

Aus der Klinik für Anästhesiologie,
Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Trier
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Beobachtende Untersuchung der Anwendung unterschiedlicher
Videolaryngoskopiespatel im präklinischen Einsatz

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

Vorgelegt von
Benedikt Harmuth
aus Cottbus

Mainz, 2025

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

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Tim Piepho

2. Gutachter: Prof. Dr. med. Andreas Neisius

Tag der Promotion: 26.11.2025

Meinen Eltern und Familie in Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	VII
Einleitung.....	1
1.1 Die Videolaryngoskopie in der präklinischen Notfallmedizin.....	1
1.2 Fragestellung.....	3
Literaturdiskussion.....	3
1.3 Das Atemwegsmanagement in der präklinischen Notfallmedizin.....	3
1.4 Indikation und Dringlichkeit.....	4
1.5 Maßnahmen des Atemwegsmanagements in der präklinischen Notfallmedizin.....	5
Nicht-invasive Techniken und Hilfsmittel.....	5
Sauerstoffgabe und Präoxygenierung.....	7
Beutel-Masken-Beatmung.....	8
Die endotracheale Intubation.....	9
1.6 Einflussfaktoren auf die Atemwegssicherung in der präklinischen Notfallmedizin.....	20
Der Patient.....	21
Die Einsatzstelle.....	23
Die Erfahrung des Notarztes.....	24
1.7 Die Bedeutung des erfolgreichen ersten Intubationsversuches.....	25
Material und Methoden.....	26
1.8 Studienaufbau.....	26
Studiendesign und Definitionen.....	26
Die Luftrettungsstationen.....	27
Die Notärzte.....	28
Patientengruppe.....	28
Videolaryngoskop C-MAC® PM2.....	29
1.9 Dokumentation.....	30
Datenerfassung und Anonymisierung.....	30
Datenerfassungsbogen.....	31
1.10 Statistik.....	32
Auswertung und Darstellung.....	32
Ethikkommission.....	32

Primäre oder Sekundäre Endpunkte.....	32
Ergebnisse.....	33
1.11 Deskriptive Statistik	33
1.12 Die Spatel in der Videolaryngoskopie.....	34
Videolaryngoskopiespatel und First Pass Success.....	34
Spatelwahl und -wechsel	35
Videolaryngoskopiespatel und Glottissicht.....	37
Videolaryngoskopiespatel und Dauer der endotrachealen Intubation.....	38
1.13 Die Intubationsbedingungen.....	40
Erschwerte Laryngoskopiebedingungen	40
Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung und alternativer Atemweg	41
Unerwünschten Ereignisse während der Atemwegssicherung	41
Videolaryngoskopie - assoziierte Probleme	42
Diskussion	43
1.14 Deskription.....	43
1.15 Die Spatel in der Videolaryngoskopie.....	44
Videolaryngoskopiespatel und der First Pass Success	44
Spatelwahl und -wechsel	51
Videolaryngoskopiespatel und die Glottissicht.....	56
Videolaryngoskopiespatel und Dauer der endotrachealen Intubation.....	58
1.16 Die Intubationsbedingungen.....	61
Erschwerte Laryngoskopiebedingungen	61
Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung und alternativer Atemweg	63
Unerwünschte Ereignisse während der Atemwegssicherung	65
Videolaryngoskopie-assoziierte Probleme	67
Zusammenfassung	69
Literaturverzeichnis	71
Danksagung	78

Abkürzungsverzeichnis

BLS	Basic-Life-Support
BÄK	Bundesärztekammer
BwKrhs	Bundeswehrkrankenhaus
BwZKrhs	Bundeswehrzentralkrankenhaus
C&L	Cormack and Lehane Klassifikationsgrad
CPAP	Kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck
CPR	Cardiopulmonary Resuscitation (Herz-Lungen-Wiederbelebung)
CRM	Crew Ressource Management
DL	Direkte Laryngoskopie/klassische Laryngoskopie
ERC	European Resuscitation Council
ETI	Endotracheale Intubation
FiO ₂	inspiratorische Sauerstofffraktion
FPS	First-Pass-Success (Intubationserfolg im ersten Versuch)
FS	Führungsstab (zur ETI im Tubus einliegend und formbar)
ggf.	gegebenenfalls
HEMS-TC	Helicopter Emergency Medical Service – Technical Crew Member (Notfallsanitäter des Rettungshubschraubers)
HWS	Halswirbelsäule
MWBO	Musterweiterbildungsordnung
NIV	Nicht-invasive Beatmung
PEEP	Positiver endexpiratorischer Druck
PM	Pocket Monitor
POGO	Percentage of glottic opening
ROSC	Return of spontaneous circulation
RSI	Rapid-sequent-induction
RTW	Rettungswagen
s.o.	siehe oben
s.u.	siehe unten
VCI	Video classification of intubation
VL	Videolaryngoskopie/ Videolaryngoskop

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

- Tabelle 1: Verwendeter Erstspatel und First-Pass-Success.
- Tabelle 2: Häufigkeit der jeweiligen VL-Spatelanwendung.
- Tabelle 3: Häufigkeit der Spatelwechsel der jeweiligen VL-Erstspatel.
- Tabelle 4: Anzahl der Intubationsversuche der jeweiligen VL-Erstspatel.
- Tabelle 5: Glottissicht nach C&L Grad der verwendeten VL-Erstspatel.
- Tabelle 6: Intubationsdauer der verwendeten VL-Erstspatel.
- Tabelle 7: Häufigkeit von erschwerten Laryngoskopiebedingungen.
- Tabelle 8: Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung je VL-Erstspatel.
- Tabelle 9: Häufigkeit von VL-assoziierten Problemen.
-
- Abbildung 1: AMBOSS GmbH; „Durchführung des Esmarch-Handgriffs“; Kapitel „Allgemeinanästhesie“; zuletzt aktualisiert: 30.10.2023; zitiert 09.11.2023;
<https://next.amboss.com/de/article/hl0c9T?q=esmarch-handgriff#Z17e47f49ca7f622178eb77f3e4038124>
- Abbildung 2: AMBOSS GmbH; „Anlage eines nasopharyngealen Tubus (Wendl-Tubus)“, Kapitel: Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023; zitiert am: 09.11.2023;
<https://next.amboss.com/de/article/5s0ivh?q=wendl-tubus#Zd9dea1b17d5c51e60b3e393d99f0fd46>
- Abbildung 3: AMBOSS GmbH; „Anlage eines oropharyngealen Tubus (Guedel-Tubus)“, Kapitel: Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023, zitiert am 09.11.2023;
<https://next.amboss.com/de/article/5s0ivh?q=guedel-tubus>
- Abbildung 4: AMBOSS GmbH; „Endotracheale Intubation (2/2) Ablauf und Durchführung“, Kapitel: Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023, zitiert am 09.11.2023;

<https://next.amboss.com/de/article/hl0c9T?q=endotracheale+intubation&m=r-bfAw#OJWI8m0>

Abbildung 5: AMBOSS GmbH; „Verlauf der Intubationsachsen“, Kapitel: Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023, zitiert am 09.11.2023;

<https://next.amboss.com/de/article/hl0c9T?q=endotracheale+intubation&m=hfXcNx#OJWI8m0>

Abbildung 6: Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen; „Miller-Spatel“ Endoskopie für Anästhesie und Notfallmedizin, 6.Auflage (2018); Download am: 11.11.2021, zitiert am 18.11.2023

https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/2020530.pdf

Abbildung 7: Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen; „MacIntosh-Spatel“; Endoskopie für Anästhesie und Notfallmedizin, 6.Auflage (2018); Download am: 11.11.2021, zitiert am 18.11.2023

https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/2020530.pdf

Abbildung 8: Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen; „Vergleich direkte Laryngoskopie und indirekte Laryngoskopie (Videolaryngoskopie)“, Endoskopie für Anästhesie und Notfallmedizin, 6.Auflage (2018); Download am: 11.11.2021, zitiert am 12.11.2023

https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/2020530.pdf

Abbildung 9: Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen; „Blick um die Ecke“; Modern Airway Management with the C-MAC® system in bariatric surgery, (02/2020), Download 11.11.2021, zitiert am 13.11.2023 (KG, 2020)

https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3345925.pdf

Abbildung 10: AMBOSS GmbH; Cormack-Lehane-Klassifikation, Kapitel: Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023, zitiert am

09.11.2023;

<https://next.amboss.com/de/article/hl0c9T?q=endotracheale+intubation&m=ZfaZkP#OJWI8m0>

- Abbildung 11: AMBOSS GmbH; Modifizierte Cormack-Lehane-Klassifikation; Kapitel: Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023, zitiert am 09.11.2023; <https://next.amboss.com/de/article/hl0c9T?q=cormack-lehane-klassifikation&m=UdXb6C#Ze3673b3763e8fd1907a25c89a35bb4f5>
- Abbildung 12: Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen; Technischer Aufbau der C-MAC® Spatel, hier MacIntosh-Spatel Größe 3 und 4, freundlicherweise zugesandt und genehmigt von Karl Storz SE & Co. KG
- Abbildung 13: AMBOSS GmbH, Klassifikation nach Mallampati, Allgemeinanästhesie; zuletzt aktualisiert: 05.10.2023, zitiert am 09.11.2023; <https://next.amboss.com/de/search?q=mallampati-klassifikation&v=overview&m=wrahjN>
- Abbildung 14: C-MAC PM mit D-Blade Spatel, Ausstattung Christoph 23 Koblenz.
- Abbildung 15: Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen; „Übersicht der VL-Spatel des C-MAC VL“; Machen Sie mehr aus unseren Möglichkeiten. Die C-MAC® HD-Serie, von Karl Storz zugesandt am 27.11.2023, zitiert am 28.11.2023 (KG, 11/2023).
- Abbildung 16: Datenerfassungsbogen zur prähospitalen endotrachealen Intubation.
- Abbildung 17 Übersicht zu den erfassten Daten dieser Studie.
- Abbildung 18 Ergebnisübersicht der Intubationsspatel im ersten Intubationsversuch.
- Abbildung 19 Box-Plot Darstellung der Intubationsdauer der VL-Erstspatel.
- Abbildung 20 Verwendete VL-Spatel dieser Studie.

Einleitung

1.1 Die Videolaryngoskopie in der präklinischen Notfallmedizin

Die präklinische Versorgung von Notfallpatienten mit deutlicher Beeinträchtigung der Atmung oder des Atemwegs hat in Rheinland-Pfalz den Einsatz eines Notarztes zur Folge (Lengen, 2020). Die Sicherung des Atemweges zählt dabei zu den Kernkompetenzen eines jeden in der präklinischen Notfallmedizin tätigen Arztes (Intensivmedizin, 2019). Die Behandlung von Atemwegsstörungen wird in vielen algorithmusbasierten Versorgungskonzepten höchste Priorität zugeschrieben (Wölfl et al., 2008, M. Michael, 2023). Sie ist die Grundlage für eine suffiziente Oxygenierung und Dekarboxylierung und der damit verbundenen Energieversorgung des menschlichen Organismus (Intensivmedizin, 2019). Dabei weichen die Arbeitsbedingungen während der Atemwegssicherung im präklinischen Setting teils deutlich von denen innerhalb der Klinik ab. Die Einsatzstelle im beengten Raum mit gegebenenfalls (ggf.) schlechten Lichtverhältnissen oder die eingeklemmte Lage des Patienten beim Verkehrsunfall sind beispielhaft zu nennen. Aber auch die Erfahrung des Arztes und patientenseitige Bedingungen, wie anatomische Abweichungen oder krankheits- oder traumabedingte Pathologien, können den Notfallmediziner vor große Herausforderungen stellen. Zudem stehen ihm häufig ein ad hoc-Team und nur begrenzte Hilfsmittel zu Verfügung (Helm et al., 2006).

Die Maßnahmen und Techniken der Atemwegssicherung in der präklinischen Patientenversorgung entsprechen den Ebenen der Atemwegssicherung aus der kürzlich erschienen S1 Leitlinie „Atemwegsmanagement 2023“. Sie ist gekennzeichnet durch eine steigende Invasivität und bedarf unterschiedlicher Techniken und Hilfsmittel. Trotz aller Entwicklungen an alternativen Verfahren ist die endotracheale Intubation (ETI) der Ebene 3 immer noch der Goldstandard in der präklinischen Atemwegssicherung (Intensivmedizin, 2019). Dabei wird ein Tubus durch den Mund oder die Nase in die Trachea eingelegt und durch Befüllung („blocken“) des distalen Tubuscuffs abgedichtet. Dieser so gesicherte Atemweg bietet eine Vielzahl an Vorteilen im Vergleich zur Verwendung von supraglottischen Atemwegshilfen (SGA) der Ebene 2. Zugleich ist sie weniger invasiv als der transtracheale/translaryngeale Zugang. Um eine Einlage des Endotrachealtubus leicht zu gestalten, ist die gute Sicht auf die Stimmbandebene Grundvoraussetzung. Hierbei hat sich, dank des technischen Fortschritts in den letzten Jahren, ein Wandel vollzogen. Die direkte Betrachtung der Glottisebene, wurde nun mittels Videolaryngoskop in die indirekte Darstellung

weiterentwickelt. Diese teils technisch sehr unterschiedlich aufgebauten Geräte werden heute grundsätzlich in drei Gruppen zusammengefasst (Intensivmedizin, 2019, Intensivmedizin, 2023). Geräte mit einem klassischen MacIntosh ähnlichen Spatel, welcher auch die direkte Sicht erlaubt, Geräte mit einem stark gebogenen (hyperangulierten) Spatel und Geräte, welche einen „Arbeitskanal“ zur Führung des Tubus besitzen. Alle VL-Arten haben gezeigt, dass sie je nach Erkrankungsart, Anwendungsgebiet, Anwender und Technik Vorteile in der Laryngoskopie zeigen. Die bessere Sicht auf die Glottisebene nach Cormack & Lehane und der große Anteil an Intubationserfolgen im ersten Versuch (First-Pass-Success - FPS) sind hier hervorzuheben (Hossfeld et al., 2015). Der FPS dient dabei nicht nur als Marker für eine erfolgreiche Intubation, er ist auch direkt mit einer geringeren Morbidität durch die Reduktion unerwünschter Ereignisse wie Hypoxie, Aspiration, Hypotonie und Bradykardie im Vergleich zu gehäuften Intubationsversuchen assoziiert (Bernhard et al., 2015). Daher wird bei der endotrachealen Intubation in der Notfallmedizin der primäre Einsatz eines Videolaryngoskops mit MacIntosh ähnlichem Spatel empfohlen (Intensivmedizin, 2019).

Auch wenn mittels Videolaryngoskopie die Sicht auf die Glottis verbessert ist, ist das nicht mit einer einfacheren Platzierung des Tubus verbunden. Die Erfahrung des Durchführenden und die Wahl des Videolaryngoskops spielen dabei eine Rolle (Noppens et al., 2010). Innerhalb der Gruppen von Videolaryngoskopen zeigen sich eine große Auswahl an Spatelgrößen oder -formen. Es handelt sich hierbei sowohl um Produkte zur Einmalverwendung als auch zur Mehrfachverwendung. Eine große Anzahl an Untersuchungen zeigen die einzelnen Videolaryngoskope im Vergleich zu ihren klassischen Spateln in der direkten Laryngoskopie (Hansel et al., 2022). Auch werden häufiger Videolaryngoskope mit gleichen Spateln zwischen den unterschiedlichen Herstellern an bestimmten Patientengruppen verglichen (Chandy et al., 2021). Dennoch bleibt bisher die Frage, welchen Spatel der erfahrene Experte in der Atemwegssicherung in Notfallsituationen bevorzugt bzw. welcher Spatel dem Experten bei einem schwierigen Atemweg den größten Vorteil verschafft, um einen hohen FPS zu erreichen. Die Heterogenität der Notfallpatienten (Trauma versus kein Trauma, Kind versus Erwachsene, mögliche Notwendigkeit der HWS-Immobilisation, vorhandener Zahnstatus, ggf. Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg, etc.) und die große Auswahl an Videolaryngoskopiespateln lassen hier keine offensichtliche Antwort zu.

1.2 Fragestellung

Aus den zuvor angestellten Überlegungen ergeben sich daher folgende Fragestellungen, die in dieser Dissertation untersucht werden:

1. Gibt es einen Spatel, der gegenüber den anderen verwendeten Videolaryngoskopiespateln einen Vorteil hinsichtlich des First-Pass-Success in der präklinischen endotrachealen Intubation bei Nutzung durch erfahrene Anwender hat?
2. Welcher Spatel wird am häufigsten durch den erfahrenen Notarzt in der präklinischen Versorgung von kritisch kranken Patienten verwendet?
3. Wie häufig war ein Wechsel des VL-Spatels nötig?
4. Welche Begleitumstände, wie z.B. Anzahl der Intubationsversuche, Intubationsbedingungen oder Komplikationen traten auf?

Literaturdiskussion

1.3 Das Atemwegsmanagement in der präklinischen Notfallmedizin

Die Atemwegssicherung als medizinische Maßnahme während der Versorgung von Notfallpatienten allgemein zählt zu den Kernkompetenzen des in der Notfallmedizin tätigen Personals. Sie ist die Grundvoraussetzung für eine suffiziente Ventilation mit Oxygenierung und Dekarboxylierung. Ohne gesicherten Atemweg ist ein adäquater Gasaustausch nicht möglich. Als Folge kann eine Sauerstoffmangelversorgung zu schweren Schäden bis hin zum Tod des Patienten führen, so dass der Erfolg weiterer medizinischer Maßnahmen ausbleibt (Intensivmedizin, 2019).

Der Diagnostik und Behandlung eines kompromittierten Atemweges wird in algorithmusbasierten Versorgungsstrategien höchste Priorität zugeschrieben. Dies gilt sowohl für Patienten mit akuten Erkrankungen als auch für polytraumatisierten Patienten in der präklinischen Behandlung und bei der Erstversorgung in der Notfallaufnahme (Wöfl et al., 2008, Surgeons, 2012, e.V.), 2019).

Bei der Behandlung von nicht traumatisierten kritisch kranken Patienten wird zunehmend ebenfalls auf eine algorithmusbasierte Behandlung verwiesen, welche dem ABCDE-Schema gleicht (M. Michael, 2023). Die nicht-traumatischen Schockräume, welche aus der Präklinik angemeldet werden, zeigen in 4 % der Fälle ein A = Atemwegsproblem, welches auch hier priorisiert behandelt werden muss

(Grahl et al., 2022). Weiterhin zählt die Hypoxie zu den potenziell reversiblen Ursachen eines Kreislaufstillstandes. Sie ist bei jedem reanimationspflichtigen Patienten in Erwägung zu ziehen und muss behandelt werden (Soar et al., 2021). Vor allem im Kindesalter und bei älteren Menschen kommt sie gehäuft vor und gehört zu den relevanten Todesursachen. Die aktuellen Reanimationsleitlinie des European Resuscitation Council (ERC) 2021 befasst sich im Kapitel des Basic-Life-Support (BLS) mit dem Thema Atemwegsobstruktion durch Fremdkörper und gibt Empfehlungen zum Erkennen und zur Behandlung der Obstruktion ohne Hilfsmittel. So sollen bereits medizinische Laien einfache Techniken zur Fremdkörperentfernung kennenlernen und anwenden können. Bei ausbleibendem Erfolg kann eine Fremdkörperentfernung durch die professionellen Helfer mittels Laryngoskops und Magill-Zange gelingen (Olasveengen et al., 2021).

1.4 Indikation und Dringlichkeit

Laut der deutschen S1 Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ aus dem Jahr 2019 erfolgt die präklinische Atemwegssicherung in 80 % im Rahmen von akuten Erkrankungen und in 10-20 % bei Traumen. Die häufigste Indikation zur endotrachealen Intubation ist der Kreislaufstillstand.

Die Leitlinie unterteilt unter dem Gesichtspunkt der Dringlichkeit in zwei Kategorien:

1. Sofortige Intervention:

- Patienten mit anhaltender Apnoe

2. Dringliche Intervention

- starke Atemnot mit drohender respiratorischer Insuffizienz (z.B. Thoraxtrauma AF > 29 /min oder anderer Genese)
- Bewusstseinsstörung
- hohe Aspirationsgefahr
- Polytraumatisierung (Apnoe oder Schnappatmung AF < 6 /min, hämodynamische Instabilität mit RRsys < 90 mmHg, altersadaptiert bei Kindern)
- schweres Schädel-Hirn-Trauma (GCS < 9)
- Hypoxie (SpO₂ < 90 % trotz Sauerstoffgabe) und nach Ausschluss Spannungspneumothorax
- Schwellung im Bereich der oberen Atemwege (Intensivmedizin, 2019)

Diese Indikationen decken sich weitestgehend mit den Empfehlungen der S3-Leitlinie „Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung“ und der „Handlungsempfehlung zur Prähospitalen Notfallnarkose beim Erwachsenen“ (Unfallchirurgie, 2022). Sie weisen zudem explizit auf die zu berücksichtigenden Besonderheiten im präklinischen Setting bei der Durchführung der Atemwegssicherung hin. Beeinflussende Faktoren sind:

- Ausbildung, Erfahrung und Routine des Notarztes
- Besonderheiten der Einsatzstelle
- Begleitumstände der Atemwegssicherung
- Transportzeit und Transportart (bodengebunden/luftgestützt)
- Patientenbezogene Faktoren wie Intubationshindernisse oder Begleitverletzungen

1.5 Maßnahmen des Atemwegsmanagements in der präklinischen Notfallmedizin

Nicht-invasive Techniken und Hilfsmittel

Akute Atemwegsverlegungen in der Präklinik können mittels einfacher Maßnahmen behandelt werden. So können bei Patienten mit Bewusstseinsstörungen oder herabgesetztem Muskeltonus Atemwegsobstruktionen auftreten, die durch das Zurückfallen des Zungengrundes an die Pharynxhinterwand oder das Anliegen der Epiglottis entstehen. Der Esmarch´sche Handgriff kann den Atemweg öffnen. Dieser beschreibt das Öffnen des Mundes und das aktive Anheben des Unterkiefers.

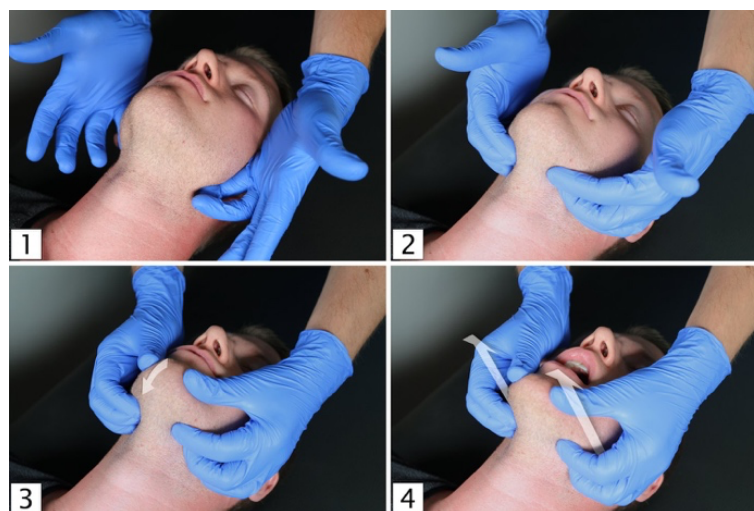


Abbildung 1: Durchführung des Esmarch-Handgriffs, mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS GmbH

Eine weitere Gefahr der Atemwegsverlegung ist die Blockade durch festes Material wie Nahrungsstücke, Zähne oder Zahnprothesen. Im Mundraum können diese mit den

Fingern oder einer Magill-Zange geborgen werden. Sollten sich Gegenstände im Hypopharynx befinden, ist deren Auffinden und Entfernen häufig nur mit einem Laryngoskop möglich. Sekrete wie Blut, Mageninhalt oder Speichel können mit einem möglichst großlumigen und starren Absauger aus dem Mund-Rachenraum entfernt werden. Eine definitive Atemwegssicherung ist vor dem Absaugen zu priorisieren, sollte diese ohne Zeitverlust und sicher durchführbar sein, da Flüssigkeiten selten zu einer vollständigen Atemwegsverlegung führen (Intensivmedizin, 2019).

Einfache Hilfsmittel können den Atemweg in der Folge offenhalten. Diese sind oral eingebracht wie beispielsweise der Guedel-Tubus, oder der nasal platzierte Wendl-Tubus. Bei der Insertion von nasopharyngealen Tuben ist es wichtig diese nicht gegen Widerstand und beim Schädel-Hirn-Trauma nur unter besonderer Vorsicht zu verwenden (Intensivmedizin, 2019, Atanelov et al., 2023).

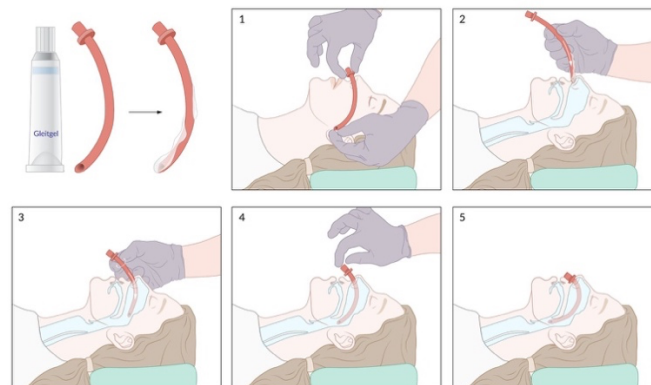


Abbildung 2: Anlage einer nasopharyngealen Tubus (Wendl-Tubus), mit freundlicher Genehmigung AMBOSS GmbH

Der oropharyngeale Tubus benötigt eine hohe Reflexdämpfung (z.B. durch eine vorliegende oder künstlich induzierte Bewusstlosigkeit), da er während und nach Platzierung ein Würgen und Erbrechen auslösen kann (Intensivmedizin, 2019).

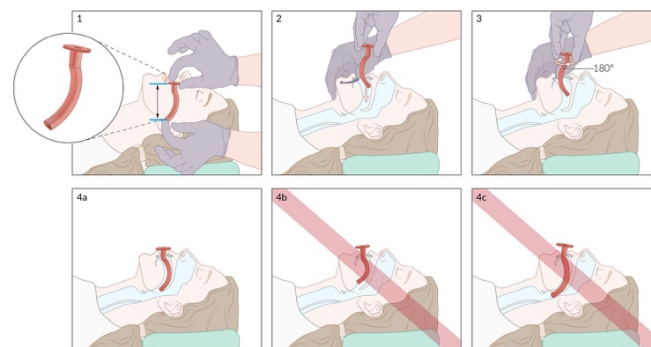


Abbildung 3: Anlage eines oropharyngealen Tubus (Guedel-Tubus), mit freundlicher Genehmigung AMBOSS GmbH

Sauerstoffgabe und Präoxygenierung

Ist eine Sauerstoffgabe beim präklinischen Patienten indiziert, erreicht man dies beim Patienten mit erhaltener Spontanatmung mit unterschiedlichen Hilfsmitteln. Zu erreichen ist eine optimale Sauerstofffraktion der Inspirationssluft (FiO_2) von 1,0 nur mit dem Gebrauch einer dichtsitzenden Gesichtsmaske mit Demandventil inklusive Filter. Eine Sauerstoffmaske liefert bei einer Flussrate von 15 l/min maximal eine FiO_2 von $> 0,6$ und kann bei Verwendung eines Reservoirbeutels auf $> 0,8$ gesteigert werden. Dies ist jedoch von Atemfrequenz und Atemzugvolumen abhängig. Nasenbrillen mit einem Sauerstofffluss von 15 l/min können ebenfalls einen FiO_2 von $> 0,8$ erreichen. Grundvoraussetzung ist jedoch eine streng nasale und normofrequente Atmung (Wagstaff and Soni, 2007, Intensivmedizin, 2019).

Vor einer Notfallnarkose und der damit verbundenen endotrachealen Intubation soll der Notfallpatient präoxygeniert werden, um einen Abfall der Sauerstoffsättigung während der Atemwegssicherung zu vermeiden (Intensivmedizin, 2019, Intensivmedizin, 2015, Unfallchirurgie, 2022). Konkret wird dies mit Hilfe einer dichtsitzenden Maske am Beatmungsbeutel mit Reservoir und einer Sauerstoffapplikation mit einem Sauerstoffflow von 12-15 l/min über vier Minuten durchgeführt. Eine Effektivitätssteigerung und Sauerstoffersparnis ermöglicht der Einsatz eines Demandventils (Weingart and Levitan, 2012, Paal et al., 2010). Eine Alternative stellt die Applikation eines kontinuierlichen positiven Atemwegsdrucks (CPAP) zur Präoxygenierung dar. Ziel dieser nicht-invasiven Beatmung (NIV) mit einem positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) ist es, die am Gasaustausch beteiligte alveoläre Oberfläche zu erhöhen und somit die Apnoetoleranz zu steigern (Baillard et al., 2006, Weingart and Levitan, 2012). Während der Atemwegssicherung kann man weiterhin 15 l/min Sauerstoff über eine Nasenbrille durch beide Nasenlöcher applizieren. Diese als apnoische Oxygenierung bezeichnete Maßnahme verringert die Gefahr eines Sauerstoffsättigungsabfalls während der Intubation (Oliveira et al., 2017). Patienten, die eine Atemwegssicherung benötigen, jedoch aufgrund eines Verwirrheitszustand nicht präoxygeniert werden können, profitieren von der „delayed-sequence-induction“. Dabei wird nach Applikation eines Sedativums eine Maskenpräoxygenierung oder falls erforderlich CPAP/NIV verwendet, um dann nach Gabe eines Muskelrelaxanz, unter apnoischer Oxygenierung, eine Intubation durchzuführen. Allerdings sollte der klinische Zustand des Patienten dies erlauben (Weingart et al., 2015). Die weitere Ergänzung um eine Patientenlagerung mit

erhöhtem Oberkörper mit Schnüffelposition des Kopfes, zusammen mit der „delayed sequence induction“, einer zielgerichteten Präoxygenierung und apnoischen Oxygenierung, wird als Atemwegsmanagementbündel bezeichnet und kann die Hypoxierate während der endotrachealen Intubation senken (Jarvis et al., 2018).

Beutel-Masken-Beatmung

Die Beutel-Masken-Beatmung in der präklinischen Notfallmedizin ist eine Möglichkeit der Ventilation und des damit verbundenen Gasaustausches. Indikationen in der Notfallmedizin gemäß S1 Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ von 2019 sind:

- primär vor der endotrachealen Intubation, während diese vorbereitet wird und der Atemstillstand bereits eingesetzt hat,
- nach gescheitertem Intubationsversuch bis weitere Maßnahmen ergriffen werden,
- intermittierend bei kurzzeitiger respiratorischer Insuffizienz (z.B. bei iatrogener Medikamentenüberdosierung oder kurzer Interventionen),
- immer wenn eine Beatmung indiziert ist und andere Maßnahmen/Techniken nicht durchgeführt werden können.

Diese Technik kann sowohl kontrolliert als auch assistiert erfolgen (Intensivmedizin, 2019). Die präklinische Beutel-Masken-Beatmung ist multifaktoriell schwierig. Patientenseitige Faktoren wie anatomische Gegebenheiten und Verletzungen können die Durchführung erschweren. Aber auch einsatzbedingte Umstände wie Körperposition und eine enge Einsatzstelle machen sie zu einer herausfordernden Technik für jeden in der Präklinik tätigen Retter. Der Notfallmediziner sollte die Fähigkeit besitzen, eine gute Abdichtung der Maske zu erreichen, den Atemweg offen zu halten, und die Beatmung in der richtigen Atemfrequenz, dem korrekten Tidalvolumen und mit einem korrekten Spitzendruck durchzuführen zu können. Zudem sollte die Maßnahme stets in seiner Effektivität beurteilt werden. Die möglichen Techniken sind die „E-C Technik“ der Finger bei der Auflage der Maske auf dem Patientengesicht. Hilfreich ist auch die Zwei-Helfermethode für eine gute Masken-Beutel-Beatmung. Hilfsmittel wie naso- oder oropharyngeale Tuben ermöglichen ein Offenhalten des Atemwegs während der Beatmung. Manometer, Druckbegrenzer, Volumeter, volumenlimitierte Beutel, PEEP-Ventile und andere Hilfsmittel können in

der ständigen Evaluation der Durchführung helfen. Bei der Beutel-Masken-Beatmung ist in seiner Durchführung stets eine Normoventilation anzustreben. Es soll dabei eine Atemfrequenz von 10-12 /min und ein Atemtidalvolumen von 400-500 ml (6ml/kg) angestrebt werden (Lyng et al., 2022, Intensivmedizin, 2019, Unfallchirurgie, 2022). All dies zeigt, dass die Beutel-Masken-Beatmung ein hohes Maß an Übung und fortgeführtes Training benötigt.

Die endotracheale Intubation

Bei der endotrachealen Intubation wird ein Tubus durch Mund oder Nase in die Trachea eingebracht. Nach Befüllen der distalen Blockmanschette (Cuff) in der Trachea kann der proximale Teil an einen Beatmungsbeutel oder ein Beatmungsgerät angeschlossen werden. Dieser so gesicherte Atemweg stellt aufgrund zahlreicher Vorteile den Goldstandard in der invasiven Atemwegssicherung dar. Zu den Vorteilen zählen:

- die Möglichkeit zu Applikation eines höheren inspiratorischen und positiven endexpiratorischen Beatmungsdruckes,
- die niedrige Leckage,
- die geringere Insufflation von Luft in den Magen und der damit verbundenen Induktion eines Circulus vitiosus der Magenbelüftung,
- die Möglichkeit der trachealen und bronchialen Absaugung,
- der besseren Effektivität einer unterbrechungsfreien Thoraxkompression durch asynchrone Beatmung während der kardiopulmonalen Reanimation und
- ein effektiver Aspirationsschutz.

Des Weiteren können nach Anschluss an ein Beatmungsgerät Beatmungsparameter wie Beatmungsdrücke, Volumina und Gaskonzentrationen gemessen und damit die Beatmung über lange Zeit gesteuert werden (Intensivmedizin, 2019, Laux, 2019).

Um den Tubus durch die Stimmritze in die Trachea einzubringen ist eine gute Sicht auf die Glottisebene von Nöten. Mit Hilfe von Lagerungstechniken und die Nutzung von Laryngoskopen ist eine Sichtachse von außen auf die Glottisebene einstellbar.

Konkret wird der optimal gelagerte Notfallpatient entsprechend der Dringlichkeit nach Präoxygenierung und Narkoseeinleitung laryngoskopiert. Dabei wird durch den geöffneten Mund der Zungengrund angehoben und nach links verlagert. Nach weiterer

fußwärts schiebenden und deckenwärts hebenden Bewegung des Laryngoskops wird die Epiglottis durch Zug am Ligamentum hyoepiglotticum aufgerichtet und so eine freie Sicht auf den Larynx ermöglicht. Im Anschluss ist bei guter Sicht die Platzierung eines Tubus mit anschließender Blockung des Cuffs und nach Lagekontrolle, der Anschluss an ein Beatmungsbeutel oder -gerät möglich.

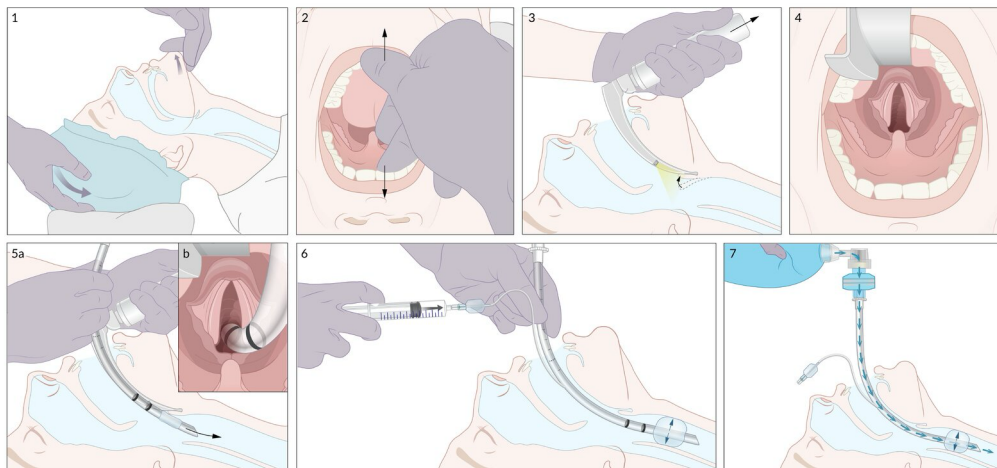


Abbildung 4: Endotracheale Intubation (2/2): Ablauf und Durchführung, mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS GmbH

1.5.1.1 Techniken zur endotrachealen Intubation

Um die ETI im möglichst ersten Versuch zügig und ohne Auftreten von Hypoxie erfolgreich durchzuführen, sind in der präklinischen Notfallmedizin trotz erschwerender Umstände folgende Aspekte hilfreich. Die Lagerung des Patienten mit erhöhtem Oberkörper und mit dem Kopf in verbesserter Jackson-Position wird empfohlen. So wird die Sichtachse auf die Glottis optimiert.

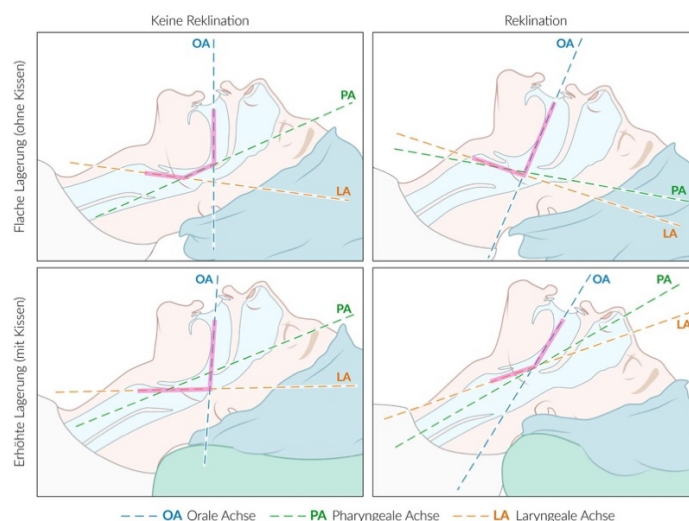


Abbildung 5: Verlauf der Intubationsachsen, mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS GmbH

Auf den Notfallpatienten und die -situation angepasst wird nach Präoxygenierung mittels „rapid-sequence-induction“ (RSI) oder unter zu Hilfenahme der „delayed-sequence-induction“ die Narkose eingeleitet (Intensivmedizin, 2019, Intensivmedizin, 2015). Bei einer Laryngoskopie kann aufgrund anatomischer, krankheitsbedingter oder traumapathologischer Bedingungen die Sicht auf die Glottisebene beschränkt bleiben. Hilfreich kann hier die Durchführung des „BURP“-Manövers sein. Dabei wird unter laryngoskopischer Sicht durch eine Hilfsperson der Schilddrüse gefasst und nach dorsal gedrückt, kranial gezogen und leicht nach rechts verschoben („BURP“ = backward, upward, rightward pressure). Dies kann die Laryngoskopie verbessern (Knill, 1993, Takahata et al., 1997). Gleichzeitig gilt sie jedoch als Prädiktor für eine schwierige Intubation, sollte sich die Sicht trotz „BURP“-Manöver nicht verbessern (Yu et al., 2020).

1.5.1.2 Die direkte Laryngoskopie

Seit Jahrhunderten versucht man mit unterschiedlichen Hilfsmitteln und Techniken den Larynx und auch die Glottis einzusehen. Zunächst nur zu diagnostischen Zwecken genutzt, wurde das Laryngoskop seit dem 17. Jahrhundert stetig weiterentwickelt. Das heute in der Anästhesie und Notfallmedizin genutzte Laryngoskop besteht aus einem Handgriff mit Batteriefach und einem Spatel mit Lichtquelle. In diesem Aufbau wurde es durch Janeway erstmals 1913 beschrieben. Seitdem gab es viele unterschiedliche Designs der Laryngoskopiespatel. Die heute am häufigsten genutzten Miller- und MacIntosh-Spatel gehen auf die 1940er Jahre zurück (Burkle et al., 2004).

Der Miller-Spatel (von Robert Miller) von 1941 ist ein gerader Spatel mit einer kleinen Biegung am distalen Ende. Heute wird er als Alternative bei schwierigen Intubationen und gehäuft in der Kinderanästhesie eingesetzt. Aufgrund der geraden Konstruktion wird dieser Spatel tangential am Zungengrund in Richtung Larynx eingeführt. Dieser gerade Aufbau scheint in der Säuglings- und Kleinkindanatomie vorteilhaft zu sein. Zudem kann die Epiglottis dabei mit dem distalen leicht nach oben gebogenem Ende aufgeladen werden (Doherty et al., 2009, Laux, 2019, Henderson, 1997).

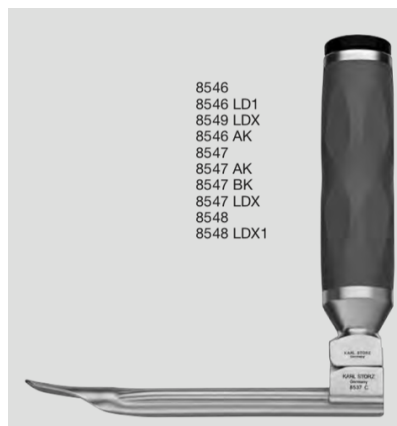


Abbildung 6: Miller-Spatel, mit freundlicher Genehmigung durch Karl Storz SE & Co. KG

Robert MacIntosh designte 1943 eine Biegung im gesamten Spatel. Dies brachte einige Vorteile des Spatels mit sich. Die Zunge scheint in der Laryngoskopie seltener die Sichtachse zu blockieren. Des Weiteren werden die Schneidezähne geschont und die Stimmlippen besser dargestellt. Er zählt bis heute zu den gebräuchlichsten Laryngoskopiespateln. In der Durchführung wird die Zunge nach links verlagert und die Epiglottis passiv angehoben. Somit wird eine mögliche Traumatisierung im Larynxbereich vermieden (Scott and Baker, 2009, Laux, 2019).

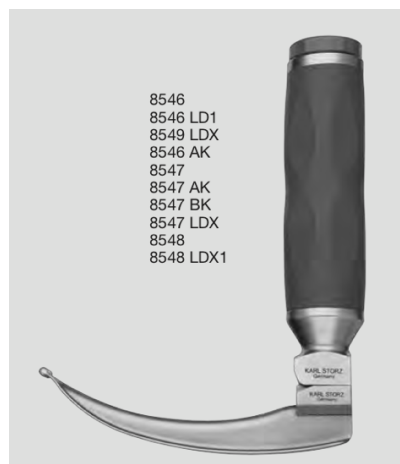


Abbildung 7: MacIntosh-Spatel, mit freundlicher Genehmigung durch Karl Storz SE & Co. KG

Beide Spatel ermöglichen somit eine direkte Sicht auf die Zielstruktur Glottisebene.

1.5.1.3 Die indirekte Laryngoskopie

Bei einer direkten Laryngoskopie entsteht das Glottisbild außerhalb des Patienten am Auge des Betrachters. Sowohl der Abstand zur Zielstruktur als auch der Blickwinkel von 15-30° sind für die eingeschränkte Sicht verantwortlich.

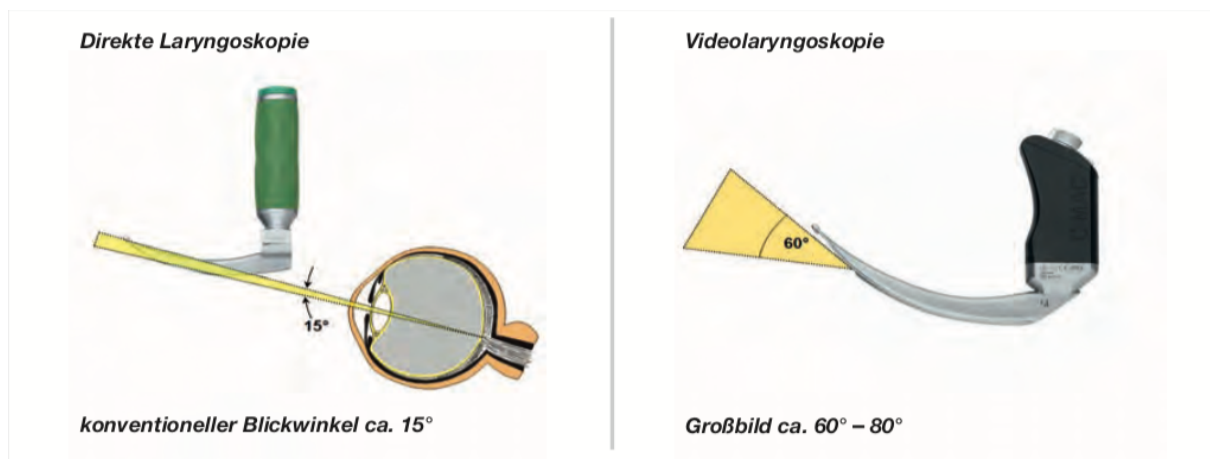


Abbildung 8: Vergleich direkte und indirekte Laryngoskopie (Videolaryngoskopie), mit freundlicher Genehmigung durch Karl Storz SE & Co. KG

Dank des technischen Fortschrittes ist in den vergangenen Jahren auch die Darstellung der Glottisebene indirekt möglich. Dabei unterscheiden sich die genutzten Geräte im Vergleich zu den klassischen Laryngoskopen darin, dass der Blick auf die Glottisebene indirekt über eine Kamera am Ende des Videolaryngoskops aufgezeichnet und auf einem Bildschirm abgebildet oder mit Hilfe von Glasfasern bzw. über Prismen an einem Okular dargestellt wird (Noppens et al., 2010). Je nach Bauart unterscheidet man Geräte, die einen MacIntosh ähnlichen Spatel haben und somit gleichzeitig auch eine direkte Laryngoskopie erlauben, und solche, die eine starke Biegung besitzen und somit ausschließlich das gelieferte Bild für die Intubation nützlich ist. Eine dritte Gruppe der Videolaryngoskope (geführte VL) besitzen einen Arbeitskanal am Spatel, durch den Absaugkatheter oder Endotrachealtuben entlang des Spatels eingebracht werden können. Dies ist aufgrund der starken Spatelbiegung auch notwendig (Niforopoulou et al., 2010, Hansel et al., 2022, Intensivmedizin, 2023). Bei indirekter Laryngoskopie befindet sich die Optik (Linse, Prisma oder Kamera) an der Spitze des Laryngoskopiespatels und somit nahe der Zielstruktur. Zudem wird das Bild in einem größeren Winkel von 50-60° abgebildet und an ein Okular oder einen Bildschirm übertragen. Dies ermöglicht eine bessere Sicht auf die Glottis (Angadi and Frerk, 2011).

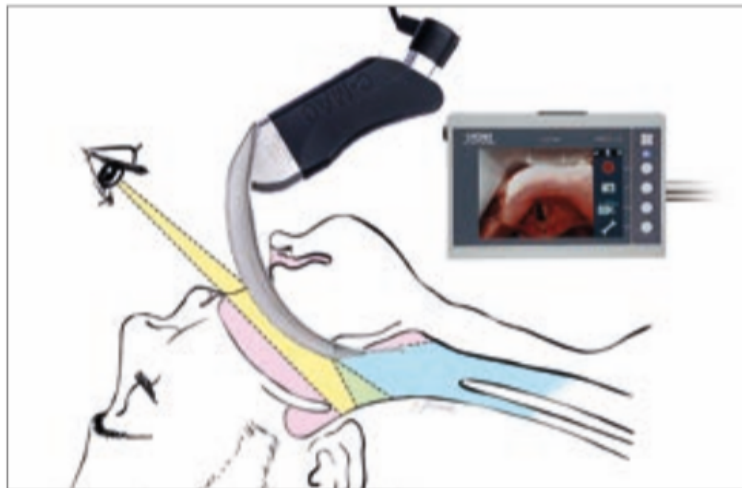


Abbildung 9: Blick um die Ecke, mit freundlicher Genehmigung durch Karl Storz SE & Co. KG

Dies ist jedoch nicht gleichbedeutend mit einer einfachen Intubation (Andersen et al., 2011, Kelly and Cook, 2016, Lafferty et al., 2015). Dennoch konnten neben der primär verbesserten Sicht weitere Vorteile durch deren Verwendung gezeigt werden. Die Anzahl an Fehlintubationen ist geringer, ebenso die Menge an Larynx- und Atemwegsverletzungen. Zudem war postoperativ weniger Heiserkeit zu beobachten, wenn die Intubation mit Hilfe des Videolaryngoskops durchgeführt wurde. VL ermöglicht eine bessere Darstellung der Stimmbandebene entsprechend CL I-II (Lewis et al., 2017).

Vorteile der VL zeigen sich auch in der inner- und außerklinischen Notfallmedizin. Unter anderem kann auch hier die Sicht auf die Stimmbandebene deutlich verbessert werden und die Intubation gelingt in hohem Maße im ersten, spätestens jedoch im zweiten Versuch (Hossfeld et al., 2015, Knapp et al., 2021, Hayes-Bradley et al., 2022). Ebenso erfreulich ist eine höhere Anzahl erfolgreicher Intubationen im ersten Intubationsversuch (FPS) in der inner- und außerklinischen Notfallmedizin im Vergleich zur DL. Dieser lag in Notarzt geführten Rettungsdiensten präklinisch bei 88 % - 92.9 % mit einer Gesamterfolgsrate von 99 - 100 % (Lee et al., 2016, Gellerfors et al., 2018, Hossfeld et al., 2015, Hossfeld et al., 2016b, Kim et al., 2016). DL in vergleichbaren notarztbesetzten Rettungsdiensten zeigte dabei in einer Übersichtsarbeit einen FPS von 79 % (Bernhard et al., 2015). Vor allem unerfahrene Kollegen profitieren stark von der indirekten Laryngoskopie im Rahmen der Atemwegssicherung innerhalb und außerhalb des OPs. Notfallmediziner mit großer Erfahrung in der DL hingegen haben keinen Vorteil von der VL obwohl es zu einer besseren Darstellung der Stimmbandebene kommt (Arulkumaran et al., 2018, Kei and Mebust, 2023, Long and Gottlieb, 2024). Von notfallmedizinischer Relevanz ist zudem

eine möglichst geringe Reklination der Halswirbelsäule (HWS) bei Traumapatienten mit offensichtlicher oder vermuteter HWS-Verletzung. Hier scheinen die VL ebenfalls Vorteile aufzuzeigen (Hirabayashi et al., 2007, Hirabayashi et al., 2010). Eine weitere Subgruppe stellt die Atemwegssicherung bei Patienten während einer Reanimation dar. Vorteile der VL sind dort vor allem bei unerfahrenen Notfallmedizinerinnen zu beobachten. Sie haben mit VL vor allem einen höheren FPS und benötigen weniger Zeit im Vergleich zur DL (Park et al., 2015). Bei erfahrenen Notfallmedizinerinnen liegt dieser Vorteil nicht signifikant vor. Hier profitiert jedoch der Patient in einer geringeren Now-Flow-Zeit aufgrund kürzerer oder gar keiner notwendigen Unterbrechung der Thoraxkompression (Kim et al., 2016). Obwohl auch für erfahrene Notärztinnen die routinemäßige Anwendung des VL mit mehr Schwierigkeiten verbunden ist, konnten hohe FPS-Raten unter Reanimation gezeigt werden (Hossfeld et al., 2021). Eine erst kürzlich veröffentlichte Cochrane-Datenbank-Analyse von Hansel et al. 2022 fasst die wichtigsten Studienergebnisse zum Vergleich von Videolaryngoskopie und herkömmlicher direkter Macintosh-Laryngoskopie zusammen. So führen alle Videolaryngoskope zu weniger Intubationsversuchen. Zudem weisen sie einen höheren Anteil des FPS auf und bieten eine bessere Sicht auf die Glottis. Stark gebogene VL sollen weniger Intubationsversuche beim schwierigen oder zu erwartenden schwierigen Atemweg aufweisen. Es scheint auch eine geringere Rate an Fehlplatzierungen des Tubus in den Ösophagus aufzutreten (Hansel et al., 2022).

1.5.1.4 Cormack- und Lehane-Klassifikation

Eine freie Sicht auf die Stimmbandebene zur erfolgreichen Platzierung des Endotrachealtubus ist das Ziel einer jeden Laryngoskopie. Der Glottisbefund bei korrekt angewandter Technik der direkten Laryngoskopie wurde dabei durch Cormack und Lehane (C&L) 1984 in vier Grade eingeteilt. Zudem zeigte er auch einen direkten Zusammenhang zur Intubationsschwere. Die zu beurteilende Zielstruktur, welche zur Gradeinteilung herangezogen wird, ist dabei die Glottis und wurde wie folgt für die direkte Laryngoskopie eingeteilt:

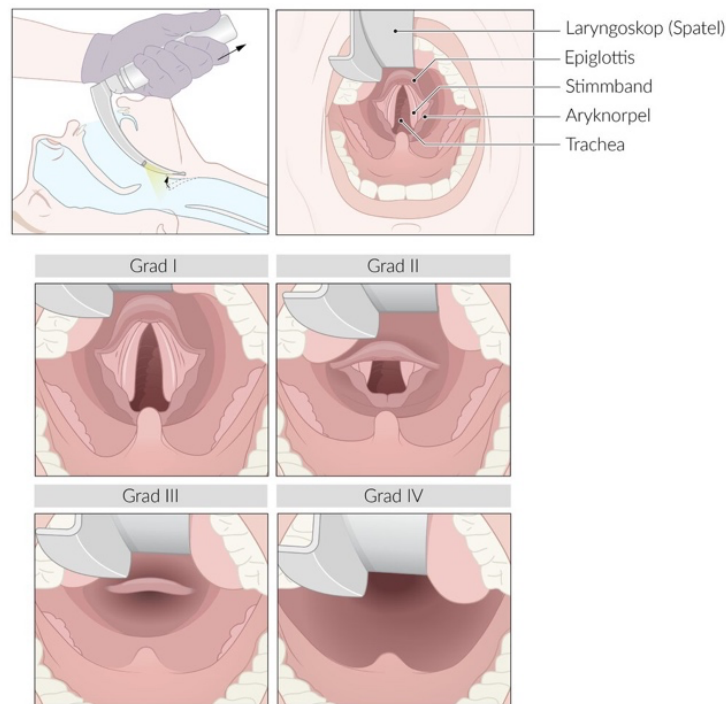


Abbildung 10: Cormack-Lehane-Klassifikation, mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS GmbH

C&L Grad I Großteil der Glottis ist einsehbar, keine Intubationsschwierigkeiten

C&L Grad II Dorsale Teil der Glottis ist einsehbar, geringe Intubationsschwierigkeiten

C&L Grad III Nur die Epiglottis ist sichtbar, deutliche Intubationsschwierigkeiten

C&L Grad IV Epiglottis nicht sichtbar, Intubation unmöglich, spezielle Techniken nötig

Dabei wird nicht die initiale Sicht beurteilt, sondern die bestmögliche Sicht und unter welchen Bedingungen die Einteilung stattfand. Der äußere Druck auf den Larynx sollte benannt werden (Cormack and Lehane, 1984). Die C&L-Klassifikation wurde initial als Schulungstool etabliert und diente der Entscheidungsfindung für erweiterte Atemwegsmanagementmaßnahmen beim höhergradigen Laryngoskopiebefund in der direkten Darstellung der Glottis (Angadi and Frerk, 2011). Dennoch wird heute eine Anwendung der Klassifikation zur Dokumentation auch in der Videolaryngoskopie empfohlen. Eine unmögliche Darstellung der Glottis entspricht dem C&L Grad III und IV und ist somit als eine unmögliche Laryngoskopie definiert (Intensivmedizin, 2023).

Seit Einführung gab es Modifikationen in der Gradeinteilung, da die initiale Gradeinteilung zu Ausbildungszwecken bei adipösen Patienten beschrieben wurde. Grad II nach C&L wurde in Grad 2a und 2b aufgeteilt. Bei Grad 2a ist die Hälfte der Stimmbänder sichtbar, bei Grad 2b sind lediglich die Aryknorpel und das posteriore

Ende der Stimmritze zu sehen. Auch hier konnte der Zusammenhang zwischen modifiziertem C&L-Grad und den zu erwarteten Intubationsschwierigkeiten beschrieben werden (Yentis and Lee, 1998, Koh et al., 2002, Wilson et al., 1988). Eine weitere Modifikation erfolgte mit der Unterteilung des C&L Grades III in IIIa, wenn sich die Epiglottis anheben lässt und C&L Grad IIIb, wenn dies nicht der Fall ist. So entstand eine detailreichere C&L-Klassifikation, welche zu drei Intubationsschweregraden zusammengefasst wurden. Sie ließen zudem auf die Notwendigkeit für den Einsatz von Hilfsmitteln oder Techniken schließen (Cook, 2000).

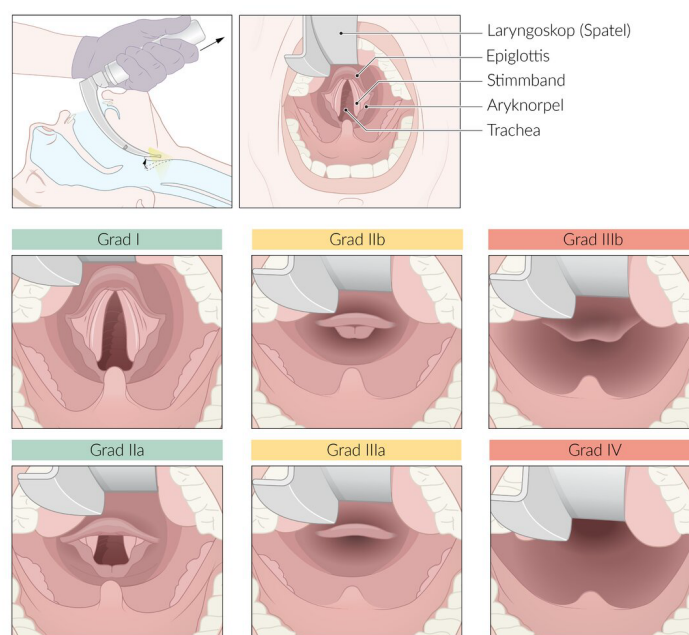


Abbildung 11: Modifizierte Cormack-Lehane-Klassifikation, mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS GmbH

Für die indirekte Laryngoskopie wurde 2021 durch Chaggar die Video Classification of Intubation (VCI) entwickelt, um die Intubationsverhältnisse zu beschreiben. Sie beinhaltet drei Teile zur Erstellung eines Klassifikations-Codes. Zuerst wird der Spatel genannt, welcher verwendet wird. Es folgt die Angabe der Percentage of glottic opening (POGO), gefolgt von dem Schwierigkeitsgrad der Intubation (Chaggar et al., 2021). Da jedoch Untersuchungsergebnisse anderer Untersuchungsgruppen die C&L Klassifikation benutzten, werden wir diese ebenfalls zur besseren Vergleichbarkeit verwenden.

Die unterschiedlichen Videolaryngoskopiespatel

Die Unterteilung der Videolaryngoskope in die drei Hauptgruppen MacIntosh-ähnliche VL, stark gebogene VL (z.B. D-Blade-Spatel) und VL mit Arbeitskanal zeigt in einer Übersichtsarbeit viele Vorteile in der Vergleichbarkeit zur herkömmlichen direkten Laryngoskopie. Sowohl prä- als auch innerklinisch bieten sie Vorteile für unterschiedliche Nutzergruppen an verschiedenen Patientengruppen in unterschiedlicher Ausprägung. Hierbei wird sich jedoch lediglich auf die unterschiedlichen Videolaryngoskoparten beschränkt. Des Weiteren werden Miller-Spatel nicht berücksichtigt (Hansel et al., 2022). Allerdings bieten viele Hersteller ihre Laryngoskope in unterschiedlichen Größen, Formen und Arten (Einmalgebrauch vs. Mehrfachnutzung) an.

Die Entwicklung des MacIntosh-Spatel begann mit der Größe 3. MacIntosh testete seinen Prototyp nämlich an Frauen bei gynäkologischen Operationen. Da diese teils zu kurz waren, wurde der Ruf nach einer größeren Variante laut (Scott and Baker, 2009). Für die direkte Laryngoskopie konnte Landefeld zeigen, dass bei kritisch kranken Patienten in der Notfallaufnahme und Intensivstation der MacIntosh-Spatel in der Größe 3 Vorteile hinsichtlich der Sicht auf die Glottis zeigte. Zudem beobachtete man einen höheren FPS (Landefeld et al., 2023). Patienten mit einem thyreomentalen Abstand von < 5 cm sollen zudem von einem MacIntosh-Spatel der Größe 2 bei direkter Laryngoskopie profitieren (Tripathi and Pandey, 2006).

Für ärztliche Anfänger scheint der MacIntosh-Spatel keinen Einfluss auf das Intubationsergebnis eines Phantoms zu haben. Jedoch gelang die Intubation mit dem Spatel der Größe 3 schneller, zeigte einen höheren FPS und weniger ösophageale Fehlintubationen (Kim et al., 2018b). Zahnlose Patienten scheinen von einer kleineren Spatelgröße zu profitieren. Dabei wurde für Männer die Größe 4 und für Frauen die Größe 3 als Standardspatel angesehen. Die jeweils um eine Spatelgröße kleinere Wahl zeigte eine größere Sichtbarkeit der Stimmbänder (Kim et al., 2018a).

Zum Gebrauch von unterschiedlichen Videolaryngoskopiespateln in der Notfallmedizin gibt es nach Literaturrecherche keine Untersuchungen. Die S1 Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ empfiehlt den primären Einsatz eines MacIntosh-ähnlichen-Spatels und begründet dies mit der Möglichkeit bei technischen Problemen (z.B. Kamerabild durch Sekret wie Blut oder Aspirat verlegt) eine direkte Laryngoskopie durchführen zu können (Intensivmedizin, 2019).

Diese Möglichkeit bietet auch der Miller-Spatel. Die seltene durchgeführte und sonst unbekannte Technik des paraglossalen Zugangs mit Hilfe des Miller-Spatels konnte vereinzelt Vorteile in der Atemwegssicherung auch im Vergleich zum MacIntosh-Spatel zeigen. Bei dieser Technik wird der Spatel am rechten Mundrand eingeführt und entlang der Rinne zwischen Zungengrund und Tonsillen in Richtung Larynx vorgeschoben. Die Zunge wird nach links verlagert und bleibt während des ganzen Vorgangs außerhalb der Sichtachse. Wenn die Epiglottis erreicht ist, wird diese aufgeladen. Durch spitzenbetontes anteriores Anheben der Epiglottis ist eine gute Sicht auf die Stimmbandebene möglich. Mit Hilfe dieser recht unbekanntenen und selten angewendeten Technik und der Verwendung des geraden Miller-Spatels konnte mehrfach gezeigt werden, dass Patienten erfolgreich intubiert wurden, welche zuvor Schwierigkeiten mit dem MacIntosh-Spatel aufwiesen (Henderson, 1997, Achen et al., 2008).

In vielen Untersuchungen wird die Videolaryngoskopie als Verfahren für sich evaluiert (Knapp et al., 2021) und teilweise mit der direkten Laryngoskopie verglichen (Hossfeld et al., 2015). Im Vordergrund steht hier die Videolaryngoskopie mit einem Spatel und die Sicht auf die Glottisebene im Sinne der C&L Klassifikation. Schaut man sich jedoch die große Anzahl an verfügbaren Spatelgrößen und -arten an, so findet die Literatur wenig Aussagen bezüglich ihrer Anwendung. Dabei sind bereits mit dem bloßen Auge deutliche Unterschiede in der Konstruktion sichtbar und auch in den technischen Zeichnungen des Herstellers wieder zu finden.

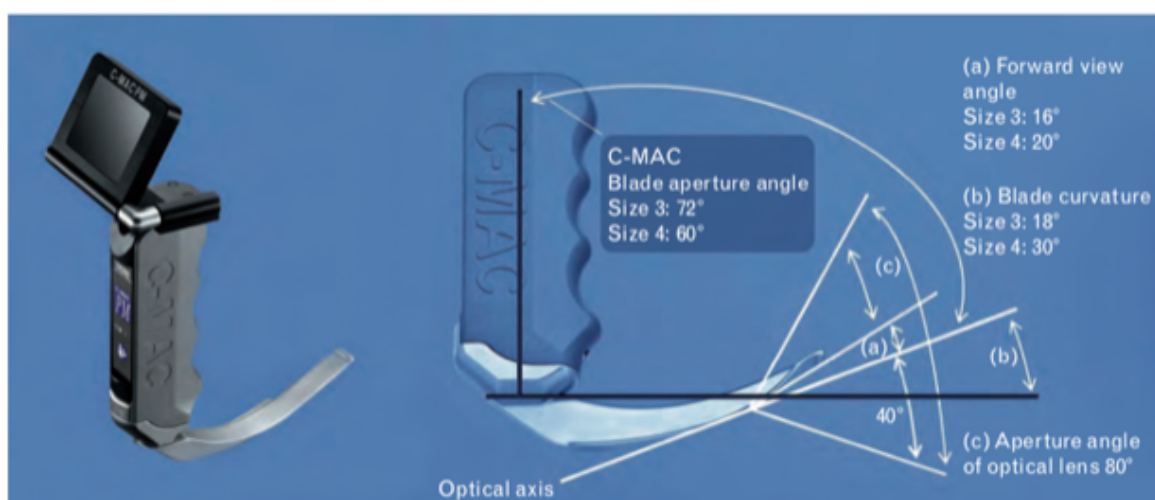


Abbildung 12: Technischer Aufbau der C-MAC®-Spatel, hier MacIntosh-Spatel Größe 3 und 4, mit freundlicher Genehmigung von Karl Storz SE & Co. KG

In der Literaturrecherche zeigten sich vereinzelte Untersuchungen in der Anwendung des hyperangulierten D-Blade-Spatels. Dieser erlaubt aufgrund seines stark gebogenen Aufbaus keine direkte Laryngoskopie und ist deshalb als eigene Gruppe Videolaryngoskop in der wissenschaftlichen Forschung von Interesse. Der D-Blade-Spatel verbessert die Sicht auf die Stimmbandebene und hat eine erhöhte FPS in der elektiven ETI und im Management des erwarteten schwierigen Atemwegs (Cavus et al., 2011, Köhl et al., 2024). Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich die Tubusplatzierung immer einfacher gestaltet (Yentis and Lee, 1998, Noppens et al., 2010, Bacon et al., 2015). Bacon et al. 2015 gab in seiner Publikation nützliche Tipps für die Tubusplatzierung, wenn ein hyperangulierter Spatel genutzt wird. Er betont dabei die Schwierigkeit der Tubusplatzierung unter guter Sicht und bietet Lösungsstrategien, die erfahrenen Anwendern mit MacIntosh-Spateln unbekannt sein könnten. Wenn die Erläuterungen auch für ein anderes Gerät (GlideScope) beschrieben sind, so wurde dennoch ein hyperangulierter Spatel verwendet (Bacon et al., 2015). Die Schwierigkeit der Tubusplatzierung bestätigte auch die Arbeit von Reimann et al 2019 am Phantom mit eingeschränkter Reklination aufgrund einer HWS-Immobilisation. Auch im Bereich Atemwegssicherung bei Kindern mit simulierter HWS-Immobilisation zeigte der D-Blade-Spatel für Kinder in der Größe 2 eine bessere Sicht auf die Glottis. Allerdings war dies der einzige Vorteil gegenüber dem MacIntosh-Spatel im innerklinischen Setting (Sinha et al., 2019).

1.6 Einflussfaktoren auf die Atemwegssicherung in der präklinischen Notfallmedizin

In der präklinischen Notfallmedizin können unterschiedliche Einflüsse den Erfolg einer Intubation erschweren. Die schwierige Intubation hat dabei direkt Auswirkung auf die Morbidität und Mortalität der Notfallpatienten (Jabre et al., 2011a). Selbst Notärzte aus dem Fachgebiet der Anästhesie und Intensivmedizin zeigen im Vergleich zu den präoperativen Intubationen im Krankenhaus erhöhte Raten an schlechter Sicht auf die Glottisebene nach Cormack und Lehane Grad, sowie eine höhere Inzidenz an schwierigen oder gar fehlgeschlagenen Intubationen (Timmermann et al., 2006). Die Faktoren, die einen Einfluss auf den präklinischen Intubationserfolg haben, können in drei Gruppen unterteilt werden.

1. Der Patient
2. Die Einsatzstelle
3. Der Notarzt (Timmermann A, 2012)

Der Patient

Patientenseitige Faktoren, die eine schnelle und erfolgreiche Atemwegssicherung negativ beeinflussen können, sind: Fremdkörper wie Zahnprothesen, Essensreste oder Sekrete wie Blut und Erbrochenes. Diese führen zu einer partiellen oder kompletten Verlegung des Atemwegs und erschweren die präklinische Atemwegssicherung. Trauma assoziierte Veränderungen der Weichteile wie Lippen, Zunge, Rachenschleimhaut oder Knochenveränderungen im Mund-Kiefer- und Gesichtsbereich spielen ebenfalls eine Rolle wie Entzündung und Schwellung der oberen Atemwege oder ein subkutanes Emphysem. Anatomisch schwierige Verhältnisse wie kurzer Hals, Retrognathie, Adipositas oder eine eingeschränkte Reklination aufgrund von Vorerkrankungen, Missbildungen oder Immobilisation haben einen erheblichen Einfluss. Eine fehlende neuromuskuläre Blockade und unzureichende Narkosetiefe wirken sich bei der präklinischen Intubation ebenfalls erschwerend aus (Timmermann A, 2012, Helm et al., 2006, Breckwoldt et al., 2011, Hayes-Bradley et al., 2022, Hayes-Bradley et al., 2024). Zudem ist die Lage des Patienten selbst zur Atemwegssicherung bedeutend. Eine sitzende Patientenposition, Bodenlage oder lediglich erhöhte Lage des Patienten im Bett zwingen den Notfallmediziner dazu die Intubation auf Knien oder im Liegen durchzuführen, was ebenfalls als schwieriger betrachtet wurde (Combes et al., 2006, Kinoshita et al., 2021). Bei dringlicher Indikation zur Atemwegssicherung können Beurteilungstools genutzt werden, um den schwierigen Atemweg zu evaluieren. Dies ermöglicht eine bedarfsgerechte Auswahl der Narkosemedikamente, Atemwegshilfen und -verfahren. Ein bekanntes klinisches Evaluationsinstrument des Atemwegs ist die LEMON-Methode (Mayglöthling et al., 2012, Reed et al., 2005, Saoraya et al., 2021).

Das Akronym LEMON kann dabei in die folgenden fünf Bereiche aufgeschlüsselt werden:

- **L** **Look:** äußerliche Inspektion auf bekannte Hindernisse für Laryngoskopie
 - 0 Punkte: keine äußerlichen Auffälligkeiten
 - 1 Punkt: Gesichtstrauma
 - 2 Punkte: prominente Schneidezähne
 - 3 Punkte: Oberlippen oder Ganzgesichtsbart
 - 4 Punkte: große Zunge

- **E** **E**valuate 3-3-2 Regel:
 - 1 Punkt: < 3 Querfinger zwischen den Schneidezähnen
 - 1 Punkt: < 3 Querfinger zwischen Kinn und Hyoid
 - 1 Punkt: < 2 Querfinger Hyoid bis Thyroid

- **M** **M**allampati Grad
 - 1 Punkt: Mallampati Grad > 3

- **O** **O**bstruktion der Atemwege beurteilen (Rauchgase, Verbrennung, Trauma, Anaphylaxie, Fremdkörper, Adipositas)
 - 1 Punkt: Obstruktion vorhanden

- **N** **N**eck mobility: Beweglichkeit der Halswirbelsäule (HWS)
 - 1 Punkt: ggf. Einschränkung durch Vorerkrankung, Trauma oder Immobilisation

Insgesamt können 0 bis 10 Punkte vergeben werden. Je höher die Punktzahl, desto wahrscheinlicher ist das Auftreten eines schwierigen Atemwegs (Reed et al., 2005). Eine Abwandlung des LEMON-Scores ist der LEON-Score, bei dem die Mallampati-Klassifikation nicht berücksichtigt wird, da nicht jeder Notfallpatient die exakte Durchführung der Mundöffnung durchführen kann. Die Autoren beschrieben ab einem Score > 2 die Möglichkeit für einen zu erwartenden schwierigen Atemweg beim Traumapatienten (Ji et al., 2018).

Die in der LEMON Methode aufgeführte Mallampati-Klassifikation ist eine einfache Methode, einen möglichen schwierigen Atemweg vorherzusagen. Dabei sitzt der Patient vor dem Untersucher und streckt die Zunge ohne Phonation bei maximaler Mundöffnung heraus. Die sich dem Untersucher zeigende Strukturen wurden zunächst in drei Grade eingeteilt. Bereits sein Erstbeschreiber Mallampati konnte einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem klinischen Zeichen und der zu erwartenden Intubationsschwere zeigen (Mallampati et al., 1985). Im Laufe der Zeit wurde die Klassifikation um die Grade 0 und IV ergänzt und wird heute als modifizierte Mallampati-Klassifikation routinemäßig angewendet.

- Grad 0 Teile der Epiglottis sichtbar (Spitze oder dorsale Bereiche)
- Grad I Weicher Gaumen, Uvula und Gaumensegel
- Grad II Weicher Gaumen und Uvula sichtbar
- Grad III nur weicher Gaumen und Basis der Uvula sichtbar
- Grad IV nur harter Gaumen sichtbar (Stutz and Rondeau, 2023)

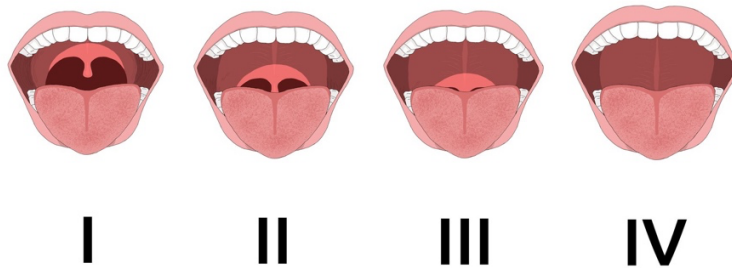


Abbildung 13: Klassifikation nach Mallampati, mit freundlicher Genehmigung von AMBOSS GmbH

Die Einsatzstelle

In der präklinischen Notfallmedizin kommen zu den Patientenbedingungen erschwerend Besonderheiten der Einsatzstelle hinzu. Die häufig genannten beeinflussenden Faktoren sind:

- Umgebungsbedingungen wie Lärm oder schlechte Sichtverhältnisse
- Eingeschränkter Patientenzugang oder wenig Platz an der Einsatzstelle
- Simultan durchzuführende Tätigkeiten
- begrenzte, teils unbekannte Ausstattung oder technische Probleme
- unterschiedliche Teams, unbekannte Teammitglieder
- fehlende gemeinsame Standards oder Abläufe (Breckwoldt et al., 2011, Helm et al., 2006, Timmermann et al., 2006, Hossfeld et al., 2011)

Die endotracheale Intubation mittels direkter Laryngoskopie zeigt im präklinischen Setting, selbst bei erfahrenen Notärzten, im Vergleich zur präoperativen Situation im Krankenhaus eine schlechtere Sicht auf die Glottisebene (häufiger CL III-IV), mehr Intubationsversuche und eine höhere Rate an Fehlintubationen (Timmermann et al., 2006). Einklemmte Patienten in Arbeitsmaschinen oder bei Verkehrsunfällen stellen eine besondere Herausforderung dar. Ist eine sofortige oder dringliche Atemwegssicherung notwendig, bleibt ggf. nicht die Zeit für eine technische Befreiung.

Das führt zu einer schlechten Lagerung des Patienten selbst, siehe oben (s.o.) und teils beengter Arbeitsumgebung hinter dem Kopf auf den hinteren Sitzen eines verunfallten Autos. Wenn zudem noch schlechte Lichtverhältnisse hinzukommen, sollte muss das geplante Atemwegsmanagement auf die Bedingungen angepasst werden. Anzustrebende Bedingungen für ein Atemwegsmanagement in der präklinischen Notfallmedizin sollte unter Berücksichtigung der Dringlichkeit wie folgt darstellen: Im RTW mit auf dem Rücken liegenden Patienten bei guten Lichtverhältnissen stattfinden (Hossfeld et al., 2016a).

Die Erfahrung des Notarztes

Einen weiteren Einfluss auf das Atemwegsmanagement hat die Erfahrung des Durchführenden. Bei Atmungsstörungen und anderen Notfällen, die Einfluss auf die Atmung haben, wie ein schweres Trauma, wird in Deutschland ein Notarzt alarmiert und zur Einsatzstelle geschickt. Der Indikationskatalog für den Notarzteinsatz der Bundesärztekammer (BÄK) wurde 2013 „als Handreichung für Disponenten in Notarztzentralen und Rettungsstellen beschlossen“ (Bundesärztekammer, 2013).

Die Zusatzbezeichnung Notfallmedizin wurde zwar 2003 in der Musterweiterbildungsordnung (MWBO) der Bundesärztekammer verabschiedet, die Landesärztekammern setzen diese jedoch sehr unterschiedlich um. (Bundesärztekammer)

Den Bereich Atemwegsmanagement findet man in vielen MWBO der LÄK wieder, da von vielen ein Einsatz des auszubildenden Arztes von ca. 6 Monaten in der Intensivmedizin, Anästhesiologie oder Notaufnahme gefordert wird. Wenige LÄK fordern den Nachweis von einer gewissen Anzahl an Intubationen. Ob präklinisch oder innerklinisch spielt dabei keine Rolle (Reifferscheid F, 2017).

Unterschiedliche Autoren konnten zeigen, dass die Erfahrung und Routine eines Notarztes einen entscheidenden Einfluss auf die Durchführung des präklinischen Atemwegsmanagements haben. Dabei spielten nicht nur technische Fähigkeiten eine Rolle, die zu einem Intubationserfolg führten, sondern auch das Wissen um das Herstellen optimaler Bedingungen, sei es beispielsweise die Anwendung von notwendiger Medikation oder die optimierte Kopflagerung zur ETI. Aber auch manuelle Handgriffe wie das BURP-Manöver wurden häufiger durchgeführt. All dies ermöglicht

eine signifikant bessere Sicht auf die Glottisebene und die ETI gelang häufiger im Erstversuch (Breckwoldt et al., 2012).

Insgesamt zeigen verschiedene Untersuchungen, dass erfahrene Notärzte aus dem Fachgebiet der Anästhesie große und schnelle Intubationserfolge bei gleichzeitig geringeren Komplikationsraten aufweisen. Dies gelang größtenteils im ersten Intubationsversuch (Rognås et al., 2013, Gellerfors et al., 2018).

1.7 Die Bedeutung des erfolgreichen ersten Intubationsversuches

Trotz aller Einflussfaktoren ist eine erfolgreiche ETI im möglichst ersten Intubationsversuch (First-Pass-Success) von größter Bedeutung, sowohl inner- als auch außerklinisch. Viele Untersuchungen konnten zeigen, dass mit einem Anstieg der Intubationsversuche auch die Anzahl an Komplikationen stieg. Diese sind unter anderem Sättigungsabfall, Hypotension, Bradykardien, Aspiration und Zahnschäden (Mort, 2004, Sakles et al., 2013, Rognås et al., 2013, Jabre et al., 2011b). Die Metaanalyse von Bernhard et al aus dem Jahr 2015 unterstreicht die Wichtigkeit des FPS hinsichtlich des Auftretens von Komplikationen in unterschiedlichen Settings (prä- und innerklinisch), sowie bei verschiedenen Berufsgruppen. Die Autoren weisen zudem darauf hin, dass die Intubationsbedingungen sich mit der Anzahl der Intubationsversuche verschlechtern. Kim et al konnten 2014 zeigen, dass ein missglückter erster Intubationsversuch während einer kardiopulmonalen Reanimation direkten Einfluss auf das Reanimationsergebnis wie ROSC (return of spontaneous circulation, (ROSC = Wiedereinsetzen des spontanen Herzkreislaufes), die Zeit bis zum ROSC und das neurologische Outcome in der Notfallaufnahme haben (Kim et al., 2014). In der arztbesetzten präklinischen Notfallmedizin lässt sich ein ähnlicher Zusammenhang beobachten. Es konnte gezeigt werden, dass der FPS mit einer höheren ROSC-Wahrscheinlichkeit assoziiert ist (Montag et al., 2022).

Viele Autoren nutzen den FPS als qualitativen und wissenschaftlichen Wert für das Outcome der endotrachealen Intubation in Untersuchungen zur Atemwegssicherung außerhalb des Operationssaals. Dennoch ist die Definition häufig gar nicht, oder unterschiedlich angegeben. Trent et al konnte 2023 diesen FPS-Unterschied in seiner Arbeit aufzeigen. Der Autor verwies auf die Problematik der fehlenden einheitlichen Definition und verglich die beiden Möglichkeiten: Eine Laryngoskopie bis erfolgreiche ETI (mehrere Versuche der Tubusplatzierung möglich) versus EINE Laryngoskopie

und EINE endotracheale Tubusplatzierung. Er zeigte auf, dass es hinsichtlich der FPS-Unterschiede für die Videolaryngoskopie gibt (84,1 % versus 89,6 %; %, Diff: 5,5) (Trent et al., 2023). Die Arbeitsgruppe um Hayes-Bradley beschrieb 2024 in einer großen Metaanalyse prädiktive Faktoren, die Einfluss auf den FPS in der präklinischen RSI haben. Diese waren ein Patientenalter unter einem Jahr, Flüssigkeit und Blut im Atemweg, eingeschränkte Kiefer und Nackenbeweglichkeit, Traumapatienten, nächtliche Intubationen, Equipment Probleme und akut oder chronisch auftretende anatomische Veränderungen des Gesichts oder des oberen Atemweges. Gleichzeitig machte er Angaben zu protektiven Faktoren, welche einen hohen FPS begünstigen. Diese waren ein erfahrener Anwender, adäquates Training, die Benutzung bestimmter Laryngoskope, Patientenpositionierung mit erhöhtem Oberkörper, die Nutzung eines Bougies und laryngeale Maneuver (Hayes-Bradley et al., 2024).

Material und Methoden

1.8 Studienaufbau

Studiendesign und Definitionen

An den Luftrettungsstationen Christoph 29 am Bundeswehrzentral Krankenhaus Hamburg und Christoph 23 des Bundeswehrzentral Krankenhauses Koblenz wurden in den Jahren 2017-2019 Datenerfassungsbögen begleitend zu jeder Intubation erfasst. Hintergrund war die Einführung der Videolaryngoskope durch die Luftrettungsorganisationen beider Luftrettungsstationen. Karl Storz SE & Co. KG Tuttlingen in Deutschland als Hersteller des Videolaryngoskopes „C-MAC® PM 2“ postulierte im Vorfeld die Hypothese, dass eine Auswahl der angebotenen Videolaryngoskopiespatel zur erfolgreichen videolaryngoskopischen Intubation des präklinischen Notfallpatienten ausreichend wäre.

Die Studie wurde als prospektive, nicht verblindete, nicht randomisierte Observationsstudie angelegt.

War während eines Notfalleinsatzes eine endotracheale Intubation notwendig, wurden dem Notarzt dabei weder Vorgaben bezüglich der Auswahl des jeweiligen Spateltyps noch der jeweiligen Spatelgröße gemacht. Ein Standardspatel wurde nicht definiert. Auch die ggf. notwendige Narkoseeinleitung wurde weder in ihrem Ablauf noch in der Wahl der notwendigen Medikamente beeinflusst. Im Anschluss an den Notfalleinsatz erfolgte lediglich die Dokumentation der Intubation mittels Datenerfassungsbogen.

Der Intubationsversuch wurde wie folgt definiert: Sie beginnt als Laryngoskopie mit dem Durchtritt des Laryngoskops durch die Mundöffnung auf Höhe der Zahnreihe. Die sich anschließende eigentliche Tubusplatzierung mit dem Einbringen des Tubus wurde als erfolgreich gewertet, wenn dieser in der Trachea platziert werden konnte und das Laryngoskop die Mundöffnung wieder verlässt. Jedes zwischenzeitliche Entfernen des Laryngoskopes oder des Tubus durch den Mundrachenraum wurde unabhängig von den Gründen oder Ereignissen als Fehlversuch gewertet. Entsprechend der Untersuchung Trent et al. 2023 **EINE** Laryngoskopie + **EINE** Tubusplatzierung. Als Intubationsdauer wurde dementsprechend die Zeit für den Intubationsversuch gewertet. Sie beginnt und endet mit dem Durchtritt des Videolaryngoskopes durch die Zahnreihe. Nur eine vollständige Videoaufzeichnung beider Tätigkeiten wurde ausgewertet.

Die ausgefüllten Fragebögen wurden dann an der Luftrettungsstation Christoph 23 gesammelt und ausgewertet.

Die Luftrettungsstationen

Die Luftrettungsstation Christoph 23 in Koblenz wird im Rahmen einer zivil-militärischen Kooperation durch die ADAC Luftrettung gGmbH und die Bundeswehr betrieben. Im Rahmen dieser Partnerschaft sind die Mitglieder der medizinischen Besatzung bestehend aus Notarzt und Notfallsanitäter Mitarbeiter der Klinik X des Bundeswehrzentralkrankenhauses (BwZKrhs) Koblenz. Der Pilot und der Hubschrauber werden durch die ADAC Luftrettung gGmbH gestellt. Der Rettungshubschrauber ist auf dem Gelände des BwZKrhs Koblenz stationiert und hat einen Einsatzradius von ca. 70 km. Dabei erstreckt sich das Einsatzgebiet über die ländlichen Gebiete von Westerwald, Hunsrück, Taunus und Eifel. Aber auch urbane Einsätze der Städte Koblenz, Mayen, Neuwied, Cochem, Bad Ems, Limburg und Montabaur gehören zu ihrem Einsatzspektrum. Prägend sind ebenfalls die großen Autobahnen der A3, A48, und A61 und die Rennstrecke Nürburgring (ADAC Luftrettung gGmbH). Er flog in den Jahren 2017 bis 2019 ca. 2000 Einsätze im Jahr (Luftrettung.).

Die Luftrettungsstation Christoph 29 wird in Kooperation durch die Bundeswehr und das Bundesinnenministerium betrieben. Der Hubschrauber wird durch das Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe den Bundesländern für den Zivilschutz

zur Verfügung gestellt. Er ist auf dem Gelände des Bundeswehrkrankenhauses (BwKrhs) Hamburg stationiert. Der Zivilschutz-Hubschrauber wird von Piloten der Bundespolizeifliegerstaffel Fuhlendorf geflogen. Der Notfallsanitäter und der Notarzt sind aus der Klinik für Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie des BwKrhs Hamburg besetzt. Der Einsatzradius ist 50-70 km und umfasst vor allem die Großstadt Hamburg und die angrenzenden ländlichen Regionen. Infrastrukturell sind die zahlreichen Autobahnen wie die A1 und A7 prägend, wie auch der Großhafen Hamburg (Förderverein Luftrettungszentrum Christoph 29 e.V., 2021). In den Jahren 2017 bis 2019 flog der Rettungshubschrauber ca. 1650 Einsätze pro Jahr (Luftrettung.).

Die Notärzte

An beiden Luftrettungsstationen sind ausschließlich Fachärzte aus den Kliniken für Anästhesie, Intensivmedizin und Notfallmedizin tätig. Alle verfügen über eine jahrelange Erfahrung in der innerklinisch-operativen und präklinischen Atemwegssicherung in Notfallsituationen. Sowohl für die Facharztprüfung als auch die Zusatzweiterbildung Notfallmedizin mussten sie eine hohe Anzahl an Intubationen vorweisen. Zudem müssen sie jahrelange Erfahrung in der bodengebundenen präklinischen Notfallmedizin aufweisen, bevor ein Einsatz in der Luftrettung erfolgt. Auch nach Erlangung der Qualifikationen werden sie durch ihren regelmäßigen Einsatz in der Anästhesie und Notfallmedizin in Übung gehalten und sind somit im Ablauf einer Atemwegssicherung und der Handhabung mit einem Videolaryngoskop vertraut.

Patientengruppe

Betrachtet wurden alle ausgefüllten Datenerfassungsbögen zur endotrachealen Intubation von präklinischen Notfallpatienten im angegebenen Betrachtungszeitraum an beiden Luftrettungsstationen. Eine weitere Gruppierung oder Patienteneinteilung erfolgte nicht.

Videolaryngoskop C-MAC® PM2

An beiden Luftrettungsstationen wurde das Videolaryngoskop C-MAC® PM 2 verwendet. Das Gerät besteht aus unterschiedlichen Arten und Größen von Laryngoskopspateln. Diese verfügen am Ende der Laryngoskopspitze einen hochauflösenden CMOS-Kamerachip, welcher einen Blickwinkel von ca. 60° erfasst. Eine ebenfalls am Spatelende befindliche LED-Beleuchtung ermöglicht eine Ausleuchtung der Zielstrukturen, den Larynx. Das aufgezeichnete Bild wird über den Griff des Spatels an den aufgesetzten Monitor „PM“ (Pocket Monitor) übertragen und auf dem 3,5“ Display mit einer Auflösung von 1280 x 800 Pixeln dargestellt. Sowohl Einzelbilder als auch Videosequenzen in JPEG und MPEG4 Format können aufgenommen werden. Zudem können sie auf einer SD-Karte gespeichert werden.



Abbildung 14: C-MAC® PM mit D-Blade Spatel, Ausstattung Christoph 23 Koblenz.

Die MacIntosh- und Miller-Spatelformen erlauben somit sowohl die direkte als auch die indirekte Laryngoskopie. Die MacIntosh-Spatel sind in den Größen 0-4 vorhanden.

Der MacIntosh-Spatel Größe 4 besitzt eine Katheterführung für 16-18 Charrière der MacIntosh-Spatel Größe 3 14-16 Charrière.

Der D-Blade-Spatel zeigt sich in seiner Form als stark gekrümmt und ist auch als D-Blade-Pädiatrie in kleiner Dimension erhältlich. Beide werden vom Hersteller mit dem Merkmal: „Besonders gebogener Spatel zur schwierigen Intubation“ versehen. Der D-Blade-Erwachsen besitzt eine Katheterführung für 16-18 Charrière.

Ergänzend gibt es für die Videolaryngoskopie die Miller-Spatel in den Größen 0-2. Hierbei gibt der Hersteller die Verwendung für die Pädiatrie und Neonatologie an. Sämtliche Spatel sind zur Mehrfachverwendung vorgesehen.

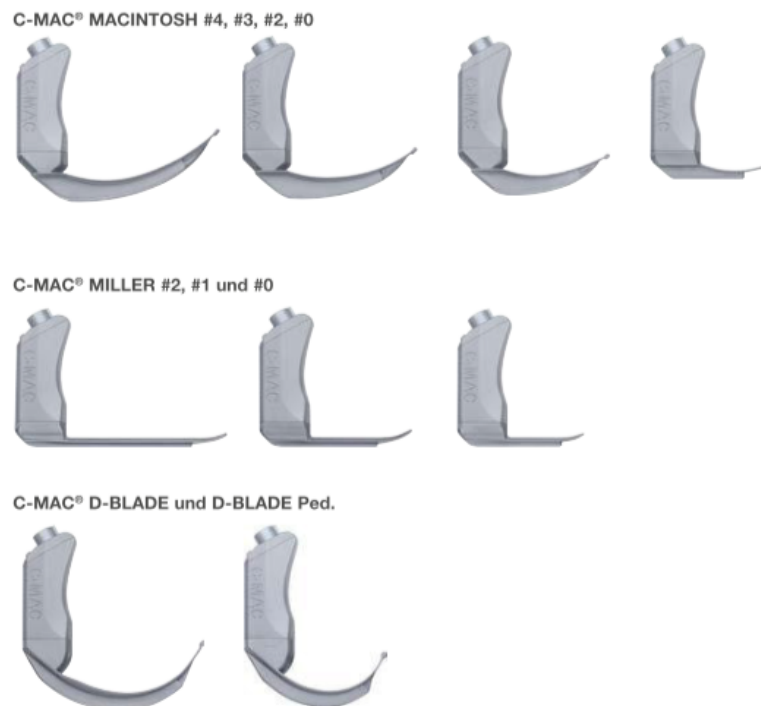


Abbildung 15: Übersicht der Videolaryngoskopiespatel des C-MAC® Videolaryngoskopes, mit freundlicher Genehmigung von Karl Storz SE & Co. KG

Der Hersteller Karl Storz SE & Co. Kg aus Tuttlingen gibt weder in begleitenden Broschüren noch in den Handbüchern konkrete Empfehlungen hinsichtlich der Nutzung der unterschiedlichen Spatel an. Auch auf schriftliche Anfrage verweisen Sie diesbezüglich auf die Präferenz und das jeweilige Können des Anwenders und lassen eine Nutzung an den unterschiedlichen Patientengruppen und Erkrankungsarten offen.

1.9 Dokumentation

Datenerfassung und Anonymisierung



Die Dokumentation des jeweils zugrundeliegenden Notfalleinsatzes erfolgte auf dem Notarzteinsatzprotokoll des jeweiligen Standortes. Anschließend wurde die Datenerfassung mit den für die Atemwegssicherung wichtigen Daten auf dem dafür erstellen Erfassungsbogen durchgeführt. Erfolgte beim Einsatz eine Videoaufzeichnung, so wurde diese am Ende des Tages auf dem Notarzt-Computer gespeichert und vom Studienpersonal ausgewertet. Die Dauer der endotrachealen

Intubation wurde gemäß Definition vom Passieren des Spatels durch die Zahnreihe zur Laryngoskopie bis zur sichtbaren, korrekten Platzierung des Tubus zwischen den Stimmbändern mit anschließender Entfernung des Laryngoskopes aus dem Mund gemessen. Notarzt- sowie die Patientendaten wurden mittels der einheitlichen Einsatznummer und des Datums pseudonymisiert.

Mittels Datenerfassungsbogen wurde der VL-Spatel zur erfolgreichen endotrachealen Intubation erhoben. War ein Spatelwechsel nötig, wurde dies neben dem verwendeten Erstspatel ebenfalls angegeben. Des Weiteren ermittelten wir die Sicht auf die Glottis mittels C&L Grad I-IV und ob ein BURP-Manöver verwendet wurde. In der Videoschau erfolgte die Auswertung der benötigten Intubationszeit. Erfasst wurden weiterhin die Laryngoskopiebedingungen, der Schwierigkeitsgrad der Platzierung des Tubus und ob es unerwünschte Ereignisse während der Atemwegssicherung gab. War die Nutzung eines alternativen Atemwegs notwendig, sollte angegeben werden um welchen es sich handelt und ob zuvor eine Intubationsversuch mittels VL erfolgte. Abschließend wurden noch VL-bedingte Probleme ermittelt.

Datenerfassungsbogen

Zur Datenerfassung wurde folgender Datenerfassungsbogen ausgefüllt:

Vergleichende Untersuchung Videolaryngoskopiespatel

I. Einsatzdaten:
 Einsatzdatum: _____ Einsatznr./Jahr: _____/____

II. Atemwegsicherung:
 Verwendeter Videolaryngoskopiespatel (Mehrfachnennung bei Wechsel):
 D-Blade Macintosh Gr. 3 Macintosh Gr. 4
 Wurde der Videolaryngoskopiespatel während der Atemwegsicherung gewechselt?
 nein ja, aus folgendem Grund: _____

Welcher Laryngoskopiespatel wurde zuerst verwendet?
 D-Blade Macintosh Gr. 3 Macintosh Gr. 4

Klassifikation der besten erzielten Sicht auf die Stimmbandenebene (Cormack-Lehane):
 I II III IV BURP: ja nein
 Im wievielten Versuch war die Intubation erfolgreich? _____ keine erfolgreiche endotracheale Intubation

Dauer des erfolgreichen Intubationsversuchs (Videoauswertung): _____ Sek.

Lagen erschwerte Laryngoskopiebedingungen vor? nein
 In-Line-Stabilisierung / Stilltack eingeklemmter/schwer zugänglicher Patient
 kleine Mundöffnung Fremdkörper/Blut/Aspirat im Mund-Rachenraum
 sonstiges: _____

Wie hoch war der Schwierigkeitsgrad der Platzierung des Endotrachealtubus?
 problemlos erschwert unmöglich

Gab es unerwünschte Ereignisse während der Atemwegsicherung?
 nein
 Sättigungsabfall < 90% Schleimhautschäden Aspiration
 Fehlintubation Zahrschäden sonstiges: _____

Musste ein alternativer Atemweg gewählt werden?
 nein supraglottischer Atemweg chirurgischer Atemweg

Wurde vor der alternativen Atemwegsicherung eine VL-gestützte Intubation versucht?
 nein ja

Gab es VL-assoziierte Probleme (z.B. Optik beschlagen, etc.)?
 nein ja: _____

1. Original: zurück an FTLA Dr. Jänig, BezOfs Koblenz, Ahl X, Rübenacher Str. 170, 56072 Koblenz
 2. Durchschlag zum Verbleib bei verantw. Wiss. Mitarbeiter (RH: OTA Dr. Schwartz, KO: FTLA Dr. Jänig) für OM Doku
 3. Verbleibt bei Einsatz-/Patientendokumentation am RTH Standort

Abbildung 16: Datenerfassungsbogen zur präklinischen endotrachealen Intubation.

1.10 Statistik

Auswertung und Darstellung

Die Daten aus dem Datenerfassungsbogen wurden initial mittels Excel-Tabelle (Microsoft Excel für Mac Version 16.41 2020, Microsoft) digital erfasst. Anschließend erfolgten mittels IBM SPSS Statistics Version 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) die statistischen Berechnungen. Diese wurden nach einer Beratung durch das Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Johannes Gutenberg-Universität Mainz durchgeführt.

Die Berechnung des Zusammenhangs zwischen den kategorischen Variablen des verwendeten Erstspatels und dem FPS sowie C&L Grades erfolgten jeweils mittels Chi-Quadrat Test. Es wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ definiert.

Der Zusammenhang zwischen dem genutzten Erstspatel und der nicht normal verteilten Ergebnisse der Intubationsdauer erfolgte mittels Kruskal-Wallis Test. Hier wurde ebenfalls ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ definiert.

Balkendiagramme oder Tabellen wurden mittels Excel, Word und Power Point für Mac Version 16.412020, Microsoft und IBM SPSS Statistics Version 26 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) erstellt.

Ethikkommission

Die vorliegende Untersuchung wurde durch die geschäftsführende Ärztin der Ethikkommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz auf schriftliche Anfrage als nicht-genehmigungspflichtig eingestuft.

Primäre oder Sekundäre Endpunkte

In der vorliegenden Arbeit wurde die erfolgreich dokumentierte Atemwegssicherung im ersten Versuch (Fist Pass Success) bezogen auf den verwendeten Videolaryngoskopiespatel als primärer Endpunkt angesehen. Sekundäre Endpunkte waren die Anzahl der Intubationsversuche, der ggf. notwendige Spatelwechsel, der Cormack-Lehane Grad, die Dauer des Intubationsversuches, ggf. vorliegende erschwerte Intubationsbedingungen, der Schwierigkeitsgrad der Platzierung des Endotrachealtubus, das Auftreten von unerwünschten Ereignissen und VL-assoziierte Probleme.

Ergebnisse

1.11 Deskriptive Statistik

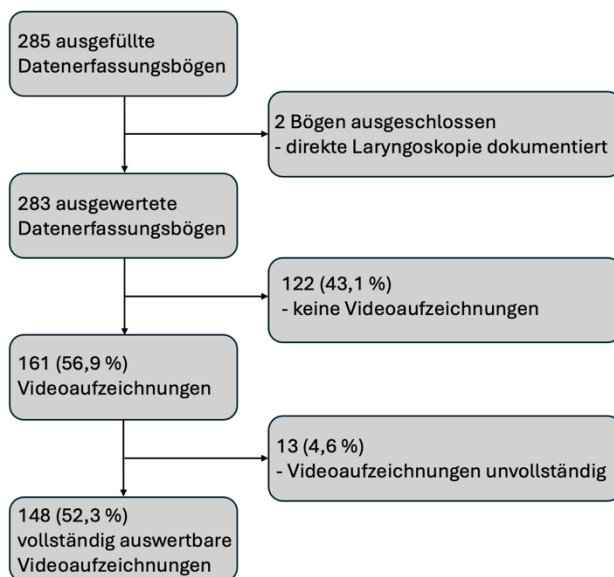


Abbildung 17: Übersicht zu den erfassten Daten.

In den Jahren 2017-2019 wurden an beiden Luftrettungsstandorten insgesamt 285 Intubationen mittels Datenerfassungsbogen dokumentiert. Zwei Bögen wurden von der Betrachtung ausgeschlossen, da bei den Intubationen laut Dokumentation kein Videolaryngoskop verwendet wurde. Dabei wurden 44 (15,5 %) Bögen durch Christoph 29 in Hamburg in den Jahren 2017 und 2018 dokumentiert. In Koblenz konnten zwischen 2017 und 2019 239 (84,45 %) ausgefüllte Datenerfassungsbögen in die statistische Auswertung eingehen.

Insgesamt konnte den Datenerfassungsbögen 161 (56,9 %) Videoaufzeichnungen, ausschließlich aus Koblenz stammend, eindeutig zugeordnet werden. 148 (52,3 %) der Aufzeichnungen zeigte den Intubationsvorgang in seinem kompletten Ablauf. 13 Videoaufzeichnungen zeigten nur Bruchteile der Intubation und wurden nicht für die Angabe der Intubationsdauer verwendet. 122 (43,1 %) Bögen hatten gar keine Videoaufzeichnung.

Spatel	MacIntosh Gr. 3	MacIntosh Gr. 4	D Blade	Miller Gr. 1	Miller Gr. 2	Gesamt:	p
n (% von Gesamt)	186 (65,7 %)	73 (25,8 %)	21 (7,4 %)	2 (0,7 %)	1 (0,4 %)	283 (100 %)	
Intubationsversuch							
First Pass Success n (%)	134 (72 %)	53 (72,6 %)	13 (61,9 %)	1 (50 %)	0 (0 %)	201 (71 %)	0,601*
Im zweiten Versuch	43 (23,1 %)	18 (24,7 %)	7 (33,3 %)	1 (50 %)	0 (0 %)	69 (24,4 %)	
Im dritten Versuch	7 (3,8 %)	1 (1,4 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	1 (100 %)	9 (3,2 %)	
Nie	2 (1,1 %)	1 (1,4 %)	1 (4,8 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	4 (1,4 %)	
Spatelwechsel:							
	8	1	0	0	0		
Glottissicht nach C&L n (%)							
C&L I	144 (77,4 %)	53 (72,6 %)	15 (71,4 %)	2 (100 %)	1 (100 %)	215 (76 %)	0,883**
C&L II	38 (20,4 %)	16 (21,9 %)	5 (23,8 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	59 (20,8 %)	
C&L III	3 (1,6 %)	3 (4,1 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	6 (2,1 %)	
C&L IV	1 (0,5 %)	1 (1,4 %)	1 (4,8 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	3 (1,1 %)	
Intub.-dauer							
Mittelw. (Sekunden) (Min-Max)	44,13 (8-235)	35,98 (10-142)	54,08 (16-110)	35,00 (35)		42,45 (8-235)	0,307
Median (Sekunden)	32	26	47	35	.	30,5	
Anzahl (n) ausgewerteten Videos	89	45	13	1	0	148	
Schw.-grad Tubusplatzierung n (%)							
problemlos	139 (74,7 %)	58 (79,5 %)	13 (61,9 %)	1 (50 %)	0 (0 %)	211 (74,6 %)	
erschwert	45 (24,2 %)	14 (19,2 %)	7 (33,3 %)	1 (50 %)	1 (100 %)	68 (24 %)	
unmöglich	2 (1,1 %)	1 (1,4 %)	1 (4,8 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	4 (1,4 %)	

Abbildung 18: Ergebnisübersicht der Intubationsspatel im ersten Intubationsversuch. *: p-Wert Berechnung für MacIntosh 3,4 und D-Blade Spatel. Miller Spatel 1+2 mit zusammen n=3 Fallzahl zu gering. **p-Wert Berechnung aller C&L Grade trotz teils geringer Fallzahl, da von klinischer Bedeutung (C&L Grad I/II = leichte Intubationsbedingung versus C&L Grad I/III = erschwerte/schwere Intubationsbedingungen)

1.12 Die Spatel in der Videolaryngoskopie

Videolaryngoskopiespatel und First Pass Success

Hinsichtlich des First-Pass-Success zeigte sich ein Gesamtwert für alle Spatel und Intubationsversuche von **71 %**. Dabei hatte der MacIntosh-Spatel in der Größe 4 mit 72,6 % den höchsten FPS. Hingegen war der verwendete Miller-Spatel in der Größe 1, bei lediglich zwei Anwendungen, in 50 % der Fälle nicht im ersten Intubationsversuch erfolgreich. Der MacIntosh-Spatel in der Größe 3 zeigte einen FPS von 72 %. Mit dem hyperangulierten D-Blade-Spatel war die erfolgreiche endotracheale Intubation in knapp zwei Drittel der Fälle (61,9 %) im Erstversuch erfolgreich.

		1. Intubationsversuch erfolgreich		Gesamt	
		nein	ja		
Erstspatel	D Blade	Anzahl	8	13	21
		% innerhalb von Erstspatel	38,1%	61,9%	100,0%
	MacIntosh Gr. 3	Anzahl	52	134	186
		% innerhalb von Erstspatel	28,0%	72,0%	100,0%
	MacIntosh Gr. 4	Anzahl	20	53	73
		% innerhalb von Erstspatel	27,4%	72,6%	100,0%
	Miller Gr. 1	Anzahl	1	1	2
		% innerhalb von Erstspatel	50,0%	50,0%	100,0%
	Miller Gr. 2	Anzahl	1	0	1
		% innerhalb von Erstspatel	100,0%	0,0%	100,0%
Gesamt		Anzahl	82	201	283
		% innerhalb von Erstspatel	29,0%	71,0%	100,0%

Tabelle 1: Verwendeter Erstspatel und First-Pass-Success

Kein Spatel konnte bezüglich seiner First-Pass-Success-Rate einen signifikanten Vorteil gegenüber den anderen verwendeten Spateln nachweisen ($p = 0,601$). Aufgrund der zu geringen Fallzahlen für die Miller Spatel 1 und 2 mit insgesamt drei Verwendungen erfolgte die p-Wert Berechnung ohne diese Spatel. Bei Hinzunahme der Miller Spatel liegt der p-Wert bei 0,418.

Spatelwahl und -wechsel

Insgesamt wurden fünf Spatel zur Videolaryngoskopie genutzt. Am häufigsten wurde der MacIntosh-Spatel der Größe 3 für die Intubation gewählt. Es folgten mit absteigender Häufigkeit der MacIntosh-Spatel der Größe 4 und der D-Blade-Spatel. Auch Miller-Spatel in den Größen 1 und 2 wurden, wenn auch nur sehr selten, verwendet.

		Häufigkeit	Prozent	Kumulierte Prozente
Gültig	D Blade	21	7,4 %	7,4 %
	MacIntosh Gr. 3	186	65,7 %	73,1 %
	MacIntosh Gr. 4	73	25,8 %	98,9 %
	Miller Gr. 1	2	,7 %	99,6 %
	Miller Gr. 2	1	,4 %	100,0 %
	Gesamt	283	100,0 %	

Tabelle 2: Häufigkeit der jeweiligen VL-Spatelanwendung.

Bei den verwendeten Spateln handelte es sich um die erste Auswahl des Spatels. Jedoch wurde bei den 283 dokumentierten Videolaryngoskopien in neun Fällen der Spatel für eine erfolgreiche Intubation gewechselt.

		Spatelwechsel		Gesamt
		nein	ja	
Erstspatel	D Blade	21	0	21
	MacIntosh Gr. 3	178	8	186
	MacIntosh Gr. 4	72	1	73
	Miller Gr. 1	2	0	2
	Miller Gr. 2	1	0	1
Gesamt		274	9	283

Tabelle 3: Häufigkeit der Spatelwechsel der jeweiligen VL-Erstspatel.

Der D-Blade-Spatel wurde nicht gewechselt. Der auch am häufigsten genutzte MacIntosh-Spatel der Größe 3 wurde achtmal getauscht. Fünfmal wurde er aufgrund zu kurzer Spatellänge in die längere Größe MacIntosh Größe 4 gewechselt. Zweimal wurde er aufgrund der Kürze in den D-Blade-Spatel getauscht. Dabei wurde einmal angegeben, dass zu diesem Zeitpunkt die Größe 4 nicht vorlag. Einmal wurde in den D-Blade-Spatel gewechselt, um die Sicht auf die Glottis zu verbessern. Der MacIntosh-Spatel der Größe 4 wurde einmal aufgrund vorstehender Zähne des Patienten in die kürzere Größe 3 gewechselt.

Die endotracheale Intubation der ausgewerteten Bögen war in 201 Fällen (71 %) im ersten Versuch erfolgreich. Im zweiten Versuch gelangen weitere 68 (24,4 %). Somit waren nach dem zweiten Versuch 95,4 % aller Patienten erfolgreich endotracheal intubiert. Nach dem dritten Versuch waren es 98,6 %. Vier Intubationen (1,4 %) waren nie erfolgreich und es erfolgte die Etablierung eines alternativen Atemweges.

		Anzahl der Intubationsversuche				Gesamt	
		1	2	3	nie		
Erstspatel	D Blade	Anzahl	13	7	0	1	21
		% innerhalb von Erstspatel	61,9 %	33,3 %	0,0 %	4,8 %	100,0 %
	MacIntosh Gr. 3	Anzahl	134	43	7	2	186
		% innerhalb von Erstspatel	72,0 %	23,1 %	3,8 %	1,1 %	100,0 %
	MacIntosh Gr. 4	Anzahl	53	18	1	1	73
		% innerhalb von Erstspatel	72,6 %	24,7 %	1,4 %	1,4 %	100,0 %
	Miller Gr. 1	Anzahl	1	1	0	0	2
		% innerhalb von Erstspatel	50,0 %	50,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	Miller Gr. 2	Anzahl	0	0	1	0	1
		% innerhalb von Erstspatel	0,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	201	69	9	4	283
		% innerhalb von Erstspatel	71,0 %	24,4 %	3,2 %	1,4 %	100,0 %

Tabelle 4: Anzahl der Intubationsversuche der jeweiligen VL-Erstspatel.

Videolaryngoskopiespatel und Glottissicht

Bei 274 (96,8 %) Intubationen konnte eine gute Sicht auf die Glottisebene im Sinne eines C&L Grad I+II beobachtet werden. Eine schwere Laryngoskopie gemäß C&L-Grad III und IV lag in neun Fällen (3,2 %) aller Intubationen vor. Die Sicht am besten, wenn der MacIntosh-Spatel der Größe 3 benutzt wurde. Hier zeigte bei 144 (77,4 %) der ETI ein C&L Grad I und bei 38 (20,4 %) ETI ein C&L Grad II.

		Cormack-Lehane Klass.				Gesamt	
		I	II	III	IV		
Erstspatel	D Blade	Anzahl	15	5	0	1	21
		% innerhalb von Erstspatel	71,4 %	23,8 %	0,0 %	4,8 %	100,0 %
	MacIntosh Gr. 3	Anzahl	144	38	3	1	186
		% innerhalb von Erstspatel	77,4 %	20,4 %	1,6 %	0,5 %	100,0 %
	MacIntosh Gr. 4	Anzahl	53	16	3	1	73
		% innerhalb von Erstspatel	72,6 %	21,9 %	4,1 %	1,4 %	100,0 %
	Miller Gr. 1	Anzahl	2	0	0	0	2
		% innerhalb von Erstspatel	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
	Miller Gr. 2	Anzahl	1	0	0	0	1
		% innerhalb von Erstspatel	100,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Gesamt		Anzahl	215	59	6	3	283
		% innerhalb von Erstspatel	76,0 %	20,8 %	2,1 %	1,1 %	100,0 %

Tabelle 5: Glottissicht nach C&L Grad der verwendeten VL-Erstspatel.

Kein Spatel hatte einen signifikanten Vorteil in Bezug auf einen niedrigen C & L Grad gegenüber den anderen Spateln. ($p = 0,883$). Trotz geringer Fallzahlen in den höheren C&L Graden III und IV wurde diese in die p-Wert Berechnung einbezogen, da sie von klinischer Relevanz sind.

Bezüglich des BURP-Manövers wurde lediglich bei 84 (29,7 %) Datenerfassungsbögen eine Angabe getätigt. Dabei wurde er bei 34 (12 %) aller Bögen angewendet.

Videolaryngoskopiespatel und Dauer der endotrachealen Intubation

Von 283 Fragebögen konnten 148 (52,3 %) vollständige Videoaufzeichnungen des gesamten Intubationsversuches hinsichtlich der Intubationsdauer ausgewertet werden. Dabei war von den jeweils verwendeten Spateln circa die Hälfte an erfassten Intubationen videodokumentiert.

Die meisten Videoaufzeichnungen zeigte der MacIntosh-Spatel der Größe 3. 89 Videos von 186 dokumentierten Einsätzen (47,8 %) konnten dabei ausgewertet werden. Beim MacIntosh der Größe 4 waren es 45 Videos von 73maligem Gebrauch des Spatels. Dies ergibt einen relativen Anteil von 64,4 %. Der D-Blade-Spatel konnte bei seinen 21 Anwendungen 13mal videodokumentiert werden, was einen Anteil von 61,9 % ausmacht. Beim Miller-Spatel der Größe 1 waren insgesamt zwei Intubationen dokumentiert, wovon eine auch vollständig Videoaufgezeichnet wurde. Lediglich der Miller-Spatel der Größe 2, welcher insgesamt nur einmalig verwendet wurde, hatte keine auswertbare Videoaufzeichnung.

Erstspatel	Mittelwert	N	Std.-Abweichung	Median	Minimum	Maximum
D Blade	54,08	13	33,582	47,00	16	110
MacIntosh Gr. 3	44,13	89	37,093	32,00	8	235
MacIntosh Gr. 4	35,91	45	27,591	26,00	10	142
Miller Gr. 1	35,00	1	.	35,00	35	35
Insgesamt	42,45	148	34,216	30,50	8	235

Tabelle 6: Intubationsdauer der verwendeten VL-Erstspatel.

Die Intubationsversuche für alle verwendeten Spatel wurden im Mittel nach 42,45 Sekunden erfolgreich dokumentiert. Die einmalige videodokumentierte Intubation mit dem Miller-Spatel der Größe 1 war mit 35 Sekunden am schnellsten. Es folgte der

Macintosh-Spatel der Größe 4, welcher eine erfolgreiche Intubation nach 35,91 Sekunden im Mittel aufwies. Die endotracheale Intubation mit dem MacIntosh-Spatel der Größe 3 war im Mittel nach 44,13 Sekunden erfolgreich beendet. Am längsten dauerte sie beim D-Blade-Spatel. Hier lag der Mittelwert für eine erfolgreiche Intubation bei 54,08 Sekunden. Der Miller-Spatel der Größe 2 wurde nicht videodokumentiert und konnte deshalb nicht zeitlich betrachtet werden.

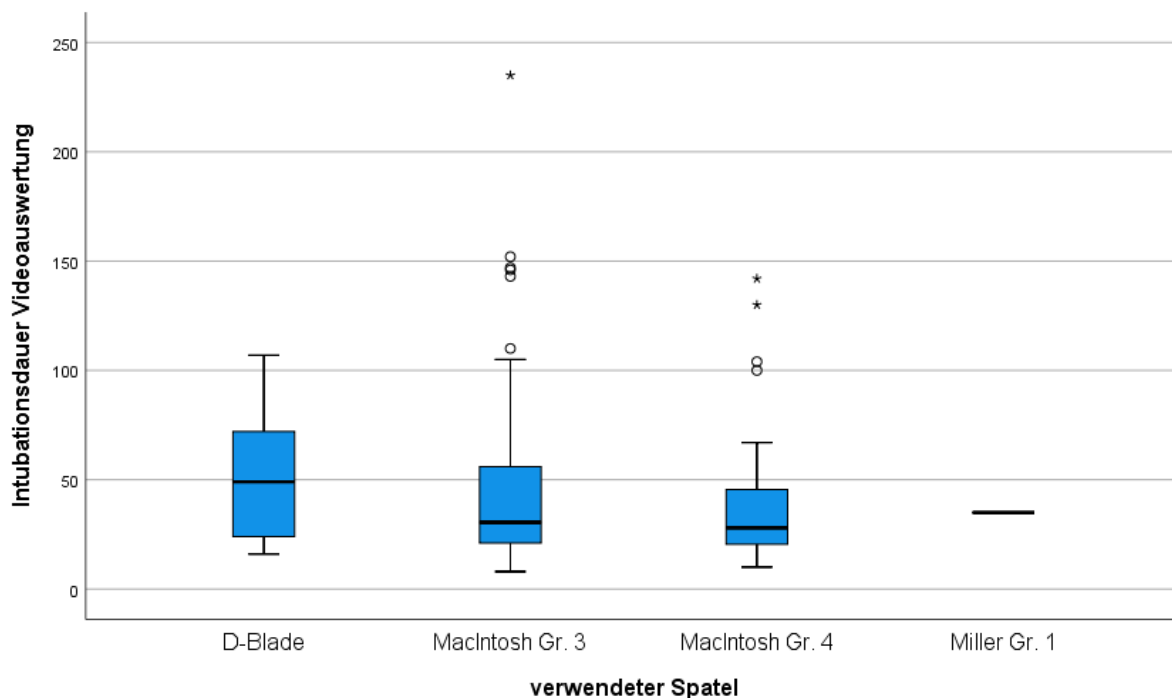


Abbildung 19: Box-Plot Darstellung der Intubationsdauer der VL-Erstspatel

In der Abbildung ist erkennbar, dass vor allem die MacIntosh-Spatel der Größe 3 und 4 einige Ausreißer in der Intubationszeit aufwies. Deshalb erfolgte in der Diskussion auch die mediane Betrachtung der Intubationsdauer der jeweiligen Spatel.

Hinsichtlich der Intubationsdauer konnte kein Spatel gegenüber den anderen einen signifikanten Unterschied aufzeigen ($p=0,307$).

1.13 Die Intubationsbedingungen

Erschwerte Laryngoskopiebedingungen

		Häufigkeit Nennung	Prozent von allen Datensätzen
Gültig	keine	96	33,9 %
	In-Line, Stifneck,	85	30,0 %
	Eingeklemmt, schwieriger Patientenzugang	4	1,4 %
	Kleine Mundöffnung	17	6,0 %
	Fremdkörper, Blut, Aspirat	91	32,1 %
	Sonstige:	38	13,4 %
	pharyngeale/glottische Besonderheiten, wache P.	7	2,5 %
	VE (Adipositas., Mb Bechter.), anatom Halsanomalie.	12	4,2 %
	Traumat. Veränderungen (lockere Zähne, MG Verl.)	4	1,4 %
	Ablauferschwernisse (nicht vorhandener FS)	1	,4 %
	Laufende CPR	10	3,5 %
	Kind	2	,7 %
	nicht dokumentiert	1	,4 %
	Gesamtangaben aller erschwerten Intubationsbedingungen	274	

Tabelle 7: Häufigkeit von erschwerten Laryngoskopiebedingungen.

In der Untersuchung wurden auf 187 Bögen (66,1 %) 197 der vorgegebenen erschwerende Intubationsbedingungen angegeben. Teilweise wurde auf einem Bogen mehrerer genannt. Die häufigsten erschwerenden Umstände waren das Vorhandensein von Fremdkörpern oder Sekreten wie Blut oder Aspirat im Mundraum. Diese wurden in 91 (32,2 %) der Bögen angegeben. Die In-Line Stabilisierung oder der angelegte Stifneck wurde 85 (30 %) mal aufgezeichnet. Der Patientenzugang wurde viermal (1,4 %) als erschwerendes Merkmal dokumentiert. Zudem war die ETI durch eine kleine Mundöffnung in 17 (6 %) Atemwegssicherungen als einschränkend angegeben.

In weiteren 38 Bögen (13,4 %) wurden weitere Angaben, teils mit Mehrfachnennung, bezüglich erschwerender Bedingungen getätigt. Zwölfmal wurden dabei krankheits- oder anatomiebedingte, patientenseitig erschwerende Bedingungen wie Adipositas, Morbus Bechterew oder aber auch eine reduzierte Reklination des Kopfes, sowie ein langer oder kurzer Hals genannt. Bei neun ETI war es eine pharyngeale oder glottische Pathologie wie beispielsweise Laryngospasmus, geschwollene Epiglottis, oder der wache Patient. Traumatisch bedingte Besonderheiten wie lockere Zähne oder höhergradige Mittelgesichtsfrakturen wurden viermal dokumentiert. Zehnmal wurde

eine laufende Reanimation als negativ beeinflussend auf die Atemwegssicherung schriftlich festgehalten. Ebenso empfanden zwei Notärzte die Kinderintubation als erschwerend und gab dies an. Ein Protokoll gab erschwerte Bedingungen an, ohne diese weiter zu konkretisieren.

Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung und alternativer Atemweg

		Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung			Gesamt	
		problemlos	erschwert	unmöglich		
Erstspatel	D Blade	Anzahl	13	7	1	21
		% innerhalb von Erstspatel	61,9 %	33,3 %	4,8 %	100,0 %
	MacIntosh Gr. 3	Anzahl	139	45	2	186
		% innerhalb von Erstspatel	74,7 %	24,2 %	1,1 %	100,0 %
	MacIntosh Gr. 4	Anzahl	58	14	1	73
		% innerhalb von Erstspatel	79,5 %	19,2 %	1,4 %	100,0 %
	Miller Gr. 1	Anzahl	1	1	0	2
		% innerhalb von Erstspatel	50,0 %	50,0 %	0,0 %	100,0 %
	Miller Gr. 2	Anzahl	0	1	0	1
		% innerhalb von Erstspatel	0,0 %	100,0 %	0,0 %	100,0 %
	Gesamt	Anzahl	211	68	4	283
		% innerhalb von Erstspatel	74,6 %	24,0 %	1,4 %	100,0 %

Tabelle 8: Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung je VL-Erstspatel.

Insgesamt wurde die Platzierung eines Endotrachealtubus bei 211 (74,6 %) Fällen als problemlos beschrieben. Erschwert wurden Sie in 68 (24 %) dokumentierten Intubationen angegeben. Lediglich vier Bögen (1,4 %) gaben an, dass eine endotracheale Intubation unmöglich war. Dabei erfolgte die Atemwegssicherung in zwei Fällen mittels Verwendung einer supraglottischen Atemwegshilfe. In zwei Fällen war eine chirurgische Atemwegssicherung notwendig. In allen vier Fällen wurde zuvor eine VL-gestützte Intubation versucht.

Unerwünschten Ereignisse während der Atemwegssicherung

Die unerwünschten Ereignisse während der präklinischen Intubation konnten wie folgt in absteigender Häufigkeit beobachtet werden: Patientenseitige Ereignisse wurden insgesamt in 17 Datenerfassungsbögen (6,0 %) dokumentiert. Dabei wurden einmal auch mehrere angegeben. Konkret wurde in 7 Bögen (2,5 %) der Sättigungsabfall angekreuzt. Die Aspiration und Fehlintubation wurden jeweils fünfmalig (1,5 %)

angegeben. Schleimhautschäden wurden nur einmalig erfasst. Zahnschäden kamen nie vor.

In 18 Fällen (6,4 %) wurden weitere unerwartete Ereignisse teils mit Mehrfachnennung auf einmal dokumentiert. Angegeben wurden hier am häufigsten Probleme im Umgang mit dem Endotrachealtubus und seinem Führungsstab (FS) (Insuffiziente Tubusvorbereitung aufgrund zu kurzem FS-Einschub oder gar fehlenden FS: 5, Tubusbiegung insuffizient: 5, Probleme beim Entfernen des FS: 4 und Cuffdefekt: 2) Zweimalig wurde eine subglottische Enge beschrieben. Einmal wurde eine CPR als unerwünschtes Ereignis beschrieben. In 14 Fällen ist auf dem gleichen Bogen ein zweiter Intubationsversuch dokumentiert.

Videolaryngoskopie - assoziierte Probleme

Es wurden auf 32 Bögen (12,6 %) insgesamt 36 Angaben zu Videolaryngoskopie-assoziierten Problemen getätigt. 17mal wurde eine beschlagene Optik angegeben. Neunmal war die Optik durch Blut, Sekret oder Aspirat belegt. Sechsmal war eine schlechte Sicht aufgrund der Sonneneinstrahlung und des damit verbunden schlechten Bildes aufgeführt. Jeweils zweimal war entweder der Monitor beschlagen oder es traten gar technische Defekte auf. Auf 25 der 32 (78 %) Bögen mit VL assoziierten Problemen wurde mindestens ein weiterer Intubationsversuch dokumentiert.

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	nein	251	88,7 %
	Optik beschlagen	17	6,0 %
	Blut, Sekret, Aspirat verlegte Optik	9	3,2 %
	Monitor beschlagen	2	,7 %
	Sonne blendet, Monitorlicht zu schwach	6	2,1 %
	technischer Defekt	2	,7 %
	Gesamt	283	100,0 %

Tabelle 9: Häufigkeit von VL-assoziierten Problemen.

Diskussion

1.14 Deskription

Die Datenerfassung wurde zwar multizentrisch an zwei Luftrettungsstationen in den Jahren 2017-2019 durchgeführt, jedoch kommt der Großteil der Rückläufer aus dem Luftrettungszentrum des Christoph 23 in Koblenz (HH: n = 45 (15,5 %)) versus Koblenz (n = 239 (84,5 %)).

Trotz zweier ausgeschlossener Bögen aufgrund dokumentierter direkter Laryngoskopie kam eine große Anzahl an 283 auswertbaren Datensätzen bezüglich der Hauptfragestellung zusammen. Damit ist sie im Vergleich zur Arbeit von Hossfeld et al 2015 mit einem vergleichbaren Studiendesign ähnlich groß. Er konnte an insgesamt 228 Atemwegssicherungen zeigen, dass die Videolaryngoskopie im Vergleich zur direkten Laryngoskopie einen Vorteil hinsichtlich der Glottissicht nach C&L hat. Das Studiendesign war unserer dabei sehr ähnlich, jedoch streng monozentrisch. Sie fand ebenfalls in der luftgebundenen, präklinischen Notfallmedizin statt. Auch in seiner Arbeit waren die Anwender aufgrund ihrer Qualifikation als Experten in der Atemwegssicherung zu nennen. Zudem ist das verwendete Gerät CMAC® PM von Karl Storz aus Tuttlingen mit dem in unserer Arbeit verwendeten Videolaryngoskop übereinstimmend (Hossfeld et al., 2015). 2021 waren es erneut Hossfeld et al, welche die Videolaryngoskopie im oben beschriebenen Design (präklinisches Setting in der luftgebundenen Notfallmedizin durch Experten in der Atemwegssicherung) zwischen Patienten unter Reanimation und anderen Notfällen untersuchte. Dabei gelang eine Auswertung von 1006 außerklinischen Atemwegssicherungen. Ein langer Erfassungszeitraum von Mai 2009 bis Juli 2018 war notwendig, um diese große Anzahl von auswertbaren Datensätzen zu erreichen (Hossfeld et al., 2021).

Knapp et al. wertete 2021 an allen zwölf Luftrettungsstationen der Schweiz die präklinische Atemwegssicherung mittels C-Mac innerhalb eines Jahres (Februar 2018 bis Februar 2019) in 428 Datensätzen hinsichtlich des FPS und Dauer des Intubationsversuches aus (Knapp et al., 2021). Da die Ergebnisse aus allen Stationen zusammengetragen wurden, sind die Ergebnisse für die gesamte Schweiz repräsentativer anzusehen als in unserer Untersuchung für die Luftrettung in Deutschland.

Auch von Interesse ist die Arbeit der australischen Arbeitsgruppe um Hayes-Bradley et al., die zwischen Januar 2018 und Juli 2020 die präklinische RSI mittels CMAC® von Karl Storz aus Tuttlingen bezüglich ihres zeitlichen Ablaufes auswerteten. So war es Ihnen möglich, 385 Datensätze in der luftgebundenen Notfallmedizin für ihre Auswertung zu verwenden.

Hinsichtlich der ausgewerteten Videos stammen die Daten vollständig aus Koblenz und repräsentieren lediglich die Koblenzer Anwendergruppe und ist somit als monozentrisch zu werten.

Zusammenfassend kann für den Erfassungszeitraum von drei Jahren mit 283 Datensätzen ein aussagekräftiges Ergebnis in Bezug auf die Hauptfragestellung abgeleitet werden.

Limitationen zeigen sich jedoch hinsichtlich der Übertragung der Ergebnisse auf die gesamte Luftrettung in Deutschland. Zukünftige Untersuchungen sollten, wie unsere Untersuchung, an mehreren Standorten stattfinden. Hierbei ist jedoch darauf zu achten, dass sich der multizentrische Ansatz auch in der Anzahl der ausgewerteten Bögen widerspiegelt, um die allgemeingültige Aussagekraft zu besitzen.

1.15 Die Spatel in der Videolaryngoskopie

Videolaryngoskopiespatel und der First Pass Success

Viele Publikationen konnten bisher den erfolgreichen Einsatz der Videolaryngoskopie für eine endotracheale Intubation auch in der Präklinik zeigen. Verbesserte Sicht auf die Glottis, hohe First Pass Success Raten durch Anwendergruppen mit unterschiedlicher praktischer Erfahrung in vielfältigen Notfallsituationen und Patientenkollektiven führten zur S1 Leitlinienempfehlung, die Videolaryngoskopie als First Line Instrument in der präklinischen Atemwegssicherung einzusetzen. Konkret wird sogar der Einsatz MacIntosh-ähnlicher-Spatel empfohlen, wenn auch ohne Größenangabe. Hier liegt laut Leitlinie der Vorteil darin, dass bei verschmutzter Optik jederzeit auf die direkte Laryngoskopie gewechselt werden kann, ohne das Laryngoskop selbst wechseln zu müssen. Der D-Blade-Spatel soll aufgrund seiner hyperangulierten Konstruktion nur zusätzlich in besonders schwieriger Situation durch den geübten Anwender eingesetzt werden. Grund ist, dass seine starke Biegung eine direkte Laryngoskopie ausschließt. Sollte es aus technischen Problemen oder bei Verlegung der Optik mit Sekreten zur indirekten Sicht einschränkung kommen, so

müsste ein weiterer Intubationsversuch erfolgen. Zudem wird die Verwendung eines Führungsstabes empfohlen, der der Krümmung des Spatels angepasst wird, um den Tubus erfolgreich tracheal zu platzieren (Intensivmedizin, 2019).

In der zuvor erfolgten Literaturrecherche mittels Pubmed stellte dabei keine Untersuchung den Spatel selbst in den Fokus der Untersuchung, sondern beschrieb ihn nur in der Anwenderhäufigkeit. Der Ansatz unserer Untersuchung bestand darin festzustellen, ob die Wahl des Videolaryngoskopiespatels einen Einfluss auf den erfolgreichen ersten Intubationsversuch hat. Denn schon der Anblick der verschiedenen Spatelgrößen und -formen lässt einen deutlichen Unterschied in der Länge und Dicke der MacIntosh-Spatel, sowie zwischen den unterschiedlichen Krümmungen erkennen.



Abbildung 20: Verwendete VL-Spatel dieser Studie.

Historisch wurde der MacIntosh-Spatel in der Größe 3 für eine Anwendung am weiblichen Patienten entwickelt. Alle folgenden Weiterentwicklungen der Laryngoskopiespatel in ihren Formen und Größen mit Übernahme in die Videolaryngoskopiertechnik, soll in der vorliegenden Arbeit zeigen, ob ein Spatel bezüglich seiner FPS-Rate einen Vorteil gegenüber den anderen hat.

Mit einem „Gesamt“ First Pass Success von 71 % für alle dokumentierten ETI und verwendeten Spatel zeigt sich zunächst ein ernüchterndes Ergebnis hinsichtlich der „Gesamtpformance“ im präklinischen Setting unserer erfahrenen Anwender. Eine erfolgreiche Intubation gelingt unserer Anwendergruppe in der aktuellen Untersuchung im zweiten Versuch in 24,4 % der Fälle (Gesamterfolgsrate 95,4 % nach zwei Intubationsversuchen). Die Gesamterfolgsrate aller Versuche liegt bei 98,6 %. Lediglich 4 (1,4 %) Patienten konnte zu keiner Zeit intubiert werden. Diese Werte sind mit denen der anderen Arbeitsgruppen wieder vergleichbar. Somit kann man die größte Abweichung im ersten zum zweiten Intubationsversuch im Vergleich zu Ergebnissen anderer Untersuchungsgruppen erkennen.

Entsprechend unserer Hauptfragestellung konnten wir erstmals zeigen, dass die Wahl des Spatels keinen Einfluss auf den FPS bei der präklinischer Atemwegssicherung mittels VL durch den Experten hat. Sie zeigen diesbezüglich keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,601$). Trotz der offensichtlichen Unterschiede in Aufbau und Form gibt es keinen Spatel, der einen Vorteil gegenüber den anderen in der erfolgreichen ersten endotrachealen Intubation aufweist. Der D-Blade-Spatel zeigt gar einen FPS von lediglich 61,9 %. Bekannt ist, dass dieser hyperangulierte Spatel eine gute Sicht auf die Glottis ermöglicht, jedoch die erfolgreiche Platzierung des Tubus eine Herausforderung darstellen kann. Aufgrund der stark gebogenen Form ist eine direkte Führung des Tubus unter Sicht zur Zielstruktur unmöglich. Ein Führungsstab, dessen Biegung der außergewöhnlichen Spatelform angepasst ist, ist notwendig, um eine erfolgreiche ETI zu erreichen (Kelly and Cook, 2016, Bacon et al., 2015).

Die FPS-Rate dieser Beobachtungsstudie liegt mit Insgesamt 71% deutlich unter denen anderer Arbeitsgruppen liegt. Hossfeld et al. 2021 mit 90 %, Knapp et al. 2021 mit 87,6 % und Hayes-Bradley 2022 mit 97 % zeigen in der Atemwegssicherung durch Experten der Atemwegssicherung in der Luftrettung deutlich höhere Werte. Auch Montag et al. 2022 zeigte in einer deutschen notarztgeführten, multizentrischen und retrospektiven Auswertung an Patienten unter Herz-Lungen-Wiederbelebung (Cardiopulmonary Resuscitation CPR) einen FPS von 83,3 %. Hier wurde angegeben, dass die Notärzte notfallmedizinisch geübt sind. Deren tatsächliche zugrunde liegende Fachrichtung und Ausbildungsstand sind nicht aufgeführt.

Besonders erstaunlich ist, dass der gesamt FPS insgesamt niedriger ist als in einer älteren Studie von Helm et al. von 2006 mittels direkter Laryngoskopie. Hier lag er für Koblenz bei 77,9 % und war ebenfalls im Vergleich zu den anderen

Luftrettungszentren in Hamburg und Ulm deutlich niedriger (Ulm: 92,1 %, Hamburg: 92,3 %) Auch wenn die Fallzahlen jeweils geringer sind, so zeigt sich hier ein konstant niedrigerer FPS im Vergleich zu den anderen Standorten und Untersuchungen. Verwunderlich ist auch, dass in dieser Studie die Glottissicht häufiger als C&L Grad III und IV angegeben wurde, aber im Vergleich zur aktuellen Untersuchung dennoch ein höherer FPS beobachtet wurde (Helm et al., 2006).

Bei konstant niedrigeren FPS-Raten in Koblenz in der vorliegenden Arbeit und in der Arbeit von Helm et al. 2006 im Vergleich zu anderen Untersuchungen, kann durchaus diskutiert werden, wie ein Intubationsversuch jeweils definiert wurde. Hossfeld macht in seinen Arbeiten 2015 und 2021 diesbezüglich wenig Angaben. Er beschreibt sein Vorgehen mit zunächst einer direkten Laryngoskopie zur Befunderhebung des C&L Status. Anschließend wird der Monitor in die Sichtachse des Notarztes gedreht und die Intubation ohne erneute Spatelentfernung videolaryngoskopisch durchgeführt. Es finden also insgesamt zwei Laryngoskopien statt (direkt und indirekt), jedoch ohne den Spatel aus dem Mund zu entfernen (Hossfeld et al., 2015, Hossfeld et al., 2021). Knapp et al. 2021 definierten einen Intubationsversuch mit dem Einführen des Videolaryngoskopiespatels durch die Lippen und endete mit dem Verlassen des Mundraumes (Knapp et al., 2021). Ob jedoch bei guter Sicht mehrfach der Tubus versucht wurde zu Platzieren, ist dem Methodenteil nicht zu entnehmen. Montag et al 2022 beschreiben lediglich, dass der erste Intubationsversuch als FPS definiert wird, ohne konkrete Kriterien für den einzelnen Intubationsversuch zu nennen (Montag et al., 2022). Bei Hayes-Bradley et al. 2022 wird der Intubationsversuch mit dem Einführen und Verlassen des Laryngoskopiespatels durch die Mundöffnung definiert. Somit entspricht sie lediglich dem ersten Laryngoskopieversuch. Die erfolgreiche Tubusplatzierung im ersten Versuch bleibt davon unberührt. Dementsprechend kann es sein, dass auch hier bei einer Laryngoskopie mehrere Tubusplatzierungsversuche stattgefunden haben (Hayes-Bradley et al., 2022). Selbst die S1 Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ macht keine genaueren Angaben wie der Intubationsversuch definiert ist. Sie stellt zwar die Bedeutung des Intubationserfolges im ersten Versuch heraus, definiert ihn jedoch nicht näher (Intensivmedizin, 2019). Somit ist es möglich, dass die oben genannten unterschiedlichen Arbeitsgruppen nur eine erneute Laryngoskopie als Intubationsversuch definieren. Da sie gemäß unserer Definition nur einen Teil des Intubationsablaufs darstellt, ist ein Vergleich dieser FPS-Raten kritisch zu betrachten. Zudem beschreiben alle oben genannten Arbeitsgruppen eine gute Sicht auf die Glottisebene. Denkbar ist, dass die Spatelhaltung beibehalten

und nur eine Veränderung am kurzzeitig entfernten Tubus (optimierte Biegung, Tubusgröße wechseln, o.ä.) durchgeführt wird. In unserer Arbeit war dadurch 14mal ein weiterer Intubationsversuch notwendig, da wir die Intubation aus den zwei Bestandteilen Laryngoskopie und Tubusplatzierung in die Trachea im jeweils ersten Versuch definiert haben. Bei Knapp et al. 2021 und Hayes-Bradley et al. 2022 wäre dies definitionsgemäß nur ein Intubationsversuch gewesen. Hier liegt also eine deutliche Diskrepanz vor. Wenn bei Tubusoptimierung das Laryngoskop im Pharynx belassen wird, bleibt unklar ob andere Arbeitsgruppen mit hohem FPS dies auch als zweiten Versuch werten. Keine Arbeitsgruppe dokumentierte Gründe für ihre weiteren Intubationsversuche oder machte Angaben, welche Optimierungen für einen weiteren Versuch durchgeführt wurden. Dass die Definition des FPS einen signifikanten Effekt auf seine Größe hat, zeigte Trent et al. 2023. Die FPS-Raten waren in ihren unterschiedlichen Definitionen bei indirekter Laryngoskopie größer als bei der direkten Laryngoskopie. Er verweist darauf, dass bei videolaryngoskopischer Intubation die Tubusplatzierung die größere Herausforderung zu sein scheint, da die VL in vielen Arbeiten eine verbesserte Sicht auf die Glottis nachgewiesen hat (Trent et al., 2023). Hinsichtlich des FPS zeigte er in seiner Untersuchung auf, dass es einen Unterschied von 5,5 % gibt, wenn unter der ersten Laryngoskopie entweder mehrfach versucht wird den Tubus zu platzieren oder nur der erste Platzierungsversuch als erfolgreich definiert wird. Wie in unserer Arbeit ist der FPS diesbezüglich niedriger. Dies könnte in Teilen die deutlich niedrige FPS-Rate von 71 % in unserer Untersuchung im Vergleich zu anderen Arbeiten erklären.

Eine weitere Definition könnte sein, dass ein Intubationsversuch nur dann beendet ist, wenn der Patient aufgrund drohender Hypoxie zwischenbeatmet werden muss. Vorstellbar wäre also, dass erst dann von einem zweiten Intubationsversuch gesprochen wird, wenn sowohl der erstplatzierte Tubus als auch das erstplatzierte Laryngoskop den Mundrachenraum verlässt. Hier fehlt die Einheitlichkeit und klare begriffliche Definition für den „ersten Intubationsversuch“. Diese Unschärfe erwähnt die S1 Leitlinie Atemwegsmanagement von 2023. Sie unterscheidet zwischen Problemen der Laryngoskopie und endotrachealen Intubation. Sie betont, dass vor allem bei videolaryngoskopischer Technik eine Trennung erfolgen sollte, da hier die Inzidenz der schwierigen Laryngoskopien stets niedriger ist als die der schwierigen oder gar unmöglichen Intubation (Intensivmedizin, 2023). Dennoch bleibt auch hier offen, zu welchem Zeitpunkt oder mit welchem Handgriff eine Intubation beginnt.

Zudem ist nicht vereinheitlicht, wann ein begonnener Intubationsversuch endet, und ein Neuer beginnt.

Der hyperangulierte D-Blade-Spatel zeigte in unserer Arbeit die niedrigste FPS-Rate bei Anwendungshäufigkeit >10. Dieser Spatel stand anderen Arbeitsgruppen wie Knapp et al. 2021 und Hayes-Bradley et al. 2022 gar nicht zur Verfügung oder wurde wie bei Hossfeld et al. 2015 deutlich seltener eingesetzt. Dieser für den schwierigen Atemweg beworbene Spatel ist aber aufgrund seiner hyperangulierten Form mit einer größeren Herausforderung in der Tubusplatzierung vergesellschaftet (Bacon et al., 2015). Somit kann man ableiten, dass den Anwendern unserer Untersuchung deutlich mehr zu erwartende schwierige Atemwegssituationen vorlagen als anderen Arbeitsgruppen.

Die Nutzung eines Führungsstabs wird in der Leitlinie für prähospitalen Atemwegsmanagement lediglich für den D-Blade-Spatel empfohlen. Für die MacIntosh-ähnlichen-Spatel ist er nicht erwähnt (Intensivmedizin, 2019). Hossfeld hat in seinen Arbeiten 2015 und 2021 bei jeder endotrachealen Intubation einen Führungsstab benutzt. Da der Standardspatel in seinen Untersuchungen immer der Macintosh-Spatel der Größe 3 ist, ist die höhere FPS-Rate auch durch unsere Daten bestätigt. Wie groß der Einfluss des verwendeten Führungsstabes ist, ist jedoch unklar. Montag et al. 2022 und Knapp et al. 2021 machen bezüglich des Einsatzes eines Führungsstabes keine Angaben. Hayes-Bradley et al. 2022 nutzen einen Bougie. Unter videolaryngoskopischer Sicht wurde dieser durch die Stimmbänder in die Trachea eingeführt. Danach wurde der Endotrachealtubus entlang des Bougies in die Trachea eingebracht und platziert. In der Untersuchung ist beschrieben, dass die Verwendung dieses Bougies zur Sichtbehinderung führen kann. Zudem ist auch die Bougie-Platzierung in einem Intubationsversuch teils mehrfach notwendig. Die Nutzung des Bougies wird als herausfordernd und zeitaufwendig angegeben. Dennoch konnte die Arbeitsgruppe eine hohe FPS-Rate von 97 % angeben (Hayes-Bradley et al., 2022). Wichtig zu erwähnen ist ebenfalls, dass die Arbeitsgruppe 619 prähospitalen RSI ausgewertet hat, welche alle mit dem CMAC MacIntosh-Spatel der Größe 4 durchgeführt worden sind. Zuvor wurden jedoch 67 Datensätze, in denen unter anderem eine „back up direkte Laryngoskopie“ erfolgte, ausgeschlossen. Solch beschriebene Ereignisse sind bei uns mit betrachtet worden, da zuvor eine VL stattfand und dies einen Einfluss auf den FPS hat. Schließlich fand aus unbekanntem Gründen ein Wechsel statt. Von initial VL auf DL als Rückfallebene. Diesbezüglich liegt

eine Diskrepanz vor, da gemäß unserer Definition alle notwendigen Schritte zu Tubusplatzierung im ersten Versuch gelingen müssen. Des Weiteren wurden bei Hayes-Bradley et al. 2022 110 Intubationen unter CPR für die Auswertung ausgeschlossen, da Sie ohne Sedierung und Muskelrelaxierung erfolgten und sie somit keine RSI darstellen. Dennoch erfolgte eine Intubation, welche bei fehlender Medikamentengabe und bei möglicher Bewegung unter CPR als schwierig zu betrachten ist. Man muss postulieren, dass unter diesen 110 Intubationen ein hoher Anteil von Intubationen erst im zweiten oder auch dritten Versuch gelang.

In der Luftrettung kommt es regelmäßig durch die unterschiedlichen Rettungsdienstbereiche, bzw. zum Teil bundeslandübergreifenden Einsatzgebiete an den Einsatzstellen, zur Bildung von ad-hoc Teams. Lediglich einheitliche medizinische Standards und eine gemeinsame Sprache (z.B. „xABCDE-Schema“) erleichtern die interprofessionelle Zusammenarbeit. Stark unterschiedliche fachliche Expertise, Kompetenzen, Trainingsstand und Routine im Umgang mit dem verfügbaren Material unterschiedlicher Hersteller, wirken sich auf die Teamperformance aus. Bereits die große Vielfalt am Markt erhältlicher Endotrachealtuben, welche herstellerbedingt mal mit und manchmal ohne Führungsstab geliefert werden, kann den vorbereitenden Rettungsdienstmitarbeiter vor Herausforderungen stellen. Sollte kein Führungsstab im Tubus vorliegen, muss dieser ggf. erst eingebracht und die Tubusbiegung an den Spatel angepasst werden. Dabei ist es möglich, dass unterschiedliche Standards zu Verzögerungen oder den oben beschriebenen unerwünschten Ereignissen mit dem Material führen. Keine der zuvor genannten Arbeiten geht auf diese Besonderheit in der prähospitalen Atemwegssicherung ein. Ebenso unbekannt ist wer diese Vorbereitung trifft. Der teameigene Helicopter Emergency Medical Service – Technical Crew Member (HEMS-TC) oder der Notfallsanitäter des Rettungswagens (RTW). Es ist ebenso nicht ersichtlich, ob der Notarzt vor Beginn einer Atemwegssicherung eine Kontrolle der vorbereiteten Materialien durchgeführt hat. Bekannt ist, dass das Atemwegsmanagement diesbezüglich außerhalb des OP-Bereiches eine multifaktorielle Herausforderung darstellt (Karamchandani et al., 2021).

Zusammengefasst ist unserer Gesamt-FPS mit 71 % in unserer Arbeit für eine Vergleichbarkeit mit anderen Arbeitsgruppen aufgrund fehlender einheitlicher Definition für den First-Pass-Success schwierig einzuordnen. Unsere „strenge“ Definition im Vergleich zu anderen Untersuchungen lässt wenig Spielraum für Ereignisse, die eine zügige und erfolgreiche endotracheale Intubation behindern. Wir

konnten jedoch erstmals zeigen, dass die Wahl des geeigneten Spatels keinen Einfluss auf den FPS hat.

Um die FPS-Rate zu verbessern, muss man wissen, welche Gründe es für einen erneuten Intubationsversuch gab. Die Gründe für einen erneuten Intubationsversuch wurden auch in unserem Fragebogen nicht erfragt. Es war lediglich die Frage nach dem Spatelwechsel zu beantworten. Wenn ein neuer Intubationsversuch stattgefunden hat, wäre interessant zu wissen, ob es an der Laryngoskopie mit Spatelwechsel oder Lagerungsoptimierung des Patienten, der Materialvorbereitung oder der Tubusplatzierung lag. Fehlende Angaben darüber, wer den Tubus in welcher Konfiguration vorbereitet hat oder ob es ein standardisiertes Intubationsprotokoll gab, sind weitere Limitationen dieser Arbeit. Zudem bestand die Möglichkeit unerwünschte Ereignisse zur Tubusplatzierung anzufügen. Exakter könnte nach dem Grund des Spatelwechsels gefragt werden.

Weitere Untersuchungen können diese Limitation aufgreifen. Ist der MacIntosh-Spatel der Größe 3 tatsächlich der „Standardspatel“? Kann man einen Unterschied an unterschiedlichen Patientenmerkmalen ausmachen? Sollte man zum Beispiel bei der Frau eher Größe 3 und beim Mann die Größe 4 wählen? Ist die Körpergröße oder die Mundöffnung ein Maß für die Wahl des richtigen Spatels? Auch betrachten werden kann diesbezüglich das Einsatzszenario. Profitieren die Patienten, deren Atemweg auf dem Boden liegend intubiert werden oder mittels Stifneck immobilisiert sind, von dem D-Blade-Spatel? Hier besteht aus unserer Sicht ein weiterer Ansatz für folgende Untersuchungen: Welche Merkmale (Patient, Einsatzstelle, Dringlichkeit) haben einen Einfluss auf den FPS eines jeden Spatels? Hat einer dadurch einen Vorteil?

Spatelwahl und -wechsel

Insgesamt standen der Anwendergruppe 9 Spatel der Firma Karl Storz SE & Co. KG aus Tuttlingen zur Verfügung. Das waren zum Untersuchungszeitpunkt alle von der Herstellerfirma mehrfach verwendbaren Spatel des Videolaryngoskops CMAC® PM 2. Davon genutzt wurden lediglich fünf Spatel. In der Vorbereitung zur Intubationsnarkose musste der Notarzt dem vorbereitenden Rettungsdienstmitarbeiter aktiv den gewünschten Spatel kommunizieren oder auf Nachfrage nennen.

Wie im Ergebnisteil ersichtlich war der MacIntosh-Spatel der Größe 3 der am häufigsten genutzte Spatel. Er wird auch heute noch in Untersuchungen anderer

Arbeitsgruppen als Standardspatel in der präklinischen Notfallmedizin definiert. Viele Untersuchungen zeigen die Nutzung dieses Spatels auf und bekräftigen seine erfolgreiche Anwendung bei der Atemwegssicherung hinsichtlich FPS, Glottissicht und auch höherer Wahrscheinlichkeit eines ROSC (Hossfeld et al., 2015, Hossfeld et al., 2021, Montag et al., 2022).

In der geschichtlichen Entwicklung war dies auch der zuerst entwickelte Spatel für Erwachsene. Wenn man berücksichtigt, dass der Prototyp für den Spatel jedoch aus der gynäkologischen Chirurgie in den 1980er Jahren stammt, so ist verwunderlich, dass er mehr als 40 Jahre später und trotz Entwicklung der Größe 4 in den frühen 1950er Jahren in den geschlechts- und körpergrößengemischten Patientengruppen für viele Anwender immer noch der Standardspatel zu sein scheint (Scott and Baker, 2009). Es wurden in der vorliegenden Arbeit explizit keine Geschlechter oder mutmaßlichen Größenangaben der Notfallpatienten erfasst, da der Fokus der Untersuchung auf dem verwendeten Spatel lag. Postuliert man jedoch, dass für weibliche Patienten der MacIntosh-Spatel Größe 3 gedacht ist und der MacIntosh-Spatel Größe 4 für männliche Patienten gewählt werden sollte, ist auch in unserer Arbeit ersichtlich, dass das Geschlecht offensichtlich nicht kongruent für die Auswahl des verwendeten Spatels herangezogen worden ist, da in lediglich 25 % der erfassten Bögen der MacIntosh-Spatel der Größe 4 als Erstspatel dokumentiert wurde und die Geschlechterverteilung vermutlich nicht 1:3 zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht gelegen hat.

Eine weitere, bereits weiter oben beschriebene Beobachtung dieser Arbeit ist, dass der D-Blade-Spatel, welcher vom Hersteller als Spatel für den schwierigen Atemweg beworben wird, lediglich in 7,4 % der Fälle als Erstspatel durch den Notfallmediziner gewählt wurde. Dieser wurde im Vergleich zu anderen Arbeitsgruppen wie Hossfeld et al. 2021 deutlich häufiger (7,4 % vs. 0,2 %) gewählt. Vielleicht ist die Besonderheit in der Platzierung mittels Tubusvorbiegung und Intubationstechnik zusammen mit der fehlenden Rückfallebene der direkten Laryngoskopie trotz jahrelanger Nutzung nicht allen Anwendern bewusst. Diesbezüglich wäre die häufigere Anwendung zu hinterfragen. Zudem sollte unseren erfahrenen Anwendern in einem Training über die Besonderheit der Nutzung dieses Spatels erneut ins Gedächtnis gerufen werden. Diesbezüglich könnten die Empfehlungen von Bacon et al. 2015 zum erfolgreicherem Nutzen dieses hyperangulierten Spatels beitragen (Bacon et al., 2015). Die hier diskutierten Auffälligkeiten sind jedoch nur Häufigkeiten, welche beurteilt werden.

Einen signifikant schlechteren FPS im Vergleich zu den anderen Spateln weist der D-Blade-Spatel nicht auf. Zudem sind die Fallzahlen in beiden Arbeiten recht klein und sollten bei häufigerer Anwendung erneut beurteilt werden. Bei Knapp et al. 2021 und Hayes-Bradley et al. 2022 stand kein hyperangulierter Spatel zu Verfügung und hatte somit keinen Einfluss auf den FPS in deren Untersuchung.

Der Miller-Spatel wurde in unserer Arbeit dreimal genutzt. Zweimal in der Größe 1 und einmal in der Größe 2. Zwei Anwendungen wurden für Intubationen von Kindern verwendet. Der Miller-Spatel der Größe 0 wurde nicht eingesetzt.

Insgesamt wurde der verwendete Erstsattel neunmal gewechselt. Mit einer Wechselrate von 4,5 % war der MacIntosh-Spatel der Größe 3 bei seinen acht Wechseln von 178 Anwendungen siebenmal zu kurz. Einmal wurde er zur Sichtverbesserung in den D-Blade-Spatel gewechselt. Der Spatelwechsel in den längeren MacIntosh-Spatel der Größe 4 fand fünfmal statt. Zweimal wurde er in den längeren D-Blade-Spatel getauscht und verhinderte so den Fist Pass Success. Dabei wurde einmalig angegeben, dass der D-Blade nur gewählt wurde, da zu diesem Zeitpunkt die Größe 4 nicht vorlag. Somit wurde in allen acht Fällen in einen längeren Spatel gewechselt. Nur einmal wurde der MacIntosh-Spatel der Größe 4 aufgrund vorstehender Zähne in die kürzere Größe 3 gewechselt. Die Wechselrate lag somit für den MacIntosh-Spatel der Größe 4 bei 0,14 %. Der D-Blade-Spatel wurde nie gewechselt.

Auch in unserer Arbeit ist der MacIntosh-Spatel der Größe 3 der am häufigsten verwendete Spatel, ohne ihn zuvor als Standardspatel zu festgelegt zu haben. Zugleich zeigt er aber auch die höchste Rate an Wechseln auf. Dabei wurde er aufgrund seiner kürzeren Länge immer in einen längeren Spatel gewechselt. Fünfmal in die Größe 4 und einmal in den D-Blade-Spatel. Hier stellt sich die Frage, warum der Spatel der Größe 4 insgesamt deutlich seltener genutzt wird als die Größe 3. Ein Spatelwechsel kam in unserer Untersuchung in geringerer Häufigkeit vor. Gestützt wird diese These durch die Arbeit von Hayes-Bradley aus Australien. Die australische Arbeitsgruppe zeigte die Herausforderung der RSI mittels Videolaryngoskopie in der luftgebundenen Notfallmedizin in Sydney. Sie wertete in Gänze den MacIntosh-Spatel der Größe 4 aus und zeigten dabei eine FPS von 97 % in 385 videodokumentierten Intubationen. Dies unterstreicht den erfolgreichen Einsatz dieses Spatels. Allerdings

entsprach auch in dieser Arbeit der Intubationsversuch nicht unserer Definition. Erst wenn eine erneute Laryngoskopie erfolgte, wurde dies in der australischen Forschergruppe als neuer Intubationsversuch gewertet. Dies kam aus unterschiedlichen Gründen in zwölf Fällen vor. Nur zweimal war davon eine Neupositionierung des Spatels als Grund aufgeführt. Man kann daraus ableiten, dass mit dem MacIntosh-Spatel ein hoher FPS erreicht werden kann (Hayes-Bradley et al., 2022). Auch aus entwicklungshistorischem Hintergrund wäre das bei gleicher Geschlechterverteilung nachvollziehbar. Hier könnte sich die Berücksichtigung hinsichtlich der Körpergröße durch den erfahrenen Anwender widerspiegeln. In unserer Untersuchung wurden bezüglich der Spatelwahl keine Vorgaben getätigt oder wie bei vergleichbaren Arbeiten ein Standardspatel definiert. Es wäre von Interesse, welche Überlegungen den Notarzt dazu veranlasst haben die Größe 4 anstatt 3 zu wählen. In den Arbeiten von Hossfeld et al. 2015 (Sichtverbesserung nach C&L bei Nutzung von VL an Traumapatienten) und Hossfeld et al. 2021 (Einsatz VL an Patienten mit und ohne Kreislaufstillstand), wurde er nur in 3,6 % aller Intubationen verwendet. Die Erfahrung des Notfallmediziners hinsichtlich Patientenalter, -größe und -anatomie sollte in seiner Arbeit ausschlaggebend für die Spatelwahl sein. Dennoch wurde der MacIntosh-Spatel der Größe 3 als Standardspatel im Methodenteil der Arbeit definiert. Wir konnten zeigen, dass ohne diese Vorgabe der Spatel in unserer Arbeit mit 25,8 % aller Intubationen deutlich häufiger eingesetzt wurde (Hossfeld et al., 2021, Hossfeld et al., 2015).

Die FPS-Raten zwischen den MacIntosh-Spateln der Größe 3 und 4 waren ähnlich. Der MacIntosh-Spatel der Größe 3 mit 72 % im Vergleich zum MacIntosh-Spatels der Größe 4 mit 72,6 % zeigten einen ähnlich hohen Erfolg im ersten Intubationsversuch. Der Unterschied in der FPS-Rate der beiden Spatel ist nicht signifikant. Die Intubationszeit mit dem MacIntosh-Spatel der Größe 4 ist zwar im Mittel mit 35,91 Sekunden noch langsamer als von der Leitlinie gefordert, jedoch schneller als mit dem MacIntosh-Spatel der Größe 3 mit einem gemessenen Mittelwert von 44,13 Sekunden. Auch dieser Unterschied war nicht signifikant. Wenn man bei den beiden MacIntosh-Spateln die Ausreißer in der Intubationszeit in unserer Untersuchung herausrechnet, so zeigen die medianen Werte, dass der MacIntosh-Spatel der Größe 4 als einziger Spatel mit 26 Sekunden die geforderte Zeit der Leitlinie einhält. Jedoch ist die Intubationszeit mit dem MacIntosh-Spatel der Größe 3 mit median 32 Sekunden nur knapp länger.

Sicher gibt es auch in der Präklinik einfache Konstellationen aus Patienten, Einsatzstelle und Dringlichkeit, die eine sichere und zügige Atemwegssicherung im ersten Versuch ermöglichen. Dennoch wirken sich viele Faktoren der präklinischen Notfallmedizin negativ beeinflussend auf die ETI aus. Diese Bedingungen spielen wie in der Literatordiskussion bereits beschrieben eine große Rolle. Der erfahrene Notfallmediziner weiß um diese erschwerenden Rahmenbedingungen, welche die Atemwegssicherung per se häufig als „schwierig“ wahrnehmen lässt. Offensichtlich hat dies für den Notarzt nur zur Folge, dass die Nutzung der Videolaryngoskopie an sich ausreichend für eine erfolgreiche ETI zu sein scheint. Dennoch ist es möglich, dass darüber hinaus auch die Wahl des geeignetsten Spatels sich erheblich positiv auf die Atemwegssicherung auswirken kann.

Der Miller-Spatel wurde in der Größe 1 zweimal verwendet. Einmal bei einem Kind, was der Videoaufzeichnung zu entnehmen war. Der Notarzt gab es im Erfassungsbogen selbst nicht an. Hier erfolgte die problemlose Intubation mit dem gewählten Miller-Spatel der Größe 1. Dem anderen Datensatz ist nicht zu entnehmen um welche Intubationssituation es sich handelt. Es wurde eine kleine Mundöffnung und eine geschwollene Epiglottis im Datensatz angegeben. Zudem kam es zu Videolaryngoskopie-assoziierten Problemen mit sich ausschaltendem Display. Die Intubation gelang im zweiten Versuch mittels Miller-Spatel der Größe 1. Ein Video liegt dem Datensatz nicht vor. Der Miller Spatel der Größe 2 wurde nur einmal verwendet. Dies geschah bei einer Kinderreanimation. Dem Datenerfassungsbogen ist zu entnehmen, dass ein Fremdkörper den Atemweg verlegte, was mittels VL sichtbar war. Erst nach Teilentfernung des Fremdkörpers gelang die erfolgreiche Intubation im dritten Versuch.

Wie im Einleitungsteil beschrieben, kann der Miller-Spatel den Blick auf die Glottis im Vergleich zum MacIntosh-Spatel beim schwierigen Atemweg verbessern, wenn dieser mit Hilfe der recht unbekanntem paraglossalen Technik eingeführt wird. Für die direkte Laryngoskopie ist dies mehrfach beschrieben worden (Henderson, 1997, Achen et al., 2008). Zudem weist der Miller-Spatel im Vergleich zum D-Blade-Spatel, welcher vom Hersteller als Spatel für den schwierigen Atemweg beworben wird, die Rückfallebene einer direkten Laryngoskopie im Falle von technischen Problemen oder Verlegung der Kamera durch Sekrete auf. In unserer Untersuchung war in acht Erfassungsbögen bei der Nutzung der MacIntosh-Spatel 3 und 4 ein C&L Grad III und IV beschrieben. Wenn die Sichtverbesserung mittels paraglossalen Zugang auch auf die Videolaryngoskopie

zutritt, könnte der Miller-Spatel diesbezüglich eine häufigere Anwendung auch beim Erwachsenen ermöglichen. Da jedoch alle Autoren den niedrigen Bekanntheitsgrad der paraglossalen Intubationstechnik und die Seltenheit der Anwendung beschreiben, gilt es diese Technik zunächst zu erlernen und regelmäßig anzuwenden.

Limitationen unserer Arbeit hinsichtlich der Wahl des Erstspatels liegen sicherlich an fehlenden konkreten Hintergrundinformationen zur Wahl der Spatelgröße. Der Notfallmediziner entschied sich aufgrund seiner Expertise für einen Spatel. Die genau zugrunde liegenden Merkmale für die jeweilige Spatelwahl wurden jedoch durch uns nicht abgefragt.

Hier könnte ein Ansatz für weitere Untersuchungen liegen, die sich explizit mit dieser Fragestellung beschäftigen. Welche Kriterien in den Teilbereichen Einsatzstelle, Patient und Notarzt führen zur Wahl eines bestimmten Spatels? Ergeben sich daraus weniger Spatelwechsel und damit verbunden vielleicht ein höherer FPS? Denkbar zu untersuchende Merkmale sind das Geschlecht oder die Körpergröße aufgrund der oben beschriebenen Historie der Spatelentwicklung. Aber auch eine Bodenlage des Patienten oder die Immobilisierung der HWS mittels Stifneck. Von Interesse wäre es, ein KI-Tool zu entwickeln, welches nach Eingabe möglichst vieler Merkmale des Einsatzes, den besten geeigneten Spatel vorschlägt.

Ein gänzlich neuer Ansatz für weitere Untersuchungen könnte zudem der paraglossale Zugang mit Hilfe des Miller-Spatels sein. Ermöglicht er eine bessere Sicht, wenn die MacIntosh-Spatel nur höhergradige C&L Darstellungen erreichen?

Videolaryngoskopiespatel und die Glottissicht

Verschiedene Untersuchungen zur Nutzung der Videolaryngoskopie im Rahmen der endotrachealen Intubation haben mehrfach gezeigt, dass die VL die Sicht auf die Glottisebene verbessert (Hansel et al., 2022, Hossfeld et al., 2015). Die Ergebnisse unserer Untersuchung unterstützen diese These. In der Gesamtheit aller Fälle konnten wir in 96,8 % aller ETI eine gute Glottissicht als Grundlage für erfolgreiche endotracheale Tubusplatzierung im Sinne von Cormack & Lehane Grad I und II erfassen. Die Rate an schweren Laryngoskopiebefunden mit der Graduierung des Cormack & Lehane Grad III und IV war entsprechend niedrig mit einer relativen Häufigkeit von 3,2 % aller dokumentierten Fälle.

Mit der vorliegenden Arbeit konnten wir zeigen, dass kein Spatel hinsichtlich der Glottisdarstellung gegenüber den anderen Spateln vorteilhaft ist. Da wir im Gegenteil zu anderen Arbeitsgruppen keinen Standardspatel definierten oder gar ausschließlich zur Verfügung stellten (Hossfeld et al. 2015 und 2021 den MacIntosh der Größe 3 und Hayedes-Bradley et al. 2022 MacIntosh der Größe 4), konnten wir zeigen, dass der professionelle Anwender es trotz ungünstiger präklinischer Umstände schafft, den richtigen Spatel für eine gute Sicht auf die Zielstruktur Glottis zu wählen. Somit wird die wichtige Voraussetzung zur erfolgreichen Tubusplatzierung bei allen genutzten Spateln geschaffen.

Bei der Auswertung der vier Datensätze mit alternativen Atemwegen zeigen zwei Datensätze eine problemlose Sicht auf die Glottis (C&L I). Dennoch kann in einem Fall der Tubus nie platziert werden und es erfolgte die Einlage eines Larynxtubus. Trotz guter Sicht unter BURP und Anpassung der Tubusbiegung mittels eines Führungsstabs (FS) blieb die ETI erfolglos. Ein weiterer Fall in unserer Arbeit mit guter Sicht, aber einer unmöglichen Intubation, beschreibt einen Patienten mit laufender CPR und Fremdkörper/Sekreten als erschwerende Laryngoskopiebedingung. Auch hier wurde ein alternativer Atemweg gewählt.

Die Arbeit untermauert mit ihren Ergebnissen die Verwendung der Videolaryngoskopie im präklinischen Setting, um unter den bekannten erschwerenden Bedingungen eine gute Sicht auf die Zielstruktur der ETI zu erzielen. Dies erfolgt unabhängig vom Spatel. Somit stützt unser Ergebnis die Aussage von Lafferty et al. 2015, dass die Glottissicht den einfachen Teil der endotrachealen Intubation darstellt (Lafferty et al., 2015). Die niedrige Rate an FPS von 71 % in der vorliegenden Arbeit bestätigt zudem auch die Regel drei von Kelly und Cook 2016, dass eine gute Sichtbarkeit der Stimmlippen noch lange keine einfache Intubation garantiert (Kelly and Cook, 2016). Es muss an anderen Faktoren liegen, dass in unseren Ergebnissen im Vergleich zu anderen Arbeiten häufiger ein weiterer Versuch von Nöten ist.

Limitationen der Arbeit liegen vor allem in der niedrigen Anzahl der seltener genutzten D-Blade- und Miller-Spatel. Bei den wenigen Anwendungen, vor allem der Miller-Spatel, ist die Aussagekraft hinsichtlich einer guten Darstellbarkeit der Zielstruktur Glottis nur begrenzt möglich.

In einem Fall der registrierten unmöglichen Intubationen bleibt offen, ob der Durchführende zuvor mehrfache Intubationsversuche unternommen hat. Hier wurde

nur „unmöglich“ angekreuzt. Hier zeigt der Fragebogen Schwächen auf. Platz für Erläuterungen könnten den Fall nachvollziehbarer machen. Diesbezüglich wäre dieses Feld im Fragebogen wünschenswert gewesen. Es lässt sich also nur mutmaßen, dass die Laryngoskopie einen Befund ergab, der die ETI als Atemwegssicherung aussichtslos erscheinen ließ. Denkbar ist hier z.B. die Verlegung des Atemwegs durch einen Fremdkörper. Es bleibt jedoch ein Interpretationsspielraum.

Weiterhin ist es wichtig zu erwähnen, dass die Cormack & Lehane Klassifikation eine sehr subjektive Gradeinteilung darstellt und immer die beste Sicht beschreibt. Somit ist ein Vergleich zwischen den Anwendern nicht möglich. Des Weiteren ist unklar, ob die beste Sicht auch zum Zeitpunkt der anschließenden Tubusplatzierung noch bestand.

Weitere Untersuchungen könnten diesen subjektiven Eindruck dahingehend objektivieren, indem der C&L Grad nicht durch den Anwender angegeben, sondern durch einen Betrachter des Videos vergeben wird. So könnte eine Vergleichbarkeit erzielt werden. Weiterhin muss bei unserer niedrigen FPS-Rate untersucht werden, welche anderen Ursachen dazu führen, dass häufiger ein Zweitversuch für eine erfolgreiche Intubation notwendig ist. Offensichtlich lag es nicht an der Darstellbarkeit der Glottisebene als Zielstruktur.

Videolaryngoskopiespatel und Dauer der endotrachealen Intubation

Etwas mehr als die Hälfte (52,8 %) aller dokumentierten endotrachealen Intubationen mittels VL wurden vollständig videodokumentiert und ausgewertet. Diese wurden ausschließlich durch den Koblenzer Luftrettungsstandort vollzogen. Es lagen weitere Intubationsaufzeichnungen vor, jedoch konnten diese aus verschiedenen Gründen nicht zur Auswertung verwendet werden. Entweder begann das Video zu spät (bereits mit Glottissicht) oder wurde zu früh abgebrochen (vor erfolgreicher Tubusplatzierung). Letztlich konnten 148 vollständige Videoaufzeichnungen objektiv beurteilt und ausgewertet werden.

Die beobachteten Unterschiede in der gemessenen Intubationsdauer bezogen auf den verwendeten Videolaryngoskopiespatel sind statistisch nicht signifikant ($p=0,307$). Es lässt sich jedoch beobachten, dass der MacIntosh-Spatel der Größe 4 mit einem Mittelwert von 35,98 Sekunden die kürzeste Intubationszeit aufzeigt. Der deutlich

seltener verwendete D-Blade-Spatel zeigte mit 54,08 Sekunden die längste Intubationszeit.

Mit im Mittel 42,45 Sekunden dauert die Intubation in unserer Untersuchung länger als die in der S1 Leitlinie für präklinische Atemwegsmanagement von 2019 geforderten 30 Sekunden je Intubationsversuch (Intensivmedizin, 2019). Wie diese Forderung zu Stande kommt, wird in der Leitlinie nicht näher erläutert. Zudem bleibt offen, wie genau der Intubationsversuch definiert ist. Werden jedoch die Ausreißer aller Spatel nicht betrachtet, schaffen es unsere Notfallmediziner im Median in 30,5 Sekunden die Intubation durchzuführen. Besonders bei der Verwendung des MacIntosh-Spatels der Größe 4 gelingt den Anwendern unserer Untersuchung median betrachtet die geforderte Intubationszeit einzuhalten. Mit 26 Sekunden war dies bei diesem Spatel möglich. Dennoch zeigen sowohl MacIntosh-Spatel der Größe 3 und 4 Ausreißer, die die geforderte Zeit von 30 Sekunden weit überschreiten. Die australische Arbeitsgruppe um Hayes-Bradley 2022 zeigte, dass mit dem MacIntosh-Spatel der Größe 4 der Tubus im Median nach 35 Sekunden die Stimmlippen passierte. Das ist zunächst länger als in unserer Untersuchung mit 26 Sekunden bei der Verwendung des gleichen Spatels. Die australische Arbeitsgruppe nutzte jedoch bei jeder Intubation eine Bougie als Führungsstruktur für die Platzierung des Tubus. Dies erfordert einen zusätzlichen zeitaufwendigen Arbeitsschritt, der jedoch die Differenz in der medianen Betrachtung der Intubationszeit erklären könnte. Nach erfolgreicher Tubusplatzierung und Entfernen des FS wurde in unserer Untersuchung das Videolaryngoskop entfernt und die Zeit mit Passieren der Zahnreihe gestoppt. Hayes-Bradley führte die Zeitnahme weiter fort. Der Tubuscuff war jedoch erst nach 46 Sekunden geblockt. Eine Beatmung wurde mittels Tubusbeschlagnahme videodokumentiert nach 58 Sekunden gesehen und beendete die Apnoezeit. Diese Werte haben wir in unserer Arbeit nicht berücksichtigt (Hayes-Bradley et al., 2022). Eine andere vergleichende Arbeit, inklusive objektiver Videoauswertung durch das CMAC in der arztbesetzten Luftrettung, zeigte die Untersuchung von Knapp et al. 2021 aus der Schweiz. Diese gab eine mittlere Zeit von 31 Sekunden (11 bis 305 Sek) an. Diese zwei Untersuchungen zeigen wie unsere Daten, dass im Großteil der beobachteten Fälle die Vorgaben der S1 Leitlinie prähospitales Atemwegsmanagement von 2019 nicht eingehalten werden können. Des Weiteren stand der Arbeitsgruppe von Knapp et al. ein D-Blade-Spatel nicht zur Verfügung, welcher in unserer Arbeit im Mittel die längsten Intubationsdauern aufzeigte. Jedoch spricht für die Arbeitsgruppe, dass dennoch alle Patienten einen Atemwegszugang erhielten, und dies auch in kürzerer Zeit. Unbekannt ist, wie oft

versucht wurde, einen Tubus zu platzieren. Trent et al. zeigte 2023, dass die Definition des FPS einen Einfluss auf die Intubationsdauer hat (Trent et al., 2023). Somit ist ein Vergleich der Ergebnisse schwierig.

In der Arbeitsgruppe Trent et al. 2023 wurde der Intubationsversuch mit Einführen und Entfernen des Laryngoskopes in und aus dem Mundrachenraum bei der Atemwegssicherung von kritisch kranken Patienten auf Intensivstationen und der Notfallaufnahme definiert. Die Intubationszeit begann jedoch mit der Applikation des ersten Sedativums, wenn dieses für die Atemwegssicherung notwendig war. Im Ergebnis zeigte die Gruppe mit strenger Definition eines erfolgreichen Intubationsversuchs (1 Laryngoskopie und 1 Tubusplatzierung) mit 120 Sekunden (90 – 158 Sekunden) bei 1461 untersuchten Patienten ein dementsprechendes ernüchterndes Ergebnis. Zwar ist hier bezüglich der Definition FPS eine Vergleichbarkeit zu unserer Arbeit durchführbar, jedoch ist sie hinsichtlich der Intubationsdauer, aufgrund des deutlich unterschiedlichen Startpunktes, ungeeignet. Sie konnte allerdings zeigen, dass es einen Unterschied in der Intubationsdauer gibt, wenn die eigentliche Tubusplatzierung im Intubationsversuch zuvor nicht klar angegeben ist. Eine Vergleichbarkeit der jeweiligen Untersuchungsergebnisse ist somit schwierig.

Die in unserer Arbeit zügigste Intubationszeit des MacIntosh-Spatels Größe 4 könnte ein weiteres Argument für einen häufigeren Einsatz dieser Größe als Erstspatel sein. Neben wenigen Spatelwechseln im Vergleich zum MacIntosh der Größe 3 (0,14 % vs. 4,5 %) zeigt er mit median 26 Sekunden auch die kürzere Intubationszeit als der MacIntosh-Spatel der Größe 3 mit median 32 Sekunden. Ob diese schnellere Intubation nur aufgrund der weniger stattgefundenen Spatelwechsel zu begründen ist und welcher Patient davon profitiert, ist aus den Daten nicht ableitbar. Dennoch liegt in der Geschwindigkeit der Intubationszeit ein Argument für die Wahl des Spatels. Diesbezüglich bestätigt unsere Untersuchung den schnellen und erfolgreichen Einsatz dieses Spatels wie sie auch in den Ergebnissen von Hayes-Bradley et al. 2022 zu finden sind (Hayes-Bradley et al., 2022).

Der D-Blade-Spatel mit 54,08 Sekunden im Mittel zeigte die längste Intubationszeit, was durchaus mit der bekannten technisch anspruchsvolleren Tubusplatzierung zusammenhängen kann. Unter den drei am häufigsten genutzten Spateln zeigt der D-Blade-Spatel mit 61,9 % die niedrigste FPS-Rate und die längste Intubationszeit obwohl er wie in unseren Daten angezeigt, eine gute Glottissicht im Sinne einer C&L

Grad I+II ermöglicht. Bei unserer Definition der Atemwegssicherung (Laryngoskopie + Tubusplatzierung) stützt das die These, dass in der Tubusplatzierung bei guter Sicht die Herausforderung liegt. Aufgrund der hyperangulierten Form ist eine Tubusvorbereitung mittels eines Führungsstabes oder die Nutzung eines Bougies zwingend notwendig.

Die Ergebnisse unserer Arbeit stützen sich nur auf eine geringe Fallzahl. Lediglich etwas mehr als die Hälfte der Laryngoskopien konnten videodokumentiert ausgewertet werden. Mündliches Feedback der Teilnehmer war, dass zum einen aufgrund der Dringlichkeit der ETI für die Maßnahme keine Zeit war oder es vergessen wurde. Für den D-Blade-Spatel wurden 13 von 21 Datensätzen videodokumentierte Aufzeichnungen erfasst. Dieser Anteil ist zwar mit 62 % in Relation zu den anderen VL-Spateln eine bessere Erfassungsquote, durch die geringe absolute Anzahl an Videos lässt sich jedoch keine allgemeingültige Aussage ableiten.

Die australische Arbeitsgruppe zeigte, dass mit erfolgreicher Tubusplatzierung und Verlassen des Videolaryngoskopes zwar die Prozedur der endotrachealen Intubation an sich beendet ist. Dies entspricht jedoch nicht der Apnoezeit für den Patienten. Zusätzliche Zeiten für das Cuff aufblasen, das Tubus fixieren und das Anschließen an einen Beatmungsbeutel oder Beatmungsgerät sind hier nicht berücksichtigt. Sie finden ebenso wenig in der Leitlinie Berücksichtigung. Dass die Tätigkeiten ihre Zeit brauchen, beweisen die australischen Kollegen. Es wäre interessant zu wissen, ob die Dauer der Intubation oder die insgesamt resultierende Apnoezeit für den Patienten von Bedeutung sind.

Hier können zukünftige Untersuchungen mit größeren Fallzahlen ansetzen. Eine einheitliche Definition des Intubationsversuches mit Start und Endpunkt und dessen videodokumentierte Durchführung kann in deren Auswertung auch zeitliche Aspekte für oder gegen einen Spatel argumentieren lassen. Spielt die Intubationszeit vielleicht nur eine untergeordnete Rolle und viel wichtiger ist die Apnoezeit?

1.16 Die Intubationsbedingungen

Erschwerte Laryngoskopiebedingungen

Die vorliegende Untersuchung konnte bestätigend zu anderen Arbeitsgruppen darlegen, dass die präklinische endotracheale Intubation einer ganzen Reihe von beeinflussenden Faktoren unterliegt (Helm et al., 2006, Hossfeld et al., 2015, Hayes-

Bradley et al., 2022). Zwei Drittel aller Datensätze wiesen zum Teil mehrere Faktoren auf, welche zu erschwerten Bedingungen im Rahmen der endotrachealen Intubation führen. Die patientenseitigen Bedingungen können in Vorerkrankungen (z.B. Morbus Bechterew oder Adipositas), anatomische Gegebenheiten wie Länge des Halses oder Prominenz der Zähne und Pathologien (Verletzungen, akute Erkrankungen) unterschieden werden. Sekrete, Fremdkörper und Gesichtsverletzungen beeinflussen beispielsweise die ETI. Die Herz-Lungen-Wiederbelebung, eine Bodenlage oder die In-Line Stabilisierung der HWS des Patienten gehören zu Faktoren, welche sich als externe Einflussfaktoren auf die endotracheale Intubation auswirken.

Die Einsatzstelle mit einem eingeklemmten oder schwer zugänglichen Patienten wurde bei uns beschrieben und bestätigt das bekannte Wissen um die besonderen Bedingungen einer Atemwegssicherung im präklinischen Setting.

Somit ist es nicht verwunderlich, dass selbst Fachärzte in Anästhesie mit jahrelanger Erfahrung in der präklinischen Versorgung von Notfallpatienten bei einem Viertel der Patienten die Tubusplatzierung als erschwert oder unmöglich angab. In den meisten Fällen resultierte dennoch eine gute Sicht auf die Zielstruktur. Vielleicht sind sie ein Grund für die dann im Vergleich zu anderen Arbeiten deutlich niedrigen FPS. Ob Sie jedoch häufiger auftraten als in anderen Untersuchungen kann nicht beantwortet werden.

Im Fragebogen nicht erfasst wurde die Dringlichkeit der Intervention. Grundsätzlich ist jede präklinische Atemwegssicherung eine Notfallindikation. Dennoch kann auch hier eine konkretere Unterscheidung stattfinden. Ein Patient, der aktuell noch atmet, jedoch aufgrund seiner Vorerkrankung oder Verletzung droht ateminsuffizient zu werden, zeigt eine geringere Dringlichkeit als ein Patient in der beginnenden Reanimation mit möglicher Hypoxie als Ursache für ein Herz-Kreislaufstillstand.

Zukünftige Untersuchungen können diesen Punkt wie bereits oben genannt aufgreifen. Bekannte Merkmale erschwerender Bedingungen hinsichtlich des Patienten, der Einsatzstelle, der Erfahrung des Notarztes und der Dringlichkeit, in der präklinischen Atemwegssicherung könnten im ersten Ansatz ausgearbeitet werden. In der weiteren Betrachtung sollte dann beurteilt werden welcher Spatel dennoch eine schnelle, erfolgreiche Atemwegsicherung im ersten Versuch ermöglicht. Vielleicht lässt so, wie bereits oben beschrieben, ein KI gestützter Algorithmus entwickeln, der die erschwerten Bedingungen für die Wahl des richtigen Laryngoskopiespatels

berücksichtigt. Denkbar ist für den ungeübten und untrainierten Notfallmediziner ein KI-Tool zu entwickeln, das im Falle einer notwendigen Atemwegssicherung den idealen Spatel vorschlägt. Dies könnte zur Erhöhung des FPS und damit zur Patientensicherheit beitragen.

Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung und alternativer Atemweg

In 74,6 % aller erhobenen Datensätze wurde die Tubusplatzierung trotz aller erschwerenden Bedingungen und unerwarteten Ereignisse als problemlos angegeben. Dies entspricht auch im Wesentlichen der FPS-Rate. Erschwert wurden sie bei einem Viertel aller Datensätze eingeschätzt. Unmöglich wurden vier Fälle beschrieben. Auch wenn man die Spatel einzeln betrachtet, so sind die Häufigkeiten bezüglich der FPS-Rate und der Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung ähnlich. Lediglich der MacIntosh-Spatel der Größe 4 hat bei einer FPS-Rate von 72,6 % eine größere Häufung von problemlosen Tubusplatzierungen mit 79,5 %. Es ist auch erkennbar, dass der D-Blade-Spatel mit seiner hyperangulierten Konstruktion einen größeren Anteil (33 %) an erschwerten Tubusplatzierungen im Vergleich zu den MacIntosh-Spateln aufweist. Auch hierbei entspricht es der FPS-Rate. Mit diesen Ergebnissen bestätigen wir die bekannten Beobachtungen anderer Untersuchungsgruppen. Es unterstützt die These, dass der Fokus in der endotrachealen Intubation mit dem Videolaryngoskop mit den unterschiedlichen Spateln nicht in der Laryngoskopie liegt, sondern in der eigentlichen Tubusplatzierung. Dies führt zwangsläufig dazu, dass der FPS mit unserer Definition (1 Laryngoskopie + 1 Tubusplatzierung) den gesamten Vorgang der Atemwegssicherung besser abbildet. Denn andere Untersuchungsgruppen stellten das FPS mit der Laryngoskopie und der guten Darstellung der Glottisebene nach C&L gleich. In unserer Untersuchung zeigte sich, dass die Platzierung des Tubus auch einen Einfluss auf die subjektive Wahrnehmung der Schwere der Tubusplatzierung hat, wenn sie nicht im ersten Versuch gelingt.

Trotz dieser sehr ähnlichen Häufigkeiten zwischen dem FPS und dem Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung waren auch Intubationen beschrieben, die zwar in ihrem Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung als problemlos eingeschätzt wurden, jedoch nicht im ersten Versuch gelangen. Wir wissen jedoch, dass dies sowohl Einfluss auf den weiteren Intubationsversuch als auch auf mögliche Komplikationen des Patienten haben kann (Bernhard et al., 2015). Erfahrene Notärzte

besitzen auch für die präklinische Atemwegssicherung viele Lösungsstrategien wie z.B. manuelle Techniken, richtige Nutzung von Hilfsmitteln und die Anwendung alternativer Prozeduren. Diese führten bei allen unseren untersuchten Patienten zu einem Atemweg mit der Möglichkeit der Ventilation und Oxygenierung. Nun könnte man meinen, dass der Notarzt genau deshalb gerufen wird. Ein bestehendes Problem der Atmung oder mit Einfluss auf den Atemweg oder die Atmung wurde diesbezüglich im Ergebnis schließlich immer gelöst. Hier sollte jedoch im Sinne der Patientensicherheit als Konsequenz der Fokus deutlich auf den zügigen FPS gelegt werden.

In den vier Fällen in denen nie eine Tubusplatzierung gelang, wurde dennoch ein alternativer Atemweg etabliert und damit ebenso eine Ventilation und Oxygenierung ermöglicht. Es wurde zuvor immer eine Videolaryngoskopie durchgeführt. Ob es auch immer zu einem Intubationsversuch kam, ist dem Datensatz nicht zu entnehmen. Zwei Fälle zeigten laut Erfassungsbogen eine schlechte Sicht auf die Glottisebene (C&L IV) unter erschwerten Bedingungen trotz BURP. In einem dieser beiden Fälle wurde der D-Blade-Spatel verwendet. Zudem lag in diesem Fall auch ein Videolaryngoskopie assoziiertes Problem vor. Ein Spatelwechsel wurde nicht durchgeführt. Es wurde zudem eine Aspiration als unerwünschtes Ereignis angegeben. Zuletzt erfolgte die Platzierung eines Combitube. In dem anderen Fall mit schlechten Sichtverhältnissen erfolgte die Laryngoskopie mittels eines MacIntosh-Spatels der Größe 3. Auch hier wurden Videolaryngoskopie assoziierte Probleme aufgrund der blutverdeckten Optik angegeben. Ein Spatelwechsel fand auch hier nicht statt. Es erfolgte die Etablierung eines chirurgischen Atemwegs.

Dies zeigt, dass trotz großer Expertise und dem Einsatz technischer Hilfsmittel immer noch Notfälle bleiben, die nur mit Hilfe von alternativen Atemwegen lösbar waren. Somit ist deren materielle Vorhaltung, eine fundierte Ausbildung und regelmäßiges Training mit diesen alternativen Techniken unerlässlich.

Zwei weitere Bögen dokumentierten eine unmögliche Tubusplatzierung obwohl eine gute Sicht auf die Zielstruktur (C&L I) gegeben war. Trotz optimaler Sicht auf die Stimmbandebene war es in einem Fall nicht möglich einen Endotrachealtubus erfolgreich zu platzieren. Hier greift erneut die durch Kelly und Cook postulierte Regel, dass eine gute Sicht nicht mit einer einfachen Intubation einhergeht. (Kelly and Cook, 2016) Ein Spatelwechsel fand in diesem Fall nicht statt. Es bleibt eine Hypothese, ob ein Spatelwechsel eine gleich gute Sicht (C&L I) und zugleich die erfolgreiche

Intubation ermöglicht hätte. Der verwendete Spatel war ein MacIntosh-Spatel der Größe 4. Somit ist die bekannte Schwierigkeit den Tubus endotracheal zu platzieren, wie sie aufgrund der Hyperangulation beim D-Blade-Spatel existiert, nicht gegeben (Kelly and Cook, 2016). Die Atemwegssicherung gelang durch die Einlage eines Larynxtubus. Der andere Fall mit guter Sicht (C&L I) aber dokumentierter Unmöglichkeit einen Tubus zu platzieren, beschreibt eine Atemwegssicherung im Rahmen einer CPR. Hier wurde erschwerend das Vorhandensein von Fremdkörper/Blut/Aspirat im Mund-Rachenraum gegeben. Hier dokumentiert der Notarzt mit Hilfe des MacIntosh-Spatels der Größe 3 eine sehr gute Glottissicht. Zuletzt erfolgte dennoch die Etablierung eines chirurgischen Atemwegs. Man kann nur annehmen, dass die gute Sicht einen Laryngoskopiebefund ergab, der einen weiteren Versuch der erfolgreichen oralen ETI ausschloss. Eine Fremdkörperverletzung wäre hier denkbar.

Wir fragten die Teilnehmer in unserer Untersuchung nach dem Schwierigkeitsgrad der Tubusplatzierung. Auf den ersten Blick entspricht die Häufigkeit einer problemlosen Platzierung der Häufigkeit der FPS-Raten. Dennoch bleibt offen, ob das der alleinige Grund ist. Was veranlasste den Anwender das Verfahren als erschwert einzuschätzen. War es „lediglich“ die Durchführung eines zweiten Platzierungsversuches? Waren andere Merkmale des präklinischen Settings verantwortlich? Hier können genauere Merkmale abgefragt werden, was die Tubusplatzierung erschwert oder unmöglich gemacht hat. Offen bleibt auch, welches Outcome die Patienten hatten und ob die Tubusplatzierung einen Einfluss darauf hatte.

Zukünftige Untersuchungen können diese Fragen berücksichtigen. Interessant wäre zu wissen, ob ein oben beschriebenes KI-Tool für die Wahl des Spatels einen Einfluss auf verschiedene Anwender hat. Profitiert der ungeübte Anwender mehr von der Nutzung eines solchen Tools oder gar der erfahrene Anwender. Kann dadurch die Tubusplatzierung seltener als problemlos erfolgen?

Unerwünschte Ereignisse während der Atemwegssicherung

Die unerwünschten Ereignisse während der Intubation werden nach patientenseitigen und den Intubationsablauf störende Ereignisse getrennt betrachtet. In beiden Fällen kann eine weitere Patientengefährdung durch diese Ereignisse resultieren. Bei den patientenseitigen Ereignissen interpretieren wir jedoch den Notfall mit der

Notwendigkeit einer ETI unter den erschwerten Bedingungen als beschreibendes und beobachtendes Ereignis. Mehrfach konnten Publikationen zeigen, dass die präklinische ETI im Vergleich zu innerklinischen ETI erschwert ist und mit einer höheren Komplikationsrate auffällt. So kam es im Zusammenhang mit der Atemwegssicherung bei uns zu Sättigungsabfällen, Aspirationen und Fehlintubationen. Deutlich seltener wurden eine subglottische Enge, die plötzliche Reanimationssituation und einmalige Schleimhautschäden aufgeführt, welche im Vorgang der Atemwegssicherung unerwünscht eintraten. Dies kann Einfluss auf den Vorgang haben. In anderen Untersuchungen häufig aufgeführte Komplikationen wie Bradykardie oder Hypotension wurden bei uns beispielsweise nicht beobachtet (Jabre et al., 2011a, Rognås et al., 2013, Bernhard et al., 2015, Hayes-Bradley et al., 2022). Diese Ereignisse betreffen immer den Patienten. Darüber hinaus wurden in unserer Arbeit in 18 Datensätzen unerwünschte Ereignisse im Ablauf der ETI beschrieben. Konkret ging es dabei um Ereignisse, die auf die Vorbereitung und Testung des Endotrachealtubus mit oder ohne den Führungsstab zurückzuführen waren. Dabei handelt es sich um Tätigkeiten in der Materialvorbereitung zu ETI, welche durch den eigenen HEMS-TC oder im ad hoc Team durch Rettungsdienstpersonal anderer Rettungsmittel durchgeführt wurden. Letztendlich bestätigen wir mit unseren Daten bekannte Erkenntnisse, dass die präklinische Intubation allein durch sein Setting an der Einsatzstelle erschwerten Bedingungen unterliegt. Interessant ist jedoch, dass die Ablaufstörungen um die Intubation einen wesentlichen Teil ausmachen. Hier besteht die Möglichkeit für einen Trainingsansatz zur Verbesserung dieser hier gehäuft beobachteten unerwünschten Ereignisse. Denkbar wäre zur Atemwegssicherung nach der Materialvorbereitung und vor der Laryngoskopie im Rahmen eines „team-time-out“ oder „10 for 10“ neben Medikamenten, Equipment und Ablaufbesprechung unter anderem auch den Tubus, inklusive suffizient vorgebogenen Führungsstab, zu prüfen. Ein defekter Cuff, ein fehlender FS, eine insuffiziente Tubusbiegung, und die fehlende Benetzung mit Tubusgleitmittel sind vermeidbare Probleme. Dies allein könnte den FPS deutlich steigern und trägt somit direkt zur Patientensicherheit bei. Dieser Fakt muss den Notärzten und dem Rettungsdienstpersonal im Rahmen von Fortbildungen und regelmäßigen Trainings erneut ins Bewusstsein gerufen werden.

Limitationen unserer Arbeit lagen sicherlich in der Abfrage bekannter Komplikationen wie der oben beschriebenen Hypotension und Bradykardie. Ob sie erschienen wären, wenn sie als Auswahl direkt auf dem Bogen gestanden hätten, bleibt spekulativ. Zudem kann der Fragebogen zwar beschreiben, ob die Atemwegssicherung gelungen

ist, jedoch nicht mit welchem Patienten-Outcome. Interessant wäre zu differenzieren, welche Rolle die unerwünschten Ereignisse dabei gespielt haben.

An unseren Teilnehmern könnte man nach Schulung und Training über die Möglichkeit solcher Crew Resource Management (CRM) -Tools wie „10 for 10“ oder „team-time-out“ untersuchen, ob sich die unerwarteten Ereignisse bezüglich einer insuffizienter Tubusvorbereitung vermeiden lassen. Auch Checklisten und Vorlagen für den Materialcheck bieten sich diesbezüglich an und könnten vergleichend untersucht werden.

Videolaryngoskopie-assoziierte Probleme

Die hier aufgeführten Daten sind nur auf den Einsatz des Videolaryngoskops zurückzuführen, die den technischen Anteil aufzeigen. Eine solche Problematik besteht bei einer „klassischen“ Laryngoskopie nur zum Teil, da hier keine Kamera zur Visualisierung der Glottisebene verwendet wird. Beim klassischen Laryngoskop kann das Licht zur direkten Betrachtung der Glottisebene einen Defekt aufweisen oder leere Akkus die Funktion beeinträchtigen. Der Kameraanteil mit Monitor fehlt jedoch und macht die Videolaryngoskopie diesbezüglich abgrenzbar. Grundsätzlich bieten die Miller- und MacIntosh-Spatel immer die Möglichkeit einer klassischen, direkten Laryngoskopie als Rückfallebene, wenn auch mit dem bekannten Resultat einer schlechteren Glottissicht und eines reduzierten FPS (Hossfeld et al., 2015). Dass 12,6 % (32 Datensätze) aller ETI in unserer Untersuchung technisch bedingte Probleme aufzeigten, erscheint viel. Da in 25 dieser 32 Fragebögen auch mindestens ein weiterer Intubationsversuch aufgeführt war, haben die technischen Probleme einen großen Einfluss auf die FPS-Rate. Schließlich betrafen diese technischen Probleme 8,8 % aller Datensätze und senkte diesbezüglich die FPS in unserer Untersuchung. Die Videolaryngoskopie-assoziierten Probleme lassen sich nur schwer vermeiden. Dennoch besteht mit der einen Ausnahme des D-Blade-Spatels immer die Rückfallebene der direkten Laryngoskopie.

Auch Hossfeld et al. zeigt in seiner Arbeit 2015, dass die technisch bedingten Probleme gehäuft auftreten. In seiner Arbeit untersuchte er die Sichtverbesserung auf die Glottis nach C&L durch den Einsatz des Videolaryngoskops. In 228 dokumentierten Fällen in der präklinischen luftgebundenen Anwendung durch Experten waren das Auftreten von technischen Problemen ähnlich häufig wie in unserer Untersuchung.

Hier waren insgesamt ebenfalls 32 Fälle (14,1 %) kumulativ beobachtet worden. Dennoch hatte dies offensichtlich keinen Einfluss auf die deutlich bessere FPS-Rate von insgesamt 90,4 %. In seiner Arbeit wurde dreimal auf die direkte Laryngoskopie gewechselt. Ob dies als ein neuer Intubationsversuch gewertet wurde, bleibt hier offen. In unserer Arbeit wurde die Optik neunmal durch verschiedene Sekrete belegt, was zu einer Sichtbehinderung führte. Diesbezüglich muss man davon ausgehen, dass der Spatel zur Reinigung aus dem Mundrachenraum entfernt werden musste. Automatisch ergibt dies in unserer Studie einen neuen Intubationsversuch mit allen negativen Konsequenzen. Aber auch die beschlagene Optik und eine starke Sonneneinstrahlung mit fehlendem Kontrast für die Darstellung der Glottis auf dem Bildschirm wurde mehrfach als technische Ursache für einen erneuten Intubationsversuch vermerkt. Die australische Arbeitsgruppe um Hayes-Bradley et al. weist ebenfalls auf diesen technischen Aspekt als Problematik hin. Hier kam es in 28 % der 385 videodokumentierten Intubationen zum Beschlag und damit zu einer Sichtbehinderung der Zielstruktur. In 29 % der 385 Fälle wurde zuvor Sekret und Blut abgesaugt. Dennoch bestand bei der Arbeitsgruppe ein hoher FPS von 97 % (Hayes-Bradley et al., 2022). Somit waren technische Probleme in allen Arbeitsgruppen beschrieben, dennoch zeigten sie einen unterschiedlichen Einfluss auf den FPS.

Ob in den Untersuchungen in unserer Arbeit und den Untersuchungen anderer Arbeitsgruppen bei technischen Problemen auf die direkte Laryngoskopie gewechselt wurde und ob dieser neue Ansatz durch den Notarzt als ein erneuter Intubationsversuch gewertet wurde, bleibt hypothetisch.

Unser Datenerfassungsbogen zeigt diesbezüglich Schwächen. Wir haben auch die Videolaryngoskopie-assoziierten Probleme nicht konkret als Ursache für einen erneuten Intubationsversuch abgefragt. Da sie jedoch auch in unserer Untersuchung oft beobachtet wurden, kann hier bei einheitlicher Definition des FPS untersucht werden, ob sie einen Einfluss auf den FPS haben.

Zusammenfassung

Hintergrund: Die Videolaryngoskopie wird erfolgreich in der Atemwegssicherung bei präklinischen Notfallpatienten eingesetzt. Hinsichtlich des First Pass Success und der guten Sicht auf die Glottisebene nach Cormack und Lehane konnte sie Vorteile gegenüber der klassischen, direkten Laryngoskopie aufzeigen. Die primäre Anwendung der Videolaryngoskopie wird durch die Leitlinie zum prähospitalen Atemwegsmanagement von 2019 empfohlen.

Ziel: In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob die Wahl des Videolaryngoskopiespatels einen Einfluss auf den erfolgreichen ersten Intubationsversuch hat.

Material und Methoden: Kam es in dem Erfassungszeitraum 2017 - 2019 durch die erfahrenen Notärzte im Rahmen des luftgebundenen Notarzteinsatzes an zwei Standorten zu einer Atemwegssicherung, so wurde diese mit Hilfe durch den Notarzt ausgewählten Videolaryngoskopiespatel durchgeführt und aufgezeichnet. Ein Standardspatel oder Standardgröße wurde nicht vorgegeben. Im Anschluss erfolgte die Dokumentation auf einem Datenerfassungsbogen. Wir definierten den Intubationsversuch als Abfolge von Laryngoskopie und sich anschließender Tubusplatzierung im jeweils ersten Versuch. Das Passieren der Zahnreihe mit dem Spatel wurde als Start- und Endpunkt der Intubation erfasst.

Ergebnisse: An 283 dokumentierten Datenerfassungsbögen, welche überwiegend aus Koblenz stammen, konnte ein Gesamt-FPS von 71 % erhoben werden. Der am häufigsten benutzte (n=186) MacIntosh-Spatel der Größe 3 zeigte dabei eine FPS von 72 %. Mit einem FPS von 72,6 % folgte der MacIntosh-Spatel der Größe 4 und fand auch am zweithäufigsten seine Anwendung (n=73). Der hyperangulierte D-Blade-Spatel wurde in 21 Fällen angewendet. Der FPS von 61,9 % war hierbei geringer als bei den zuvor genannten Spateln. Die drei Anwendungen der Miller-Spatel sind vernachlässigbar gering. Insgesamt konnten alle Atemwegssicherungen erfolgreich durchgeführt werden. Vier Versuche waren nicht mittels VL erfolgreich und es wurde ein alternativer Atemweg etabliert. Kein Spatel konnte einen signifikanten Vorteil bezüglich des FPS im Vergleich zu den anderen Spateln aufzeigen ($p = 0,601$).

Neunmal wurde der Spatel gewechselt. Achtmal wurde der MacIntosh-Spatel Größe 3 gewechselt. Dabei erfolgten fünf Wechsel in die längere MacIntosh-Größe 4 und zweimal in den D-Blade-Spatel. Einer dieser Wechsel lediglich, da der MacIntosh Größe 4 nicht vorlag. Der andere Wechsel erfolgte aufgrund schlechter Sicht auf die Glottis. Der eine Wechsel des MacIntosh-Spatels der Größe 4 erfolgte aufgrund der prominenten Frontzähne in die kleinere Größe 3.

Alle Spatel zeigten Hinsichtlich der Glottissicht eine überwiegend gute Sicht und ermöglichten diesbezüglich eine einfache Laryngoskopie im Sinne C&L Grad I und II. Dies wurde in 274 der 283 (96,8 %) Datenerfassungsbögen dokumentiert. Kein Spatel zeigte unter diesem Gesichtspunkt einen signifikanten Vorteil ($p=0,883$).

In 148 ausgewerteten Intubationsvideos der Koblenzer Anwender wurde die mittlere Zeit für die erfolgreiche Intubation mit 42,45 Sekunden erfasst. Der MacIntosh-Spatel der Größe 4 war dabei mit 35,98 Sekunden am schnellsten. Dennoch war auch hier kein signifikanter Vorteil unter den Spateln zu beobachten ($p=0,307$).

Schlussfolgerung: Die Wahl des Videolaryngoskopiespatels hat keinen signifikanten Einfluss auf die erfolgreiche erste Intubation im präklinischen Notarzteinsatz durch den erfahrenen Anwender. Auch bezüglich der Glottissicht und der Intubationsdauer zeigte kein Spatel einen signifikanten Vorteil. Zukünftige Untersuchungen könnten konkretere Merkmale der Intubation in den Teilbereichen Patient, Einsatzstelle und Dringlichkeit erforschen. Ziel könnte sein, ein KI gestütztes Tool zu entwickeln, das den geeigneten Spatel für eine zügige erfolgreiche Intubation im ersten Versuch empfiehlt.

Literaturverzeichnis

- ACHEN, B., TERBLANCHE, O. C. & FINUCANE, B. T. 2008. View of the larynx obtained using the Miller blade and paraglossal approach, compared to that with the Macintosh blade. *Anaesth Intensive Care*, 36, 717-21.
- ADAC LUFTRETTUNG GGMBH. *Lugtreppungsstation Christoph 23 - Koblenz*. [Online]. Available: <https://luftrettung.adac.de/stationen/christoph-23/> [Accessed 11.11.2021].
- ANDERSEN, L. H., ROVSING, L. & OLSEN, K. S. 2011. GlideScope videolaryngoscope vs. Macintosh direct laryngoscope for intubation of morbidly obese patients: a randomized trial. *Acta Anaesthesiol Scand*, 55, 1090-7.
- ANGADI, S. P. & FRERK, C. 2011. Videolaryngoscopy and Cormack and Lehane grading. *Anaesthesia*, 66, 628-9.
- ARULKUMARAN, N., LOWE, J., IONS, R., MENDOZA, M., BENNETT, V. & DUNSER, M. W. 2018. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for emergency orotracheal intubation outside the operating room: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*, 120, 712-724.
- ATANELOV, Z., AINA, T., AMIN, B. & REBSTOCK, S. E. 2023. Nasopharyngeal Airway. *StatPearls*. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Titilopemi Aina declares no relevant financial relationships with ineligible companies. Disclosure: Bhavesh Amin declares no relevant financial relationships with ineligible companies. Disclosure: Sarah Rebstock declares no relevant financial relationships with ineligible companies.: StatPearls Publishing
- Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.
- BACON, E. R., PHELAN, M. P. & DOYLE, D. J. 2015. Tips and Troubleshooting for Use of the GlideScope Video Laryngoscope for Emergency Endotracheal Intubation. *Am J Emerg Med*, 33, 1273-7.
- BAILLARD, C., FOSSE, J. P., SEBBANE, M., CHANQUES, G., VINCENT, F., COUROUBLE, P., COHEN, Y., ELEDJAM, J. J., ADNET, F. & JABER, S. 2006. Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med*, 174, 171-7.
- BERNHARD, M., BECKER, T. K., GRIES, A., KNAPP, J. & WENZEL, V. 2015. The First Shot Is Often the Best Shot: First-Pass Intubation Success in Emergency Airway Management. *Anesth Analg*, 121, 1389-93.
- BRECKWOLDT, J., KLEMSTEIN, S., BRUNNE, B., SCHNITZER, L., ARNTZ, H. R. & MOCHMANN, H. C. 2012. Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians-Comparing 'proficient performers' and 'experts'. *Resuscitation*, 83, 434-9.
- BRECKWOLDT, J., KLEMSTEIN, S., BRUNNE, B., SCHNITZER, L., MOCHMANN, H. C. & ARNTZ, H. R. 2011. Difficult prehospital endotracheal intubation - predisposing factors in a physician based EMS. *Resuscitation*, 82, 1519-24.
- BUNDESÄRZTEKAMMER *Notarzt zitiert 21.08.2021*.
- BUNDESÄRZTEKAMMER 2013. *Indikationskatalog für den Notarzteinsatz - Handreichung für die Telefondisponenten in Notdienstzentralen und Rettungsleitstellen*.
- BURKLE, C. M., ZEPEDA, F. A., BACON, D. R. & ROSE, S. H. 2004. A historical perspective on use of the laryngoscope as a tool in anesthesiology. *Anesthesiology*, 100, 1003-6.
- CAVUS, E., NEUMANN, T., DOERGES, V., MOELLER, T., SCHARF, E., WAGNER, K., BEIN, B. & SEROCKI, G. 2011. First clinical evaluation of the C-MAC D-Blade videolaryngoscope during routine and difficult intubation. *Anesth Analg*, 112, 382-5.

- CHAGGAR, R. S., SHAH, S. V., BERRY, M., SAINI, R., SONI, S. & VAUGHAN, D. 2021. The Video Classification of Intubation (VCI) score: a new description tool for tracheal intubation using videolaryngoscopy: A pilot study. *Eur J Anaesthesiol*, 38, 324-326.
- CHANDY, J., PILLAI, R., MATHEW, A., PHILIP, A. V., GEORGE, S. P. & SAHAJANANDAN, R. 2021. A randomized clinical trial comparing the King Vision (channeled blade) and the CMAC (D blade) videolaryngoscopes in patients with cervical spine immobilization. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 37, 604-609.
- COMBES, X., JABRE, P., JBEILI, C., LEROUX, B., BASTUJI-GARIN, S., MARGENET, A., ADNET, F. & DHONNEUR, G. 2006. Prehospital standardization of medical airway management: incidence and risk factors of difficult airway. *Acad Emerg Med*, 13, 828-34.
- COOK, T. M. 2000. A new practical classification of laryngeal view. *Anaesthesia*, 55, 274-9.
- CORMACK, R. S. & LEHANE, J. 1984. Difficult tracheal intubation in obstetrics. *Anaesthesia*, 39, 1105-11.
- DOHERTY, J. S., FROOM, S. R. & GILDERSLEVE, C. D. 2009. Pediatric laryngoscopes and intubation aids old and new. *Paediatr Anaesth*, 19 Suppl 1, 30-7.
- E.V.), A. I. N. T. N. E. V. A. 2019. *Therapieempfehlung für die Notfallmedizin 2019*.
- FÖRDERVEREIN LUFTRETTUNGSZENTRUM CHRISTOPH 29 E.V. 2021. *Christoph 29 - Wir retten den Norden*. [Online]. Available: <https://www.christoph29.de> [Accessed 11.11.2021].
- GELLERFORS, M., FEVANG, E., BÄCKMAN, A., KRÜGER, A., MIKKELSEN, S., NURMI, J., ROGNÅS, L., SANDSTRÖM, E., SKALLSJÖ, G., SVENSÉN, C., GRYTH, D. & LOSSIUS, H. M. 2018. Pre-hospital advanced airway management by anaesthetist and nurse anaesthetist critical care teams: a prospective observational study of 2028 pre-hospital tracheal intubations. *Br J Anaesth*, 120, 1103-1109.
- GRAHL, C., HARTWIG, T., WEIDHASE, L., LAUDI, S., PETROS, S., GRIES, A. & BERNHARD, M. 2022. Early in-hospital course of critically ill nontrauma patients in a resuscitation room of a German emergency department (OBSERvE2 study). *Anaesthesiologie*, 71, 774-783.
- HANSEL, J., ROGERS, A. M., LEWIS, S. R., COOK, T. M. & SMITH, A. F. 2022. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adults undergoing tracheal intubation. *Cochrane Database Syst Rev*, 4, Cd011136.
- HAYES-BRADLEY, C., GEMAL, H., MILLER, M. & WARE, S. 2022. Describing the Challenges of Prehospital Rapid Sequence Intubation by Macintosh Blade Video Laryngoscopy Recordings. *Prehosp Disaster Med*, 37, 485-491.
- HAYES-BRADLEY, C., MCCREERY, M., DELORENZO, A., BENDALL, J., LEWIS, A. & BOWLES, K. A. 2024. Predictive and protective factors for failing first pass intubation in prehospital rapid sequence intubation: an aetiology and risk systematic review with meta-analysis. *Br J Anaesth*, 132, 918-935.
- HELM, M., HOSSFELD, B., SCHAFFER, S., HOITZ, J. & LAMPL, L. 2006. Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting--a multicentre study in the German Helicopter Emergency Medical Service. *Br J Anaesth*, 96, 67-71.
- HENDERSON, J. J. 1997. The use of paraglossal straight blade laryngoscopy in difficult tracheal intubation. *Anaesthesia*, 52, 552-60.
- HIRABAYASHI, Y., FUJITA, A., SEO, N. & SUGIMOTO, H. 2007. Cervical spine movement during laryngoscopy using the Airway Scope compared with the Macintosh laryngoscope. *Anaesthesia*, 62, 1050-5.

- HIRABAYASHI, Y., FUJITA, A., SEO, N. & SUGIMOTO, H. 2010. Distortion of anterior airway anatomy during laryngoscopy with the GlideScope videolaryngoscope. *J Anesth*, 24, 366-72.
- HOSSFELD, B., BEIN, B., BOETTIGER, B. W., BOHN, A., FISCHER, M., GRAESNER, J. T., HINKELBEIN, J., KILL, C., LOTT, C., POPP, E., ROESSLER, M., SCHAUMBERG, A., WENZEL, V. & BERNHARD, M. 2016a. Recommended practice for out-of-hospital emergency anaesthesia in adults: Statement from the Out-of-Hospital Emergency Anaesthesia Working Group of the Emergency Medicine Research Group of the German Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *Eur J Anaesthesiol*, 33, 881-897.
- HOSSFELD, B., FREY, K., DOERGES, V., LAMPL, L. & HELM, M. 2015. 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*, 32, 425-31.
- HOSSFELD, B., JONGEBLOED, A., LAMPL, L. & HELM, M. 2016b. [Out-of-hospital airway management in trauma patients : Experiences with the C-MAC® video laryngoscope]. *Unfallchirurg*, 119, 501-7.
- HOSSFELD, B., LAMPL, L. & HELM, M. 2011. Notwendigkeit eines Algorithmus für den „schwierigen Atemweg“ in der Präklinik. *Notfall + Rettungsmedizin*, 14, 10-14.
- HOSSFELD, B., THIERBACH, S., ALLGOEWER, A., GAESSLER, H. & HELM, M. 2021. First pass success of tracheal intubation using the C-MAC PM videolaryngoscope as first-line device in prehospital cardiac arrest compared with other emergencies: An observational study. *Eur J Anaesthesiol*, 38, 806-812.
- INTENSIVMEDIZIN, A. P. N. D. W. A. N. D. D. G. F. A. U. 2015. *AWMF Leitlinie Handlungsempfehlung zur prähospitalen Notfallnarkose beim Erwachsenen [AWMF-Register-Nr.: 001/030, Stand: März 2015, zitiert am 19.08.2021]*.
- INTENSIVMEDIZIN, D. G. F. A. U. 2019. *AWMF Leitlinie „Praehospitales-Atemwegsmanagement“ [AWMF-Register-Nr.: 001 -040, Stand: 26.02.2019, zitiert am 03.12.2020]*.
- INTENSIVMEDIZIN, D. G. F. A. U. 2023. *AWMF Leitlinie „S1 Leitlinie Atemwegsmanagement 2023“ [AWMF-Register-Nr.: 001 -028, Stand: 21.08.2028 zitiert am 14.11.2023]*.
- JABRE, P., AVENEL, A., COMBES, X., KULSTAD, E., MAZARIEGOS, I., BERTRAND, L., LAPOSTOLLE, F. & ADNET, F. 2011a. Morbidity related to emergency endotracheal intubation--a substudy of the KETamine SEDation trial. *Resuscitation*, 82, 517-22.
- JABRE, P., GALINSKI, M., RICARD-HIBON, A., DEVAUD, M. L., RUSCEV, M., KULSTAD, E., VICAUT, E., ADNET, F., MARGENET, A., MARTY, J. & COMBES, X. 2011b. Out-of-hospital tracheal intubation with single-use versus reusable metal laryngoscope blades: a multicenter randomized controlled trial. *Ann Emerg Med*, 57, 225-31.
- JARVIS, J. L., GONZALES, J., JOHNS, D. & SAGER, L. 2018. Implementation of a Clinical Bundle to Reduce Out-of-Hospital Peri-intubation Hypoxia. *Ann Emerg Med*, 72, 272-279.e1.
- JI, S. M., MOON, E. J., KIM, T. J., YI, J. W., SEO, H. & LEE, B. J. 2018. Correlation between modified LEMON score and intubation difficulty in adult trauma patients undergoing emergency surgery. *World J Emerg Surg*, 13, 33.
- KARAMCHANDANI, K., WHEELWRIGHT, J., YANG, A. L., WESTPHAL, N. D., KHANNA, A. K. & MYATRA, S. N. 2021. Emergency Airway Management

- Outside the Operating Room: Current Evidence and Management Strategies. *Anesth Analg*, 133, 648-662.
- KEI, J. & MEBUST, D. P. 2023. Comparing Direct and Video Laryngoscopy Skills Between Resident and Attending Emergency Physicians. *Perm J*, 27, 22-29.
- KELLY, F. E. & COOK, T. M. 2016. Seeing is believing: getting the best out of videolaryngoscopy. *Br J Anaesth*, 117 Suppl 1, i9-i13.
- KG, K. S. S. C. 11/2023. Machen Sie mehr aus unseren Möglichkeiten! Die C-MAC® HD Serie [Broschüre, zugesand von Karl Storz am 27.11.2023, zitiert am 28.11.2023]. *ENDOWORLD® AN9 6.0 11/2023*.
- KG, K. S. S. C. 2020. Modern Airway Management with the C-MAC system in bariatric surgery [Broschüre, download am 20.11.2023, zitiert am 20.11.2023].
- KIM, H., CHANG, J. E., HAN, S. H., LEE, J. M., YOON, S. & HWANG, J. Y. 2018a. Effect of the Macintosh curved blade size on direct laryngoscopic view in edentulous patients. *Am J Emerg Med*, 36, 120-123.
- KIM, J., KIM, K., KIM, T., RHEE, J. E., JO, Y. H., LEE, J. H., KIM, Y. J., PARK, C. J., CHUNG, H. J. & HWANG, S. S. 2014. The clinical significance of a failed initial intubation attempt during emergency department resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation*, 85, 623-7.
- KIM, J. H., KIM, S. W., KIM, Y. M., CHO, Y. & LEE, S. J. 2018b. Effect of the curved blade size on the outcomes of tracheal intubation performed by incoming interns: A randomized controlled manikin study. *Medicine (Baltimore)*, 97, e11984.
- KIM, J. W., PARK, S. O., LEE, K. R., HONG, D. Y., BAEK, K. J., LEE, Y. H., LEE, J. H. & CHOI, P. C. 2016. Video laryngoscopy vs. direct laryngoscopy: Which should be chosen for endotracheal intubation during cardiopulmonary resuscitation? A prospective randomized controlled study of experienced intubators. *Resuscitation*, 105, 196-202.
- KINOSHITA, H., SATO, N., MIMURA, S., KATO, S., TAKADA, T. & NAKAJIMA, Y. 2021. Anesthetic induction and endotracheal intubation in the sitting position due to the fixed forearm caught by a meat grinder. *Braz J Anesthesiol*.
- KNAPP, J., EBERLE, B., BERNHARD, M., THEILER, L., PIETSCH, U. & ALBRECHT, R. 2021. Analysis of tracheal intubation in out-of-hospital helicopter emergency medicine recorded by video laryngoscopy. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 29, 49.
- KNILL, R. L. 1993. Difficult laryngoscopy made easy with a "BURP". *Can J Anaesth*, 40, 279-82.
- KOH, L. K., KONG, C. E. & IP-YAM, P. C. 2002. The modified Cormack-Lehane score for the grading of direct laryngoscopy: evaluation in the Asian population. *Anaesth Intensive Care*, 30, 48-51.
- KöHL, V., WÜNSCH, V. A., MÜLLER, M. C., SASU, P. B., DOHRMANN, T., PETERS, T., TOLKMITT, J., DANKERT, A., KRAUSE, L., ZÖLLNER, C. & PETZOLDT, M. 2024. Hyperangulated vs. Macintosh videolaryngoscopy in adults with anticipated difficult airway management: a randomised controlled trial. *Anaesthesia*, 79, 957-966.
- LAFFERTY, B. D., BALL, D. R. & WILLIAMS, D. 2015. Videolaryngoscopy as a new standard of care. *Br J Anaesth*, 115, 136-7.
- LANDEFELD, K. R., KOIKE, S., RAN, R., SEMLER, M. W., BARNES, C., STEMPEK, S. B., JANZ, D. R., RICE, T. W., RUSSELL, D. W., SELF, W. H., VONDERHAAR, D., WEST, J. R., CASEY, J. D. & KHAN, A. 2023. Effect of Laryngoscope Blade Size on First Pass Success of Tracheal Intubation in Critically Ill Adults. *Crit Care Explor*, 5, e0855.

- LAUX, G. 2019. Endotracheale Intubation/Intubation/endotracheale. In: ROSSAINT, R., WERNER, C. & ZWIßLER, B. (eds.) *Die Anästhesiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- LEE, J. K., KANG, H. & CHOI, H. J. 2016. Changes in the first-pass success rate with the GlideScope video laryngoscope and direct laryngoscope: a ten-year observational study in two academic emergency departments. *Clin Exp Emerg Med*, 3, 213-218.
- LENGEN, R. V. 2020. Indikationskatalog für den Notarzteinsatz, Landesweite Empfehlung [Ärztlicher Leiter rettungsdienst in Rheinland Pfalz, Erstellungsdatum: 12. Oktober 2020, zuletzt aktualisiert 12 Oktober 2020, zitiert 08.11.2023].
- LEWIS, S. R., BUTLER, A. R., PARKER, J., COOK, T. M., SCHOFIELD-ROBINSON, O. J. & SMITH, A. F. 2017. Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adult patients requiring tracheal intubation: a Cochrane Systematic Review. *Br J Anaesth*, 119, 369-383.
- LONG, B. & GOTTLIEB, M. 2024. Emergency medicine updates: Endotracheal intubation. *Am J Emerg Med*, 85, 108-116.
- LUFTRETTUNG., R. I.-F. *Einsatzzahlen der Luftrettung*, [Online]. Available: <https://www.rth.info/einsatzzahlen/einsatzzahlen.php> [Accessed 11.11.2021].
- LYNG, J. W., GUYETTE, F. X., LEVY, M. & BOSSON, N. 2022. Prehospital Manual Ventilation: An NAEMSP Position Statement and Resource Document. *Prehosp Emerg Care*, 26, 23-31.
- M. MICHAEL, B. K., P. KÜMPERS, M. PIN, M. BERNHARD 2023. ABCDE im nicht-traumatologischen Schockraum. *Anästhesie & Intensivmedizin*, 64, 160-172.
- MALLAMPATI, S. R., GATT, S. P., GUGINO, L. D., DESAI, S. P., WARAKSA, B., FREIBERGER, D. & LIU, P. L. 1985. A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: a prospective study. *Can Anaesth Soc J*, 32, 429-34.
- MAYGLOTHLING, J., DUANE, T. M., GIBBS, M., MCCUNN, M., LEGOME, E., EASTMAN, A. L., WHELAN, J. & SHAH, K. H. 2012. Emergency tracheal intubation immediately following traumatic injury: an Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline. *J Trauma Acute Care Surg*, 73, S333-40.
- MONTAG, S., HERDTLE, S., JOHN, S., LEHMANN, T., BEHRINGER, W. & HOHENSTEIN, C. 2022. 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*, 71, 198-203.
- MORT, T. C. 2004. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg*, 99, 607-13, table of contents.
- NIFOROPOULOU, P., PANTAZOPOULOS, I., DEMESTIHA, T., KOUDOUNA, E. & XANTHOS, T. 2010. Video-laryngoscopes in the adult airway management: a topical review of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand*, 54, 1050-61.
- NOPPENS, R. R., WERNER, C. & PIEPHO, T. 2010. [Indirect laryngoscopy : Alternatives to securing the airway]. *Anaesthesist*, 59, 149-61.
- OLASVEENGEN, T. M., SEMERARO, F., RISTAGNO, G., CASTREN, M., HANDLEY, A., KUZOVLEV, A., MONSIEURS, K. G., RAFFAY, V., SMYTH, M., SOAR, J., SVAVARSDÓTTIR, H. & PERKINS, G. D. 2021. Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (Basic Life Support). *Notfall + Rettungsmedizin*, 24, 386-405.
- OLIVEIRA, J. E. S. L., CABRERA, D., BARRIONUEVO, P., JOHNSON, R. L., ERWIN, P. J., MURAD, M. H. & BELLOLIO, M. F. 2017. Effectiveness of Apneic

- Oxygenation During Intubation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Emerg Med*, 70, 483-494.e11.
- PAAL, P., HERFF, H., MITTERLECHNER, T., VON GOEDECKE, A., BRUGGER, H., LINDNER, K. H. & WENZEL, V. 2010. Anaesthesia in prehospital emergencies and in the emergency room. *Resuscitation*, 81, 148-54.
- PARK, S. O., KIM, J. W., NA, J. H., LEE, K. H., LEE, K. R., HONG, D. Y. & BAEK, K. J. 2015. Video laryngoscopy improves the first-attempt success in endotracheal intubation during cardiopulmonary resuscitation among novice physicians. *Resuscitation*, 89, 188-94.
- REED, M. J., DUNN, M. J. & MCKEOWN, D. W. 2005. Can an airway assessment score predict difficulty at intubation in the emergency department? *Emerg Med J*, 22, 99-102.
- REIFFERSCHIED F, H. U. 2017. Einheitliche Notarztqualifikation: Wie steht es 13 Jahre nach der Einführung der Zusatzweiterbildung Notfallmedizin? *Anästhesiologie & Intensivmedizin (A&I)*, 58, 44-51.
- ROGNÅS, L., HANSEN, T. M., KIRKEGAARD, H. & TØNNESEN, E. 2013. Pre-hospital advanced airway management by experienced anaesthesiologists: a prospective descriptive study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 21, 58.
- SAKLES, J. C., CHIU, S., MOSIER, J., WALKER, C. & STOLZ, U. 2013. The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. *Acad Emerg Med*, 20, 71-8.
- SAORAYA, J., VONGKULBHISAL, K., KIJPASALRATANA, N., LUMLERTGUL, S., MUSIKATAVORN, K. & KOMINDR, A. 2021. Difficult airway predictors were associated with decreased use of neuromuscular blocking agents in emergency airway management: a retrospective cohort study in Thailand. *BMC Emerg Med*, 21, 37.
- SCOTT, J. & BAKER, P. A. 2009. How did the Macintosh laryngoscope become so popular? *Paediatr Anaesth*, 19 Suppl 1, 24-9.
- SINHA, R., RAY, B. R., SHARMA, A., PANDEY, R. K., PUNJ, J., DARLONG, V. & TRIKHA, A. 2019. Comparison of the C-MAC video laryngoscope size 2 Macintosh blade with size 2 C-MAC D-Blade for laryngoscopy and endotracheal intubation in children with simulated cervical spine injury: A prospective randomized crossover study. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*, 35, 509-514.
- SOAR, J., BÖTTIGER, B. W., CARLI, P., COUPER, K., DEAKIN, C. D., DJÄRV, T., LOTT, C., OLASVEENGEN, T., PAAL, P., PELLIS, T., PERKINS, G. D., SANDRONI, C. & NOLAN, J. P. 2021. [Adult advanced life support]. *Notf Rett Med*, 1-41.
- STUTZ, E. W. & RONDEAU, B. 2023. Mallampati Score. *StatPearls*. Treasure Island (FL) ineligible companies. Disclosure: Bryan Rondeau declares no relevant financial relationships with ineligible companies.: StatPearls Publishing

Copyright © 2023, StatPearls Publishing LLC.

SURGEONS, A. C. O. 2012. *Advanced Trauma Life Support (ATLS)*.

TAKAHATA, O., KUBOTA, M., MAMIYA, K., AKAMA, Y., NOZAKA, T., MATSUMOTO, H. & OGAWA, H. 1997. The efficacy of the "BURP" maneuver during a difficult laryngoscopy. *Anesth Analg*, 84, 419-21.

TIMMERMANN A, B. C., WENZEL V., EICH C., PIEPHO T., BERNHARD M., DÖRGES V. 2012. Handlungsempfehlungen für das präklinische Atemwegsmanagement. *Anästhesiologie & Intensivmedizin (A&I)*, 53, 294-308.

TIMMERMANN, A., EICH, C., RUSSO, S. G., NATGE, U., BRÄUER, A., ROSENBLATT, W. H. & BRAUN, U. 2006. Prehospital airway management: a prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation*, 70, 179-85.

- TRENT, S. A., DRIVER, B. E., PREKKER, M. E., BARNES, C. R., BREWER, J. M., DOERSCHUG, K. C., GAILLARD, J. P., GIBBS, K. W., GHAMANDE, S., HUGHES, C. G., JANZ, D. R., KHAN, A., MITCHELL, S. H., PAGE, D. B., RICE, T. W., RUSSELL, D. W., SELF, W. H., SMITH, L. M., STEMPEK, S., VONDERHAAR, D. J., WEST, J. R., WHITSON, M. R., GINDE, A. A., CASEY, J. D. & SEMLER, M. W. 2023. Defining Successful Intubation on the First Attempt Using Both Laryngoscope and Endotracheal Tube Insertions: A Secondary Analysis of Clinical Trial Data. *Ann Emerg Med*, 82, 432-437.
- TRIPATHI, M. & PANDEY, M. 2006. Short thyromental distance: a predictor of difficult intubation or an indicator for small blade selection? *Anesthesiology*, 104, 1131-6.
- UNFALLCHIRURGIE, D. G. F. 2022. AWMF S3 Leitlinie „Polytrauma/Schwererletzen-Behandlung“ [AWMF-Register-Nr.: 187-023, Stand: Überarbeitet 12/2022, zitiert am 07.11.2023].
- WAGSTAFF, T. A. & SONI, N. 2007. Performance of six types of oxygen delivery devices at varying respiratory rates. *Anaesthesia*, 62, 492-503.
- WEINGART, S. D. & LEVITAN, R. M. 2012. Preoxygenation and prevention of desaturation during emergency airway management. *Ann Emerg Med*, 59, 165-75.e1.
- WEINGART, S. D., TRUEGER, N. S., WONG, N., SCOFI, J., SINGH, N. & RUDOLPH, S. S. 2015. Delayed sequence intubation: a prospective observational study. *Ann Emerg Med*, 65, 349-55.
- WILSON, M. E., SPIEGELHALTER, D., ROBERTSON, J. A. & LESSER, P. 1988. Predicting difficult intubation. *Br J Anaesth*, 61, 211-6.
- WÖLFL, C. G., BOUILLON, B., LACKNER, C. K., WENTZENSEN, A., GLIWITZKY, B., GROSS, B., BROKMANN, J. & HAUER, T. 2008. [Prehospital Trauma Life Support (PHTLS): An interdisciplinary training in preclinical trauma care]. *Unfallchirurg*, 111, 688-94.
- YENTIS, S. M. & LEE, D. J. 1998. Evaluation of an improved scoring system for the grading of direct laryngoscopy. *Anaesthesia*, 53, 1041-4.
- YU, T., WU, R. R., LONGHINI, F., WANG, B., WANG, M. F., YANG, F. F., HUA, F. Z., YAO, W. D. & JIN, X. J. 2020. The "BURP" maneuver improves the glottic view during laryngoscopy but remains a difficult procedure. *J Int Med Res*, 48, 300060520925325.

Danksagung

Ich danke meiner geliebten Ehefrau, die mir jederzeit den Rücken freigehalten hat und motivierend zur Seite stand.