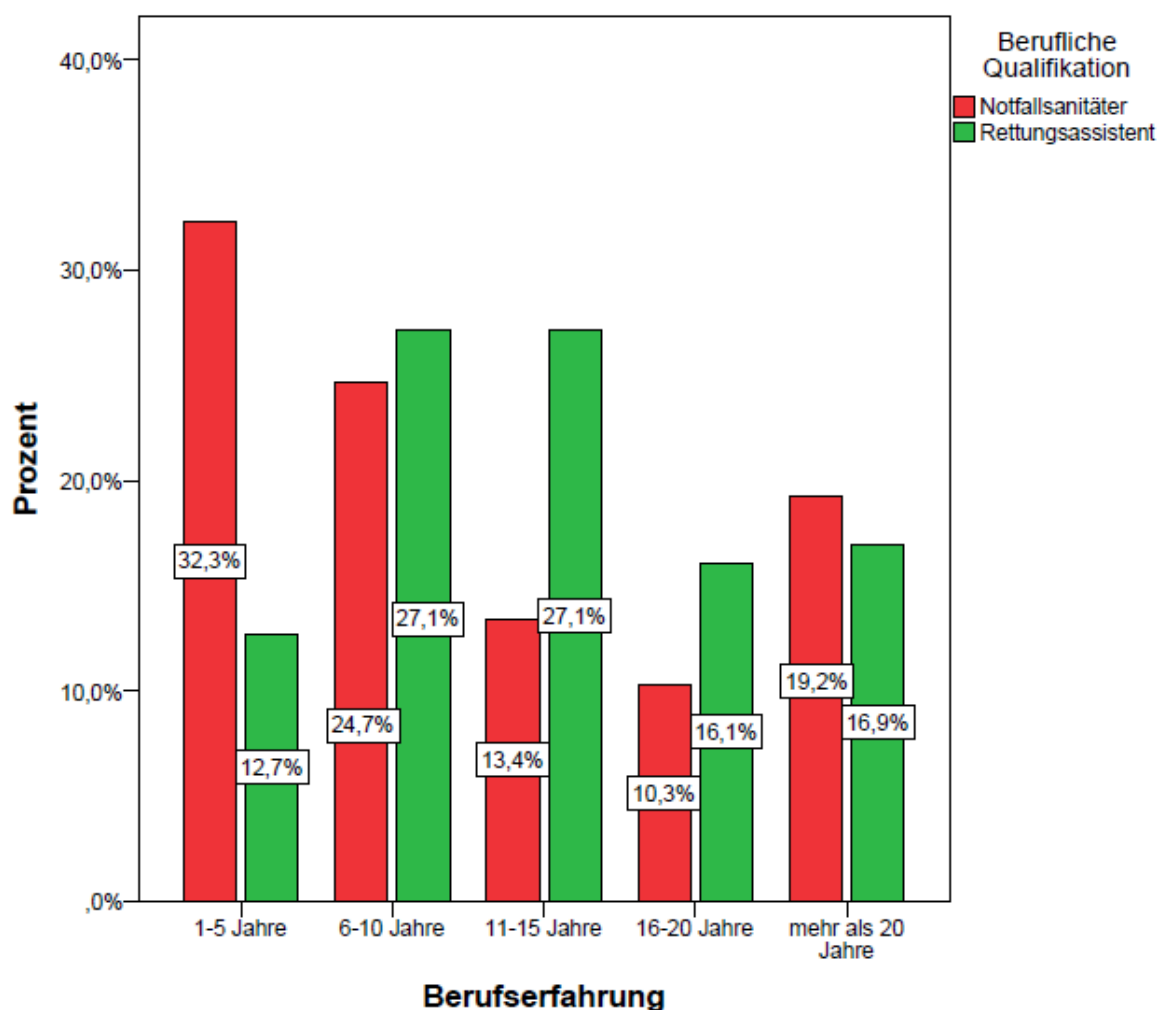


Abbildung 11: Berufserfahrung in Relation zu der beruflichen Qualifikation

Zusätzlich wurde im Fragebogen das Bundesland erfasst, in dem die Rettungsdienstmitarbeiter zum Zeitpunkt der Umfrage tätig waren. Die meisten Rückmeldungen kamen aus Nordrhein-Westfalen (137/721; 19,0%) und Bayern

(134/721; 18,6%), gefolgt von Hessen (88/721; 12,2%) und Niedersachsen (81/721; 11,2%). Die wenigsten Antworten kamen aus den Stadtstaaten Hamburg (5/721; 0,7%) und Berlin (8/721; 1,1%). Eine detaillierte Übersicht zur Verteilung der Umfrageteilnehmer nach Bundesländern ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Verteilung der Rückantworten auf die Bundesländer

Parameter	Häufigkeit (n = 721)	Prozent
Bundesländer		
Nordrhein-Westfalen	137	19,0
Bayern	134	18,6
Hessen	88	12,2
Niedersachsen	81	11,2
Rheinland-Pfalz	63	8,7
Baden-Württemberg	43	6,0
Schleswig-Holstein	36	5,0
Thüringen	30	4,2
Brandenburg	24	3,3
Mecklenburg-Vorpommern	19	2,6
Sachsen	18	2,5
Bremen	12	1,7
Saarland	12	1,7
Sachsen-Anhalt	11	1,5
Berlin	8	1,1
Hamburg	5	0,7

4.2 Atemwegsspezifische Ausstattung auf dem Rettungswagen

Die Evaluation der atemwegsspezifischen Ausstattung auf den Rettungswagen ergab, dass 716/721 (99,3%) mit ETT für Erwachsene und 700/721 (97,1%) mit ETT für Kinder ausgestattet waren. Ein Führungsstab war in 706/721 (97,9%) der Fahrzeuge vorhanden. Ein klassisches Laryngoskop zur DL stand in 702/721 (97,4%) der Rettungswagen zur Verfügung. Beatmungsmasken waren in 706/721 (97,9%) vorhanden. Guedel-Tuben fanden sich in 707/721 (98,1%) der Fahrzeuge, während Wendel-Tuben in 591/721 (82,0%) zur Grundausrüstung gehörten. Eine Kapnographie war in 641/721 (88,9%) der Rettungswagen vorhanden, während in 590/721 (81,8%) ein Larynx-Tubus (LT) verfügbar war. Ein Cuffdruckmesser war in 588/721 (81,6%) der Fälle Teil der Ausstattung. LM der 1. Generation wurden in 63/721 (8,7%) der Rettungswagen vorgehalten, während 175/721 (24,3%) über eine LM der 2. Generation verfügten. Eine VL gehörte bei 115/721 (16,0%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten zur Standardausrüstung. Ein Koniotomie-Set (Quicktrach® oder Portex®-System) war in 200/721 (27,7%) der Rettungswagen vorhanden, während ein chirurgisches Koniotomie-Set mit Spekulum und Skalpell in 166/721 (23,0%) verfügbar war. Die detaillierten Werte sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Atemwegsspezifische Ausstattung auf dem Rettungswagen

Parameter		Häufigkeit (n = 721)	Prozent
Kapnographie	Nein	80	11,1
	Ja	641	88,9
Larynxmaske 1.Generation	Nein	658	91,3
	Ja	63	8,7
Larynxmaske 2. Generation	Nein	546	75,7
	Ja	175	24,3
Larynxtubus	Nein	131	18,2
	Ja	590	81,8
i-gel®	Nein	537	74,5
	Ja	184	25,5
Cuffdruckmesser	Nein	133	18,4
	Ja	588	81,6

Parameter		Häufigkeit (n = 721)	Prozent
Endotrachealtubus (Erwachsene $\geq$ 5.5 ID)	Nein	5	0,7
	Ja	716	99,3
Endotrachealtubus (Kinder < 5.5 ID)	Nein	21	2,9
	Ja	700	97,1
Führungsstab	Nein	15	2,1
	Ja	706	97,9
Laryngoskop	Nein	19	2,6
	Ja	702	97,4
Videolaryngoskop	Nein	606	84,0
	Ja	115	16,0
Kombitubus	Nein	705	97,8
	Ja	16	2,2
Diverse Beatmungsmasken	Nein	15	2,1
	Ja	706	97,9
Oropharyngeale Tuben	Nein	14	1,9
	Ja	707	98,1
Nasopharyngeale Tuben	Nein	130	18,0
	Ja	591	82,0
Koniotomie (Quicktrach® oder Portex® System)	Nein	521	72,3
	Ja	200	27,7
Koniotomie (chirurgisch: Spekulum, Skalpell)	Nein	555	77,0
	Ja	166	23,0

4.3 Ausbildung im Atemwegsmanagement

4.3.1 Ausbildung am Atemwegstrainer

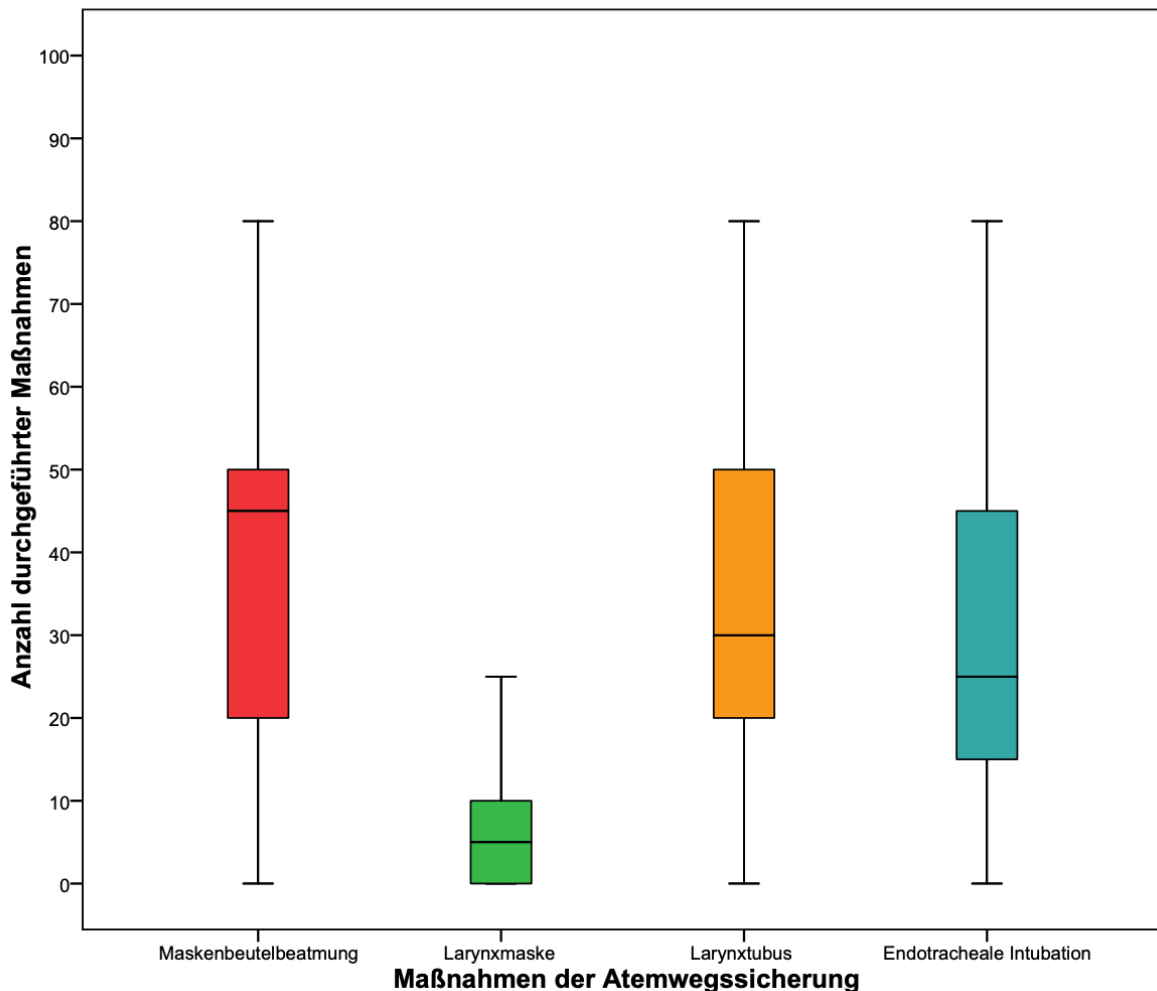


Abbildung 12: Ausbildung am Atemwegstrainer

(Ausreißer wurden zur Verbesserung der Darstellung ausgeblendet; die Datenbasis blieb unverändert)

714/721 (99,0%) der Teilnehmer trainierten eine BMV, 444/721 (61,6%) eine LM, 633/721 (87,8%) einen LT und 676/721 (93,8%) eine ETI am Atemwegstrainer. Die Rettungsdienstmitarbeiter gaben an, dass sie im Mittel 55,10 (SD: 96,14) BMV, 14,64 (SD: 34,13) LM, 40,30 (SD: 66,16) LT und 35,63 (SD: 63,05) ETI am Atemwegstrainer vollführt haben. Bei der Auswertung der freien Angaben zur Anzahl durchgeführter Atemwegssicherungen zeigten sich in einzelnen Fällen extreme Abweichungen vom Mittelwert, insbesondere durch ungewöhnlich hohe Werte (>1000). Diese statistischen Ausreißer lassen sich möglicherweise auf Eingabefehler (z. B. Zahlendreher oder eine missverstandene Zeitangabe) oder auf tatsächlich sehr

hohe Fallzahlen in spezialisierten Einsatzkontexten zurückführen. Die erhobenen Werte sind in den Tabellen 4 und 5 zur Ausbildung am Atemwegstrainer und im innerklinischen Setting aufgeführt.

Tabelle 4: Ausbildung am Atemwegstrainer / innerklinisches Setting am Patienten

Parameter	Häufigkeit (n = 721)	Prozent	Häufigkeit (n = 721)	Prozent
	Am Atemwegstrainer		Im innerklinischen Setting	
Maskenbeutelbeatmung				
Nein	7	1,0	14	1,9
Ja	714	99,0	707	98,1
Oropharyngeale Tuben				
Nein	36	5,0	200	27,7
Ja	685	95,0	521	72,3
Nasopharyngeale Tuben				
Nein	143	19,8	329	45,6
Ja	578	80,2	392	54,4
Larynxmaske				
Nein	277	38,4	141	19,6
Ja	444	61,6	579	80,3
Larynxtubus				
Nein	88	12,2	409	56,7
Ja	633	87,8	312	43,3
i-gel®				
Nein	405	56,2	482	66,9
Ja	316	43,8	239	33,1
Endotracheale Intubation				
Nein	45	6,2	43	6,0
Ja	676	93,8	678	94,0
Intubation mit Videolaryngoskop				
Nein	313	43,4	394	54,6
Ja	408	56,6	327	45,4
Kombitubus				
Nein	485	67,3	520	72,1
Ja	236	32,7	201	27,9
Koniotomie				
Nein	317	44,0	514	71,3
Ja	404	56,0	207	28,7

Tabelle 5: Anzahl durchgeführter Maßnahmen am Atemwegstrainer / innerklinisch am Patienten

Parameter (Anzahl)	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	IQR
Maskenbeutelbeatmung						
Atemwegstrainer	55,10	40,00	96,14	0	1000	30,00
Innerklinisch	46,09	30,00	70,40	0	1000	30,00
Oropharyngeale Tuben						
Atemwegstrainer	40,10	20,00	85,21	0	1000	35,00
Innerklinisch	27,49	20,00	53,68	0	1000	20,00
Nasopharyngeale Tuben						
Atemwegstrainer	24,17	10,00	81,59	0	1000	15,50
Innerklinisch	12,83	5,00	55,25	0	1000	8,00
Larynxmaske						
Atemwegstrainer	14,64	5,00	34,13	0	500	15,00
Innerklinisch	26,91	15,00	67,43	0	1000	25,00
Larynxtubus						
Atemwegstrainer	40,39	29,00	66,16	0	1000	35,00
Innerklinisch	10,37	0,00	52,24	0	700	5,00
i-gel®						
Atemwegstrainer	7,48	0,00	14,95	0	100	10,00
Innerklinisch	3,18	0,00	8,88	0	60	0,00
Endotracheale Intubation						
Atemwegstrainer	35,63	25,00	63,05	0	1000	32,50
Innerklinisch	29,77	15,00	64,62	0	1000	20,00
Intubationen mit Videolaryngoskop						
Atemwegstrainer	5,80	2,00	12,46	0	100	5,00
Innerklinisch	4,65	3,00	6,70	0	70	5,00
Kombitubus						
Atemwegstrainer	2,23	0,00	8,97	0	100	1,00
Innerklinisch	0,61	0,00	3,44	0	40	0,00
Koniotomie						
Atemwegstrainer	2,72	1,00	4,84	0	50	4,00
Innerklinisch	0,27	0,00	1,64	0	20	0,00

Darüber hinaus wurden die vier größten Bundesländer, Bayern (n = 134; 18,6%), Hessen (n = 88; 12,2%), Niedersachsen (n = 81; 11,2%) und Nordrhein-Westfalen (n = 137; 19,0%), entsprechend der Stichprobenanzahl n ausgewählt und miteinander verglichen. Die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Bayern absolvierten mit durchschnittlich 17,44 (SD: 21,96) platzierten LM die höchste Anzahl. Sowohl die BMV

wie auch die ETI und das Legen eines LT konnten die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Hessen mit im Mittel 65,71 (SD: 127,81) BMV, 51,65 (SD: 128,13) ETI und 50,56 (SD: 121,44) LT am häufigsten durchführen. Die ermittelten Werte sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Anzahl durchgeführter Maßnahmen am Atemwegstrainer im Vergleich der Bundesländer

Parameter (Atemwegstrainer)	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	IQR
Bayern						
Maskenbeutelbeatmung	44,57	45,00	35,24	2	200	30,00
Larynxmaske	17,44	10,00	21,96	0	100	15,00
Larynxtrachealtubus	31,75	22,50	32,80	0	200	40,00
Endotracheale Intubation	26,94	15,00	35,92	0	200	25,00
Hessen						
Maskenbeutelbeatmung	65,71	37,50	127,81	1	1000	33,00
Larynxmaske	13,73	10,00	17,31	0	50	17,50
Larynxtrachealtubus	50,56	30,00	121,44	0	1000	40,00
Endotracheale Intubation	51,65	22,50	128,13	1	1000	35,00
Niedersachsen						
Maskenbeutelbeatmung	62,12	40,00	123,39	2	1000	40,00
Larynxmaske	15,22	7,50	29,45	0	150	13,50
Larynxtrachealtubus	33,97	25,00	32,58	0	150	40,00
Endotracheale Intubation	37,09	30,00	41,37	0	200	30,00
Nordrhein-Westfalen						
Maskenbeutelbeatmung	60,53	49,50	100,29	5	1000	30,00
Larynxmaske	15,63	5,00	29,44	0	200	20,00
Larynxtrachealtubus	39,23	30,00	38,78	0	250	30,00
Endotracheale Intubation	32,32	25,00	32,50	0	200	25,00

4.3.2 Ausbildung im innerklinischen Setting am Patienten

707/721 (98,1%) der Umfrageabsolventen absolvierten eine BMV, 579/721 (80,3%) eine LM, 312/721 (43,3%) einen LT und 678/721 (94,0%) eine ETI im innerklinischen Setting. Die Teilnehmer der Umfrage gaben an, dass sie während der klinischen

Ausbildung im Mittel 46,09 (SD: 70,4) BMV, 26,91 (SD: 67,43) LM, 10,37 (SD: 52,24) LT und 29,77 (SD: 64,62) ETI durchgeführt haben, wie in Abbildung 13 und in den Tabellen 4 und 5 dargestellt. Auch in diesem Abschnitt zeigten sich vereinzelte extreme Werte, die als statistische Ausreißer gewertet und entsprechend bei der Auswertung berücksichtigt wurden.

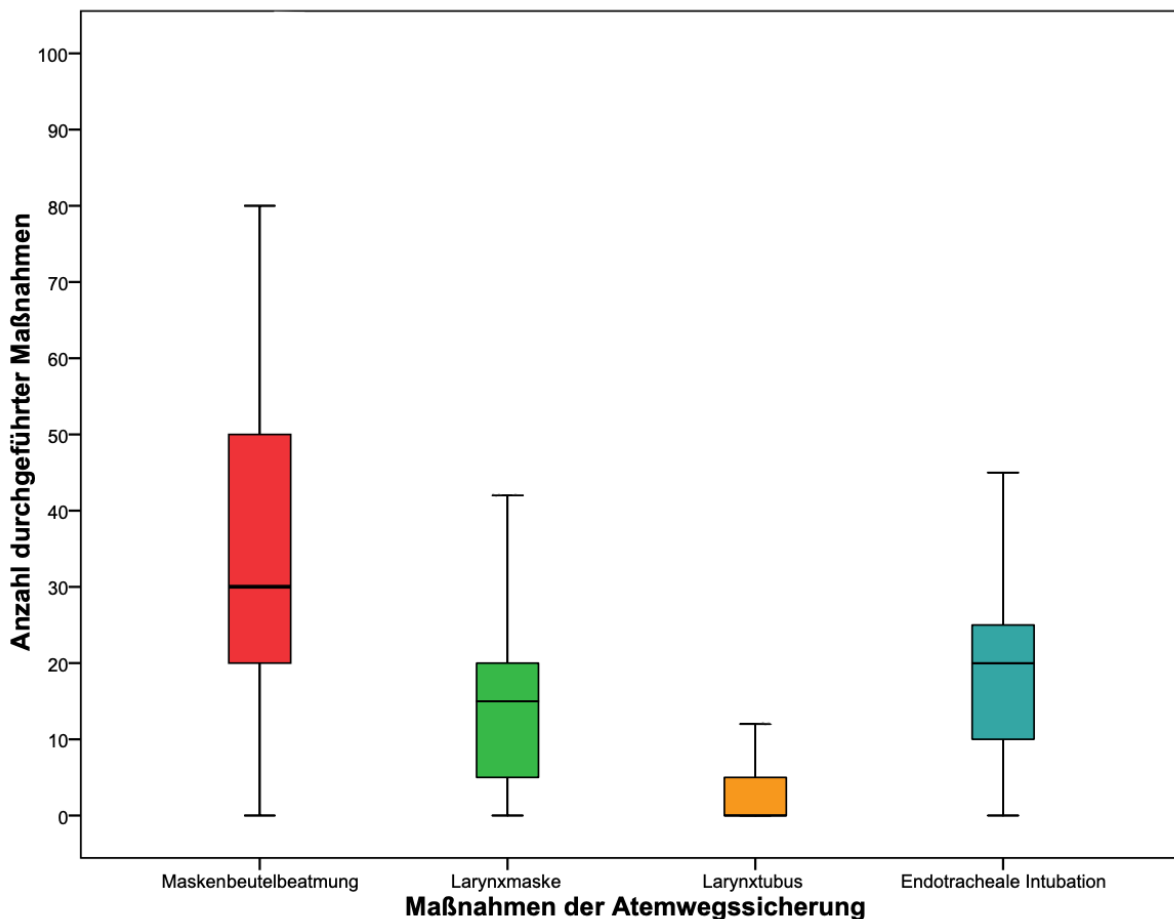


Abbildung 13: Ausbildung im innerklinischen Setting am Patienten
(Ausreißer wurden zur Verbesserung der Darstellung ausgeblendet; die Datenbasis blieb unverändert)

Bei der innerklinischen BMV gab es zwischen den vier Bundesländern keine nennenswerten Unterschiede, wie in Tabelle 7 ersichtlich ist. Die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Niedersachsen konnten mit im Schnitt 37,68 (SD: 55,08) gelegten LM und mit 39,84 (SD: 46,87) ETI die Maßnahmen am häufigsten üben. Bei den LT haben die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Nordrhein-Westfalen mit 22,14 (SD: 99,99) durchgeführten Atemwegssicherungen die meisten praktiziert. Bemerkenswert ist, dass ausschließlich in Nordrhein-Westfalen Mittelwerte über 22 für den LT berichtet wurden, während die übrigen drei Bundesländer im Mittel einstellige

Werteangaben. Der Median lag jedoch in allen Bundesländern auf einem vergleichbaren, niedrigen Niveau, was darauf hinweist, dass der höhere Mittelwert in Nordrhein-Westfalen vor allem durch einzelne, sehr hohe Maximalwerte beeinflusst wurde.

Tabelle 7: Anzahl durchgeführter Maßnahmen innerklinisch am Patienten im Vergleich der Bundesländer

Parameter (innerklinisches Setting)	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	IQR
Bayern						
Maskenbeutelbeatmung	49,24	30,00	57,34	0	500	40,00
Larynxmaske	30,81	20,00	38,21	1	300	30,00
Larynxtubus	7,28	1,00	17,87	0	100	5,00
Endotracheale Intubation	24,91	15,00	33,25	1	250	25,00
Hessen						
Maskenbeutelbeatmung	48,15	30,00	54,98	1	300	30,00
Larynxmaske	21,52	15,00	25,57	0	150	17,25
Larynxtubus	9,60	0,50	21,14	0	100	6,25
Endotracheale Intubation	31,78	20,00	44,26	1	300	30,00
Niedersachsen						
Maskenbeutelbeatmung	53,36	40,00	54,48	0	300	41,25
Larynxmaske	37,68	20,00	55,08	0	300	32,50
Larynxtubus	5,82	2,50	8,06	0	30	9,50
Endotracheale Intubation	39,84	25,00	46,87	0	250	40,00
Nordrhein-Westfalen						
Maskenbeutelbeatmung	50,12	30,00	97,70	0	1000	30,00
Larynxmaske	32,75	15,00	106,72	1	1000	20,00
Larynxtubus	22,14	0,00	99,99	0	700	10,00
Endotracheale Intubation	35,00	20,00	96,55	0	1000	20,00

4.3.3 Supervision nach erfolgter Atemwegssicherung

523/721 (72,5%) der Teilnehmer wurden unter anderem von einem Facharzt für Anästhesie und 418/721 (58,0%) von einem Weiterbildungsassistenten der

Anästhesie bei der Atemwegssicherung begleitet. Die Supervision erfolgte in 376/721 (52,1%) der Fälle durch einen Oberarzt der Anästhesie. Außerdem gaben 338/721 (46,9%) an, dass sie bei den Atemwegssicherungen von einem nicht-ärztlichen Praxisanleiter (z.B. Fachkrankenschwester für Anästhesie) supervidiert worden sind. Die erhobenen Werte sind in der Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Supervision Ausbildung

Parameter	Häufigkeit (n= 721)	Prozent
Supervision nicht-ärztlicher Praxisanleiter (z.B. Fachkrankenschwester Anästhesie)		
Nein	383	53,1
Ja	338	46,9
Supervision Assistenzarzt Anästhesie		
Nein	303	42,0
Ja	418	58,0
Supervision Facharzt Anästhesie		
Nein	198	27,5
Ja	523	72,5
Supervision Oberarzt Anästhesie		
Nein	345	47,9
Ja	376	52,1

4.4 Atemwegssicherung während des Einsatzes

Die Umfrageteilnehmer sollten in einer weiteren Frage die Durchschnittswerte ihrer Atemwegssicherungen innerhalb der letzten 12 Monate während eines Einsatzes angeben. Die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten hatten im Mittel 8,43 (SD: 9,26) BMV (0,7x/Monat) sowie zusätzlich 5,77 (SD: 6,86) oropharyngeale Tuben und 2,01 (SD: 4,21) nasopharyngeale Tuben praktiziert. Des Weiteren wurden im Einsatz 2,40 (SD: 4,53) ETI (0,2x/Monat), 4,71 (SD: 5,35) LT (0,39x/Monat) und 0,65 (SD: 2,91) LM (0,05x/Monat) angewandt. Die ermittelten Werte sind in der Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Atemwegssicherungen während eines Einsatzes in den letzten 12 Monaten

Parameter	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	IQR
Maskenbeutelbeatmung	8,43	5,00	9,26	0	120	7,00
Oropharyngeale Tuben	5,77	5,00	6,86	0	70	9,00
Nasopharyngeale Tuben	2,01	0,00	4,21	0	35	2,00
Larynxmaske	0,64	0,00	2,91	0	40	0,00
Larynxtubus	4,71	3,00	5,35	0	50	8,00
i-gel®	0,45	0,00	1,81	0	25	0,00
Endotracheale Intubation	2,40	1,00	4,53	0	54	3,50
Intubation mit Videolaryngoskop	0,38	0,00	1,49	0	28	0,00
Kombitubus	0,02	0,00	0,27	0	5	0,00
Koniotomie	0,04	0,00	0,57	0	15	0,00

Außerdem wurde die Häufigkeit einer Atemwegssicherung zwischen den Bundesländern Bayern, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen verglichen. Die entsprechenden Werte in der Tabelle 10 zeigen, dass die Anzahl durchgeführter Atemwegssicherungen in den vier Bundesländern im Untersuchungszeitraum

vergleichbar ist. Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Nordrhein-Westfalen haben mit im Durchschnitt 9,72 (SD: 12,40) noch die meisten BMV durchgeführt. Bei den LT haben die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Nordrhein-Westfalen mit im Mittel 4,41 (SD: 6,63) LT ebenfalls die meisten durchgeführt. Die Larynxmasken wurden hingegen in allen Bundesländern sehr selten von den Teilnehmern angewandt. Bei den ETI lagen die Werte der Bundesländer Hessen, Nordrhein-Westfalen und Niedersachsen eng beisammen. Die mittlere Häufigkeit durchgeführter ETI lag in Hessen bei 2,40 (SD: 6,34) ETI, in Niedersachsen bei 2,28 (SD: 6,48) ETI und in Nordrhein-Westfalen bei 2,64 (SD: 4,75) ETI.

Tabelle 10: Atemwegssicherungen während eines Einsatz in den letzten 12 Monaten im Vergleich der Bundesländer

Parameter (Durchschnittswert)	Mittelwert	Median	Standardabweichung	Minimum	Maximum	IQR
Bayern						
Maskenbeutelbeatmung	7,34	5,00	7,21	0	50	7,25
Larynxmaske	1,30	0,00	3,39	0	30	1,00
Larynxtubus	2,47	1,00	3,51	0	20	3,50
Endotracheale Intubation	1,72	1,00	2,80	0	20	2,00
Hessen						
Maskenbeutelbeatmung	7,90	5,00	10,67	0	80	7,00
Larynxmaske	0,28	0,00	2,14	0	20	0,00
Larynxtubus	3,90	3,00	4,48	0	28	4,00
Endotracheale Intubation	2,40	0,00	6,34	0	50	3,00
Niedersachsen						
Maskenbeutelbeatmung	7,96	5,00	10,57	0	80	8,00
Larynxmaske	1,12	0,00	4,33	0	30	0,00
Larynxtubus	4,11	2,00	6,63	0	50	5,00
Endotracheale Intubation	2,28	1,00	6,48	0	54	2,00
Nordrhein-Westfalen						
Maskenbeutelbeatmung	9,72	8,00	12,40	0	120	5,50
Larynxmaske	0,52	0,00	1,60	0	10	0,00
Larynxtubus	4,41	2,00	6,00	0	50	9,00
Endotracheale Intubation	2,64	1,00	4,75	0	45	5,00

4.5 Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemweges

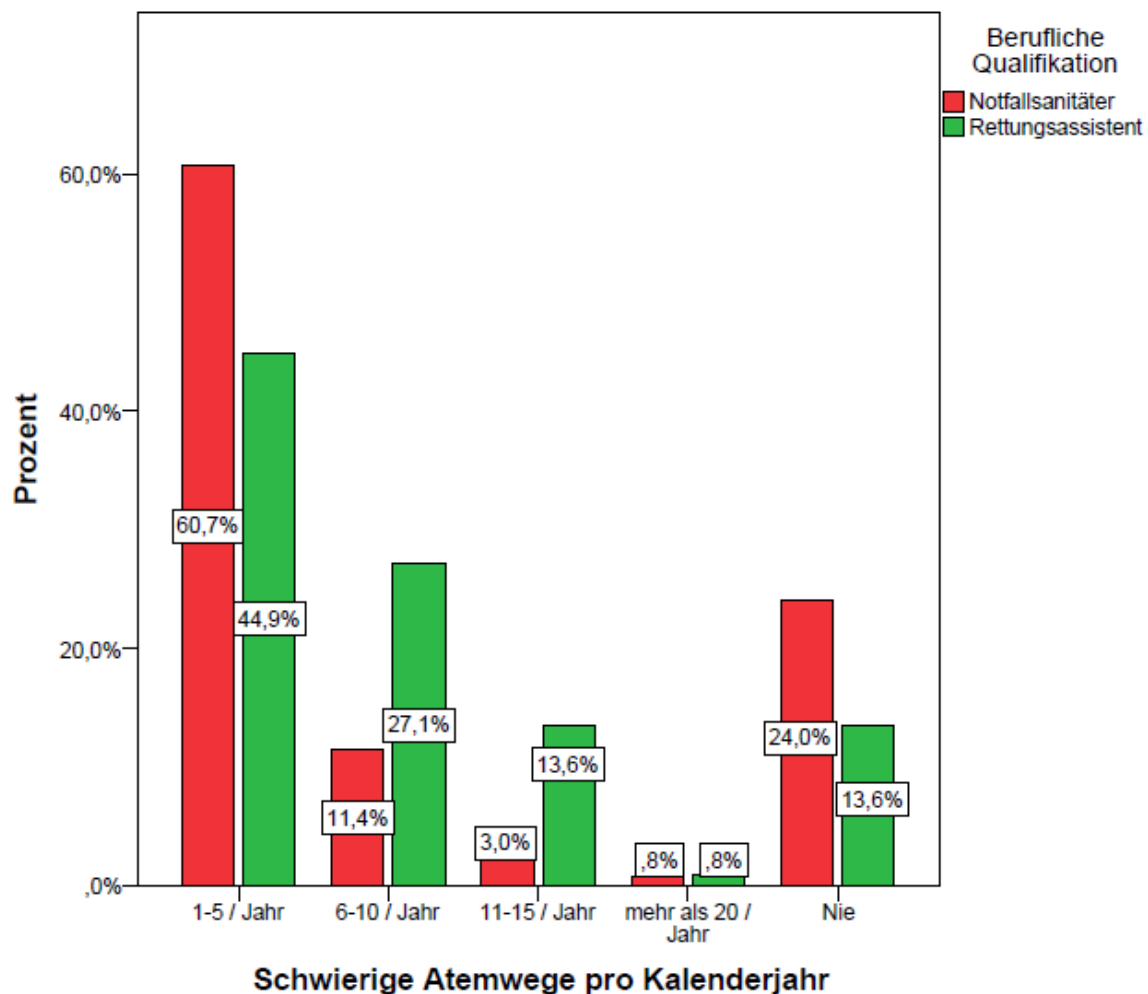


Abbildung 14: Schwieriger Atemweg in Relation zu der beruflichen Qualifikation

Die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten sollten die Inzidenz eines unerwartet schwierigen Atemweges innerhalb der letzten 12 Monate angeben. 419/721 (58,1%) der Teilnehmer gaben an, dass Sie zwischen 1 bis 5 unerwartet schwierige Atemwege im Untersuchungszeitraum hatten. 22,3% (161/721) der Rettungsdienstmitarbeiter hatten keinen Patienten mit einem schwierigen Atemweg innerhalb der letzten 12 Monate. 14,0% (101/721) der Teilnehmer gaben 6 bis 10 schwierige Atemwege unter den Atemwegssicherungen an und 4,7% (34/721) hatten 11-15 schwierige Atemwege. 0,8% (6/721) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten erfuhren mehr als 20 schwierige Atemwege bei einer prähospitalen Atemwegssicherung. Außerdem wurde die Verteilung der Inzidenz in Abhängigkeit der beruflichen Qualifikation evaluiert. 366/603 (60,7%) der Notfallsanitäter hatten 1 bis 5 schwierige Atemwege pro

Kalenderjahr, wohingegen bei den Rettungsassistenten der Prozentsatz bei 53/118 (44,9%) lag, wie in Abbildung 14 ersichtlich.

4.5.1 Feedbacksystem mit weiterbehandelndem Krankenhaus

Im Zusammenhang mit der Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemweges wurde evaluiert, wann und ob es ein Feedbacksystem mit den weiterbehandelnden Kliniken gibt. Die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten sollten angeben, in welchen Situationen Sie eine Rückmeldung von einem Krankenhaus erhalten haben oder ob möglicherweise ein Feedbacksystem aktiviert wurde.

Die große Mehrheit von 87,9% (634/721) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten gab an, dass es kein Feedbacksystem mit dem weiterbehandelnden Krankenhaus gab und eine Rückmeldung nur auf Nachfrage erfolgte. Falls im Rahmen der Atemwegssicherung eine Komplikation aufgetreten ist, bekamen 8,5% (61/721) der Teilnehmer ein anschließendes Feedback von der weiterbehandelnden Klinik. Bei 2,2% (16/721) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten erfolgte ein Feedback nach jeder Atemwegssicherung und bei 1,4% (10/721) der Teilnehmer gab es ein Feedback bei schwierigen Atemwegen.

4.6 Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement

4.6.1 Jahresfortbildung im Atemwegsmanagement

Eine weitere Frage beschäftigte sich mit der Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement. 311/721 (43,1%) der Teilnehmer gaben an, dass die Thematik des Atemwegsmanagements nicht überprüft wurde. Eine Lernkontrolle in theoretischer Form erfolgte bei 250/721 (34,7%) und in praktischer Form am Atemwegstrainer bei 269/721 (37,3%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten. Die praktische Überprüfung in Form eines Simulationstraining unter Einsatz verschiedener Übungsphantome wurde bei 217/721 (30,1%) der Teilnehmer durchgeführt. Eine supervidierte Überprüfung durch einen Praxisanleiter oder den Ärztlichen Leiter Rettungsdienst an einem realen Patienten in klinischer Umgebung erfolgte dagegen in 17/721 (2,4%) der Fälle, wie in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Jahresfortbildung im Atemwegsmanagement

Parameter	Häufigkeit (n = 721)	Prozent
Theoretische Überprüfung		
Nein	160	22,2
Ja	250	34,7
Praktische Überprüfung am Atemwegstrainer		
Nein	141	19,6
Ja	269	37,3
Praktische Überprüfung im Simulationstraining unter Einsatz versch. Übungsphantome		
Nein	193	26,8
Ja	217	30,1
Supervidierte Überprüfung (Praxisanleiter/Ärztl. Leiter) am realen Pat. in klinischer Umgebung		
Nein	393	54,5
Ja	17	2,4
keine Überprüfung im Atemwegsmanagement		
Nein	410	56,9
Ja	311	43,1

Bei den Teilnehmenden aus den vier Bundesländern Bayern, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen, bei denen eine Überprüfung stattfand, zeigte sich ein

differenziertes Bild. In allen vier Bundesländern absolvierte die Mehrheit der Befragten sowohl eine theoretische als auch eine praktische Überprüfung am Atemwegstrainer. Simulationstrainings unter Nutzung verschiedener Übungsphantome wurden in Hessen bei 36/64 (60,9 %) der Teilnehmenden durchgeführt; in Bayern, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen lagen die entsprechenden Anteile jeweils bei etwa 50 %. Eine supervidierte Überprüfung am realen Patienten fand in allen vier Bundesländern nur in etwa 5 % der Fälle statt; in Nordrhein-Westfalen wurde ein solcher Praxisbezug von keinem der Befragten berichtet (0 %).

Tabelle 12: Jahresfortbildung im Atemwegsmanagement im Vergleich der Bundesländer

Parameter	Bayern	Hessen	Niedersachsen	Nordrhein-Westfalen
Theoretische Überprüfung				
	38/75 (50,7%)	35/64 (54,7%)	41/56 (73,2%)	65/97 (67,0%)
Praktische Überprüfung am Atemwegstrainer				
	48/75 (64,0%)	43/64 (67,2%)	38/56 (67,9%)	60/97 (61,9%)
Praktische Überprüfung im Simulationstraining unter Einsatz versch. Übungsphantome				
	38/75 (50,7%)	39/64 (60,9%)	27/56 (48,2%)	47/97 (48,5%)
Supervidierte Überprüfung (Praxisanleiter/Ärztl. Leiter) am realen Pat. in klinischer Umgebung				
	4/75 (5,3%)	3/64 (4,7%)	3/56 (5,4%)	0/97 (0,0%)
keine Überprüfung im Atemwegsmanagement				
	59/134 (44,0%)	24/88 (27,3%)	25/81 (30,9%)	40/137 (29,2%)

4.6.2 Zukünftige Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement

Bezogen auf die zukünftig gewünschten Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten sprachen sich 372/721 (51,6%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten für ein differenziertes Vorgehen während der Berufsausbildung mit einer Kombination aus Theorie und Üben am Simulator von normalen und schwierigen Atemwegen aus. Eine Arbeitgeberorganisierte Step-By-Step Fortbildung nach abgeschlossener Berufsausbildung, die die Theorie und das Üben am Simulator normaler und schwieriger Atemwege vorsieht, empfanden 576/721 (79,9%) für hilfreich. Das Atemwegsmanagement im Rahmen einer freiwilligen Hospitation im innerklinischen Setting aufzufrischen, entsprach für 268/721 (37,2%) der Notfallsanitäter und

Rettungsassistenten einer sinnvollen Form des Praxistraining, wie in Tabelle 12 abgebildet.

Tabelle 13: Zukünftige Aus- und Weiterbildung im Atemwegsmanagement

Parameter	Häufigkeit (n = 721)	Prozent
Differenziertes Vorgehen während der BA (Theorie + Üben am Simulator normaler und schwieriger Atemweg)		
Nein	349	48,4
Ja	372	51,6
Arbeitgeberorganisierte Step-By-Step Fortbildung nach Berufsausbildung (Theorie + Üben am Simulator normaler und schwieriger Atemweg)		
Nein	145	20,1
Ja	576	79,9
Freiwillige Hospitation in Anästhesie / OP (7 Tage / Jahr nach der Berufsausbildung)		
Nein	453	62,8
Ja	268	37,2

5 Diskussion

Die durchgeführte Studie evaluierte die bisherige Aus- und Fortbildung im Atemwegsmanagement von nicht-ärztlichem Personal im Rettungsdienst. Der Schwerpunkt galt der Untersuchung der Umsetzung der Ausbildungsinhalte im prähospitalen Atemwegsmanagement, sowie dem eigenständigen Durchführen einer Atemwegssicherung. Zudem wurde die Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemweges erfasst, um die Komplexität präklinisch durchgeführter Atemwegssicherungen zu beleuchten. Darüber hinaus wurde die Form der Kompetenzüberprüfung im Atemwegsmanagement, sowie die atemwegsspezifische Ausstattung auf den Rettungswagen erfragt. Durch die Auswertung der entsprechenden Parameter konnte zum einen die Durchführbarkeit der Ausbildungsinhalte im Atemwegsmanagement, zum anderen die Umsetzbarkeit der Handlungsempfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ beurteilt werden (2). Mit Hilfe der Auswertung konnte der gegenwärtige Status Quo des prähospitalen Atemwegsmanagements in der Bundesrepublik Deutschland abgebildet werden.

782/1262 (62,0%) haben die Umfrage vollständig beantwortet, von denen 603/782 (77,1%) Notfallsanitäter und 118/782 (15,1%) Rettungsassistenten waren. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden in der Analyse nur die Daten von Notfallsanitätern und Rettungsassistenten erfasst und ausgewertet.

Insgesamt zeigte sich ein erster Unterschied in der Berufserfahrung bezogen auf die berufliche Qualifikation. So hatten 344/603 (57,0%) der Notfallsanitäter eine Berufserfahrung von 10 oder weniger Jahren, der größte Anteil der Rettungsassistenten hatte hingegen zwischen 6 und 15 Jahren Berufserfahrung. Knapp 80% der Angestellten befanden sich zudem in einem Vollzeitarbeitsverhältnis. Neben der bundesweiten Analyse wurden die entsprechenden Parameter zwischen den einzelnen Bundesländern verglichen. Hier zeigte sich bereits eine große Streuung in der Verteilung der Umfrageteilnehmer über die einzelnen Bundesländer. So waren die meisten teilnehmenden Rettungsdienstmitarbeiter aus Nordrhein-Westfalen und Bayern. Aus den Ländern Saarland und Sachsen-Anhalt kamen hingegen nur 12 und 11 Teilnehmer und aus den Stadtstaaten Hamburg und Berlin waren es weniger als 10 Mitarbeiter. Für einen repräsentativen Vergleich wurden die vier größten, entsprechend der Stichprobenanzahl n , in der Umfrage vertretenen Bundesländer

ausgewählt. Dazu zählten die Bundesländer Nordrhein-Westfalen (137/721; 19,0%), gefolgt von Bayern (134/721; 18,6%), Hessen (88/721; 12,2%) und Niedersachsen (81/721; 11,2%).

5.1 Umsetzung der Ausbildungsinhalte und Handlungsempfehlungen im prähospitalen Atemwegsmanagement

Für die Umsetzung der Ausbildungsinhalte im prähospitalen Atemwegsmanagement sollten die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten die durchgeführten Maßnahmen zur Atemwegssicherung und deren Anzahl während der Ausbildung am Atemwegstrainer, sowie am Patienten im innerklinischen Setting benennen.

Die Beutel-Masken-Beatmung (BMV) stellt die am häufigsten trainierte Technik der Atemwegssicherung im Rahmen der Ausbildung von Notfallsanitätern und Rettungsassistenten dar. Im bundesweiten Durchschnitt konnten die Teilnehmenden während ihrer Ausbildung 55,10 Anwendungen am Atemwegstrainer und 46,09 Anwendungen am Patienten absolvieren. Ergänzend zur alleinigen Maskenbeatmung wurden 27,49 oropharyngeale Tuben sowie 12,83 nasopharyngeale Tuben am Patienten eingesetzt. Nach den Empfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ sollten zur sicheren Beherrschung der Maskenbeatmung einschließlich Hilfsmitteln insgesamt 100 Anwendungen am Patienten durchgeführt werden (2). Die vorliegenden Daten zeigen, dass diese Mindestanzahl im Rahmen der Ausbildung aktuell nicht erreicht werden kann.

Die Anwendung extraglottischer Atemwegshilfen (EGA) im Rahmen der Ausbildung zeigt ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen dem Training am Phantom und der klinischen Anwendung. Während im Simulationstraining im Mittel 40,39 Anwendungen mit dem Larynxtrachealtubus (LT) und 14,64 mit der Larynxmaske (LM) durchgeführt wurden, dominierte in der klinischen Praxis die Anwendung der LM mit durchschnittlich 26,91 Anwendungen pro Notfallsanitäter oder Rettungsassistent. Im Vergleich dazu wurde der LT im klinischen Kontext lediglich 10,37-mal eingesetzt. Besonders auffällig ist in diesem Zusammenhang die Diskrepanz zwischen dem im Rettungsdienst primär eingesetzten LT und der in der Klinik häufiger verwendeten LM. Ein möglicher Erklärungsansatz ist die fehlende Standardisierung der präklinischen und klinischen Ausstattung. Die Daten belegen, dass 588/721 (81,8%) der Rettungsdienstbereiche

den LT vorhalten, aber nur knapp 25% (175/721) der Rettungswagen in Deutschland eine LM in ihrer Ausstattung haben. Diese unzureichende Übereinstimmung der eingesetzten Atemwegshilfen erschwert den Transfer erworbener Kompetenzen zwischen den Ausbildungsorten. Die Rettungsdienstmitarbeiter sollten die gleichen EGA im Laufe der Ausbildung und während des prähospitalen Atemwegsmanagements zur Verfügung haben. Nur so kann eine sichere Handhabung der Maßnahmen in der prähospitalen Notfallsituation gewährleistet werden (2).

Die von mehreren Autoren geforderte Mindestanzahl von 45 EGA-Anwendungen am Patienten und 20 am Phantom gestaltet sich in der Praxis als schwer umzusetzen (2, 141). Zwar können die vier Bundesländer Bayern, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen die geforderte Mindestanzahl für den LT am Phantom erfüllen, jedoch nicht für die LM. So dokumentierte beispielsweise Bayern bei der Ausbildung mit der LM am Phantom lediglich 17,44 Anwendungen, womit auch dieser Wert unterhalb der empfohlenen Mindestanzahl liegt. Bei der innerklinischen Ausbildung am Patienten kamen die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten aus Niedersachsen mit im Schnitt 37,68 durchgeführten LM der geforderten Empfehlung am nächsten. Den höchsten Mittelwert von 22,14 gelegten LT am Patienten hatten die Rettungsdienstmitarbeiter aus Nordrhein-Westfalen. Studien wie die von Mohr et al. zeigen, dass zur Erreichung eines FPS von 86 % mindestens 40 Anwendungen der LM am Patienten erforderlich sind (141). Die Erkenntnisse verdeutlichen, dass der überwiegende Kompetenzaufbau am Phantom nicht ausreicht, um eine sichere Anwendung in der klinischen oder präklinischen Realität zu gewährleisten. Weitere Studien untermauern den Stellenwert der klinischen Ausbildung am Patienten. So könne der Kompetenzgewinn an einem Atemwegstrainer nicht die klinisch-praktische Erfahrung am Patienten kompensieren (134).

Neben der Ausbildung in der BMV und mit den EGA wurde der Kompetenzgewinn der Rettungsdienstmitarbeiter in der ETI evaluiert. Auch bei der ETI zeigt sich eine erhebliche Diskrepanz zwischen den Leitlinienempfehlungen und der tatsächlichen Umsetzung in der Ausbildung. Im bundesweiten Mittel führten die Teilnehmenden 35,63 ETI am Atemwegstrainer und 29,77 ETI am Patienten durch. Dabei variieren die Ergebnisse erheblich zwischen den Bundesländern: Hessen erreichte mit 51,65 ETI am Phantom den höchsten Wert, während Bayern mit 26,94 ETI am unteren Ende liegt. Bei der klinischen Anwendung führen Auszubildende aus Niedersachsen mit 39,84 ETI, während Bayern erneut mit 24,91 ETI den niedrigsten Wert dokumentiert.

Es zeigt sich auch hier, dass die Empfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ nicht erfüllt werden können. Die befürwortete Mindestanzahl von „100 Intubationen zum Erlernen der Technik unter Aufsicht“ (2) ist für das nicht-ärztliche präklinisch tätige Rettungsdienstpersonal im Verlauf der Ausbildung schwer zu erreichen. Dieser Problematik ist sich die Leitlinie bewusst und empfiehlt falls eine nicht ausreichende Erfolgsaussicht für die ETI besteht, primär die EGA zu verwenden. Allerdings ist die Qualität der prähospitalen Atemwegssicherung durch die zusätzlich fehlenden Fallzahlen im Umgang mit den EGA eingeschränkt.

Der im Rahmen des 2013 verabschiedeten Notfallsanitättergesetz (NotSanG) entwickelte Pyramidenprozess definiert das vorgegebene Ausbildungsziel für die ETI liberaler. So soll der zukünftige Notfallsanitäter bei 25 Patienten der Narkoseeinleitung und der endotrachealen Intubation assistieren und wenn möglich diese selbst unter Supervision durchführen (122). Diese Richtzahl gilt es, in dem durch die Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäter (NotSan-APrV) festgelegten 280-stündigen Praktikum in der Anästhesie- und OP-Abteilung zu erreichen. In dem Zeitraum lernen die zukünftigen Notfallsanitäter praktische Fertigkeiten im Atemwegsmanagement. Neben der Assistenz und Durchführung von ETI soll der Notfallsanitäter in der BMV ausgebildet werden, sowie die Atemwegssicherung mit EGA und der VL erlernen (142).

Zwei Arbeitsgruppen konnten zeigen, dass ärztliche Weiterbildungsassistenten in der Anästhesie für das Erreichen von 25 erfolgreichen (ETI) einen Zeitraum von 12 bis 18 Tagen benötigen (105). Für das Platzieren von 40 LM wird ein Zeitraum von 14 bis 22 Tagen angegeben (141). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass der vorgesehene Zeitraum des Praktikums grundsätzlich ausreichen könnte, um Kompetenzen im Umgang mit EGA zu erwerben. Für das Erreichen der in der S1-Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ empfohlenen Fallzahlen zur sicheren Durchführung der ETI erscheint die aktuelle Dauer des Praktikums jedoch als unzureichend (2). Diesen Umstand haben die ÄLRD Bayern erkannt und in ihren Umsetzungshinweisen zu der Delegation heilkundlicher Maßnahmen an die in Bayern tätigen Notfallsanitäter beschrieben (143). So könne die nach Vorgaben der DGAI geforderte Mindestanzahl von 100 ETI nicht erfüllt werden und demnach nicht das entsprechende Kompetenzniveau für die ETI ausgesprochen werden. Daraus ergibt sich, dass das geforderte Kompetenzniveau für eine eigenverantwortliche Durchführung nicht erreicht wird. Entsprechend der aktuellen Rechtslage

(§ 2a NotSanG) kann die ETI somit nicht im Rahmen der Delegation erfolgen, sondern lediglich im Ausnahmefall über die sogenannte Notkompetenz nach § 34 StGB durchgeführt werden, sofern alle anderen Maßnahmen der Atemwegssicherung versagen. Insgesamt verdeutlichen die vorliegenden Daten, dass die Empfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ sowie die Zielvorgaben des Pyramidenprozesses aktuell in der Ausbildungspraxis nur unzureichend umgesetzt werden können (2, 122). Die geringeren Fallzahlen bei klinischen Anwendungen – sowohl bei der BMV, den EGA als auch bei der ETI – beeinträchtigen die Handlungssicherheit im prähospitalen Kontext. Eine Verbesserung der Ausbildungsqualität erfordert nicht nur eine standardisierte Ausstattung zwischen Klinik und Präklinik, sondern auch eine realistische Anpassung der Ausbildungsziele, die sowohl didaktischen als auch organisatorischen Anforderungen gerecht wird.

Die föderale Heterogenität in der Ausbildung zum Notfallsanitäter zeigt sich nicht nur in der Anzahl durchgeführter Maßnahmen, sondern auch in der Art der Dokumentation der klinisch-praktischen Notfallsanitäterausbildung. Einzelne Bundesländer weisen in ihren Ausbildungsnachweisheften auf den Stellenwert der erforderlichen Richtzahl an Nachweisen hin und wünschen diese exakt zu dokumentieren (144). In anderen Bundesländern werden dagegen keine absoluten Zahlen für den Kompetenzgewinn vorgegeben. Die zu erwerbenden Fähigkeiten werden in Niveaustufen (wurde demonstriert, assistiert, angeleitet, selbstständig durchgeführt) erfasst (145).

Der DBRD hat zur einheitlichen Strukturierung der klinischen Notfallsanitäterausbildung ein frei verfügbares Nachweisheft veröffentlicht. Alle zu erlernenden Fertigkeiten im Atemwegsmanagement sind in Anlehnung an den Pyramidenprozess mit einer Mindestanzahl versehen, die vom Auszubildenden erfüllt und vom Mentor und Praxisanleiter der Klinik dokumentiert werden sollen. Ziel des bundesweit einheitlichen Nachweisheftes müsse es sein, die föderalen Unterschiede in der klinisch-praktischen Notfallsanitäterausbildung zu minimieren und eine flächendeckende hohe Qualität in der Ausbildung des prähospitalen Atemwegsmanagements zu garantieren (123).

Ein infrastrukturelles Problem könnte einen ersten Erklärungsansatz für die geringe Fallzahl an durchgeführten Atemwegssicherungen darstellen. So sind neben den föderalen Differenzen und dem knappen Zeitraum zum Erlernen der Fertigkeiten die

begrenzten Möglichkeiten zum Kompetenzgewinn und Kompetenzerhalt problematisch. Die zukünftigen Notfallsanitäter konkurrieren mit Krankenpflegeschülern, Medizinstudenten, sowie ärztlichen Weiterbildungsassistenten der Anästhesiologie und anderer Fachdisziplinen um eine kontrollierte Atemwegssicherung in der Anästhesie- und OP-Abteilung (146). Demgemäß fehlt es häufig an Ressourcen, um die individuellen Anforderungen und Mindestnachweise zu erfüllen.

Den zentralen Stellenwert der fallzahlorientierten Ausbildung im Atemwegsmanagement und die Komplexität einer prähospitalen Atemwegssicherung beleuchteten bereits mehrere Arbeitsgruppen. So lag die Komplikationsrate für eine prähospitale Atemwegssicherung in der Publikation von Timmermann et al. selbst für erfahrene Notärzte bei 17,4% (57). Außerdem ist die Inzidenz eines schwierigen Atemweges bis zu 20-fach erhöht gegenüber einer elektiven Atemwegssicherung (147). Die Arbeitsgruppe um Saviluoto et al. belegte zudem, dass mit zunehmenden Fallvolumen der FPS steigt und die 30-Tages-Mortalität sinkt (148). Je häufiger eine Maßnahme geübt wird, desto geringer ist die Komplikationsrate. Demnach ist das Erreichen der Mindestfallzahl im Laufe der Ausbildung einer der wesentlichsten Faktoren, um eine hohe Versorgungsqualität und Patientensicherheit zu gewähren.

Ein weiterer elementarer Baustein ist die Betreuung während der klinisch-praktischen Notfallsanitäterausbildung. Das Trainieren der Fertigkeiten unter Supervision ermöglicht es dem Auszubildenden, ein unmittelbares Feedback zu geben. 523/721 (72,5%) der Umfrageteilnehmer wurden im Laufe der klinischen Ausbildung von einem Facharzt für Anästhesie unterstützt und weitere 376/721 (52,1%) wurden zeitweise von einem Oberarzt der Anästhesie supervidiert. Es zeigt sich, dass die durchgeführten Atemwegssicherungen von klinisch erfahrenen Ärzten begleitet werden und Schwierigkeiten oder Komplikationen frühzeitig erkannt und behoben werden können. Die Ärzte können den Auszubildenden zudem wichtige Tipps, sowie Hilfestellungen für das erfolgreiche Management einer prähospitalen Atemwegssicherung vermitteln.

Neben der Supervision durch klinisch tätige Ärzte kann den Notfallsanitätern und Rettungsassistenten mittels VL ein visuelles Feedback während der Atemwegssicherung gegeben werden. Aufgrund der hohen Komplikationsrate ist es

von Bedeutung, dass die Maßnahmen im präklinischen Setting möglichst problemlos und sicher durchführbar sind. Das Trainieren der VL hilft den Anwendern beim erfolgreichen Platzieren des Tubus und kann ergänzend zu der besseren Sicht auf die Glottisebene die Komplikationen gegenüber der DL minimieren (65, 66). Infolgedessen soll die prähospitaler ETI beim Erwachsenen primär mit der VL und einem Macintosh-Spatel angestrebt werden, wenn vorher die Atemwegssicherung an mindestens 50 Patienten geübt wurde (2).

Die analysierten Daten belegen allerdings, dass die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten im Rahmen der Ausbildung im Mittel 5,80 Intubationen mit der VL am Atemwegstrainer und 4,65 Intubationen mit der VL am Patienten trainieren. Die niedrigen Fallzahlen lassen sich einerseits durch die geringe Vorhaltung auf den Rettungswagen erklären, da in nur 115/721 (16,0%) der Fälle die VL zur Ausstattung des Rettungswagens gehört. Andererseits ist die VL eine, in Relation zu den anderen Formen der Atemwegssicherung, neue Maßnahme, die erst in den 2000er Jahren entwickelt und weiter angepasst wurde (50, 149). In der Folge führen höhere Anschaffungskosten zu einer Kosten-Nutzen-Evaluation. So sind viele Rettungswagen mit der DL ausgestattet, während VL-Systeme bevorzugt auf arztbesetzten Notarzteeinsatzfahrzeugen (NEF) vorgehalten werden. In der Praxis bedeutet dies, dass prähospitaler Intubationen durch Notfallsanitäter mit VL häufig nur im Beisein eines Notarztes erfolgen. So empfiehlt die S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ (2) die VL primär nach umfassender Ausbildung (> 50 Anwendungen) und unter spezifischen Rahmenbedingungen einzusetzen. Aus all diesen Gründen ist nachvollziehbar, dass die VL bisher nur in wenigen Rettungswagen zum prähospitalen Standardrepertoire gehört. Gleichwohl belegen aktuelle Metaanalysen, dass die Anwendung der VL im Vergleich zur DL signifikante Vorteile in Bezug auf Glottissicht, First-Pass-Success und Komplikationsvermeidung bietet - insbesondere in schwierigen Atemwegssituationen (58). Daraus ergibt sich eine Handlungsempfehlung für die systematische Erweiterung der Ausstattung mit VL auf Rettungswagen sowie die verpflichtende Integration in die klinische und präklinische Ausbildung von Notfallsanitätern.

Grundsätzlich offenbart die Umfrage Schwierigkeiten in der Umsetzung der Mindestvoraussetzungen zur Atemwegssicherung während der Ausbildung und das Erfüllen der Handlungsempfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ ist für nicht-ärztliches Rettungsdienstpersonal nur bedingt

realisierbar (2). Eine weitere Studie über die Vorhaltung und Durchführbarkeit der prähospitalen Atemwegssicherung durch Notfallsanitäter und Rettungsassistenten gilt es zukünftig zu evaluieren.

5.2 Beurteilung des Kompetenzerhaltes im prähospitalen Atemwegsmanagement

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass die Handlungsempfehlungen zum jährlichen Kompetenzerhalt einer prähospitalen Atemwegssicherung nur für den LT erfüllt werden können. Mit einem bundesweiten Schnitt von 4,71 prähospitalen Anwendungen des LT werden die gewünschten 3 Wiederholungen am Patienten erreicht (2). Einzig die Umfrageteilnehmer aus Bayern liegen mit 2,47 platzierten LT unterhalb der Vorgabe.

Das Missverhältnis zwischen innerklinischer Anwendung der LM und präklinischer Verwendung des LT zeigt sich auch in der Anzahl präklinisch durchgeführter Atemwegssicherungen innerhalb der letzten 12 Monate. Die Notfallsanitäter und Rettungsassistenten konnten durchschnittlich 0,64 LM eigenverantwortlich legen. So wurde in etwa 81% der Fälle beim prähospitalen Anwenden einer EGA der Typ LT benutzt. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit den Daten einer Auswertung von 6400 Notarzteinsätzen in Göttingen, wo in etwa 80% der Fälle beim Verwenden einer EGA der LT benutzt wurde (127).

Für alle weiteren Arten der Atemwegssicherung können die Richtwerte der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ nicht eingehalten werden (2). So wurden im bundesweiten Mittel 8,43 BMV, 2,40 ETI und 0,38 Intubationen mit der VL praktiziert.

Die geringe Anzahl an ETI ist ähnlich den Ergebnissen anderer Studien, in denen ein Notarzt zwischen 1,7 und 8,5 Intubationen pro Kalenderjahr durchgeführt hat (106, 107). Dabei ist zu bemerken, dass die Intubationshäufigkeit in Abhängigkeit von dem Notarztstandort, der Fachdisziplin und der Anzahl der Notarzteinsätze variierte. Ein ländlicher Standort führte zu einer geringeren Anzahl an Intubationen im Vergleich zu einem urbanen Standort (107). Des Weiteren sind in der Untersuchung nur die Daten von Notärzten ausgewertet worden, sodass die Häufigkeit nicht-ärztlicher Atemwegssicherungen vermutlich noch niedriger ist. Dies bestätigt sich in einer Arbeit mit 5245 nicht-ärztlichen Rettungsdienstmitarbeitern, in der 67,7% (6551/5245) der Teilnehmer zwei oder weniger Intubationen und 39,2% (2054/5245) keine ETI innerhalb eines Kalenderjahres durchgeführt haben (150).

Neben der jährlichen Anzahl an Atemwegssicherungen ist ein weiterer zentraler Baustein des Kompetenzerhalts die arbeitgeberorganisierte Fortbildungsmöglichkeit. Allerdings belegen die Daten, dass der Stellenwert einer kontinuierlichen Evaluation des Atemwegsmanagements in vielen Rettungsdienstbezirken eine untergeordnete Rolle spielt. 311/721 (43,1%) der Umfrageteilnehmer gaben an, dass im Rahmen der Jahresfortbildung keine Überprüfung des Atemwegsmanagements stattfindet. Wie jedoch die vorgelegten Daten und auch weitere Studien zeigen, ist die alleinige präklinische Tätigkeit am Simulator für einen Kompetenzerhalt unzureichend (106, 107, 127). Zusätzlich sollten die Fertigkeiten in Form von Vorlesungen, Videos, sowie praktischen Übungen an Atemwegstrainern und Simulationspuppen aufgefrischt und von erfahrenen Lehrkräften überprüft werden (128).

Unter den Notfallsanitätern und Rettungsassistenten mit abgeschlossener Fortbildung im Atemwegsmanagement haben 250/721 (34,7%) eine theoretische Lernkontrolle absolvieren müssen und bei 269/721 (37,3%) erfolgte die Überprüfung an einem Atemwegstrainer. Mehrere Autoren führen jedoch aus, dass die Überprüfung an einem Atemwegstrainer nicht auf den (prä-)klinischen Patienten übertragbar ist (2, 134, 135). Dahingegen ermöglicht ein Routineerhalt an einem humanen Kadaver eine eingeschränkte aber letztlich realistischere Darstellung der Notfallsituation und ist effektiver als das Training an einem Atemwegstrainer (151-153).

Weitere 217/721 (30,1%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten gaben an, dass die Kontrolle in Form eines Simulationstrainings unter dem Einsatz verschiedener Übungsphantome durchgeführt wurde. Den Vorteil einer realitätsnahen Simulation hat bereits eine Arbeitsgruppe im Jahr 2005 dokumentiert. So hätten Medizinstudenten die ETI an einem Patientensimulator erlernt und vergleichbare Erfolgsraten am Patienten vorweisen können wie Medizinstudenten, die im OP ausgebildet worden sind ($p = 0,27$) (154). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass möglicherweise die Betreuung durch erfahrene Lehrkräfte die Leistung der Interventionsgruppe beeinflusst hat.

Zwei weitere Arbeitsgruppen haben sich neben der Effektivität der Simulation den möglichen Zeitraum bis zum erneuten Routineerhalt angeschaut. So konnte der Intubationserfolg mittels eintägiger Simulation bis zu 12 Monate aufrecht erhalten werden (130, 131).

Allgemein gilt, dass jegliche Form der Atemwegstrainer und Simulation nicht die praktische Routine am Patienten ersetzen kann (129). Der Unterschied von

Simulatoren und Atemwegstrainern in der Atemwegsanatomie ist zudem nicht mit der tatsächlichen Anatomie der oberen Atemwege eines Patienten vergleichbar (155). Das Optimum einer supervidierten Überprüfung durch einen Praxisanleiter oder den ärztlichen Leiter am Patienten erfolgte jedoch nur bei 17/721 (2,4%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten. Allerdings begrüßten 268/721 (37,2%) eine einwöchige freiwillige Hospitation in der Anästhesie.

Neben einem freiwilligen Klinikpraktikum sprachen sich 576/721 (79,9 %) der befragten Rettungsdienstmitarbeitenden für eine regelmäßige Lernkontrolle zum Kompetenzerhalt im Atemwegsmanagement aus – idealerweise durch eine Kombination aus theoretischen Inhalten und praktischen Übungen an Simulatoren, sowohl für normale als auch für schwierige Atemwege. Darüber hinaus befürworteten 372/721 (51,6 %) der Teilnehmenden, dass die zukünftige Berufsausbildung im Atemwegsmanagement ebenfalls auf dieser kombinierten Methodik basieren sollte. Ein wesentliches Hindernis für den flächendeckenden Einsatz realitätsnaher Simulationen – insbesondere solcher mit hochrealistischen Simulatoren oder humanen Kadavern – stellen jedoch die hohen Kosten dar (153, 154, 156). Solange die Finanzierung entsprechender Ausbildungsmodelle nicht gesichert ist, bleibt die Umsetzung solcher Fortbildungsmaßnahmen eine Herausforderung. Zukünftige Studien sollten daher nicht nur die Effektivität simulationsbasierter Trainingsformate, sondern auch deren Kosten-Nutzen-Verhältnis systematisch evaluieren, um eine fundierte Entscheidungsgrundlage für den breiten Einsatz in der Aus- und Weiterbildung zu schaffen.

Über klinische Tätigkeiten in Form von Fortbildungen oder Hospitationen können die empfohlenen jährlichen Richtwerte für die unterschiedlichen Arten der Atemwegssicherung eingehalten und ein zukünftiger Kompetenzerhalt gewährleistet werden. Der Vorschlag eines bundeseinheitlichen Fortbildungscurriculums könnte dem Rettungsdienstpersonal wertvolle Kenntnisse im Hinblick auf die Patientensicherheit und Versorgungsqualität geben und die gegenwärtigen Unterschiede in der Art der Re-Zertifizierung verringern (127, 156). Zudem empfiehlt es sich, die Kompetenz-Zertifizierungen in Form eines PDCA-Zyklus regelmäßig zu evaluieren, sodass auf Fortschritte in der Wissenschaft reagiert werden kann und sie den aktuellen Anforderungen entsprechen (136, 157). Zuletzt offenbart sich erneut die fehlende Angleichung in der Ausstattung zwischen der Präklinik und der Klinik. Für einen zukünftigen erfolgreichen Kompetenzerhalt ist es relevant, dass das

nicht-ärztliche Rettungsdienstpersonal sowohl innerklinisch als auch in der prähospitalen Notfallsituation an den gleichen EGA aus- und fortgebildet wird.

5.3 Inzidenz des Schwierigen Atemweges

Wie bereits mehrere Autoren belegen, ist die präklinische Atemwegssicherung mit einer hohen Rate an Komplikationen verbunden (57, 87, 113). Demzufolge sollten die Teilnehmer in einer weiteren Frage die Inzidenz der unerwartet schwierigen Atemwege in den letzten 12 Monaten vor dem Studienzeitraum angeben.

419/721 (58,1%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten gaben an, dass sie im oben genannten Zeitraum fünf oder weniger unerwartet schwierige Atemwege erlebt haben. Weitere 101/721 (14,0%) hatten zwischen sechs bis zehn schwierige Atemwege und 161/721 (22,3%) hatten gar keinen schwierigen Atemweg. Es zeigt sich, dass die Ergebnisse der Umfrage mit der von mehreren Studien analysierten prähospitalen Inzidenz vergleichbar sind (84, 100, 110, 112, 147, 158). So hatte ein Großteil der Umfrageteilnehmer, 458/603 (75,9%) der Notfallsanitäter und 102/118 (86,4%) der Rettungsassistenten mindestens einen schwierigen Atemweg innerhalb eines Jahres. In Folge einer durchschnittlichen Anzahl von weniger als 10 Atemwegssicherungen innerhalb des oben genannten Zeitraumes liegt die Inzidenz eines unerwartet schwierigen Atemweges bei größer als 10%.

Die Komplexität des prähospitalen Atemwegsmanagements spiegelt sich neben der geringen Anzahl prähospitaler Atemwegssicherungen auch in dem hohen Anteil an schwierigen Atemwegen wider. Zusätzlich konnte man zeigen, dass selbst bei erfahrenen Notärzten im Rahmen einer präklinischen Atemwegssicherung Komplikationen auftreten (14, 87). Umso relevanter erscheint in diesem Zusammenhang das Zusammenspiel aus Präklinik und Klinik. Ein Feedbacksystem mit dem weiterbehandelnden Krankenhaus kann nach erfolgter prähospitaler Atemwegssicherung Rückmeldungen zur Qualität und zu möglichen unentdeckten Komplikationen der durchgeführten Atemwegssicherung geben. Die große Mehrheit von 634/721 (87,9%) der Umfrageteilnehmer erhielt jedoch nur ein Feedback auf Nachfrage. Lediglich 61/721 (8,5%) der Notfallsanitäter und Rettungsassistenten wurden bei aufgetretenen Komplikationen und 10/721 (1,4%) bei einem schwierigen Atemweg über den Erfolg der Atemwegssicherung informiert. Ein Feedbacksystem als fester Bestandteil einer präklinisch erfolgten Atemwegssicherung war bisher nur bei 16/721 (2,2%) der Teilnehmer der Fall.

Allgemein offenbaren die erhobenen Daten viel Potential für eine weitere Optimierung des Qualitätsmanagements im prähospitalen Atemwegsmanagement. Das Ziel sollte

sein, zukünftig ein flächendeckendes Feedbacksystem mit den weiterbehandelnden Krankenhäusern einzuführen, um die Atemwegssicherungen entsprechend supervidieren zu können und langfristig die Versorgungsqualität und die Patientensicherheit zu verbessern.

5.4 Limitationen der Studie

Im Zusammenhang mit den präsentierten Ergebnissen dieser Studie sind diverse Einflussfaktoren zu berücksichtigen. So unterliegt die Umfrage mehrerer Verzerrungen. Zum einen kann ein Selektion-Bias nicht ausgeschlossen werden, da es keine gleichmäßige Streuung der Umfrageteilnehmer über alle Bundesländer gibt. Die Untersuchung bildet nur eine Teilmenge der nicht-ärztlichen Rettungsdienstmitarbeiter ab und es lassen sich keine Schlüsse auf die Gesamtheit der in Deutschland tätigen Notfallsanitäter und Rettungsassistenten ziehen. Um jedoch eine qualitative Aussage treffen zu können, wurden in der Folge für den Bundesländervergleich nur die vier entsprechend der Stichprobenmenge größten Bundesländer ausgewertet und miteinander verglichen.

Des Weiteren könnte die retrospektive Datenerhebung zum prähospitalen Atemwegsmanagement durch ein Recall-Bias beeinflusst sein. Die Berufsausbildung liegt bei knapp der Hälfte der Teilnehmer mehr als 10 Jahre zurück, sodass die Anzahl an durchgeführten Atemwegssicherungen von den Teilnehmern zum Teil nur grob geschätzt werden konnte.

Eine weitere Limitation der Studie könnten die vorgeschlagenen Spannweiten in der Inzidenz des schwierigen Atemweges sein. Bei weniger als 10 Atemwegssicherungen innerhalb eines Jahres ist die vorgegebene Abstufung in Fünferschritten möglicherweise zu ungenau und zu breit gefasst. Zukünftig sollte die Erhebung der Inzidenz in kleineren Spannweiten erfolgen oder individuell von dem Umfrageteilnehmer angegeben werden.

Ebenfalls wurde keine Differenzierung zwischen den Notfallsanitätern mit 3-jähriger Berufsausbildung und den Notfallsanitätern, die als vorheriger Rettungsassistent die Ergänzungsprüfung oder das Staatsexamen zur Erlangung der Berufsqualifikation Notfallsanitäter absolviert haben, vorgenommen.

Für eine zukünftige bessere Vergleichbarkeit diverser Studien zum präklinischen Atemwegsmanagement hat die Arbeitsgruppe um Kottmann et al. 17 Qualitätskriterien eingeführt. Diese Kriterien wurden von einem Expertenkonsens erstellt und entsprechend der Wichtigkeit geordnet (159). Falls die Qualitätskriterien in den zukünftigen Studiendesigns berücksichtigt werden, können die Arbeiten besser

miteinander verglichen und in der Folge die Evidenz des präklinischen Atemwegsmanagement angehoben werden.

6 Zusammenfassung

Das prähospitaler Atemwegsmanagement birgt zahlreiche Herausforderungen für das medizinische Personal, darunter die Vielfalt der Erkrankungen, die Unterschiede in den Notfallsituationen und die individuellen Kenntnisse des Notfallteams (2, 3). Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer qualitativ hochwertigen Aus- und Fortbildung, sowie klaren Handlungsempfehlungen, um die erforderliche Versorgungsqualität zu gewährleisten (2, 4).

Primäres Ziel dieser Untersuchung war es, die bisherige Aus- und Fortbildung im Atemwegsmanagement von Notfallsanitätern und Rettungsassistenten zu evaluieren. Können die Handlungsempfehlungen der S1-Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ umgesetzt werden und gibt es gegebenenfalls Verbesserungspotential für eine zukünftige Aus- und Weiterbildung im prähospitalen Atemwegsmanagement (2)?

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die von der Literatur zur Aus- und Fortbildung geforderte Mindestanzahl an Atemwegssicherungen sowohl am Phantom als auch am Patienten schwer in der Praxis umsetzbar ist. Einzig können die Mindestanforderungen für den LT am Phantom und für dessen Kompetenzerhalt erfüllt werden, welcher jedoch in der klinischen Ausbildung eine untergeordnete Rolle einnimmt. So kann die erlernte Kompetenz am Phantom nur bedingt in die Klinik transferiert werden. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Literatur, die – analog zu den erhobenen Daten – sowohl eine fehlende Angleichung der atemwegsspezifischen Ausstattung zwischen Präklinik und Klinik als auch eine hohe Inzidenz schwieriger Atemwege aufzeigen.

Zudem zeigt die Studie sehr heterogene Fortbildungsmöglichkeiten der einzelnen Rettungsdienstmitarbeiter und die Schwierigkeit des Kompetenzerhalts durch eine alleinige präklinische Tätigkeit. Umso relevanter ist zukünftig eine enge Verknüpfung zwischen Präklinik und Klinik. Die Daten untermauern den Stellenwert einer klinischen Aus- und Fortbildung am Patienten. Neben einem standardisierten Feedbacksystem mit dem weiterbehandelnden Krankenhaus könnte ein bundesweit einheitliches Fortbildungscurriculum für das prähospitaler Atemwegsmanagement helfen, eine flächendeckend gleiche Versorgungsqualität und hohe Patientensicherheit zu gewähren und die gegenwärtigen Unterschiede in der Art der Re-Zertifizierung verringern.

Um auch in Zukunft den Ausbildungsstand kritisch zu betrachten, sind weitere Studien über die Vorhaltung und Durchführbarkeit einer prähospitalen Atemwegssicherung durch Notfallsanitäter und Rettungsassistenten sehr empfehlenswert.

7 Literaturverzeichnis

1. Deutscher Bundestag. Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters (Notfallsanitätergesetz – NotSanG) vom 22. Mai 2013 (BGBl I, S. 1348) [Internet]. Letzte Aktualisierung: 20.07.2022. Zitiert am 10.0.2023. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/notsang/NotSanG.pdf>.
2. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Timmermann A, Böttiger BW, Byhahn C, Dörge V, Eich C, et al. AWMF S1-Leitlinie Prähospitales Atemwegsmanagement - Langfassung [Internet]. Letzte Aktualisierung: 22.03.2019. Zitiert am 08.03.2023. URL: <https://pfn-seminare.de/wp-content/uploads/2024/02/Leitlinie-Praehospitales-Atemwegsmanagement.pdf>
<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/001-040#anmeldung>.
3. Lawes EG, Baskett PJ. Pulmonary aspiration during unsuccessful cardiopulmonary resuscitation. *Intensive Care Med.* 1987;13(6):379-82.
4. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M, et al. Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. *Notfallmedizin up2date.* 2012;7:105-20.
5. Striebel HW. Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin. 10 ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2020. 102-13, 26-31 35-37, 269-70, 376, 614-5 p.
6. Laux G. Gesichtsmasken und Larynxmasken. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, editors. *Die Anästhesiologie.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019. p. 701-6.
7. Bouvet L, Albert ML, Augris C, Boselli E, Ecochard R, Rabilloud M, et al. Real-time detection of gastric insufflation related to facemask pressure-controlled ventilation using ultrasonography of the antrum and epigastric auscultation in nonparalyzed patients: a prospective, randomized, double-blind study. *Anesthesiology.* 2014;120(2):326-34.
8. Stone BJ, Chantler PJ, Baskett PJ. The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation: a comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. *Resuscitation.* 1998;38(1):3-6.
9. Scholz J, Aurbek N, Bardutzky J, Bein B, Biermann E, Blomeyer R, et al. *Notfallmedizin 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage* ed. Scholz J, Seifrin P, Böttiger BW, Dörge V, Wenzel V, editors. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2013. 86-9,97-8,389-90 p.
10. Yang Z, Liang H, Li J, Qiu S, He Z, Li J, et al. Comparing the efficacy of bag-valve mask, endotracheal intubation, and laryngeal mask airway for subjects with out-of-hospital cardiac arrest: an indirect meta-analysis. *Ann Transl Med.* 2019;7(12):257.
11. Carney N, Totten AM, Cheney T, Jungbauer R, Neth MR, Weeks C, et al. Prehospital Airway Management: A Systematic Review. *Prehosp Emerg Care.* 2022;26(5):716-27.

12. Komatsu R, Kasuya Y, Yogo H, Sessler DI, Mascha E, Yang D, et al. Learning curves for bag-and-mask ventilation and orotracheal intubation: an application of the cumulative sum method. *Anesthesiology*. 2010;112(6):1525-31.
13. Brain AI. The laryngeal mask--a new concept in airway management. *Br J Anaesth*. 1983;55(8):801-5.
14. Timmermann A, Russo SG, Crozier TA, Eich C, Mundt B, Albrecht B, et al. Novices ventilate and intubate quicker and safer via intubating laryngeal mask than by conventional bag-mask ventilation and laryngoscopy. *Anesthesiology*. 2007;107(4):570-6.
15. Kleine-Brueggeney M, Theiler L, Urwyler N, Vogt A, Greif R. Randomized trial comparing the i-gel™ and Magill tracheal tube with the single-use ILMA™ and ILMA™ tracheal tube for fiberoptic-guided intubation in anaesthetized patients with a predicted difficult airway. *Br J Anaesth*. 2011;107(2):251-7.
16. VBM Medizintechnik GmbH [Bildquelle] Abbildung 2 - Larynx-Tubus LTS-D. Zitiert am 21.12.2022. URL: https://www.vbm-medical.de/wp-content/uploads/2021/10/PIC00230_LTS-D_MenschlicheQuerschnitt_Groesse4_001_16zu9.webp.
17. Dengler V, Wilde P, Byhahn C, Mack MG, Schalk R. [Prehospital airway management of laryngeal tubes. Should the laryngeal tube S with gastric drain tube be preferred in emergency medicine?]. *Anaesthesist*. 2011;60(2):135-8.
18. Schalk R, Byhahn C, Fausel F, Egner A, Oberndörfer D, Walcher F, et al. Out-of-hospital airway management by paramedics and emergency physicians using laryngeal tubes. *Resuscitation*. 2010;81(3):323-6.
19. Sunde GA, Brattebø G, Odegården T, Kjernlie DF, Rødne E, Heltne JK. Laryngeal tube use in out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012;20:84.
20. Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim CA, Kaisers UX, et al. Prehospital airway management using the laryngeal tube. An emergency department point of view. *Anaesthesist*. 2014;63(7):589-96.
21. Brimacombe JR, Brimacombe JC, Berry AM, Morris R, Mecklem D, Clarke G, et al. A comparison of the laryngeal mask airway and cuffed oropharyngeal airway in anesthetized adult patients. *Anesth Analg*. 1998;87(1):147-52.
22. Cros AM, Pitti R, Conil C, Giraud D, Verhulst J. Severe dysphonia after use of a laryngeal mask airway. *Anesthesiology*. 1997;86(2):498-500.
23. Roth S, Thisted RA, Erickson JP, Black S, Schreider BD. Eye injuries after nonocular surgery. A study of 60,965 anesthetics from 1988 to 1992. *Anesthesiology*. 1996;85(5):1020-7.
24. Russo SG, Wulf H. [Advanced indications of the laryngeal mask - Limitations of use]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2014;49(3):152-61.

25. Timmermann A, Bergner UA, Russo SG. Laryngeal mask airway indications: new frontiers for second-generation supraglottic airways. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2015;28(6):717-26.
26. Law JA, Duggan LV, Asselin M, Baker P, Crosby E, Downey A, et al. Canadian Airway Focus Group updated consensus-based recommendations for management of the difficult airway: part 2. Planning and implementing safe management of the patient with an anticipated difficult airway. *Can J Anaesth.* 2021;68(9):1405-36.
27. Vannucci A, Rossi IT, Prifti K, Kallogjeri D, Rangrass G, DeCresce D, et al. Modifiable and Nonmodifiable Factors Associated With Perioperative Failure of Extraglottic Airway Devices. *Anesth Analg.* 2018;126(6):1959-67.
28. Katsiampoura AD, Killoran PV, Corso RM, Cai C, Hagberg CA, Cattano D. Laryngeal mask placement in a teaching institution: analysis of difficult placements. *F1000Res.* 2015;4:102.
29. Ramachandran SK, Mathis MR, Tremper KK, Shanks AM, Kheterpal S. Predictors and clinical outcomes from failed Laryngeal Mask Airway Unique™: a study of 15,795 patients. *Anesthesiology.* 2012;116(6):1217-26.
30. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Piepho T, Kriege M, Byhahn C, Cavus E, Dörjes V, et al. AWMF S1-Leitlinie Atemwegsmangement - Langfassung [Internet]. Letzte Aktualisierung: 21.08.2023. Zitiert am 29.12.2024. URL: https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-028I_S1_Atemwegsmanagement_2023-09.pdf.
31. Timmermann A, Russo S. Neubewertung extraglottischer Atemwegshilfsmittel in der Notfallmedizin. *Notfallmedizin up2date.* 2017;12:143-55.
32. Chan JJ, Goh ZX, Koh ZX, Soo JJE, Fergus J, Ng YY, et al. Clinical evaluation of the use of laryngeal tube versus laryngeal mask airway for out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Singapore. *Singapore Med J.* 2022;63(3):157-61.
33. Lønvik MP, Elden OE, Lunde MJ, Nordseth T, Bakkelund KE, Uleberg O. A prospective observational study comparing two supraglottic airway devices in out-of-hospital cardiac arrest. *BMC Emerg Med.* 2021;21(1):51.
34. Bengner J, Coates D, Davies S, Greenwood R, Nolan J, Rhys M, et al. Randomised comparison of the effectiveness of the laryngeal mask airway supreme, i-gel and current practice in the initial airway management of out of hospital cardiac arrest: a feasibility study. *Br J Anaesth.* 2016;116(2):262-8.
35. Erath JW, Reichert A, Büttner S, Weiler H, Vamos M, von Jeinsen B, et al. [Out-of-hospital airway management with a laryngeal tube or endotracheal intubation for out-of-hospital cardiac arrest : Influence on in-hospital mortality]. *Med Klin Intensivmed Notfmed.* 2020;115(3):213-21.
36. 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):1-158.

37. Lee GT, Park JE, Woo SY, Shin TG, Jeong D, Kim T, et al. Defining the learning curve for endotracheal intubation in the emergency department. *Sci Rep.* 2022;12(1):14903.
38. Sulzgruber P, Datler P, Sterz F, Poppe M, Lobmeyr E, Keferböck M, et al. The impact of airway strategy on the patient outcome after out-of-hospital cardiac arrest: A propensity score matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2018;7(5):423-31.
39. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, Stephens SW, Idris AH, Carlson JN, et al. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *Jama.* 2018;320(8):769-78.
40. Hart D, Driver B, Kartha G, Reardon R, Miner J. Efficacy of Laryngeal Tube versus Bag Mask Ventilation by Inexperienced Providers. *West J Emerg Med.* 2020;21(3):688-93.
41. Laux G. Endotracheale Intubation. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, editors. *Die Anästhesiologie.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019. p. 707-17.
42. Kriege M, Piepho T. Endotracheale Intubation. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, editors. *Die Anästhesiologie.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2024. p. 1-11.
43. Samsoon GL, Young JR. Difficult tracheal intubation: a retrospective study. *Anaesthesia.* 1987;42(5):487-90.
44. Detsky ME, Jivraj N, Adhikari NK, Friedrich JO, Pinto R, Simel DL, et al. Will This Patient Be Difficult to Intubate?: The Rational Clinical Examination Systematic Review. *Jama.* 2019;321(5):493-503.
45. Savva D. Prediction of difficult tracheal intubation. *Br J Anaesth.* 1994;73(2):149-53.
46. Shiga T, Wajima Z, Inoue T, Sakamoto A. Predicting difficult intubation in apparently normal patients: a meta-analysis of bedside screening test performance. *Anesthesiology.* 2005;103(2):429-37.
47. Ilper H, Franz-Jäger C, Byhahn C, Klages M, Ackermann HH, Zacharowski K, et al. [Update Mallampati : Theoretical and practical knowledge of European anesthesiologists on basic evaluation of airways]. *Anaesthesist.* 2018;67(10):738-44.
48. Ilper H, Grossbach A, Franz-Jäger C, Byhahn C, Klages M, Ackermann HH, et al. Thyromental distance ("Patil") revisited : Knowledge and performance of a basic airway screening tool among European anesthesiologists. *Anaesthesist.* 2018;67(3):198-203.
49. Benjamin FJ, Boon D, French RA. An evaluation of the GlideScope, a new video laryngoscope for difficult airways: a manikin study. *Eur J Anaesthesiol.* 2006;23(6):517-21.

50. Cooper RM, Pacey JA, Bishop MJ, McCluskey SA. Early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope) in 728 patients. *Can J Anaesth.* 2005;52(2):191-8.
51. Cooper RM. Use of a new videolaryngoscope (GlideScope) in the management of a difficult airway. *Can J Anaesth.* 2003;50(6):611-3.
52. Agrò F, Barzoi G, Montecchia F. Tracheal intubation using a Macintosh laryngoscope or a GlideScope in 15 patients with cervical spine immobilization. *Br J Anaesth.* 2003;90(5):705-6.
53. Kriege M. Videolaryngoskopie – immer und überall? Wissenschaftliche Evidenz und aktueller Stellenwert der Videolaryngoskopie in der Anästhesiologie. *Anästh Intensivmed.* 2024;65:300–314.
54. Kriege M, Noppens RR, Turkstra T, Payne S, Kunitz O, Tzanova I, et al. A multicentre randomised controlled trial of the McGrath™ Mac videolaryngoscope versus conventional laryngoscopy. *Anaesthesia.* 2023;78(6):722-9.
55. Kleine-Brueggeney M, Greif R, Schoettker P, Savoldelli GL, Nabecker S, Theiler LG. Evaluation of six videolaryngoscopes in 720 patients with a simulated difficult airway: a multicentre randomized controlled trial. *Br J Anaesth.* 2016;116(5):670-9.
56. Hossfeld B, Frey K, Doerges V, Lampl L, Helm M. Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. *Eur J Anaesthesiol.* 2015;32(6):425-31.
57. Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, et al. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg.* 2007;104(3):619-23.
58. Pieters BMA, Maas EHA, Knape JTA, van Zundert AAJ. Videolaryngoscopy vs. direct laryngoscopy use by experienced anaesthetists in patients with known difficult airways: a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesia.* 2017;72(12):1532-41.
59. Aziz MF, Healy D, Kheterpal S, Fu RF, Dillman D, Brambrink AM. Routine clinical practice effectiveness of the Glidescope in difficult airway management: an analysis of 2,004 Glidescope intubations, complications, and failures from two institutions. *Anesthesiology.* 2011;114(1):34-41.
60. Lewis SR, Butler AR, Parker J, Cook TM, Schofield-Robinson OJ, Smith AF. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation: a Cochrane Systematic Review. *Br J Anaesth.* 2017;119(3):369-83.
61. Maissan I, van Lieshout E, de Jong T, van Vledder M, Houmes RJ, Hartog DD, et al. The impact of video laryngoscopy on the first-pass success rate of prehospital endotracheal intubation in The Netherlands: a retrospective observational study. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2022;48(5):4205-13.
62. Macke C, Gralla F, Winkelmann M, Clausen JD, 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).

63. Piepho T, Fortmueller K, Heid FM, Schmidtmann I, Werner C, Noppens RR. Performance of the C-MAC video laryngoscope in patients after a limited glottic view using Macintosh laryngoscopy. *Anaesthesia*. 2011;66(12):1101-5.
64. Perkins EJ, Begley JL, Brewster FM, Hanegbi ND, Ilancheran AA, Brewster DJ. The use of video laryngoscopy outside the operating room: A systematic review. *PLoS One*. 2022;17(10):e0276420.
65. Hansel J, Rogers AM, Lewis SR, Cook TM, Smith AF. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adults undergoing tracheal intubation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2022;4:CD011136.
66. Ruderman BT, Mali M, Kaji AH, Kilgo R, Watts S, Wells R, et al. Direct vs Video Laryngoscopy for Difficult Airway Patients in the Emergency Department: A National Emergency Airway Registry Study. *West J Emerg Med*. 2022;23(5):706-15.
67. Arulkumaran N, Lowe J, Ions R, Mendoza M, Bennett V, Dunser MW. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for emergency orotracheal intubation outside the operating room: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2018;120(4):712-24.
68. Sakles JC, Javedani PP, Chase E, Garst-Orozco J, Guillen-Rodriguez JM, Stolz U. The use of a video laryngoscope by emergency medicine residents is associated with a reduction in esophageal intubations in the emergency department. *Acad Emerg Med*. 2015;22(6):700-7.
69. Gok PG, Ozakin E, Acar N, Karakilic E, Kaya FB, Tekin N, et al. Comparison of Endotracheal Intubation Skills With Video Laryngoscopy and Direct Laryngoscopy in Providing Airway Patency in a Moving Ambulance. *J Emerg Med*. 2021;60(6):752-9.
70. van Schuppen H, Wojciechowicz K, Hollmann MW, Preckel B. Tracheal Intubation during Advanced Life Support Using Direct Laryngoscopy versus Glidescope(®) Videolaryngoscopy by Clinicians with Limited Intubation Experience: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2022;11(21).
71. Henderson JJ, Popat MT, Latta IP, Pearce AC. Difficult Airway Society guidelines for management of the unanticipated difficult intubation. *Anaesthesia*. 2004;59(7):675-94.
72. Hubble MW, Wilfong DA, Brown LH, Hertelendy A, Benner RW. A meta-analysis of prehospital airway control techniques part II: alternative airway devices and cricothyrotomy success rates. *Prehosp Emerg Care*. 2010;14(4):515-30.
73. Andresen Å EL, Kramer-Johansen J, Kristiansen T. Percutaneous vs surgical emergency cricothyroidotomy: An experimental randomized crossover study on an animal-larynx model. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2019;63(10):1306-12.
74. Poole O, Vargo M, Zhang J, Hung O. A comparison of three techniques for cricothyrotomy on a manikin. *Can J Respir Ther*. 2017;53(2):29-32.
75. King W, Teare J, Vandrevalla T, Cartwright S, Mohammed KB, Patel B. Evaluation of a novel Surgicric® cricothyroidotomy device for emergency tracheal access in a porcine model. *Anaesthesia*. 2016;71(2):177-84.

76. Mallows JL, Tyler PA. Randomized controlled trial comparing an open surgical technique and a Seldinger technique for cricothyrotomy performed on a simulated airway. *AEM Educ Train*. 2021;5(4):e10699.
77. Heymans F, Feigl G, Graber S, Courvoisier DS, Weber KM, Dulguerov P. Emergency Cricothyrotomy Performed by Surgical Airway-naïve Medical Personnel: A Randomized Crossover Study in Cadavers Comparing Three Commonly Used Techniques. *Anesthesiology*. 2016;125(2):295-303.
78. Chrisman L, King W, Wimble K, Cartwright S, Mohammed KB, Patel B. Surgicric 2: A comparative bench study with two established emergency cricothyroidotomy techniques in a porcine model. *Br J Anaesth*. 2016;117(2):236-42.
79. Nakstad AR, Bredmose PP, Sandberg M. Comparison of a percutaneous device and the bougie-assisted surgical technique for emergency cricothyrotomy: an experimental study on a porcine model performed by air ambulance anaesthesiologists. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2013;21:59.
80. Bair AE, Panacek EA, Wisner DH, Bales R, Sakles JC. Cricothyrotomy: a 5-year experience at one institution. *J Emerg Med*. 2003;24(2):151-6.
81. Lockey D, Crewdson K, Weaver A, Davies G. Observational study of the success rates of intubation and failed intubation airway rescue techniques in 7256 attempted intubations of trauma patients by pre-hospital physicians. *Br J Anaesth*. 2014;113(2):220-5.
82. Schober P, Biesheuvel T, de Leeuw MA, Loer SA, Schwarte LA. Prehospital cricothyrotomies in a helicopter emergency medical service: analysis of 19,382 dispatches. *BMC Emerg Med*. 2019;19(1):12.
83. High K, Brywczyński J, Han JH. Cricothyrotomy in Helicopter Emergency Medical Service Transport. *Air Med J*. 2018;37(1):51-3.
84. Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Mochmann HC, Arntz HR. Difficult prehospital endotracheal intubation - predisposing factors in a physician based EMS. *Resuscitation*. 2011;82(12):1519-24.
85. Arbeitsgruppe Prähospitaler Notfallnarkose des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Notfallmedizin der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Bernhard M, Bein B, Böttiger BW, Bohn A, Fischer M, et al. AWMF S1-Leitlinie Prähospitaler Notfallnarkose beim Erwachsenen - Langfassung [Internet]. Letzte Aktualisierung: 12.03.2015. Zitiert am 08.12.2022. URL: https://www.ai-online.info/images/ai-ausgabe/2015/06-2015/2015_6_317-335_Handlungsempfehlung%20%20Praehospitale%20Notfallnarkose%20beim%20Erwachsenen.pdf.
86. Martin C, Nefzger T, Lotz G. [Alternative airwaymanagement in theprehospitalsetting]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*. 2016;51(4):254-61; quiz 62.
87. Rognås L, Hansen TM, Kirkegaard H, Tønnesen E. Pre-hospital advanced airway management by experienced anaesthesiologists: a prospective descriptive study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2013;21:58.

88. Benoit JL, Gerecht RB, Steuerwald MT, McMullan JT. Endotracheal intubation versus supraglottic airway placement in out-of-hospital cardiac arrest: A meta-analysis. *Resuscitation*. 2015;93:20-6.
89. Lee AF, Chien YC, Lee BC, Yang WS, Wang YC, Lin HY, et al. Effect of Placement of a Supraglottic Airway Device vs Endotracheal Intubation on Return of Spontaneous Circulation in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Taipei, Taiwan: A Cluster Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*. 2022;5(2):e2148871.
90. Wang CH, Lee AF, Chang WT, Huang CH, Tsai MS, Chou E, et al. Comparing Effectiveness of Initial Airway Interventions for Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Systematic Review and Network Meta-analysis of Clinical Controlled Trials. *Ann Emerg Med*. 2020;75(5):627-36.
91. Montag S, Herdtle S, John S, Lehmann T, Behringer W, Hohenstein C. Association between prehospital FPS and ROSC in adults with OHCA : A retrospective multicenter study using the German Resuscitation Registry and Intubation Registry (FiPS-CPR). *Anaesthesiologie*. 2022.
92. Bernhard M, Becker TK, Gries A, Knapp J, Wenzel V. The First Shot Is Often the Best Shot: First-Pass Intubation Success in Emergency Airway Management. *Anesth Analg*. 2015;121(5):1389-93.
93. 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):31.
94. 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):449-59.e20.
95. Fehlmann CA, Chan M, Betend R, Novotny-Court F, Suppan M, Savoldelli GL, et al. Impact of Operator Medical Specialty on Endotracheal Intubation Rates in Prehospital Emergency Medicine-A Retrospective Cohort Study. *J Clin Med*. 2022;11(7).
96. 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):44.
97. Nicol T, Gil-Jardiné C, Jabre P, Adnet F, Ecollan P, Guihard B, et al. Incidence, Complications, and Factors Associated with Out-of-Hospital First Attempt Intubation Failure in Adult Patients: A Secondary Analysis of the CURASMUR Trial Data. *Prehosp Emerg Care*. 2022;26(2):280-5.
98. Hasegawa K, Shigemitsu K, Hagiwara Y, Chiba T, Watase H, Brown CA, 3rd, et al. Association between repeated intubation attempts and adverse events in emergency departments: an analysis of a multicenter prospective observational study. *Ann Emerg Med*. 2012;60(6):749-54.e2.

99. Sakles JC, Chiu S, Mosier J, Walker C, Stolz U. The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. *Acad Emerg Med*. 2013;20(1):71-8.
100. Martin LD, Mhyre JM, Shanks AM, Tremper KK, Kheterpal S. 3,423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology*. 2011;114(1):42-8.
101. Mort TC. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg*. 2004;99(2):607-13, table of contents.
102. Thierbach A, Piepho T, Wolcke B, Kuster S, Dick W. [Prehospital emergency airway management procedures. Success rates and complications]. *Anaesthesist*. 2004;53(6):543-50.
103. Knapp J, Wenzel V, Greif R, Hossfeld B, Bernhard M. First-Pass Intubation Success. *Notfall + Rettungsmedizin*. 2016;19(7):566-73.
104. Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H. Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg*. 1998;86(3):635-9.
105. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A. Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2012;56(2):164-71.
106. Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T. Realistic assessment of the physician-staffed emergency services in Germany. *Anaesthesist*. 2006;55(10):1080-6.
107. Genzwürker H, T F, S W, F H-J, W S, B K-F, et al. Inzidenz der endotrachealen Intubation im Notarztdienst: adäquate Erfahrung ohne klinische Routine kaum möglich. *Anesthesiologie und Intensivmedizin*. 2010;51:202-10.
108. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, Abdelmalak BB, Agarkar M, Dutton RP, et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology*. 2022;136(1):31-81.
109. Cormack RS, Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia*. 1984;39(11):1105-11.
110. 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):179-85.
111. Helm M, Kremers G, Lampl L, Hossfeld B. Incidence of transient hypoxia during pre-hospital rapid sequence intubation by anaesthesiologists. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013;57(2):199-205.
112. Breckwoldt J, Klemstein S, Brunne B, Schnitzer L, Arntz HR, Mochmann HC. Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians-Comparing 'proficient performers' and 'experts'. *Resuscitation*. 2012;83(4):434-9.

113. Hossfeld B, Lampl L, Helm M. Notwendigkeit eines Algorithmus für den „schwierigen Atemweg“ in der Präklinik. Notfall + Rettungsmedizin. 2011;14(1):10-4.
114. Cobas MA, De la Peña MA, Manning R, Candiotti K, Varon AJ. Prehospital intubations and mortality: a level 1 trauma center perspective. Anesth Analg. 2009;109(2):489-93.
115. 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):67-71.
116. Denver Metro Airway Study G. A Prospective Multicenter Evaluation of Prehospital Airway Management Performance in a Large Metropolitan Region. Prehospital Emergency Care. 2009;13(3):304-10.
117. Katz SH, Falk JL. Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. Ann Emerg Med. 2001;37(1):32-7.
118. Umana E, Foley J, Grossi I, Deasy C, O'Keeffe F. National Emergency Resuscitation Airway Audit (NERAA): a pilot multicentre analysis of emergency intubations in Irish emergency departments. BMC Emerg Med. 2022;22(1):91.
119. Wirtz DD, Ortiz C, Newman DH, Zhitomirsky I. Unrecognized misplacement of endotracheal tubes by ground prehospital providers. Prehosp Emerg Care. 2007;11(2):213-8.
120. Galinski M, Wrobel M, Boyer R, Reuter PG, Ruscev M, Debaty G, et al. Risk factors for failed first intubation attempt in an out-of-hospital setting: a multicenter prospective study. Intern Emerg Med. 2022.
121. Bundesärztekammer. Stellungnahme der Bundesärztekammer zur Notkompetenz von Rettungsassistenten und zur Delegation ärztlicher Leistungen im Rettungsdienst [Internet]. 1992. Zitiert am 10.01.2023. URL: <https://band-online.de/notkompetenz-delegation-stellungnahme-der-baek-1992/>.
122. Lechleuthner A. Der Pyramidenprozess – die fachliche Abstimmung der invasiven Maßnahmen im Rahmen der Umsetzung des Notfallsanitätärgesetzes. NOTARZT. 2014;30(03):112-7.
123. Deutscher Berufsverband Rettungsdienst e.V. Nachweisheft für die praktische Notfallsanitätäerausbildung Klinikausbildung [Internet]. Version 1.0. Letzte Aktualisierung: 29.09.2018. Zitiert am 17.01.2023. URL: https://www.dbrd.de/images/nachweisheft-klinikausbildung/Nachweisheft_KH_Ausbildung_2018.pdf.
124. Deutscher Berufsverband Rettungsdienst e.V. Musteralgorithmen 2025 zur Umsetzung des Pyramidenprozesses im Rahmen des NotSanG [Internet]. Version 9.2. 2024. Zitiert am 13.05.2025. URL: https://www.dbrd.de/images/algorithmen/DBRDAIgo25_V10_1_WEB1_1.pdf.
125. Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst (ÄLRD), Lechleuthner A. Pyramidenprozess: Abstimmungs- und Erörterungsprozess „invasive Maßnahmen für

Notfallsanitäterinnen und -sanitäter“ [Internet]. Letzte Aktualisierung: 22.10.2017. Zitiert am: 19.10.2022 URL: https://www.bv-aelrd.de/pluginfile.php/49/mod_resource/content/0/Anlage%201%20-%20Bericht%20und%20Bewertung%20der%20Sitzungen%20bis%2006.2.2014.pdf.

126. Raatiniemi L, Länkimäki S, Martikainen M. Pre-hospital airway management by non-physicians in Northern Finland -- a cross-sectional survey. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2013;57(5):654-9.

127. Bollinger M, Roessler M, Russo SG. Inzidenz invasiver ärztlicher Maßnahmen im Rettungsdienst. *Notfall + Rettungsmedizin*. 2015;18(3):215-21.

128. Pilbery R. How do paramedics learn and maintain the skill of tracheal intubation? A rapid evidence review. *Br Paramed J*. 2018;3(2):8-15.

129. Lockey DJ, Crewdson K, Davies G, Jenkins B, Klein J, Laird C, et al. AAGBI: Safer pre-hospital anaesthesia 2017: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia*. 2017;72(3):379-90.

130. Mann V, Limberg F, Mann STW, Little S, Müller M, Sander M, et al. [Skill retention using extraglottic airways in out-of-hospital emergencies: efficacy and long-term results of simulator-based medical education : A prospective follow-up study]. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2019;114(6):541-51.

131. Carter A, Jensen JL, Walker M, Leroux Y, Terashima M, McVey J. Paramedic Endotracheal Intubation Success Rates Before and After an Intensive Airway Management Education Session. *Cureus*. 2022;14(8):e27781.

132. Ruetzler K, Roessler B, Potura L, Priemayr A, Robak O, Schuster E, et al. Performance and skill retention of intubation by paramedics using seven different airway devices--a manikin study. *Resuscitation*. 2011;82(5):593-7.

133. Fischer H, Hochbrugger E, Fast A, Hager H, Steinlechner B, Koinig H, et al. Performance of supraglottic airway devices and 12 month skill retention: a randomized controlled study with manikins. *Resuscitation*. 2011;82(3):326-31.

134. Russo SG, Bollinger M, Strack M, Crozier TA, Bauer M, Heuer JF. Transfer of airway skills from manikin training to patient: success of ventilation with facemask or LMA-Supreme(TM) by medical students. *Anaesthesia*. 2013;68(11):1124-31.

135. Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, et al. Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology*. 2003;98(1):23-7.

136. Bundesverband Ärztlicher Leiter Rettungsdienst (ÄLRD), Gnirke A, Schlüter G, Scherer G, Wranze-Bielefeld E, Savinsky G, et al. Pyramidenprozess: Empfehlungen des Bundesverbandes Ärztlicher Leiter Rettungsdienst Deutschland e.V. zur regelmäßigen Kompetenz-Zertifizierungen von Rettungsdienstfachpersonal [Internet]. Letzte Aktualisierung: 07.03.2018. Zitiert am: 19.10.2022. URL: https://www.bv-aelrd.de/pluginfile.php/36/mod_resource/content/0/Pyramide-II-AG-12-Kompetenzpruefungen.pdf.

137. Paramedics Co. Paramedic career framework [Internet]. 2024. Zitiert am 23.06.2025. URL: https://collegeofparamedics.co.uk/COP/ProfessionalDevelopment/post_reg_career_framework.
138. Gretenkort P, Beneker J, Döriges V, Seifrin P, Fischer L, Riebandt F. Einsatz von Notärzten in Ländern mit Paramedic-System. NOTARZT. 2017;33(06):272-8.
139. Justitsministeriet. Vejledning om uddannelse til ambulancebehandler og ambulancebehandler med særlig kompetence [Internet]. 2012. Letzte Aktualisierung: 16.08.2012. Zitiert am 23.06.2025. URL: <https://www.retsinformation.dk/eli/retsinfo/2012/9399>.
140. Ambulancezorg Av. Ambulanceverpleegkundige [Internet]. 2025. Zitiert am 23.06.2025. URL: <https://www.academievoorambulancezorg.nl/opleiding/ambulanceverpleegkundige-avp/>.
141. Mohr S, Weigand MA, Hofer S, Martin E, Gries A, Walther A, et al. Developing the skill of laryngeal mask insertion: prospective single center study. Anaesthesist. 2013;62(6):447-52.
142. Bundesministerium für Gesundheit, Bundesministerium für Bildung und Forschung. Ausbildungs- und Prüfungsverordnung für Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter (NotSan-APrV) vom 16. Dezember 2013 (BGBl I, S. 4280) [Internet]. Letzte Aktualisierung: 04.11.2020. Zitiert am 06.03.2023. URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/notsan-aprv/BJNR428000013.html>.
143. Bayerisches Staatsministerium des Innern für Sport und Integration. Umsetzungshinweise zur Heilkundekompetenz und Delegation heilkundlicher Maßnahmen und Medikamentengaben durch die ÄLRD Bayern an die in Bayern tätigen Notfallsanitäterinnen und Notfallsanitäter [Internet]. Letzte Aktualisierung: 05.05.2022. Zitiert am 07.03.2023. URL: https://www.aelrd-bayern.de/images/stories/pdf/notsan/Umsetzungshinweise_NotSan-Delegation_05_05_2022.pdf.
144. Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Becker-Jensen G, Sauer T, Von Henke K, Gräsner J-T, Wnent J. Ausführungshinweise des Landesamtes für soziale Dienste Schleswig-Holstein zur Durchführung der praktischen Ausbildung im klinischen Bereich der Notfallsanitäter [Internet]. Version 2.0. 2018. Zitiert am 08.03.2023. URL: https://www.uksh.de/uksh_media/Dateien_Kliniken_Institute/Kiel+Campuszentrum/IRUN/Dokumente/Ausbildungscurriculum+NotSan+2.pdf.
145. Malteser Hilfsdienst gGmbH Bildungszentrum HRS, Kemp C. Ausbildungsnachweisheft für die Ausbildung zur Notfallsanitäterin / zum Notfallsanitäter,
- Lernort Klinik [Internet]. Letzte Aktualisierung: 08.2016. Zitiert am 18.10.2022. URL: <https://www.bildungszentrum-hrs.de>.

146. Johnston BD, Seitz SR, Wang HE. Limited opportunities for paramedic student endotracheal intubation training in the operating room. *Acad Emerg Med.* 2006;13(10):1051-5.
147. Buis ML, Maissan IM, Hoeks SE, Klimek M, Stolker RJ. Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: A systematic review. *Resuscitation.* 2016;99:63-71.
148. Saviluoto A, Jäntti H, Kirves H, Setälä P, Nurmi JO. Association between case volume and mortality in pre-hospital anaesthesia management: a retrospective observational cohort. *Br J Anaesth.* 2022;128(2):e135-e42.
149. Zaouter C, Calderon J, Hemmerling TM. Videolaryngoscopy as a new standard of care. *Br J Anaesth.* 2015;114(2):181-3.
150. Wang HE, Kupas DF, Hostler D, Cooney R, Yealy DM, Lave JR. Procedural experience with out-of-hospital endotracheal intubation. *Crit Care Med.* 2005;33(8):1718-21.
151. Moon MB, Darden A, Hill M, Roberts MK, Varalli-Claypool B, Miller FC. Emergency Critical Skills Training for Pre-clinical Physician Assistant Students: Mixed Method Comparison of Training Method. *Med Sci Educ.* 2022;32(4):837-45.
152. Yang JH, Kim YM, Chung HS, Cho J, Lee HM, Kang GH, et al. Comparison of four manikins and fresh frozen cadaver models for direct laryngoscopic orotracheal intubation training. *Emerg Med J.* 2010;27(1):13-6.
153. Pedigo R, Tolles J, Watcha D, Kaji AH, Lewis RJ, Stark E, et al. Teaching Endotracheal Intubation Using a Cadaver Versus a Manikin-based Model: a Randomized Controlled Trial. *West J Emerg Med.* 2019;21(1):108-14.
154. Hall RE, Plant JR, Bands CJ, Wall AR, Kang J, Hall CA. Human patient simulation is effective for teaching paramedic students endotracheal intubation. *Acad Emerg Med.* 2005;12(9):850-5.
155. Schebesta K, Hüpfel M, Rössler B, Ringl H, Müller MP, Kimberger O. Degrees of reality: airway anatomy of high-fidelity human patient simulators and airway trainers. *Anesthesiology.* 2012;116(6):1204-9.
156. Wheeler B, Dippenaar E. The use of simulation as a teaching modality for paramedic education: a scoping review. *Br Paramed J.* 2020;5(3):31-43.
157. Dorsett M, Panchal AR, Stephens C, Farcas A, Leggio W, Galton C, et al. Prehospital Airway Management Training and Education: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehosp Emerg Care.* 2022;26(sup1):3-13.
158. Trimmel H, Beywinkler C, Hornung S, Kreutziger J, Voelckel WG. Success rates of pre-hospital difficult airway management: a quality control study evaluating an in-hospital training program. *Int J Emerg Med.* 2018;11(1):19.
159. Kottmann A, Krüger AJ, Sunde GA, Røislien J, Heltne JK, Carron PN, et al. Establishing quality indicators for pre-hospital advanced airway management: a

modified nominal group technique consensus process. Br J Anaesth.
2022;128(2):e143-e50.

8 Anhang

Fragenkatalog: Evaluation zur Vorhaltung von Equipment und Ausbildung im präklinischen Atemwegsmanagement von nicht-ärztlichem Personal im Rettungsdienst

Demographie

1. Welche berufliche Qualifikation haben Sie?

- a. Rettungsassistent
- b. Notfallsanitäter
- c. Andere berufliche Qualifikation

2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an.

- a. Männlich
- b. Weiblich
- c. Divers

3. In welchem Bundesland arbeiten Sie?

- a. Baden-Württemberg
- b. Bayern
- c. Berlin
- d. Brandenburg
- e. Bremen
- f. Hamburg
- g. Hessen
- h. Mecklenburg-Vorpommern
- i. Niedersachsen
- j. Nordrhein-Westfalen
- k. Rheinland-Pfalz
- l. Saarland
- m. Sachsen
- n. Sachsen-Anhalt
- o. Schleswig-Holstein

- p. Thüringen
- 4. Wieviel Jahre an Berufserfahrung (nach abgeschlossener Ausbildung) haben Sie?
 - a. 1-5 Jahre
 - b. 6-10 Jahre
 - c. 11-15 Jahre
 - d. 16-20 Jahre
 - e. mehr als 20 Jahre
- 5. Zu wieviel Prozent besteht ihr Arbeitsverhältnis?
 - a. < 25%
 - b. 25-49%
 - c. 50-74%
 - d. 75-99%
 - e. 100%

Atemwegsspezifische Ausstattung

- 6. Welche Instrumente zur Atemwegssicherung sind auf Ihrem Rettungswagen verfügbar?
 - a. Kapnografie / Easy Cap
 - b. Larynxmaske (1. Generation)
 - c. Larynxmaske (2. Generation mit zusätzlichem gastralem Kanal)
 - d. Larynxtrachealtubus
 - e. i-gel®
 - f. Cuffmesser
 - g. Endotrachealtubus (Erwachsene ≥ 5.5 ID)
 - h. Endotrachealtubus (Kinder < 5.5 ID)
 - i. Führungsstab
 - j. Laryngoskop
 - k. Videolaryngoskop
 - l. Kombitubus
 - m. Diverse Beatmungsmaskengrößen

- n. Oropharyngeale Tuben
- o. Nasopharyngeale Tuben
- p. Koniotomie (Quicktrach® oder Portex® System)
- q. Koniotomie (chirurgisch -> Spekulum, Skalpell)

Ausbildung im Atemwegsmanagement

7. Welche Maßnahmen zur Atemwegssicherung wurden im Rahmen Ihrer Ausbildung zum RA/NFS am Atemwegstrainer geübt? Falls eine Maßnahme geübt wurde, geben Sie bitte in das entsprechende Feld die Anzahl der Häufigkeit (in ganzen Zahlen) ein.

- a. Maskenbeutelbeatmung: x Anzahl
- b. Oropharyngeale Tuben: x Anzahl
- c. Nasopharyngeale Tuben: x Anzahl
- d. Larynxmaske: x Anzahl
- e. Larynxtubus: x Anzahl
- f. i-gel®: x Anzahl
- g. Konventionelle Intubation: x Anzahl
- h. Videolaryngoskop: x Anzahl
- i. Kombitubus: x Anzahl
- j. Koniotomie: x Anzahl

8. Welche Maßnahmen zur Atemwegssicherung wurden im Rahmen Ihrer Ausbildung zum RA/NFS am Patienten im innerklinischen Setting geübt? Falls eine Maßnahme geübt wurde, geben Sie bitte in das entsprechende Feld die Anzahl der Häufigkeit (in ganzen Zahlen) ein.

- a. Maskenbeutelbeatmung: x Anzahl
- b. Oropharyngeale Tuben: x Anzahl
- c. Nasopharyngeale Tuben: x Anzahl
- d. Larynxmaske: x Anzahl
- e. Larynxtubus: x Anzahl
- f. i-gel®: x Anzahl
- g. Konventionelle Intubation: x Anzahl
- h. Videolaryngoskop: x Anzahl

- i. Kombitubus: x Anzahl
 - j. Koniotomie: x Anzahl
9. Wer hat Sie bei der Durchführung der innerklinischen Atemwegssicherung supervidiert? (Mehrfachauswahl möglich)
- a. nicht-ärztlicher Praxisanleiter (z.B. Fachpfleger Anästhesiepflege)
 - b. Assistenzarzt Anästhesie
 - c. Facharzt Anästhesie
 - d. Oberarzt Anästhesie
 - e. Facharzt Anästhesie mit didaktischer Ausbildung im Atemwegsmanagement
 - f. Freies Textfeld
10. Wie häufig haben Sie im Einsatz eine Atemwegssicherung eigenständig pro Kalenderjahr (Durchschnittswert der letzten 12 Monate) durchgeführt? Falls eine Maßnahme nicht durchgeführt wurde, geben Sie bitte in das entsprechende Feld eine "0" (ohne Anführungszeichen) ein.
- a. Maskenbeutelbeatmung: x Anzahl
 - b. Oropharyngeale Tuben: x Anzahl
 - c. Nasopharyngeale Tuben: x Anzahl
 - d. Larynxmaske: x Anzahl
 - e. Larynxtubus: x Anzahl
 - f. i-gel®: x Anzahl
 - g. Konventionelle Intubation: x Anzahl
 - h. Videolaryngoskop: x Anzahl
 - i. Kombitubus: x Anzahl
 - j. Koniotomie: x Anzahl
11. Bei wie vielen der eben genannten Einsätze lag ein schwieriger Atemweg vor? (z.B. mehrere Platzierungsversuche der extraglottischen Atemwegshilfe, mehrere Intubationsversuche oder Dauer der Atemwegssicherung > 120s bis zur erfolgreichen Ventilation)
- a. 1-5x/Jahr
 - b. 6-10x/Jahr
 - c. 11-15x/Jahr
 - d. 16-20x/Jahr

- e. mehr als 20 / Jahr
- f. nie

12. Gibt es ein/e Feedbacksystem/Supervision mit dem weiterbehandelnden Krankenhaus nach erfolgter präklinischer Atemwegssicherung? Falls JA gewählt wurde, geben Sie bitte in das entsprechende Textfeld ein, durch wen die Supervision erfolgt ist (z.B. durch den ärztlichen Leiter Rettungsdienst/durch aufnehmende Klinik (Schockraum/Notaufnahme)).

- a. NEIN, nur auf Nachfrage
- b. JA, nur bei schwierigen Atemwegen
- c. JA, nur bei aufgetretenen Komplikationen
- d. JA, nach jeder Atemwegssicherung
- e. Freies Textfeld

13. Wie wird im Rahmen der rettungsdienstlichen Jahresfortbildung das Atemwegsmanagement überprüft? (Mehrfachauswahl möglich)

- a. Theoretische Überprüfung
- b. Praktische Überprüfung am Atemwegstrainer
- c. Praktische Überprüfung im Simulationstraining unter Einsatz verschiedener Übungsphantome
- d. Supervidierte Überprüfung (Praxisanleiter/Ärztlicher Leiter) am realen Patienten in klinischer Umgebung
- f. Keine Überprüfung

14. Wie würden Sie sich eine zukünftige Ausbildung/Fortbildung im Atemwegsmanagement vorstellen? (Mehrfachauswahl möglich) [differenziertes Vorgehen während der Berufsausbildung (Theorie + Üben am Simulator normaler und schwieriger Atemweg)]

- a. differenziertes Vorgehen während der Berufsausbildung (Theorie + Üben am Simulator normaler und schwieriger Atemweg)
- b. Arbeitgeber organisierte Step by Step Fortbildung nach Berufsausbildung (Theorie + Üben am Simulator + Anästhesie/OP Hospitation 7d/Jahr)
- c. freiwillige Hospitation in Anästhesie/OP 7d/Jahr nach der Berufsausbildung
- d. Freies Textfeld

9 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. med. Marc Kriege, für die sehr gute und kontinuierliche Unterstützung während der gesamten Entstehung dieser Dissertation sowie für seine konstruktiven fachlichen Hinweise und seine stets offene und wertschätzende Art.

Mein Dank gilt außerdem dem IMBEI – Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz für die Unterstützung im Rahmen der Datenerhebung und der statistischen Auswertung sowie der Stumpf + Kossendey Verlagsgesellschaft mbH für die Unterstützung bei der Datenerhebung durch die Veröffentlichung der Umfrage auf ihrer Homepage.

Ein herzliches Dankeschön richtet sich an meine Freunde und Mitstudierenden für den fachlichen Austausch, die gegenseitige Motivation und die gemeinsame Zeit während des Studiums.

Ein besonderer und aufrichtiger Dank gilt meiner Familie, die mich während meines gesamten Studiums stets unterstützt, motiviert und begleitet hat und immer für mich da war.

10 Tabellarischer Lebenslauf

Name	Timo Kalinsky
Geburtsdatum	19.02.1995
Geburtsort	Lengerich (Westfalen)
Staatsangehörigkeit	deutsch
Religionszugehörigkeit	römisch-katholisch
Familienstand	ledig

Akademische Laufbahn

04/2018 - 11/2024	Studium der Humanmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Praktisches Jahr	20.11.2023 - 20.10.2024 1. Terial: DRK Krankenhaus Alzey - Innere Medizin 2. Terial: DRK Krankenhaus Alzey - Chirurgie 3. Terial: Niels-Stensen-Kliniken Marienhospital Osnabrück - Klinik für Anästhesiologie / Intensivmedizin
Famulaturen	18.03.2023 - 16.04.2023 Klinikum Worms - Zentrale Notaufnahme 01.03.2022 - 31.03.2022 Klinikum Frankfurt Höchst - Anästhesiologie 09.08.2021 - 08.09.2021 Hausärztliche Gemeinschaftspraxis Hasbergen - Allgemeinmedizin 14.09.2020 - 13.10.2020 St. Josefs-Hospital Wiesbaden GmbH - Kardiologie

Beruflicher Werdegang

Seit 02/2025	Weiterbildungsassistent Niels-Stensen-Kliniken Marienhospital Osnabrück - Klinik für Anästhesiologie / Intensivmedizin
Seit 03/2017	Instruktor bei AMLS Deutschland, DBRD Akademie GmbH
01/2017 - 12/2024	Dozent für Notfallseminare, Notfallkoffer.de
07/2017 - 03/2018	Festanstellung als Notfallsanitäter, Malteser Osnabrück
05/2017 - 06/2017	Weiterbildung zum Notfallsanitäter, Malteser Osnabrück
06/2015 - 07/2017	Festanstellung als Rettungsassistent, Malteser Osnabrück
09/2013 - 06/2015	Ausbildung zum Rettungsassistenten, Malteser Osnabrück

Schul Ausbildung

2005 - 2013	Gymnasium Ursulaschule Osnabrück
2001 - 2005	Antonius-Grundschule Holzhausen, Georgsmarienhütte