

Aus der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin
der Universität zu Köln

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. B. W. Böttiger

**Intubation mittels VieScope vs. Videolaryngoskop
in kompletter persönlicher Schutzausrüstung im
Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie**

-

eine randomisierte, kontrollierte Modellstudie

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Simone Kolvenbach
aus Rheinbach

promoviert am 17. Mai 2023

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachter: Professor Dr. med. univ. W. A. Wetsch

2. Gutachter: Privatdozent Dr. med. F. Eifinger

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Dr. med. Hannes Ecker, PD Dr. med. Holger Herff und Professor Dr. med. Wolfgang A. Wetsch unterstützten mich bei der Anwerbung der Teilnehmenden, der mündlichen und schriftlichen Aufklärung über die Studienteilnahme sowie bei deren Durchführung und Dokumentation.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Experimente sind von mir mit Unterstützung von Herrn Dr. med. Hannes Ecker und Prof. Dr. med. Wolfgang A. Wetsch durchgeführt worden. Alle Studienteilnehmenden waren zum Beobachtungszeitpunkt im November 2020 Mitarbeitende der Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin der Uniklinik Köln. Die erhobenen Daten wurden von mir mit Hilfe des Programms „Microsoft Excel“ ausgewertet.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen

Köln, den 27.01.2022

Unterschrift:

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Simone Kolvenbach

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die mich bei der Anfertigung meiner Doktorarbeit unterstützt haben.

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater Professor Dr. Wolfgang Wetsch für die Ermöglichung meiner Dissertation und die gute Betreuung und Unterstützung bei der Erstellung und Konkretisierung der Arbeit danken. Ebenso gilt mein Dank Dr. Hannes Ecker und Sebastian Stranz, die die Versuche mit mir gemeinsam durchgeführt und allen Kolleg*innen, die bereitwillig und motiviert an der Studie teilgenommen haben.

Meinen Eltern möchte ich für die uneingeschränkte Motivation und permanente Unterstützung danken.

Ein großer Dank gilt meinem Bruder Thomas dafür, dass er geduldig sämtliche Fragen rund um das zum Thema Word und Excel beantworten und alle Probleme am Ende lösen konnte.

Meiner Familie

In der vorliegenden Arbeit war ich um eine geschlechterneutrale Sprache bemüht.

Sofern keine neutrale Wortauswahl möglich war, habe ich mich zur Benutzung des Gendersterns entschlossen, um alle Personen geschlechtergerecht einzuschließen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
1. Zusammenfassung	7
2. Einleitung	8
2.1. Atemwegsmanagement	8
2.2. COVID-19	10
2.2.1. SARS-CoV-2	10
2.2.2. Die Erkrankung COVID-19	10
2.3. Intubation bei COVID-19	12
2.4. Videolaryngoskopie	17
2.4.1. Videolaryngoskopie bei COVID-19	23
2.5. VieScope	25
2.6. Fragestellung	27
3. Material und Methoden	28
3.1. Material	28
3.2. Methoden	31
4. Ergebnisse	34
4.1. Teilnehmende	34
4.2. Ergebnisse	35
4.2.1. Tubusposition – endotracheal vs. Ösophageal	35
4.2.2. Korrekte Tubusposition im ersten Versuch	36
4.2.3. Anzahl der Versuche bis zur erfolgreichen Intubation	37
4.2.4. Zeit bis zur Intubation	38
4.2.5. Zeit bis zur ersten Beatmung	38
4.2.6. Klassifikation nach Cormack und Lehane	40
4.2.7. Intubationszeiten abhängig von Berufserfahrung	41
4.2.8. Intubationszeiten abhängig von der Anzahl an Intubationen pro Jahr	42
4.2.9. Evaluation des VieScope	43
5. Diskussion	47
5.1. Studienergebnisse	49
6. Literaturverzeichnis	53
7. Anhang	58
7.1. Abbildungsverzeichnis	58
8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen	59

Abkürzungsverzeichnis

ARDS	acute respiratory distress syndrome
ASA	American Society of Anesthesiologists
BDA	Berufsverband Deutscher Anästhesisten
BURP	backward upward rightward pressure
bzw.	beziehungsweise
COVID-19	coronavirus disease 2019
CPR	kardiopulmonale Reanimation
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin
d.h.	das heißt
et al.	et alii = und andere
etc.	et cetera
FFP	filtering face piece
FiO ₂	inspiratorische Sauerstofffraktion
ggf.	gegebenenfalls
HFNO	high-flow nasal oxygen
HME-Filter	heat and moisture exchanger – Filter
HWS	Halswirbelsäule
kg	Kilogramm
LED	light-emitting diode
mbar	Millibar
MERS-CoV	middle east respiratory syndrome-related coronavirus
ml	Milliliter
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
NIV	nicht-invasive Beatmung
o.ä.	oder ähnliches
o.g.	oben genannte/n
OHCA	Out-of-hospital cardiac arrest = Herzstillstand außerhalb d. Klinik
paO ₂	arterieller Sauerstoffpartialdruck
RNA	Ribonukleinsäure
RSI	rapid sequence induction = Ileus-Einleitung, „Blitzeinleitung“
s	Sekunden
SARS-CoV-2	severe acute respiratory syndrome-related coronavirus-2
SpO ₂	periphere Sauerstoffsättigung

u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
vs.	versus
WHO	World Health Organisation
z.B.	zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach

1. Zusammenfassung

Studienziel:

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung war der Vergleich des neuartigen VieScope mit einem Videolaryngoskop (GlideScope) zur Intubation des normalen und schwierigen Atemwegs an einem standardisierten Atemwegsmodell. Im Rahmen der SARS-CoV-2-Pandemie trugen alle Studienteilnehmenden eine vollständige persönliche Schutzausrüstung.

Methoden:

In der Studie erfassten wir die erfolgreiche endotracheale Intubation als primären Endpunkt und zusätzlich den Intubationserfolg im ersten Versuch („first-pass-rate“) sowie die Zeiten bis zur Sicherung des Atemwegs und bis zur ersten Ventilation als sekundäre Endpunkte.

35 Intubierende (anästhesiologisches ärztliches Personal) wurden nach Randomisierung der Reihenfolge in insgesamt vier verschiedenen Atemwegs-Szenarien (VieScope bei normalem Atemweg, VieScope bei schwierigem Atemweg, Videolaryngoskop bei normalem Atemweg und Videolaryngoskop bei schwierigem Atemweg) gebeten, ein Modell zu intubieren. Dabei trugen die Teilnehmenden eine komplette persönliche Schutzausrüstung, wie bei der Intubation von COVID-19-Erkrankten empfohlen. Die entsprechenden Endpunkte wurden erfasst.

Ergebnisse:

In insgesamt 140 erhobenen Datensätzen zeigten sich sehr hohe Erfolgsraten bei der endotrachealen Intubation mit beiden Laryngoskopen. Letztlich gelang in jedem der 140 Studiendurchgänge die endotracheale Intubation. Beim schwierigen Atemweg konnte ein leichter Vorteil für das Videolaryngoskop nachgewiesen werden, da mit diesem eine höhere Rate an Intubationserfolgen im ersten Versuch erzielt werden konnte (GlideScope vs. VieScope: 97 % vs. 80 %). Die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation war bei Nutzung des Videolaryngoskops in beiden Szenarien signifikant kürzer (GlideScope vs. VieScope: 21,7 s vs. 42,7 s bei normalem Atemweg; 26,5 s vs. 51,1 s bei schwierigem Atemweg). Die Zeit bis zur ersten Beatmung zeigte entsprechend ähnliche Ergebnisse. Mit beiden Instrumenten wurde die Sicht auf den Larynx insgesamt als sehr gut bewertet.

Schlussfolgerung:

Das VieScope ermöglichte eine gute Visualisierung der Atemwege und eine sichere endotracheale Intubation. Im Vergleich zum GlideScope konnte keine schnellere Atemwegssicherung erreicht werden.

2. Einleitung

2.1. Atemwegsmanagement

Die Sicherung der Oxygenierung erkrankter Personen während operativer Eingriffe sowie in Notfallsituationen stellt die wichtigste Maßnahme von Anästhesist*innen, Intensiv- und Notfallmediziner*innen dar. Nur Menschen mit offenen oder gesicherten Atemwegen können ausreichend oxygeniert werden. Die Sicherung der Atemwege erfolgt in diesen Situationen im Idealfall mittels endotrachealer Intubation, da nur diese einen Aspirationsschutz bietet und bei Bedarf höhere Beatmungsdrücke zulässt.

Der schwierige Atemweg ist nach der American Society of Anesthesiologists (ASA) definiert als Situation, in der durchschnittlich ausgebildetes ärztliches anästhesiologisches Personal erwartet oder unerwartet Probleme oder das Misslingen einer oder mehrerer der folgenden Maßnahmen erlebt: Maskenbeatmung, Laryngoskopie, Beatmung mittels supraglottischer Atemwegshilfen, endotracheale Intubation und Extubation oder einem invasiven Atemweg. Die schwierige Laryngoskopie bezeichnet die Unmöglichkeit, auch bei mehreren Laryngoskopie-Versuchen Anteile der Stimmbänder darzustellen. Eine schwierige oder missglückte endotracheale Intubation ist definiert als eine Intubation nach mehreren Versuchen bzw. das Nichtgelingen der endotrachealen Intubation [1].

Indikatoren für eine unzureichende Ventilation sind fehlende oder inadäquate endexpiratorische Kohlendioxid-Konzentrationen in der Ausatemluft, fehlende Thoraxexkursionen oder ausbleibende pulmonale Atemgeräusche. Dazu gehören des Weiteren auskultatorische Hinweise auf eine schwere pulmonale Obstruktion, eine Zyanose, Gasinsufflation des Magens, eine abfallende oder niedrige periphere Sauerstoffsättigung, Abnormalitäten im Lungenschall und hämodynamische Veränderungen. Zudem können klinische Symptome wie Somnolenz oder generell eine Veränderung des geistigen Zustands auf eine inadäquate pulmonale Ventilation hinweisen [1].

Mit einem schwierigen Atemweg erhöht sich die Morbidität und Mortalität der Betroffenen. Zudem steigt das Risiko für Misserfolge bei der Intubation und damit die Wahrscheinlichkeit für Hypoxien, Hirnschädigungen, Kreislaufstillstand und Tod der Patient*innen.

Generell ist die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines schwierigen Atemwegs in ungewohntem Setting außerhalb der Anästhesie-Einleitung sowie in Notfallsituationen erhöht. In der Anästhesiologie begegnet uns in 0,1 bis 0,3 % der Fälle eine schwierige Intubation. Auf der Intensivstation sind es zwischen 8 und 22 % [2]. Der schwierige Atemweg, also jegliche Problematik in Zusammenhang mit einer Intubation, tritt im anästhesiologischen Setting in 1 bis 4 % der Fälle auf. „Die Inzidenz der schwierigen direkten Laryngoskopie beträgt 1,5 bis

8 %, die Inzidenz der schwierigen Intubation ist etwas niedriger“, in 0,05 % der Fälle ist eine endotracheale Intubation unmöglich. Die gefürchtete „cannot intubate, cannot ventilate“ (CVCI)-Situation begegnet uns in 0,008 bis 0,004 % der Fälle und damit mit einer Wahrscheinlichkeit von 1:13.000 bis 1:25.000 [3].

Dabei ist die endotracheale Intubation im Operationssaal für elektive Eingriffe mit entsprechend vorbereiteten und nüchternen Patient*innen mit den Möglichkeiten der idealen Lagerung eine gute Ausgangssituation für eine möglichst geringe Inzidenz an schwierigen Atemwegen. Anders sieht die Situation bei endotrachealen Intubationen außerhalb des Operationsbereichs, wie in der präklinischen Notfallmedizin, auf der Intensivstation und bei Notfalleingriffen an nicht-nüchternen und aus anderen Gründen aspirationsgefährdeten Erkrankten aus. Die Inzidenz schwieriger Atemwege und CVCI-Situationen erhöht sich signifikant in diesen Notfallsituationen außerhalb des gewohnten Settings. In der präklinischen Notfallmedizin beispielsweise liegt in 3 bis 5 % der Fälle ein schwieriger Atemweg vor. Möglicherweise ist diese Zahl sogar unterschätzt und könnte bei bis zu 10 % liegen [2].

Neue Hilfsmittel, die dem Intubierenden die Atemwegssicherung erleichtern, haben zu einer deutlichen Abnahme der periinterventionellen Morbidität und Mortalität im Rahmen endotrachealer Intubationen geführt. Die Entwicklung von videoassistierten Intubationshilfen nimmt dabei einen großen Stellenwert ein.

2.2. COVID-19

2.2.1. SARS-CoV-2

Im Dezember 2019 berichteten die Chinese Centers for Disease Control erstmals von Fällen einer Pneumonie unbekannter Ursache, die zunächst im chinesischen Wuhan auftraten. Als Verursacher der Erkrankung konnte am 7. Januar 2020 eine neue Variante eines Coronavirus, das SARS-CoV-2, identifiziert werden. Die hervorgerufene Erkrankung wurde von der World Health Organisation (WHO) als COVID-19 bezeichnet. Am 30. Januar 2020 stufte die WHO die COVID-19-Erkrankung aufgrund ihrer raschen Verbreitung als „gesundheitliche Notlage internationaler Tragweite“ (PHEIC: public health emergency of international concern) ein [4]. Die hochansteckende Erkrankung wird leicht von Mensch zu Mensch übertragen, breitete sich rasch aus und sorgt seitdem weltweit für eine hohe Zahl an Todesfällen. Am 11. März 2020 erklärte die WHO die Erkrankung COVID-19 zur Pandemie.

Bis zum heutigen Tag (Stand 13.01.2023) sind nach Angaben der WHO bereits über 661 Millionen Personen an COVID-19 erkrankt und mehr als 6,7 Millionen Personen an den Folgen der Erkrankung verstorben [5].

Beim SARS-CoV-2 handelt es sich um ein membranumhülltes RNA-Virus aus der Familie der Coronaviren. Es hat einen Durchmesser von 60 bis 140 Nanometern und seine Oberfläche ist mit Spike-Glykoproteinen besetzt. Unter Säugetieren und Vögeln sind Coronaviren weit verbreitet und können aufgrund ihrer Fähigkeit zur homologen Rekombination ihr Wirtsspektrum relativ leicht erweitern und die Artengrenze überspringen. Von den insgesamt sieben bekannten humanpathogenen Coronavirus-Spezies können drei beim Menschen zu schweren Erkrankungen mit teilweise tödlichem Verlauf führen: SARS-CoV, MERS-CoV und SARS-CoV-2 [6]. Die Übertragung des SARS-CoV-2 von einem Wirt zum nächsten erfolgt über Aerosole, Tröpfchen und Speichel, d.h. feste und flüssige Schwebeteilchen in der Luft. Während Tröpfchen nur geringe Distanzen überwinden und zu Boden fallen, können Aerosole längere Zeit in der Luft schweben und weitere Strecken überwinden. Die höchste Konzentration an Virus-RNA wurde in Nasen-Rachensekreten und Sputum gefunden, also in den oberen und unteren Atemwegen von Erkrankten [7].

2.2.2. Die Erkrankung COVID-19

Die Inkubationszeit von COVID-19 beträgt etwa zwei bis 14 Tage. Typischerweise treten die ersten Symptome zwischen drei und sieben Tagen nach Ansteckung auf [8]. Bereits zwei bis drei Tage vor Auftreten der ersten Krankheitssymptome sorgt die hohe Zahl an

Virusreplikationen im oberen Respirationstrakt für eine hohe Kontagiosität und Infektiosität [9]. Da viele Erkrankte bereits vor den ersten Symptomen infektiös sind, können auch vermeintlich gesunde Menschen das Virus weitergeben. Zudem treten subklinische Verläufe ohne Krankheitssymptome mit hoher Infektiosität auf und auch nach dem Abklingen von Symptomen ist eine hohe Viruslast mit dem Risiko der Verbreitung von SARS-CoV-2 möglich [10].

Die Erkrankung COVID-19 zeigt sich bei einem Großteil der Infizierten asymptomatisch oder mit milden Symptomen im Bereich des oberen Respirationstraktes. Klinisch ist sie aufgrund der grippeähnlichen Symptome nicht von dieser zu unterscheiden. Bei schweren Verläufen dominiert die pulmonale Beteiligung, aber es können auch das Herz-Kreislauf-System, das Zentralnervensystem und der Gastrointestinaltrakt betroffen sein [11].

Typische Symptome sind Fieber, Halsschmerzen, Rhinitis, trockener Husten, Auswurf, Hämoptysen, Dyspnoe, Müdigkeit und Abgeschlagenheit, Muskel- und Gelenkschmerzen, Schüttelfrost, Übelkeit, Erbrechen, Diarrhoen, Verlust von Geruchs- und Geschmackssinn und abdominale Schmerzen [8,9].

Die Indikation für eine stationäre Therapie „soll nach klinischen Kriterien durch einen Arzt erfolgen, insbesondere unter Berücksichtigung von Alter, Komorbiditäten, Atemfrequenz und Sauerstoffsättigung“ [12]. Die Aufnahme auf die Intensivstation sollte bei einer Hypoxämie ($\text{SpO}_2 < 90\%$ unter 2 bis 4 Liter Sauerstoff pro Minute bei nicht vorbestehender Sauerstofftherapie), Dyspnoe oder einer Tachypnoe mit Atemfrequenzen über 25 bis 30 pro Minute erfolgen [12]. Diese späteren Symptome eines respiratorischen Versagens sind durch eine interstitielle Pneumonie mit akuter Lungenschädigung begründet und können im ARDS (acute respiratory distress syndrome) mit respiratorischer Insuffizienz und in einer Sepsis münden. In der Computertomografie des Thorax sieht man häufig bilaterale milchglasartige Trübungen und Konsolidierungen. Die Notwendigkeit, COVID-19 Patienten mit respiratorischer Insuffizienz und Hypoxie durch Maßnahmen wie die nichtinvasive Beatmung, High-Flow-Sauerstoffgabe, invasive Beatmung und Bauchlage zu unterstützen, führt schließlich zur Aufnahme auf eine Intensivstation.

2.3. Intubation bei COVID-19

In Deutschland wird zur Beurteilung der Lungenfunktion der Oxygenierungsindex nach Horowitz herangezogen. Er gibt das Verhältnis des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks (p_aO_2 in mmHg) zur inspiratorischen Sauerstofffraktion (FiO_2) an und sollte beim Lungengesunden bei 350 bis 450 mmHg liegen. Bei Werten unterhalb der Norm wird der Schweregrad der Lungenschädigung nach der Berlin-Definition von 2012 in verschiedene Stadien des ARDS eingeteilt: bei Werten unterhalb von 300 mmHg besteht ein mildes ARDS, unterhalb von 200 mmHg ein moderates ARDS und Werte ≤ 100 mmHg bedeuten ein schweres ARDS [23].

Die S3-Leitlinie zur stationären Therapie von COVID-19 schlägt bei Erkrankten mit hypoxämischer respiratorischer Insuffizienz mit einem Horowitz-Quotienten zwischen 100 und 300 mmHg zur Sicherstellung einer adäquaten Oxygenierung (Ziel- SpO_2 92 bis 96 % bzw. bei Patienten mit Hyperkapnierisiko 88 bis 92 %) einen Therapieversuch mit High-Flow-Sauerstoff (HFNO, high-flow-nasal-oxygen) oder nicht-invasiver Beatmung (NIV) vor. Zusätzlich sollte bei diesen Betroffenen eine Bauchlagerung durchgeführt werden. Bei schwerer Hypoxämie mit einem PaO_2/FiO_2 von unter 150 mmHg und einer Tachypnoe mit einer Atemfrequenz über 30 pro Minute soll die Intubation und invasive Beatmung erwogen werden und bei einem Horowitz-Quotienten von unter 100 mmHg sollte diese „im Regelfall [...] erfolgen“ [12].

Eine Intubation bei Erkrankten mit COVID-19 ist aus vielerlei Gründen eine besondere Herausforderung. Diese Menschen sind, wenn es zur Entscheidung für die endotracheale Intubation und maschinelle Beatmung kommt, bereits am Rande der kardiopulmonalen Dekompensation. Zuvor haben sie häufig längere Phasen von High-Flow-Sauerstoffgaben oder nicht-invasiver Beatmung mit hohen Unterstützungsdrücken und hoher Sauerstofffraktion erlebt. Der Großteil der Betroffenen ist vor der Intubation hypoxisch, tachypnoeisch, tachykard und hypovolämisch. Aufgrund der bestehenden Hypoxie und dem ausgeprägten intravasalen Volumenmangel, der wegen restriktiver Flüssigkeitstherapie in dieser Personengruppe aggraviert ist, sind diese stark gefährdet, bei Narkoseinduktion einen Blutdruckabfall bis hin zum Kreislaufstillstand zu erleiden [13]. Hypotension und Hypoxie, wie sie auch bei der Intubation von nicht an COVID-19 Erkrankten auf der Intensivstation häufig auftritt, führt insgesamt zu einem schlechteren Outcome. Besteht die Hypoxie bereits vor der Intubation, ist das Risiko für eine Aggravation während der Prozedur besonders hoch [14]. Infolgedessen kann eine schwere Hypoxie während der Intubation mit einem Herzstillstand [15,16], einem zerebralen Sauerstoffmangel und dem Tod des Betroffenen enden [17].

Insgesamt führt die Kombination aus mangelnder pulmonaler und kardiozirkulatorischer Reserve, der Neigung zum kardiovaskulären Kollaps und dem Risiko der raschen Hypoxie zu einem hohen periinterventionellen Risiko für die Erkrankten und macht die Intubation bei COVID-19 zu einer großen Herausforderung für alle Beteiligten [13]. Aufgrund des Fehlens nachweislich wirksamer Medikamente gegen COVID-19 sollte das Ziel aller Maßnahmen eine Verhinderung der Virusübertragung von Mensch zu Mensch sein. Der Vermeidung von Kreuzkontaminationen, v.a. in Intubationssituationen, kommt daher ein hoher Stellenwert zu.

Generell ist medizinisches Personal dem erhöhten Risiko einer Ansteckung mit Infektionskrankheiten und somit auch dem Risiko einer Ansteckung mit SARS-CoV-2 ausgesetzt [10]. Insbesondere bei Aerosol-produzierenden oder -nahen Tätigkeiten, wie der endotrachealen Intubation, manueller Ventilation über einen Beatmungsbeutel, NIV, HFNO, Tracheotomie, Bronchoskopie, kardiopulmonalen Reanimation, Extubation und während sämtlichen Tätigkeiten mit Diskonnektion des Intubierten vom Beatmungsgerät, besteht aufgrund des nahen Kontaktes zum Respirationstrakt mit hoher Viruslast ein erhöhtes Ansteckungsrisiko. Zudem konnte bei Personen, die im Gesundheitssystem arbeiten, ein Zusammenhang zwischen der Menge der aufgenommenen Viren bei Exposition und der anschließenden Schwere der Erkrankung festgestellt werden [18].

Aufgrund des Übertragungsweges des Virus und der möglicherweise fehlenden Symptomatik bei Betroffenen trotz bestehender Infektiosität, z.B. zu Beginn einer Erkrankung, muss bei der Ausführung der o.g. Aerosol-bildenden oder -freisetzenden Tätigkeiten zwingend zusätzlich eine persönliche Schutzausrüstung getragen werden [4,10]. Ziel aller Schutzmaßnahmen sollte es sein, „die Entstehung von und Exposition gegenüber virushaltigen Aerosolen zu minimieren und potenziell Aerosol-bildende Maßnahmen zu vermeiden“ [9].

Im Falle einer respiratorischen Insuffizienz des Erkrankten sollte aus zweierlei Gründen eine nicht-invasive Beatmung vermieden werden. Zum einen wird gerade bei NIV und HFNO sehr viel von der erkrankten Person ausgehendes infektiöses Aerosol frei, zum anderen ist der akute Verlauf bei COVID-19 häufig rasch progredient und eine endotracheale Intubation sollte nicht durch den Stabilisierungsversuch mittels nicht-invasiver Beatmungsunterstützung verzögert werden. Nicht-invasive Verfahren sind andererseits im Falle eines Mangels von Beatmungsgeräten eine gute Möglichkeit der adäquaten Oxygenierung von Betroffenen und können nach der Entwöhnung ebenfalls Beatmungsmöglichkeiten für andere erkrankte Personen schaffen. Typische Beatmungs-assoziierte Komplikationen, wie z.B. Ventilator-assoziierte Pneumonien, werden mit der Verkürzung der Beatmungsdauer ebenfalls reduziert [9].

Sollte die endotracheale Intubation nötig sein, empfehlen DGAI und BDA eine Reihe von Maßnahmen zur Minimierung von Aerosolbildung und der Virusexposition der Beteiligten. Falls möglich, sollten Notfallintubationen, fiberoptische Intubationen sowie NIV und HFNO vermieden werden. Die Intubation sollte vom ärztlichen Personal mit der größten Erfahrung durchgeführt werden, damit die Anzahl der Intubationsversuche und die Instrumentationszeit möglichst kurz ist. Alle Beteiligten sollten für eine optimale Vorbereitung sorgen und alle nötigen Materialien getestet und griffbereit sein. Insbesondere ist der venöse Zugang erneut zu kontrollieren und möglichst eine invasive arterielle Blutdruckmessung zu etablieren, um schnellstmöglich auf Blutdruckabfälle reagieren zu können. Die Intubation wird als RSI durchgeführt, um die Aerosol-Verbreitung durch eine Maskenbeatmung zu verhindern. Die Vorbereitungen entsprechen generell denen einer konventionellen RSI mit Oberkörperhochlagerung von 30 bis 45° als Aspirationsschutz, ausreichend langer Zeit der Präoxygenierung (mindestens drei Minuten) mit dichtsitzender Gesichtsmaske und inspiratorischer Sauerstofffraktion (FiO_2) von 1,0, einsatz- und griffbarem Absaugkatheter, Vorbereitung eines Endotrachealtubus mit Führungsstab und der Vermeidung von Maskenbeatmung nach Narkoseinduktion. Sollte die prä-prozedurale Hypoxie sehr ausgeprägt sein, ist eine vorsichtige Maskenbeatmung mit dichtsitzender Maske möglicherweise nötig, um einen raschen Abfall der peripheren Sauerstoffsättigung zu verhindern [19]. Hier ist das Risiko der Hypoxie gegen das Risiko der Aspiration und Aerosolverteilung abzuwägen.

Zusätzlich sollten Erkrankte mit möglicher COVID-19-Infektion primär mit einem Videolaryngoskop intubiert werden. Zwischen den Atemwegen des Behandelten und Gesicht des Intubierenden ist damit ein möglichst großer Abstand zu generieren. Unmittelbar nach Intubation wird ein HME-Filter auf den Tubus aufgesetzt, der bei Diskonnektion der Patient*innen vom Respirator am Tubus belassen werden sollte [9]. Wenn für die Intubation kein Führungsstab benötigt wird, z.B. bei Verwendung eines Videolaryngoskops mit Führungskanal für den Endotrachealtubus, kann der HME-Filter bereits vor der Intubation auf den Tubus aufgesetzt werden, um die Ausbreitung des Virus aus den unteren Atemwegen, v.a. durch Husten des Erkrankten, zu vermeiden.

Bei entsprechender räumlicher Ausstattung, wie in extra dafür vorgesehenen Isolierzimmern, sollte ein negativer Luftdruck eingestellt werden [8].

Bei potenziell mit SARS-CoV-2 infizierten Menschen ist zusätzlich die Intubation in kompletter persönlicher Schutzausrüstung gefordert. Diese Schutzausrüstung soll die Infektion des Personals und damit die Verbreitung des Virus verhindern. Sie besteht aus einer mechanischen Barriere, um eine Kontamination der Arbeitskleidung zu verhindern sowie

einem Schutz der Schleimhäute des Personals vor Eintritt virushaltiger Partikel oder Aerosolen. Als mechanische Barrieren dienen ein wasserundurchlässiger langärmeliger Schutzkittel, doppelte wasserdichte Schutzhandschuhe und eine Kopfhaut, welche die Haare komplett bedecken sollte. Um die Schleimhäute als mögliche Eintrittspforten für virales Material zu schützen, muss zusätzlich eine möglichst geschlossene Schutzbrille, idealerweise ergänzt durch einen Gesichtsschutz, und ein Partikel-filternder Mund-Nasen-Schutz höherer Schutzklasse, also idealerweise eine FFP3-, mindestens aber FFP2-Maske, getragen werden.

Das Tragen der Schutzausrüstung kann zu einer erhöhten Komplikationsrate bei der Atemwegssicherung führen. Bei korrekter, dicht sitzender FFP-Maske erhöht sich der Atemwegswiderstand sowohl beim Ein- als auch beim Ausatmen. Zudem kann es zu Missverständnissen in der Kommunikation zwischen den beteiligten Personen kommen, da aufgrund der Maske die Verständigung untereinander erschwert ist. Die Maske dämpft die Sprechlautstärke und macht ein Erkennen von Lippenbewegungen als zusätzliche Hilfe bei der Verständigung unmöglich. Eine Schutzbrille birgt die Gefahr, dass sie, z.B. bei undicht anliegender FFP-Maske, beschlägt und damit die Sicht eingeschränkt wird. Zudem kann das Sichtfeld insgesamt und insbesondere durch eine Brille mit Seitenschutz gemindert werden. Es besteht bei zu locker sitzender Brille die Gefahr, dass diese nicht in der korrekten Position verbleibt. Auch ein Gesichtsschild kann durch Beschlagen und Verrutschen die Sicht einschränken. Der wasserdichte Kittel kann zu Bewegungseinschränkungen führen und ist, v.a. aufgrund seiner wasserdichten Eigenschaft, für den Tragenden unangenehm, da keinerlei Luftzirkulation möglich ist und es dadurch zu Hitzegefühl und Schwitzen kommen kann. In Stress- und Notfallsituationen werden diese Probleme zusätzlich verstärkt. Alle diese Umstände können allein oder in ihrer Gesamtheit dazu führen, dass eine häufig ohnehin schwierige Intubation in einer zeitkritischen Notfallsituation zusätzlich erschwert wird. Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines schwierigen Atemwegs ist somit durch das Tragen einer Schutzausrüstung erhöht.

Den richtigen Zeitpunkt für die endotracheale Intubation zu finden ist nicht einfach, aber für das Outcome des Erkrankten sehr wichtig. Die negativen Auswirkungen der maschinellen Beatmung müssen gegen die der nicht-invasiven Verfahren, wie NIV und HFNO, abgewogen werden. Die Studienlage ist hier nicht eindeutig. Während eine Studie mit 755 COVID-19-Betroffenen aus dem Jahr 2020 ein höheres Überleben bei früher Intubation zeigten [20], gab es in einer Studie aus dem Jahr 2021 mit 245 COVID-19-Erkrankten im Gegenteil dazu Hinweise auf eine höhere 60-Tage-Mortalität bei früher maschineller Beatmung [21]. In einer Metaanalyse von zwölf Studien mit insgesamt 8944 COVID-19-Patient*innen weltweit konnte

kein Effekt auf Morbidität oder Mortalität abhängig vom Zeitpunkt der Intubation festgestellt werden [22].

Eine Intubation außerhalb des Operationsbereichs stellt insgesamt eine herausfordernde Situation dar und ist vergesellschaftet mit einer höheren Rate an schwierigen Intubationen, niedrigerem Intubationserfolg und einer höheren Rate an Komplikationen [24]. Eine Verzögerung der Intubation durch die verschiedensten Ursachen führt entsprechend häufiger zu Hypoxien und in der Folge zu einer höheren Zahl an Todesfällen. Schwierige Intubationssituationen stellen also wichtige Herausforderungen für das medizinische Personal und mitunter gefährliche Situationen für den zu Intubierenden dar [25].

Die Bestimmung des richtigen Zeitpunktes für die Intubation eines kritisch Kranken zwischen „zu früh“ und „zu spät“ bleibt eine Herausforderung und basiert am Ende auf klinischen Gesichtspunkten und der Beurteilung und Erfahrung der Behandelnden. Zusammenfassend birgt die endotracheale Intubation COVID-19-positiver Personen höhere Risiken verglichen mit der Atemwegssicherung anderer kritisch Kranker. Insgesamt hat sich jedoch im Laufe der Pandemie die Prognose der beatmungspflichtigen COVID-19-Erkrankten verbessert [13].

2.4. Videolaryngoskopie

Auch wenn die direkte Laryngoskopie mit der Sicht auf die Stimmbandebene der Goldstandard für die endotracheale Intubation darstellt, steht medizinischem Personal mit der Videolaryngoskopie ein hilfreiches Instrument, z.B. für die Intubation von Erkrankten mit schwierigem Atemweg, zur Verfügung. Die Videolaryngoskopie macht die indirekte Visualisierung des Atemwegs möglich, indem das Bild von einer Kamera in der Spatelspitze des Laryngoskops auf einen Bildschirm übertragen wird.

Es existieren verschiedene Ausführungen von Videolaryngoskopen mit verschiedenen Spatelformen.

Diese sind:



Abbildung 1: Macintosh-Spatel

1. traditionell geformte Macintosh-Spatel, die eine direkte und indirekte Laryngoskopie ermöglichen und z.B. in der Ausbildung für die Supervision durch Erfahrene eingesetzt werden können



Abbildung 2: GlideScope LoPro T3

2. anatomisch geformte hyperangulierte Spatel, die keine Reklination des Kopfes erfordern und damit bei HWS-Vorerkrankungen oder -Verletzungen hilfreich sein können

2a. ohne Tubuskanal, die die Nutzung eines entsprechend der Form des Spatels



Abbildung 3: GlideScope LoPro T4

vorgebogenen
Führungsstabs nötig
machen

2b. mit Tubuskanal für
den Endotrachealtubus;
aufgrund seiner Größe
kann dieser Spatel
schwieriger zu platzieren
und damit bei kleiner
Mundöffnung oder
Raumforderungen im
Mund-Rachenraum
nicht nutzbar sein

Zusätzlich gibt es verschiedene Möglichkeiten der Bildübertragung:

1. Die Visualisierung erfolgt über einen kleinen Monitor am Handgriff des Spatels, womit das Videolaryngoskop mobil ist und an verschiedenen Orten genutzt werden kann.
2. Das Bild wird auf einen größeren Monitor übertragen. Dies bietet zusätzlich die Möglichkeit, dass andere Personen, außer der Intubierenden, das Bild verfolgen können. Es kann somit auch für Lehre, Ausbildung und für die Anleitung von unerfahrenen Mitarbeitenden durch Erfahrenere genutzt werden.

Bei der Intubation mittels direkter Laryngoskopie ist eine gerade Achse von oral über den Pharynx bis zum Larynx nötig, um den Blick auf die Stimmbänder zu ermöglichen. Unterstützende Maßnahmen wie Extension des Kopfes und der Halswirbelsäule oder andere Veränderungen der Kopfposition, Manipulationen am Larynx wie das BURP-Manöver o.ä., sollen den direkten Blick durch Schaffen einer geraden Achse möglich machen. Diese können u.a. bei HWS-Instabilitäten und bei Z.n. Operationen an der Halswirbelsäule unmöglich oder kontraindiziert sein. Es kann zudem zu Verletzungen von Zähnen oder Weichteilen im Mund-Rachen-Bereich kommen, um die Zielstrukturen sichtbar zu machen.

Mit der indirekten Laryngoskopie ist die Sicht auf den Larynx mittels einer geraden Achse nicht

mehr nötig, was den Druck auf den Zungengrund vermindert und mit einer entsprechend geringer ausgeprägten Stressreaktion des Behandelten und auch einer geringeren Verletzungsgefahr in diesem Bereich einhergeht. Zudem ist im Vergleich zur direkten Laryngoskopie eine geringere Reklination in der Halswirbelsäule zu beobachten [26]. Auch der Intubierende hat mit dem Videolaryngoskop den Vorteil einer aufrechteren Körperhaltung. Das Monitorbild bietet zudem Assistenzpersonal die Möglichkeit zur Supervision, Antizipation, zum schnellen Erkennen von Problemen bei der Intubation und zur aktiven Beteiligung an der Problemlösung.

Mit der Klassifikation nach Cormack und Lehane wird die Visualisierung der Elemente des Kehlkopfes bei der direkten Laryngoskopie ohne unterstützende Manöver, wie BURP o.ä. beschrieben.

Die Einteilung erfolgt von einer sehr guten zu einer unmöglichen Sicht auf die Stimmritze und die Epiglottis:

- Grad 1: gesamte Stimmritze einstellbar
- Grad 2: Stimmritze teilweise sichtbar (hintere Kommissur)
- Grad 3: nur Epiglottis einstellbar
- Grad 4: nur Zungengrund sichtbar, Epiglottis nicht einstellbar

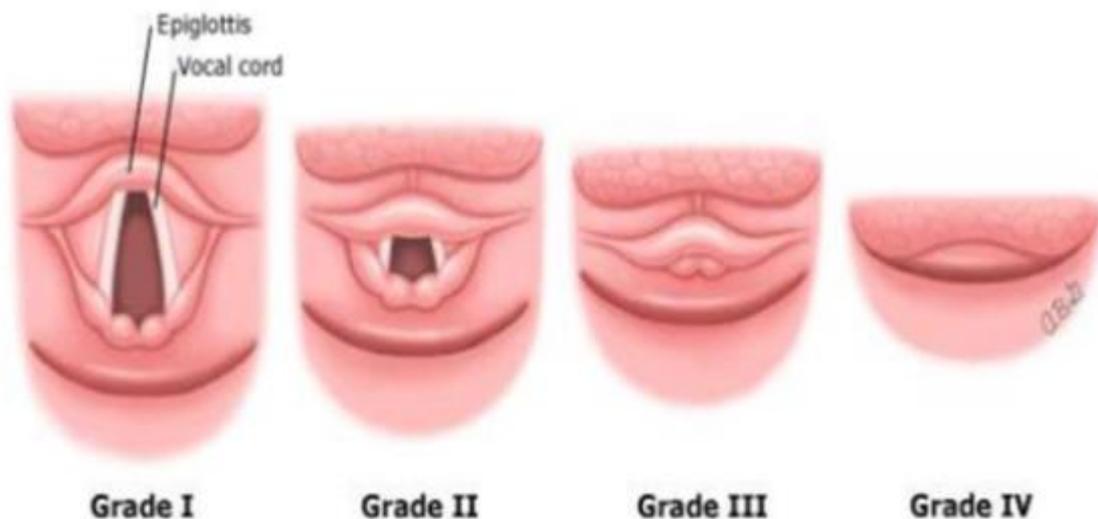


Abbildung 4: Einteilung nach Cormack und Lehane - Klassifikation nach der Sichtbarkeit anatomischer Strukturen auf Kehlkopfebene bei der direkten Laryngoskopie

<https://www.ecosia.org/images?q=cormack%20lehane%20score#id=A4B78A5DFA351D8AF1D25F8DD98A6CF9306F0E8F;frcemexam.com>

Die Entwicklung der Videolaryngoskopie sollte die Sicht auf die Stimmbandebene verbessern, den Intubationserfolg im ersten Versuch erhöhen und Hilfestellung bei der Intubation des schwierigen Atemwegs bieten, um Schaden vom Behandelten abzuwenden. Mittlerweile sind Videolaryngoskope in vielen Bereichen der Medizin nicht mehr wegzudenken und auch außerhalb des Operationsbereichs, wie auf der Intensivstation und in der Notfallmedizin, häufig vorhanden.

Seit deren Einführung belegten zahlreiche Studien, u.a. eine Metaanalyse aus dem Jahr 2014, dass die Inzidenz schwieriger Laryngoskopien und schwieriger Intubationen signifikant reduziert werden konnte [19,27]. Ein wichtiger Faktor für eine erfolgreiche Intubation mittels Videolaryngoskopie ist auch hier die Erfahrung im Umgang mit den vorhandenen Instrumenten und die Anzahl an Intubationen, die die Intubierenden bereits durchgeführt haben.

Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2014 zeigte die Vorteile des Videolaryngoskops in folgenden vier von sieben Endpunkten: bei schwieriger Intubation, erfolgreicher Intubation im ersten Versuch, bei Cormack-Lehane Grad 3 und 4 und in einer niedrigeren Rate an ösophagealen Fehlintubationen. In den anderen drei Endpunkten, der schweren Hypoxämie, schweren kardiovaskulären Reaktionen und Verletzungen an den Atemwegen, konnte kein Vorteil des Videolaryngoskops gegenüber dem Macintosh-Laryngoskop festgestellt werden [28]. Eine komplette Sicht auf die Stimmbandebene in der Videolaryngoskopie, entsprechend Cormack-Lehane Grad 1 in der direkten Laryngoskopie, garantiert nicht automatisch eine erfolgreiche Intubation, da der Endotrachealtubus einen spitzen Winkel nehmen muss, um die Stimmbänder zu passieren. Die Tubusplatzierung kann also trotz guter Sicht auf die Stimmbänder erschwert sein. Laryngoskopie und Intubation müssen daher als zwei unterschiedliche Schritte wahrgenommen werden [29].

Die Studienlage, in der die Zeit bis zur erfolgreichen Intubation mittels direkter Laryngoskopie und Videolaryngoskopie verglichen wird, ist nicht eindeutig. Es gibt Hinweise darauf, dass die Intubation beim schwierigen Atemweg (Cormack-Lehane Grad 3 und 4) mit dem Videolaryngoskop gleich schnell oder sogar schneller gelingt als mit der direkten Laryngoskopie, bei normalem Atemweg ist dieser Vorteil der Videolaryngoskopie jedoch nicht vorhanden. Bei einer guten Sicht (Grad 1 und 2 nach Cormack-Lehane) sind die Intubationserfolge ähnlich, jedoch benötigt die Intubation mit dem Videolaryngoskop mehr Zeit [30,31]. Einschränkend ist zu erwähnen, dass eine der Studien mit Teilnehmenden ohne Intubationserfahrung durchgeführt wurde und diese mit dem Videolaryngoskop eine steilere Lernkurve zeigten als mit der direkten Laryngoskopie.

In anderen Studien wurde ebenfalls das GlideScope mit dem Macintosh-Laryngoskop verglichen. Sowohl bei normalem als auch bei vermutet schwierigem Atemweg, bei dem die Rate an schwierigen Laryngoskopien (Cormack-Lehane Grad 3 und 4) mit dem GlideScope geringer war im Vergleich zum Macintosh-Laryngoskop, gelang die Intubation mit direkter Laryngoskopie signifikant schneller als mit dem GlideScope [32,33,34].

Zudem ist auch die Komplikationsrate nicht geringer als bei der direkten Laryngoskopie [35]. In den meisten Fällen ist bei der Videolaryngoskopie die Benutzung eines Führungsstabes nötig. Diese sind, wie z.B. beim GlideScope, entsprechend der Krümmung des Laryngoskops vorgebogen und starr. Bei Intubationsversuchen ergibt sich dadurch eine erhöhte Verletzungsgefahr [36], wobei es v.a. zu Verletzungen des weichen Gaumens und des Gaumenbogens kam. Bei normalem Atemweg könnte die Nutzung des Videolaryngoskops daher ein erhöhtes Risiko für die Entstehung von Traumata darstellen [37]. Es kommt hinzu, dass der mit einem starren Führungsstab versehene Tubus, bei Konzentration auf das Monitorbild, bis zum Bereich, der von der Kamera erfasst wird, blind vorgeschoben wird. Auch hier können unbeobachtet Verletzungen entstehen [38].

Formbare Führungsstäbe sind etwas weicher, damit weniger traumatisch und können entsprechend an die anatomischen Gegebenheiten angepasst werden. Dies ist jedoch mit einer Zeitverzögerung vergesellschaftet, sollte eine Formanpassung nach dem ersten Intubationsversuch nötig sein [29].

Mit entsprechendem Training ist das Videolaryngoskop ein gutes Hilfsmittel zur besseren Darstellung der Atemwege und kann die Sicherheit von kritisch Kranken erhöhen. Um die erforderliche Kompetenz zu erhalten, mit dem Videolaryngoskop mit 90 %iger Wahrscheinlichkeit eine optimale Leistung zu erzielen, sind mindestens 75 videolaryngoskopische Intubationen erforderlich [39,40]. Ziel ist es also, dass die bessere Visualisierung mittels Videolaryngoskopie auch zu einer besseren Rate an erfolgreichen Intubationen im ersten Versuch führt [35]. Auch wenn die Lernkurve mit dem Videolaryngoskop steiler ist als mit der konventionellen Laryngoskopie, sollte die Videolaryngoskopie nicht als primäres Instrument für die Intubation genutzt werden. Unerfahrene Anwendende verlieren beim Versuch der Tubusplatzierung unter indirekter Sicht häufig Zeit, was zu vermehrten Hypoxien führen kann [41,42]. Es gibt zudem Hinweise, dass bei kritisch kranken Betroffenen, die mit einem Videolaryngoskop intubiert wurden, keine höhere Rate an erfolgreichen Intubationen im ersten Versuch erzielt wurden und, im Gegenteil, häufiger schwere Hypoxien, Hypotonien, Herzstillstände und Todesfälle auftraten [43]. Da nicht die Laryngoskopie selbst zur kardiopulmonalen Dekompensation des Behandelten führt, sondern dessen physiologische Störungen, könnte eine schnellere Intubation durch gute Visualisierung der

Stimmbandebene zu insgesamt weniger Dekompensationen führen [35].

Es gibt diverse Situationen, in denen die Videolaryngoskopie an ihre Grenzen stößt. Raumforderungen oder Blutungen im Pharynxbereich sind wichtige Beispiele. Ist die Kamera am Videolaryngoskop einmal mit Sekreten oder Blut belegt, ist die Sicht behindert.

Anatomische Merkmale des Erkrankten, wie starkes Übergewicht oder ein kurzer Hals, können die Nutzung des Videolaryngoskops erschweren und beispielsweise das Einführen des anatomisch geformten Laryngoskopspatels behindern. Die stärksten Prädiktoren für ein Versagen der Intubation sind eine veränderte Anatomie im Halsbereich durch chirurgische Narben, Veränderungen nach Bestrahlung und Raumforderungen [44].

Die Videolaryngoskopie sollte in Elektivsituationen erlernt werden, um sie im Notfall zu beherrschen. Dann stellt sie ein gutes Hilfsmittel für den normalen und schwierigen Atemweg auf der Intensivstation dar. Es sollte also nicht primär für die Intubation auf der Intensivstation genutzt werden, sondern stellt eine gute Option nach einem fehlgeschlagenen konventionellen Intubationsversuch dar [35]. Wichtig ist, dass medizinisches Personal auch beim schwierigen Atemweg die Intubation mit der direkten Laryngoskopie lernt, da nicht immer und überall schnell Videolaryngoskope verfügbar sind. Gerade im Umgang erfahrenes Personal erlangte bei der Nutzung des Videolaryngoskops keinen Vorteil gegenüber der Intubation mit einem konventionellen Laryngoskop.

Zudem wurden die verschiedenen in Deutschland verfügbaren Videolaryngoskope mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen bisher nicht in Studien direkt miteinander verglichen, sodass auch hierin die zum Teil unterschiedlichen Ergebnisse begründet sein können.

Die Vor- und Nachteile des Videolaryngoskops können wie folgt zusammengefasst werden.

Vorteile der Videolaryngoskopie:

- keine gerade Achse von oral bis laryngeal zur Visualisierung der Stimmbandebene nötig
- geringere Reklination des Kopfes und damit geringere Bewegungen in der Halswirbelsäule
- bessere Sicht auf die Glottis, v.a. bei eingeschränkter Mundöffnung oder Bewegungseinschränkungen in der HWS
- höhere Rate an erfolgreichen Intubationen bei Intubations-unerfahrenen Anwendenden
- Lehre, Ausbildung und Feedback durch Erfahrene aufgrund der Übertragung des Bildes auf einen für alle sichtbaren Bildschirm

- Hilfe und Unterstützung durch Assistenzpersonal durch Übertragung des Bildes auf einen Bildschirm, z.B. Cricoiddruck, BURP, Bereitstellung von Hilfsmitteln etc.
- Möglichkeit der Wachintubation und Intubation unter Spontanatmung bei erwartet schwierigem Atemweg

Nachteile der Videolaryngoskopie:

- Schwierigkeiten bei der Tubusplatzierung trotz guter Sicht möglich
- längere Zeit bis zur Atemwegssicherung
- verminderte oder behinderte Sicht durch Beschlagen, Sekrete oder Blut auf der Kameralinse
- variable Lernkurve
- Gefahr der abnehmenden Erfahrung in direkter Laryngoskopie, insbesondere bei schwierigem Atemweg
- falsches Sicherheitsgefühl und mangelnde Vorbereitung bei schwierigem Atemweg
- zweidimensionale Darstellung der Strukturen auf einem Monitor mit mangelnder Tiefenwahrnehmung
- höhere Kosten in der Anschaffung [32]

2.4.1. Videolaryngoskopie bei COVID-19

Während der Verbreitung von SARS-CoV-1 im Jahr 2003 kam es bei etwa 9 % der Intubationen zu einer Virusübertragung auf den Intubierenden [45].

Die Videolaryngoskopie hat während der COVID-19-Pandemie noch mehr an Bedeutung gewonnen, da sie, durch Wahrung eines größtmöglichen Abstands zwischen den Atemwegen des Erkrankten und dem Intubierenden, die Übertragungsgefahr des Virus auf das medizinische Personal reduziert. Eine Studie von Hall et al. konnte durch die Benutzung eines Videolaryngoskops im Vergleich zur direkten Laryngoskopie einen Abstand von 35,6 cm vs. 16,4 cm zwischen dem Mund des Intubierenden und dem des Behandelten messen und so insgesamt eine größere Distanz und damit eine niedrigere Übertragungswahrscheinlichkeit von Viruspartikeln nachweisen. Zusätzlich war keine gerade Achse zwischen den Augen des Intubierenden und dem Larynx des Erkrankten nötig, wie sie bei der direkten Laryngoskopie erforderlich ist. Die Achse des Atemwegs zeigte bei der Intubation mit dem Videolaryngoskop in Richtung Brust des Intubierenden und damit nicht in die Richtung von Schleimhäuten, wie Augen, Nase oder Mund, über die eine Virus-Übertragung möglich ist [46].

Es besteht zusätzlich die Möglichkeit der Intubation unter einer physischen Barriere, wie einer

transparenten Schutzfolie, um die Aerosolexposition des Intubierenden weiter zu reduzieren. Diese Maßnahme wird kontrovers diskutiert, da die Intubation behindert werden und das „Entfernen der Folie zu Verwirbelungen der Umgebungsluft und damit zur Kontamination führen“ kann [8,9]. Eine andere Möglichkeit ist die Nutzung sogenannter Intubationsboxen. Es handelt sich um Plexiglas-Konstruktionen, die eine Barriere zwischen Behandeltem und Intubierendem darstellen. Zwei Aussparungen für die Arme des Behandelnden machen eine Intubation mittels Videolaryngoskop möglich und bei einem simulierten Hustenstoß waren Tröpfchen nur an den Handschuhen und Unterarmen des Intubierenden nachzuweisen, nicht aber in die Nähe der Atemwege [47]. Jedoch stellt eine Plexiglasbox zwischen Intubierendem und Erkranktem eine deutliche Bewegungseinschränkung dar und müsste im Falle einer schwierigen Intubation sofort entfernt werden.

In einigen Kliniken wurde eine Intubation mit einem bereits geschlossenen Beatmungssystem getestet. Die Intubation wurde innerhalb einer solchen Box mittels eines Videolaryngoskops mit Tubuskanal durchgeführt. In diesem Fall war kein Führungsstab nötig. Der vorbereitete Tubus wurde in den Spatel des Videolaryngoskops eingeführt und bereits mit einem HME-Filter und dem Beatmungsgerät verbunden, sodass bereits im Moment der Intubation und mit dem Blocken des Tubus ein geschlossenes System vorhanden war und somit, auch beim möglichen Husten des zu Intubierenden, keine weiteren Aerosole in die Raumluft abgegeben wurden [48].

2.5. VieScope



Abbildung 5: VieScope

Das VieScope ist ein neuartiges, batteriebetriebenes Laryngoskop mit einer geraden durchsichtigen geschlossenen Röhre mit abgeschrägtem Ende. Diese ist nach Aktivierung durch Aufklappen des Griffs beleuchtet und ermöglicht dadurch eine direkte Sicht auf die Stimmbandebene. Durch die gerade Aufsicht soll eine bessere Darstellung der Zielstrukturen ermöglicht werden und zusätzlich wird durch die geschlossene Röhre die Sichtebene vor Sekreten oder vorfallendem Gewebe geschützt. Beim VieScope handelt es sich um einen Einmalartikel, der nach dem

Gebrauch entsorgt wird. Eine Kreuzkontamination ist somit ausgeschlossen. Entwickelt wurde das VieScope für Notfallsituationen außerhalb der Klinik, da es in inaktivem Zustand kompakt ist, keine zusätzliche Stromquelle benötigt und jederzeit in Sekunden durch einfaches Aufklappen einsatzbereit ist.



Abbildung 6: VieScope mit illuminiertem röhrenförmigem Laryngoskopspatel



Abbildung 7: Intubation mit VieScope am Intubationsmodell



Abbildung 8: direkter Blick durch illuminiertes VieScope auf die Stimmbandebene

2.6. Fragestellung

Da für die Behandlung von COVID-19 keinerlei kausale medikamentöse Therapie und zum Zeitpunkt der Durchführung der Studie auch keine wirksamen Impfstoffe gegen das Virus zur Verfügung standen, war und ist das oberste Ziel die Vermeidung der Virusübertragung zwischen den Menschen. Im Falle einer notwendigen Intubation sollte diese daher sowohl für die Erkrankten als auch für die Behandelnden möglichst schnell und sicher ablaufen. Insbesondere muss eine zusätzliche Gefahr der Virusübertragung durch Kreuzkontamination über Medizinprodukte, wie das Laryngoskop, verhindert werden. Bei einer Intubation mittels VieScope kann, da es sich um ein Einwegprodukt handelt, eine Übertragung von Virusmaterial von einem Erkrankten zum nächsten über das Laryngoskop sicher ausgeschlossen werden. Die vorliegende Studie soll die Frage klären, ob eine Intubation mit dem neuartigen VieScope in kompletter persönlicher Schutzausrüstung ebenso schnell und, sowohl für die Erkrankten als auch die Behandelnden, sicher möglich ist wie unter gleichen Bedingungen mit dem bekannten Videolaryngoskop.

3. Material und Methoden

3.1. Material

Für die Intubationsstudie verwendeten wir folgende Materialien:

1. VieScope

(„Training Demo“, Adult Size, Adroit Surgical LCCC, Oklahoma City, USA; <https://adroitsurgical.com/Product/vie-scope>)

Ein neuartiges, batteriebetriebenes Laryngoskop mit einer geschlossenen durchsichtigen geraden Röhre, welches – ähnlich einem Miller-Spatel – eine direkte Sicht auf die Stimmbandebene ermöglicht und bei Aktivierung durch LEDs beleuchtet wird. Die Batterie befindet sich im Handgriff des VieScope. Es handelt sich hierbei um Einmalmaterial, sodass eine Kreuzkontamination ausgeschlossen ist. Die Intubation mittels VieScope erfolgt durch Platzierung des abgeschrägten Spatelendes mit Sicht auf den Larynx. Die Epiglottis wird dabei mit dem Spatelende angehoben. Unter visueller Kontrolle wird ein zugehöriger gerader Führungsstab mit entsprechenden Farbmarkierungen bis zu einer bestimmten Tiefe in die Trachea eingeführt (VOIR Tactical Bougie: Adroit Surgical LCCC, Oklahoma City, USA; <https://adroitsurgical.com/product/voir-bougie>), welcher innerhalb der beleuchteten Röhre bis zu einer vorgegebenen Markierung hinter den Stimmbändern unter Sicht platziert wird. Der Führungsstab wird dort belassen und das VieScope darüber hinweg entfernt. Anschließend erfolgt die Platzierung des Endotrachealtubus blind über den Führungsstab. Die eigentliche Intubation erfolgt somit ohne direkte Sicht auf die Stimmbandebene. Der Führungsstab wird entfernt und es kann ein Beatmungsbeutel oder ein Beatmungsgerät angeschlossen werden. Eine direkte Intubation unter Sicht durch das VieScope ist nicht möglich.

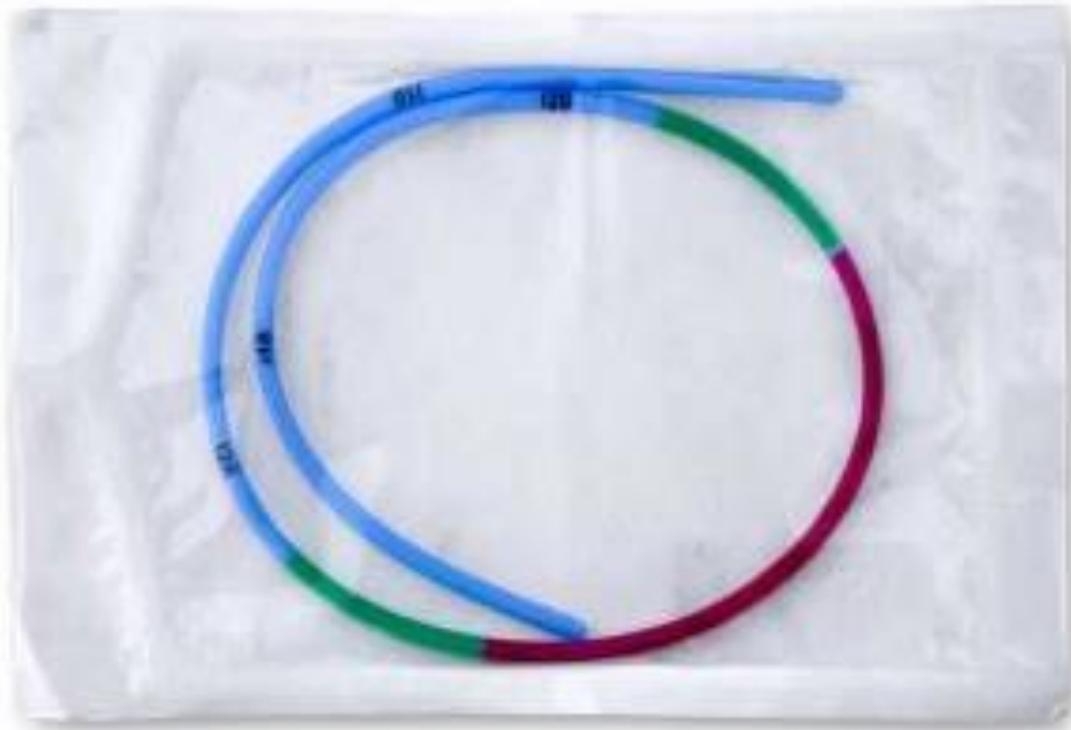


Abbildung 9: Bougie zur Intubation des VieScope mit Farbkodierung

2. Videolaryngoskop: GlideScope

(Verathon Medical, Bothell, USA) mit dem Laryngoskopspatel Titanium LoPro T3 zur indirekten Videolaryngoskopie und Übertragung der, durch eine Kamera an der Spitze des Laryngoskops aufgenommenen, Stimmbandebene auf einen Monitor. Der Abstand des Intubierenden zum Behandelten kann im Vergleich zur direkten Laryngoskopie vergrößert werden, da keine direkte Sicht auf den Larynx notwendig ist. Für die Intubation mit einem Videolaryngoskop ist ein Führungsstab mit zum Spatel passender Krümmung nötig, in diesem Fall der starre GlideRite-Führungsstab (Verathon Inc., Bothell, USA: <https://www.verathon.com/glidescope>).

3. Intubationstrainings-Puppe der Firma TruCorp Ltd.

(Modell AirSim Advance X, TruCorp Ltd., Lurgan, Nordirland).

Die Puppe bietet die Möglichkeit, Intubationen am Modell zu üben. Die Simulation eines schwierigen Atemwegs ist durch Insufflation von Luft in die Zunge des Modells möglich. Diese wird dafür bis zu einem Druck von 35 mbar mit Luft gefüllt. Die Überprüfung der korrekten Tubuslage erfolgt durch zwei Lungenattrappen am Modell.

4. Persönliche Schutzausrüstung

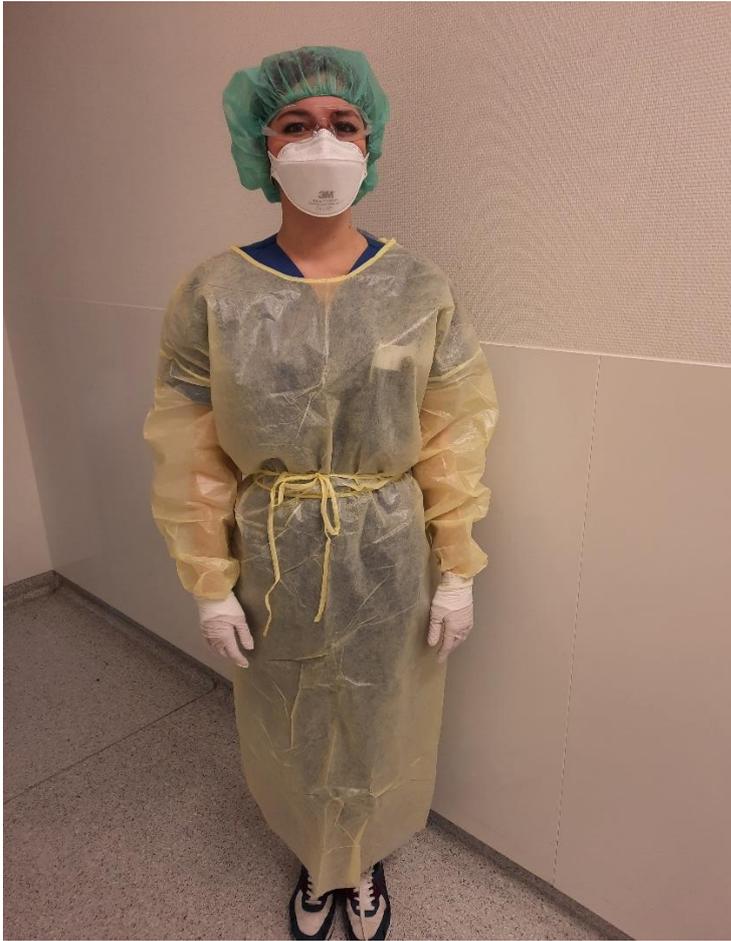


Abbildung 10: Persönliche Schutzausrüstung der Teilnehmenden: Kopfhaut, Schutzbrille, FFP3-Maske, Schutzkittel und wasserdichte Handschuhe

- Kopfhaut: Foliodress Cap Universal der Firma Paul Hartmann GmbH, Heidenheim, Deutschland
- Schutzbrille: PC Clear AS/AF der Firma 3M United Kingdom PLC, Bracknell, Berkshire, UK
- FFP3-Maske: 3M Aura Atemschutzmaske FFP3 der Firma 3M United Kingdom PLC, Bracknell, Berkshire, UK
- wasserdichte Handschuhe: Peha-soft Nitrile White PSA Kat. III der Firma Paul Hartmann AG, Heidenheim, Deutschland
- langärmeliger wasserdichter Schutzkittel: PE-beschichtete Viren-Schutzkittel PSA Kat. III Typ PB6B der Firma Paperlynen GmbH, Gilching, Deutschland

3.2. Methoden

1. Ethikantrag

Die Ethikkommission der Uniklinik Köln genehmigte die Studie am 26. Oktober 2020 (ID 20-1465_1; Vorsitzender: Prof. Dr. Drzezga).

Die Hygieneabteilung der Uniklinik Köln stimmte dem Antrag zur Durchführung einer Studie während der COVID-19-Pandemie unter der Bedingung der Wahrung eines abgestimmten Hygienekonzeptes zu.

2. Studienregister

Die Studie ist im Deutschen Register Klinischer Studien (German Clinical Trials Register; www.drks.de) unter der Kennung DRKS00023406 vom 09. November 2020 registriert.

3. Studiendesign

Die Durchführung der Studie erfolgte vom 2. bis 6. November 2020 in den Räumlichkeiten der Uniklinik Köln als randomisierte kontrollierte Studie am Modell.

Insgesamt nahmen 35 Ärzt*innen der Abteilung für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin der Uniklinik Köln an der Studie teil. Alle Teilnehmenden wurden schriftlich sowie mündlich aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis.

Eingeschlossen werden konnten Mitarbeitende der Klinik zwischen 18 und 65 Jahren. Ausschlusskriterien waren bestehende Kontraindikationen gegen das Tragen der persönlichen Schutzausrüstung, sowie Schwangerschaft und Stillzeit.

4. Studienprotokoll

Nach schriftlicher und mündlicher Aufklärung erfolgte die pseudonymisierte Erfassung folgender Informationen zu den Studienteilnehmenden:

- Geschlecht (weiblich, männlich, divers)
- Alter
- Fachrichtung

- Berufserfahrung in Jahren (Einteilung: unter 1 Jahr, 1 – 3 Jahre, 3 – 6 Jahre, über 6 Jahre)
- Anzahl geschätzter Intubationen pro Jahr (Einteilung: unter 50 pro Jahr, 50 bis 100 pro Jahr, 100 bis 200 pro Jahr, über 200 pro Jahr)
- Notarztstätigkeit: ja/nein
- Erfahrungen mit dem GlideScope: ja/nein
- Erfahrungen mit dem VieScope: ja/nein

Die Teilnehmenden wurden gebeten, in kompletter persönlicher Schutzausrüstung eine endotracheale Intubation am Modell durchzuführen und dabei das Videolaryngoskop und das VieScope zu nutzen. Zudem wurde pro Instrument je ein normaler und ein schwieriger Atemweg simuliert. Die Szenarien wurden in randomisierter Reihenfolge durchlaufen. Die Beobachteten mussten die Simulationen allein durchführen und erhielten keine Hilfe durch weitere Personen, die die Aufgaben von Pflegepersonal übernommen hätten.

Die Zeit bis zur erfolgreichen endotrachealen Intubation wurde in jedem der folgenden vier Durchgang gemessen:

- Videolaryngoskop bei normalem Atemweg
- Videolaryngoskop bei schwierigem Atemweg
- VieScope bei normalem Atemweg
- VieScope bei schwierigem Atemweg

Die Randomisierung erfolgte mittels eines Online-Randomisierungstools (Sealed Envelope Ltd. 2020: www.sealedenvelope.com/simple-randomiser/v1/lists; Liste vom 6. Oktober 2020). Jeder Untersuchte erhielt einen versiegelten undurchsichtigen Umschlag mit der Reihenfolge seiner vier Szenarien.

Die Zeitmessung der Durchgänge begann mit der Aufnahme des Laryngoskops und endete mit dem ersten korrekten Atemhub mittels Beatmungsbeutel.

Folgende Daten wurden dabei erhoben:

1. die Tubusposition (tracheal vs. ösophageal) als primärer Endpunkt
2. die korrekte Tubusposition beim ersten Intubationsversuch („first-pass-rate“) als ein sekundärer Endpunkt

3. die Zeit bis zur Intubation als sekundärer Endpunkt
4. die Zeit bis zur ersten korrekten Beatmung als sekundärer Endpunkt

Jede Simulation endete nach erfolgreicher Intubation oder nach länger als fünf Minuten andauerndem Intubationsversuch, da zu diesem Zeitpunkt eine Hypoxie des zu Intubierenden angenommen werden muss.

5. Statistische Analysen

Die statistischen Berechnungen erfolgten mittels IBM SPSS (Version 25, IBM Inc., Armonk, NY, USA). Die Berechnung der benötigten Stichprobengröße ergab, dass wir 32 Studienteilnehmende zur Feststellung eines Mindestunterschieds von 20 % bei einer statistischen Trennschärfe von 80 % und einem Signifikanzniveau von 5 % benötigten. Um dem Problem kurzfristig ausfallender Personen vorzubeugen, entschieden wir uns für den Einschluss von 35 Teilnehmenden in unsere Studie.

Für den Vergleich des primären Endpunktes, der korrekten Tubusposition mit GlideScope und VieScope in den verschiedenen Atemwegs-Situationen (normaler und schwieriger Atemweg) wurde Fisher's Exact Test durchgeführt.

Die sekundären Endpunkte, also den Anteil der „first-pass-rate“, die Zeit bis zur Intubation und die Zeit bis zur Ventilation wurden nach Durchführung des Shapiro-Wilk-Tests zur Normalverteilung der Stichprobe und dem Brown-Forsythe-Test zur Homoskedastizität, mithilfe einer einfachen Varianzanalyse (ANOVA) zur Bestimmung allgemeiner signifikanter Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bestimmt. Anschließend wurden mit dem Student Newman Keuls-Test, einem Post-hoc-Test, paarweise Mittelwertvergleiche zwischen den Gruppen angestellt. Hierbei wurde ein Signifikanzniveau von 5 % zugrunde gelegt.

4. Ergebnisse

4.1. Teilnehmende

An unserer Studie beteiligten sich 35 ärztlich tätige Personen aus dem Fachbereich der Anästhesiologie und Operativen Intensivmedizin der Uniklinik Köln. 11 der Teilnehmenden ordneten sich dem weiblichen und 24 dem männlichen Geschlecht zu. Der jüngste Proband war 26, der älteste 45 Jahre alt und das mittlere Alter lag bei 34 Jahren. 6 % (n=2) der Untersuchten hatten weniger als 1 Jahr Berufserfahrung in der Anästhesiologie, bei 34 % (n=12) lag die Berufserfahrung bei 1 bis 3 Jahren, bei 20 % (n=7) bei 3 bis 6 Jahren und bei 40 % (n=14) lag die Berufserfahrung bei über 6 Jahren. Zusätzlich wurden die Teilnehmenden nach der geschätzten Anzahl an durchgeführten Intubationen pro Jahr befragt. Von zwei Personen (6 %) wurde die Frage nicht beantwortet. 11 % (n=4) gaben an, pro Jahr weniger als 50 Intubationen durchzuführen, bei 17 % (n=6) waren es 50 bis 100. 23 % (n=8) schätzten eine Anzahl zwischen 100 und 200 und bei 43 % (n=15) waren es mehr als 200 Intubationen pro Jahr. Alle 35 Teilnehmenden gaben an, bereits Erfahrungen mit dem GlideScope zu haben, während 6 % (n=2) bereits mit dem VieScope intubiert hatten. Jeder Untersuchte durchlief insgesamt vier Durchgänge der endotrachealen Intubation, jeweils zwei mit dem GlideScope und zwei mit VieScope, davon jeweils einmal bei normalem und schwierigem Atemweg. Die Reihenfolge der Durchgänge war randomisiert. Insgesamt konnten 140 Datensätze erhoben werden.

4.2. Ergebnisse

4.2.1. Tubusposition – endotracheal vs. Ösophageal

Bezogen auf den primären Endpunkt gelang allen 35 Teilnehmenden (100 %) in jedem Durchgang der verschiedenen Szenarien die endotracheale Intubation.

Jedoch gelang nicht allen die erfolgreiche Intubation im ersten Versuch. Die Anzahl der Intubationsversuche bis zur erfolgreichen endotrachealen Intubation erfassten wir als sekundären Endpunkt.

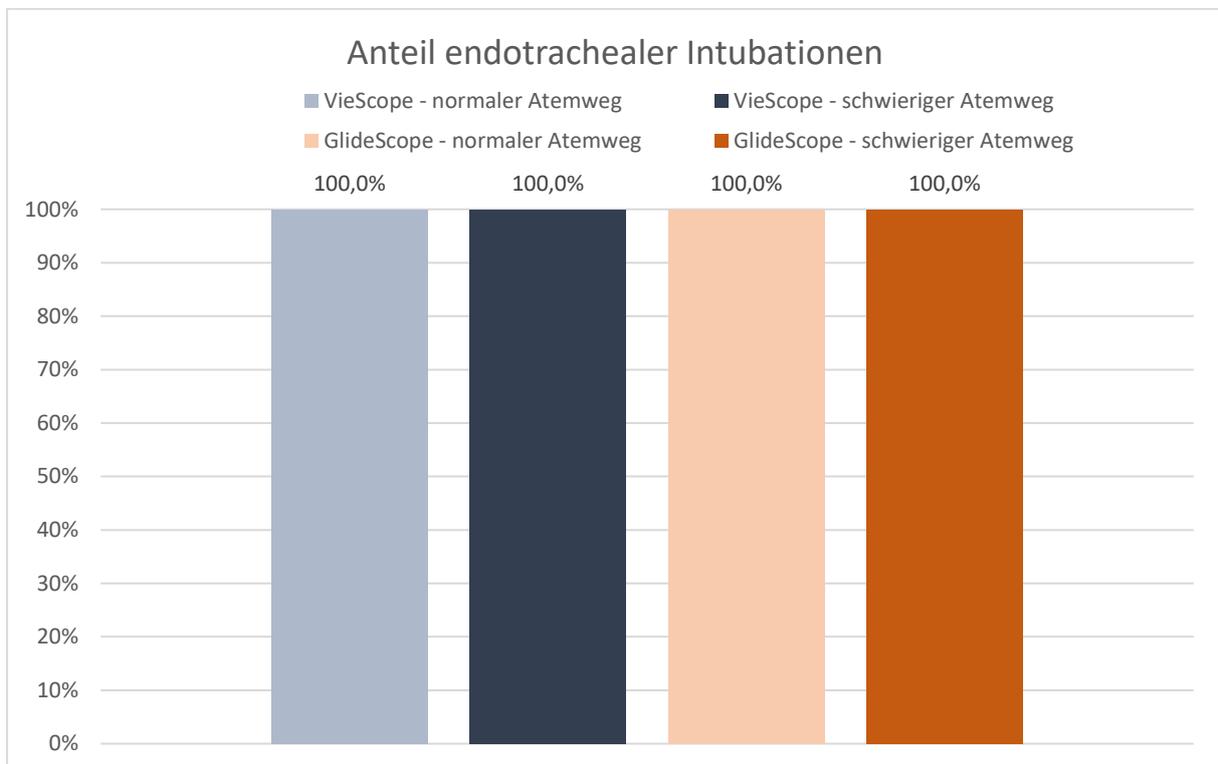


Abbildung 11: Diagramm „Anteil endotrachealer Intubationen“ - der Anteil der Studiendurchgänge, bei denen insgesamt eine erfolgreiche endotracheale Intubation gelang

4.2.2. Korrekte Tubusposition im ersten Versuch („first-pass-rate“)

Mit dem VieScope gelang 32 Untersuchten (91 %) die Intubation bei normalem Atemweg im ersten Versuch. Beim schwierigen Atemweg waren es 28 von 35 (80 %).

Allen 35 Teilnehmenden (100 %) gelang mit dem GlideScope bei normalem Atemweg die endotracheale Intubation im ersten Versuch. Beim schwierigen Atemweg waren es 34 von 35 (97 %).

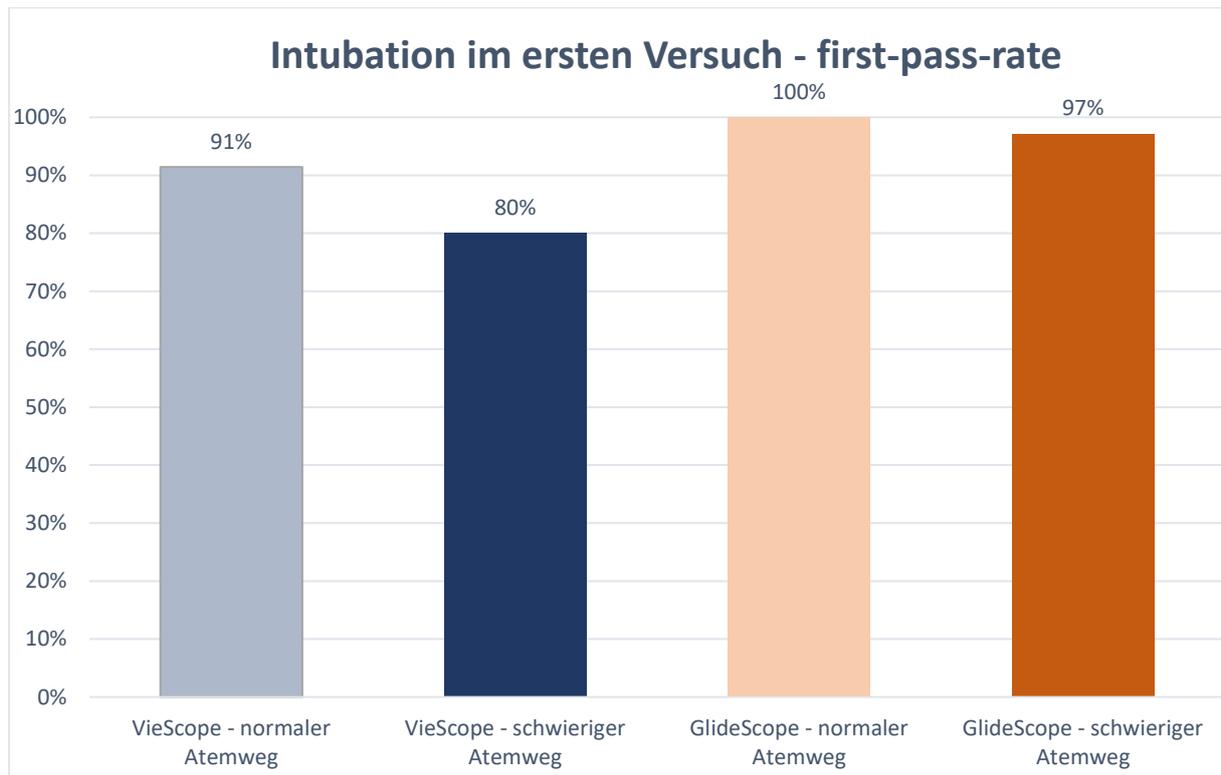


Abbildung 12: Diagramm „Intubation im ersten Versuch“ - der Anteil an Studiendurchgängen, bei denen die erfolgreiche Intubation im ersten Versuch gelang

4.2.3. Anzahl der Versuche bis zur erfolgreichen Intubation

Mit dem VieScope waren 1,11 Intubationsversuche für eine erfolgreiche Intubation bei normalem Atemweg nötig, bei schwierigem Atemweg waren es 1,2.

Das Videolaryngoskop zeigte mit durchschnittlich einem Intubationsversuch bei normalem Atemweg das ideale Ergebnis. Beim schwierigen Atemweg lag das Ergebnis bei durchschnittlich 1,03 Versuchen für eine endotracheale Intubation.

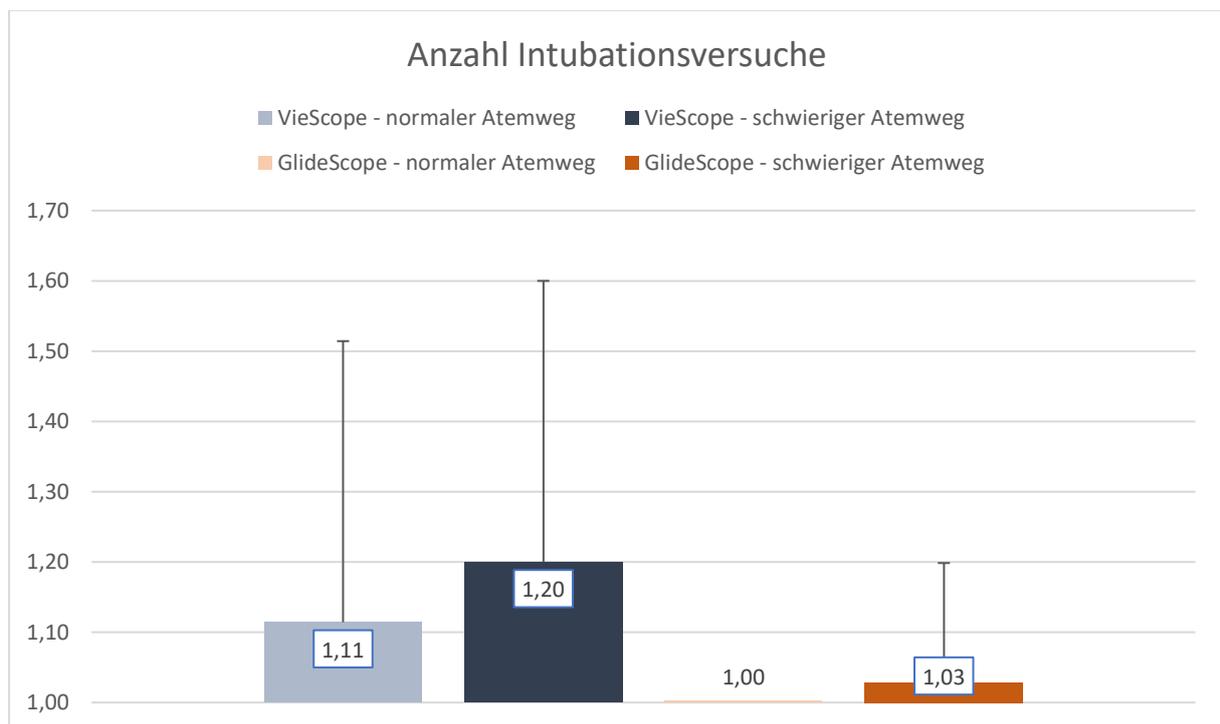


Abbildung 13: Diagramm „Anzahl der Intubationsversuche“ inkl. Standardabweichung – Intubationsversuche, die bis zur erfolgreichen Intubation nötig waren

4.2.4. Zeit bis zur Intubation

Bezüglich des sekundären Endpunktes „Zeit bis zur erfolgreichen Intubation“ zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Instrumenten.

Mit dem GlideScope war beim normalen Atemweg eine endotracheale Intubation im Durchschnitt nach $21,7 \text{ s} \pm 9,0 \text{ s}$ erfolgt, mit dem VieScope nach $42,7 \pm 35,9 \text{ s}$.

Beim schwierigen Atemweg gelang die erfolgreiche Intubation mit dem GlideScope nach $26,5 \pm 20,5 \text{ s}$ und mit dem VieScope nach $51,1 \pm 30,3 \text{ s}$.

Paarweise Vergleiche zeigten eine deutlich kürzere Zeit bis zur endotrachealen Intubation mit dem GlideScope im Vergleich zum VieScope, sowohl bei normalem (Rangabweichung 1436,500; $q = 7,973$; $p < 0,001$) als auch bei schwierigem Atemweg (Rangabweichung 1762,500; $q = 9,782$; $p < 0,001$).

4.2.5. Zeit bis zur ersten Beatmung

Auch beim sekundären Endpunkt „Zeit bis zur ersten Ventilation“ zeigten sich entsprechende Unterschiede zwischen GlideScope und VieScope. Die erste Ventilation erfolgte beim normalen Atemweg mit dem GlideScope nach $33,1 \pm 10,5 \text{ s}$ und mit dem VieScope nach $51,5 \pm 37,7 \text{ s}$ (Student-Newman-Keuls; $p < 0,001$). Beim schwierigen Atemweg lag die Zeit mit dem GlideScope bei $36,6 \pm 22,1 \text{ s}$ und mit dem VieScope bei $61,4 \pm 33,0 \text{ s}$ ($p < 0,001$).

Die folgenden beiden Abbildungen verdeutlichen, dass beim schwierigen Atemweg die Darstellung der Stimmbandebene für die Platzierung von Führungsstab bzw. Tubus die meiste Zeit in Anspruch nimmt.

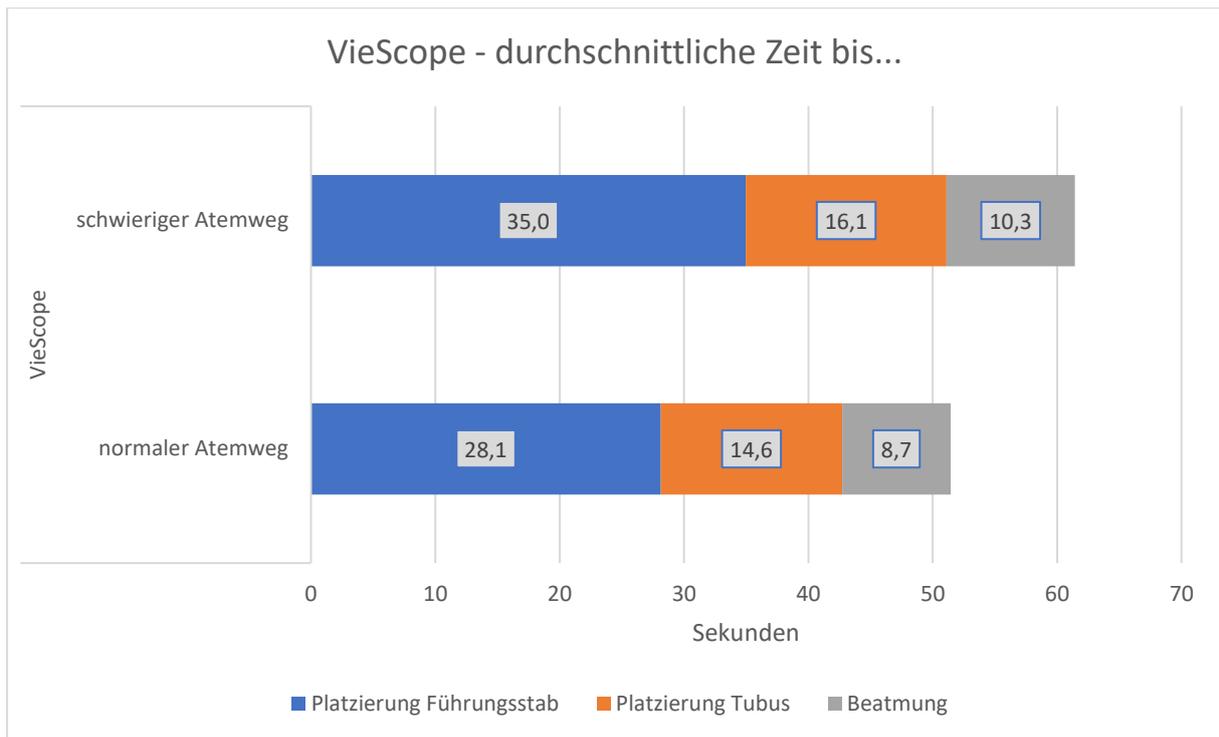


Abbildung 14: Diagramm „VieScope - durchschnittliche Zeit“ - Zeit bis zur Platzierung des Führungsstabes, des Tubus und bis zur ersten Beatmung

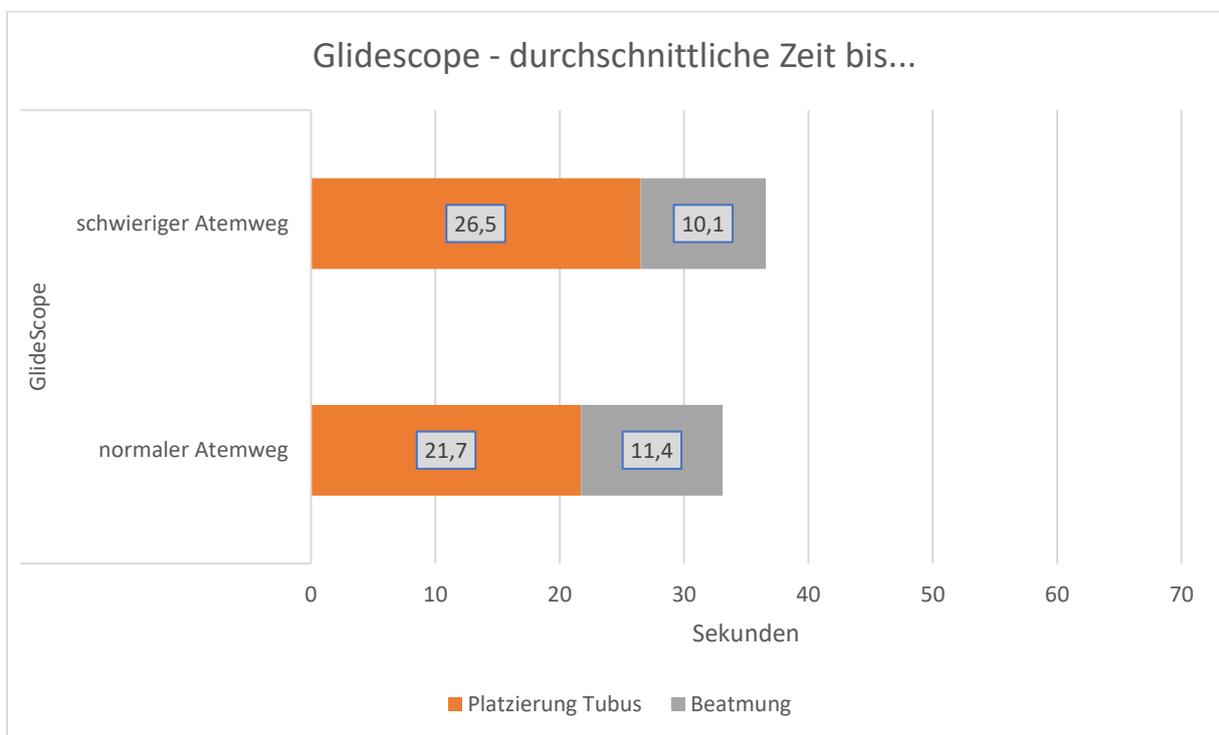


Abbildung 15: Diagramm „GlideScope - durchschnittliche Zeit“ - Zeit bis zur Platzierung des Tubus und bis zur ersten Beatmung

4.2.6. Klassifikation nach Cormack und Lehane

Da die Einteilung nach Cormack und Lehane für die Sicht bei der direkten Laryngoskopie erfolgt, ist die Visualisierung bei der Nutzung eines Videolaryngoskops mit der indirekten Sicht auf die Stimmbandebene nicht verwertbar. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den beiden Instrumenten herstellen zu können, haben wir die an der Studie Teilnehmenden trotzdem gebeten, die Sicht auf den Larynx mithilfe des GlideScope anhand der Klassifikation so zu bewerten, als sei es die Sicht einer direkten Laryngoskopie. Eine gute Visualisierung der Stimmbandebene bedeutet jedoch nicht gleichzeitig, dass eine Intubation entsprechend leicht gelingt.

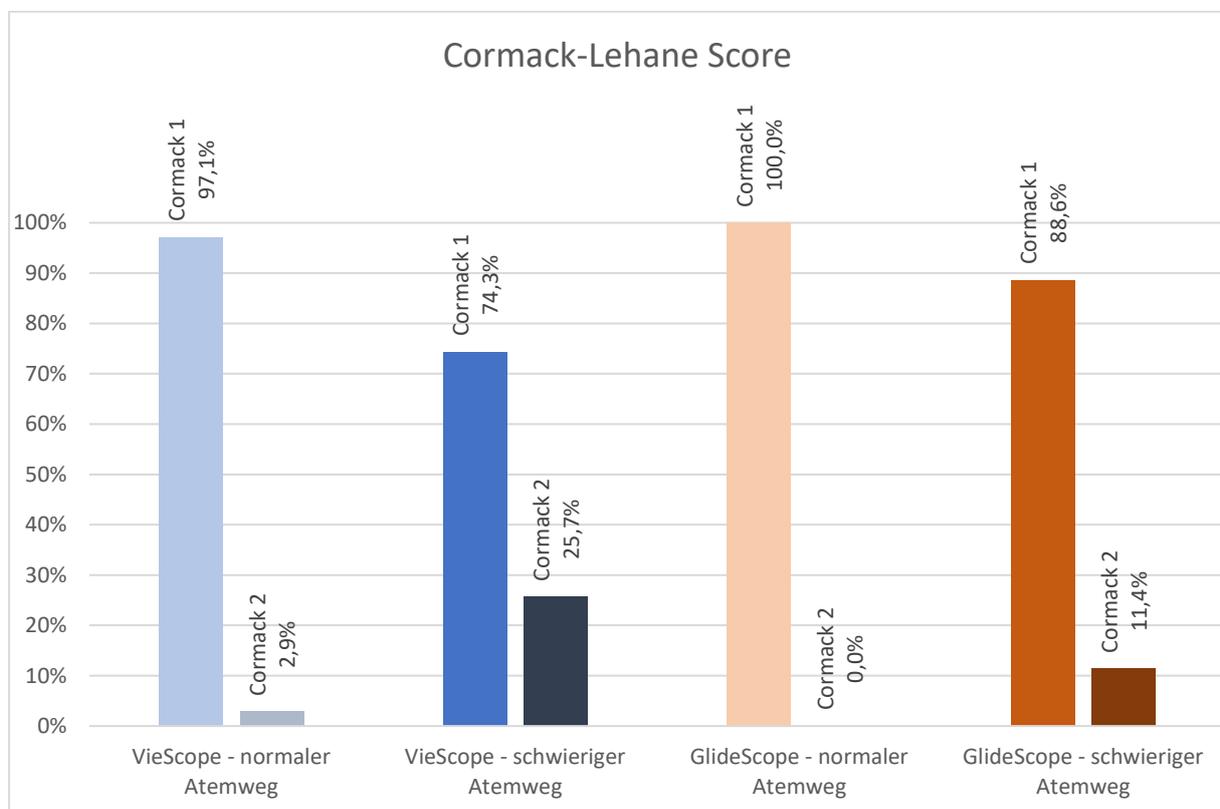


Abbildung 16: Diagramm „Cormack – Lehane Score“ - Beurteilung der Visualisierung der Stimmbandebene nach Cormack und Lehane durch die Studienteilnehmenden

Das GlideScope ermöglichte beim normalen Atemweg in 100 % der Intubationsversuche eine komplette Visualisierung der Stimmbänder (entsprechend Cormack-Lehane Grad 1). Beim schwierigen Atemweg waren es knapp 89 %. Die übrigen 11 % bewerteten die Sicht als zweitgradig.

Auch mit dem VieScope, welches die direkte Sicht auf den Larynx bietet und damit eine korrekte Klassifikation nach Cormack und Lehane zulässt, wurde die Sicht bei normalem Atemweg durch 97 % der Untersuchten als erstgradig eingeteilt, 3 % teilten die Visualisierung als zweitgradig ein. Beim schwierigen Atemweg war zu 74 % eine komplette Visualisierung nach Grad 1 möglich, zu 26 % Grad 2.

In keinem Fall war die Visualisierung schlechter als Cormack und Lehane Grad 2.

4.2.7. Intubationszeiten abhängig von Berufserfahrung

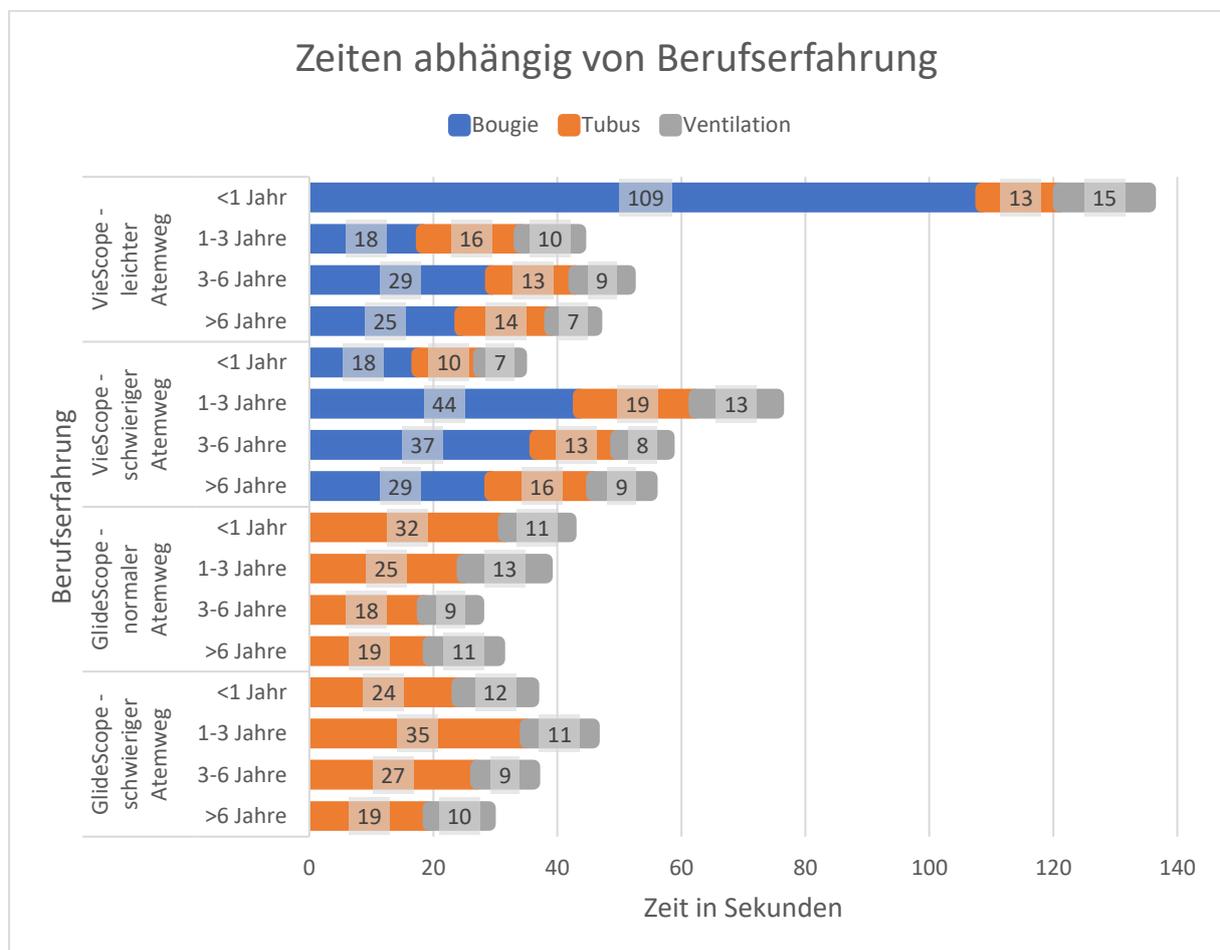


Abbildung 17: Diagramm „Intubationszeiten abhängig von der Berufserfahrung der Teilnehmenden“ - aufgeteilt in die einzelnen Arbeitsschritte

Die Zeiten bis zur Platzierung des Führungsstabs, des Tubus und bis zur ersten Beatmung zeigen beim normalen Atemweg mit dem VieScope eine deutlich längere Zeit bis zum Erfolg bei Untersuchten mit weniger als einem Jahr Berufserfahrung in der Anästhesiologie. Dieses Ergebnis ist aufgrund der sehr kleinen Stichprobe mit nur zwei Personen jedoch nicht aussagekräftig.

Insgesamt waren die benötigten Zeiten zwischen den Gruppen verschieden langer Berufserfahrung in den jeweiligen Szenarien vergleichbar und zeigten keine signifikanten Unterschiede. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass die Teilnehmendenzahl von 35 mit teilweise sehr kleinen Gruppengrößen nur sehr bedingt einen aussagekräftigen Vergleich zulässt.

4.2.8. Intubationszeiten abhängig von der Anzahl an Intubationen pro Jahr

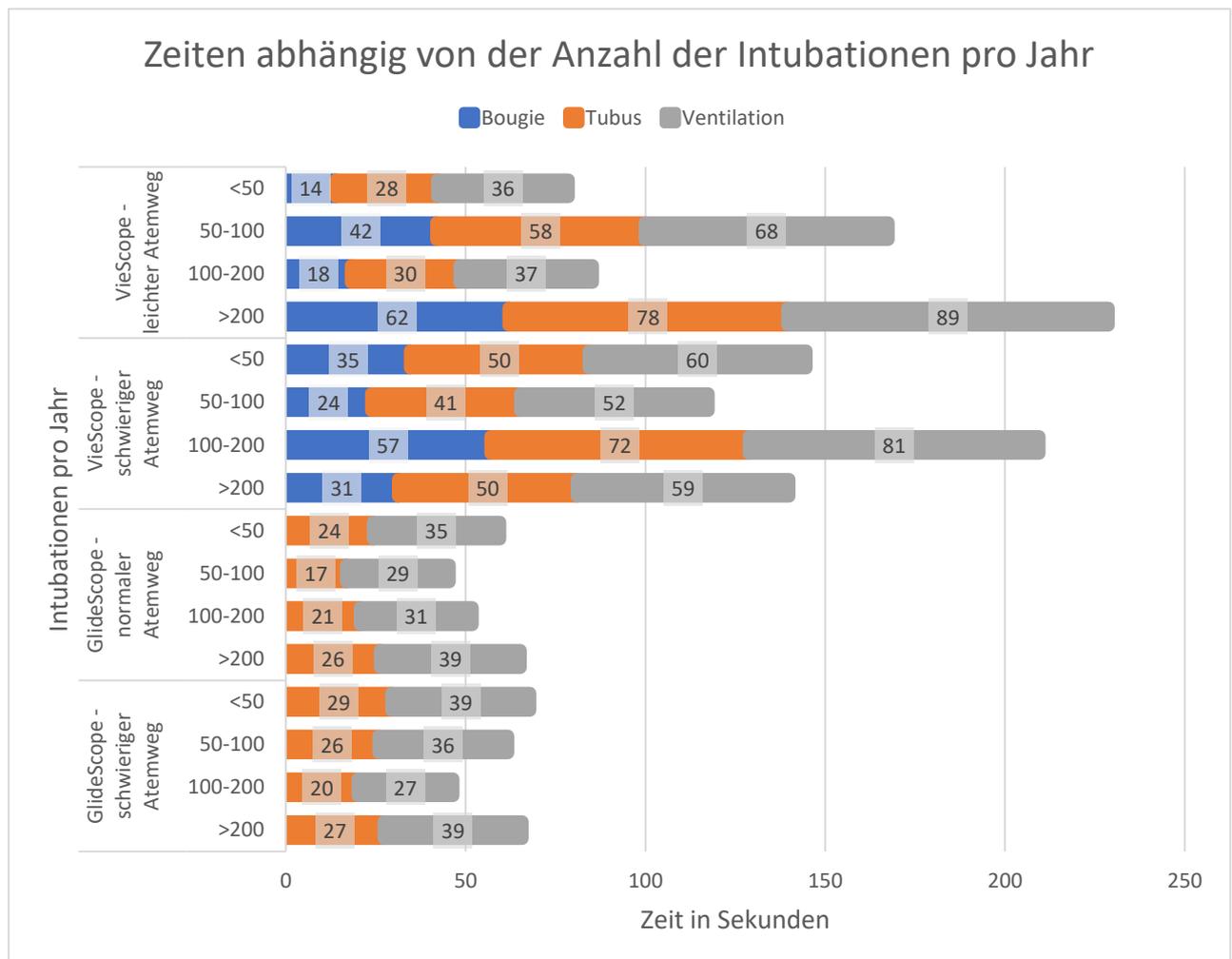


Abbildung 18: Diagramm „Intubationszeiten abhängig von der Anzahl der Intubationen der Studienteilnehmenden pro Jahr“ – aufgeteilt in die einzelnen Arbeitsschritte

Die Anzahl an Intubationen pro Jahr wurde von den Teilnehmenden anhand ihrer Intubationen in den letzten 12 Monaten geschätzt. Anästhesist*innen mit einer Vollzeitstelle (42 Arbeitsstunden pro Woche) und dem Operationsbereich als regulärem Arbeitsumfeld gehören

dabei zur Gruppe mit über 200 Intubationen pro Jahr, während anästhesiologisch tätiges ärztliches Personal mit primärer Tätigkeit auf der Intensivstation oder die, die gerade erst eine Tätigkeit in der Anästhesie aufgenommen haben, eher bei unter 50 oder zwischen 50 und 100 Intubationen pro Jahr durchführen. Entsprechend dieser orientierenden Einordnung wurde durch jeden Teilnehmenden eine Selbsteinschätzung vorgenommen.

Im Ergebnis konnten hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen gezeigt werden. Auch in diesem Fall ist die jeweilige Gruppe aufgrund des Kollektivs von insgesamt 35 Personen zu klein, um genauere Differenzierungen vornehmen zu können.

4.2.9. Evaluation des VieScope

Im Anschluss an die Studie erfolgte eine freiwillige Befragung der Untersuchten, in denen sie ihre persönlichen Eindrücke und Erfahrungen mit den verschiedenen Instrumenten bewerten und vergleichen konnten. Die Aussagen konnten mit „stimme voll zu“, „stimme zu“, „stimme nicht zu“ und „stimme überhaupt nicht zu“ beantwortet werden.

Die Evaluation erfolgte anhand der folgenden Aussagen:

Der Umgang mit dem VieScope war leicht zu erlernen.

Bis auf einen stimmten alle Teilnehmenden dieser Aussage zu. Zwei Drittel der Befragten stimmten sogar voll zu. Insgesamt ist der Umgang mit dem VieScope demnach eine leicht zu erlernende Alternative für die Intubation.

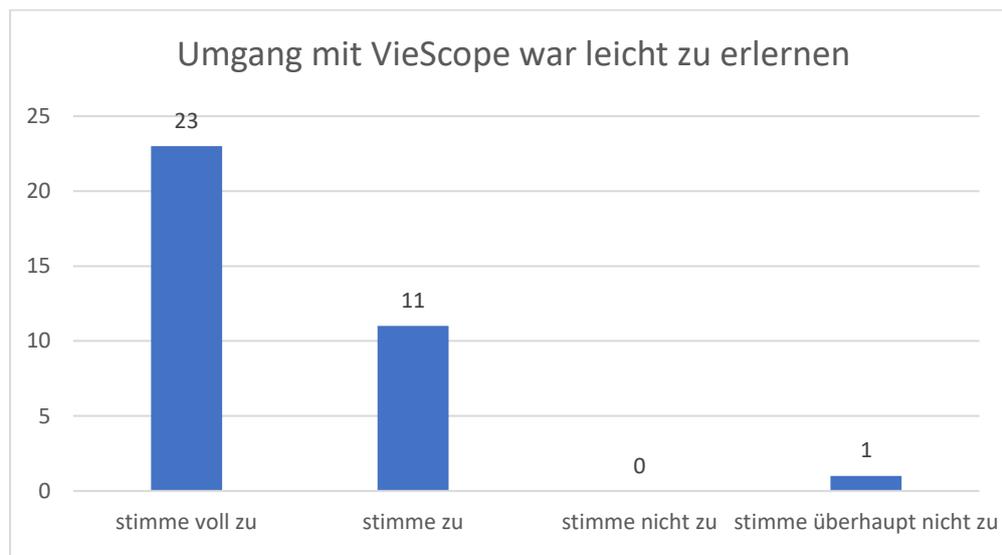


Abbildung 19: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Der Umgang mit dem VieScope war leicht zu erlernen"

Der Umgang mit dem VieScope war einfach in seiner Durchführbarkeit.

Insgesamt wird der Umgang mit dem VieScope in seiner Durchführbarkeit von den Befragten als einfach bewertet. 32 von 35 stimmten der Aussage zu oder voll zu. Lediglich drei Personen beurteilten die Durchführbarkeit nicht als einfach.

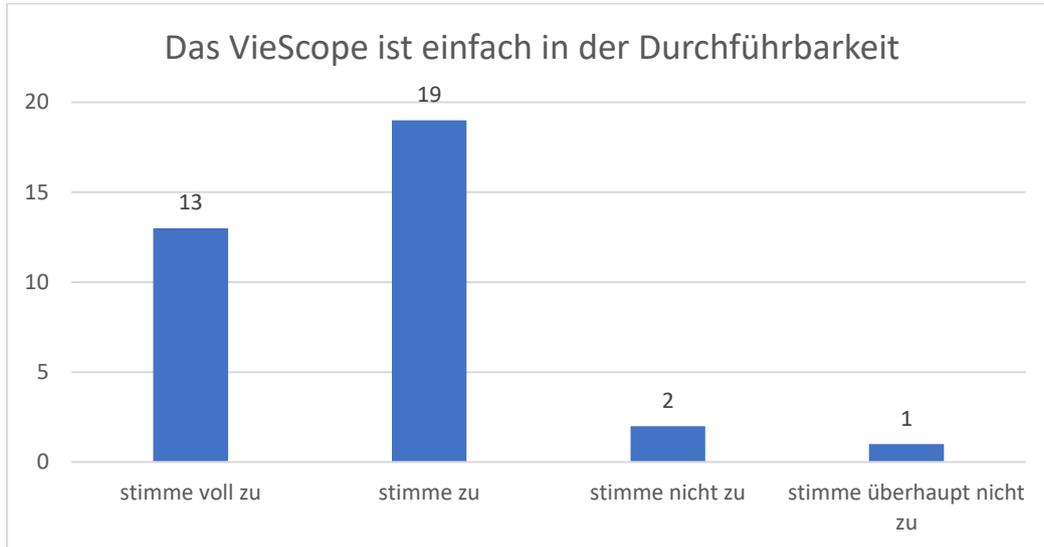


Abbildung 20: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Der Umgang mit dem VieScope war einfach in seiner Durchführbarkeit"

Das VieScope hat mir eine gute Visualisierung der Atemwege ermöglicht.

Die Visualisierung der Atemwege wurde vom Großteil der Teilnehmenden als gut bewertet. 32 Personen stimmten der Aussage, dass eine gute Visualisierung der Atemwege durch das VieScope ermöglicht wurde, zu oder voll zu.

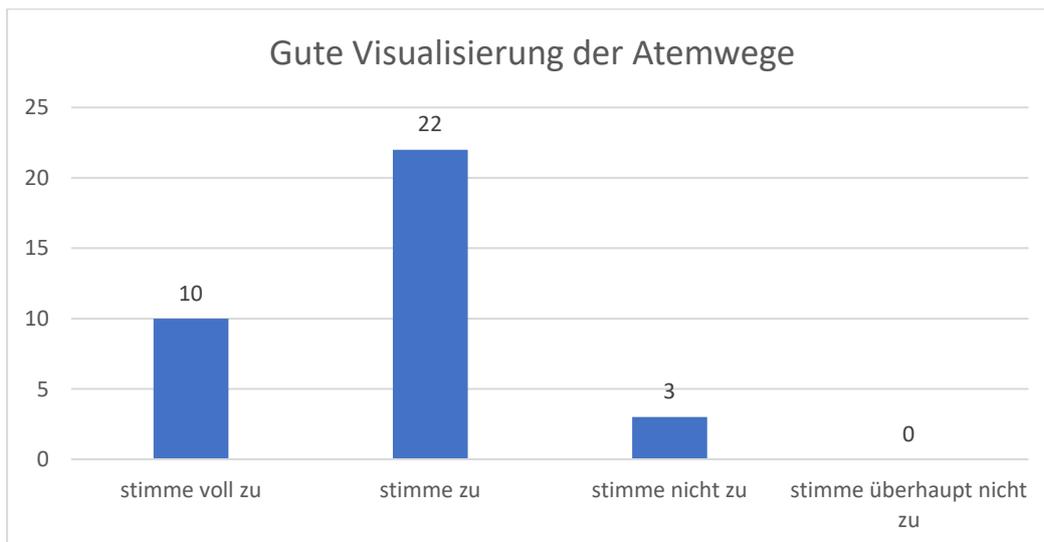


Abbildung 21: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Das VieScope hat mir eine gute Visualisierung der Atemwege ermöglicht"

Das VieScope ermöglicht eine bessere Visualisierung der Atemwege als das Videolaryngoskop.

Im Vergleich zum Videolaryngoskop beurteilten die meisten Studienteilnehmenden die Visualisierung der Atemwege mittels VieScope nicht besser. Nur drei Personen stimmten der Aussage zu und sahen eine bessere Visualisierung durch das VieScope.

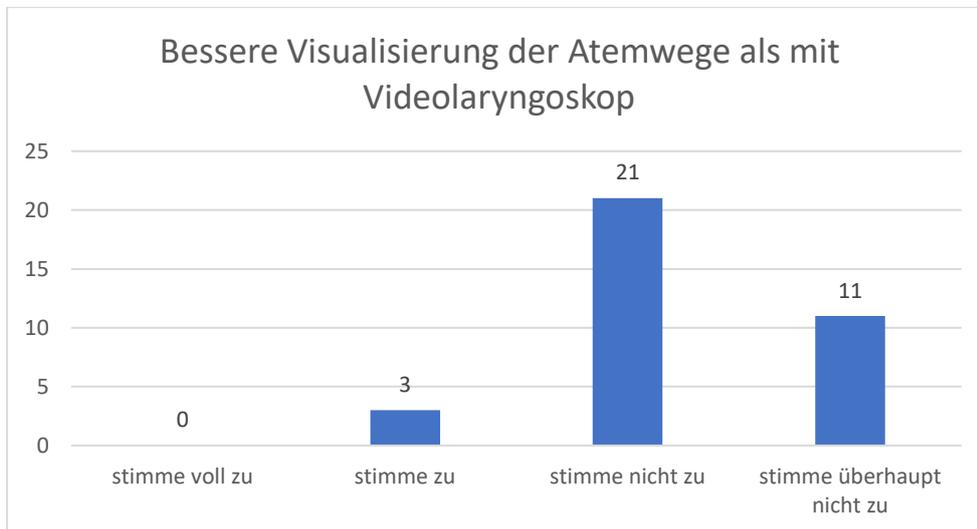


Abbildung 22: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Das VieScope hat mir eine bessere Visualisierung der Atemwege ermöglicht als das GlideScope"

Die Nutzung des Führungsstabs beim VieScope erlaubt eine sicherere Atemwegssicherung als die Videolaryngoskopie.

Acht der 35 Studienteilnehmenden stimmten der Aussage zu, dass die Nutzung des Führungsstabs eine sicherere Atemwegssicherung erlaubt. Der Großteil von 27 Personen stimmte dieser Aussage nicht zu.

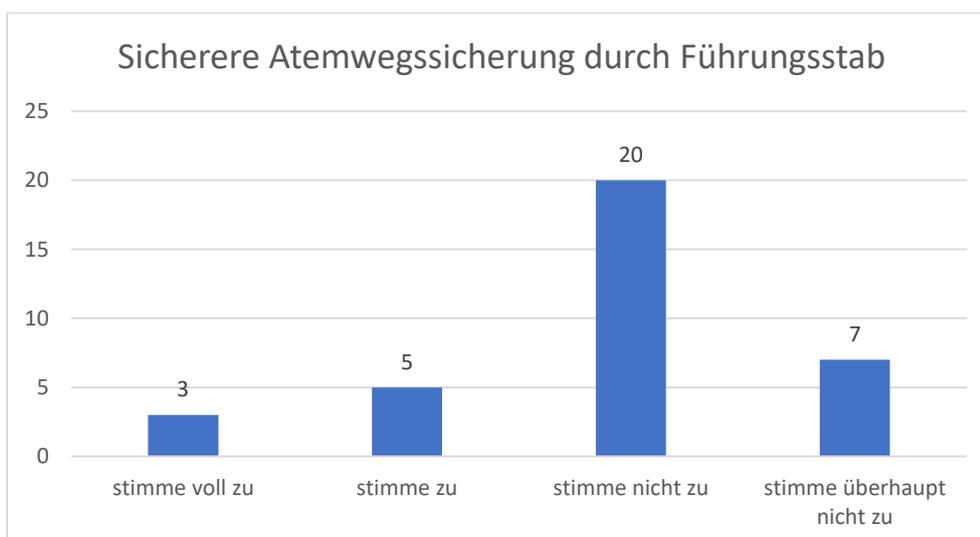


Abbildung 23: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Die Benutzung des Führungsstabes erlaubt eine sicherere Atemwegssicherung als die Videolaryngoskopie"

Ich würde das VieScope dem Videolaryngoskop vorziehen.

Einen Vorzug geben dem VieScope nur drei von 35 Teilnehmenden. Die Mehrzahl von 32 Personen würde das VieScope dem Videolaryngoskop nicht vorziehen.

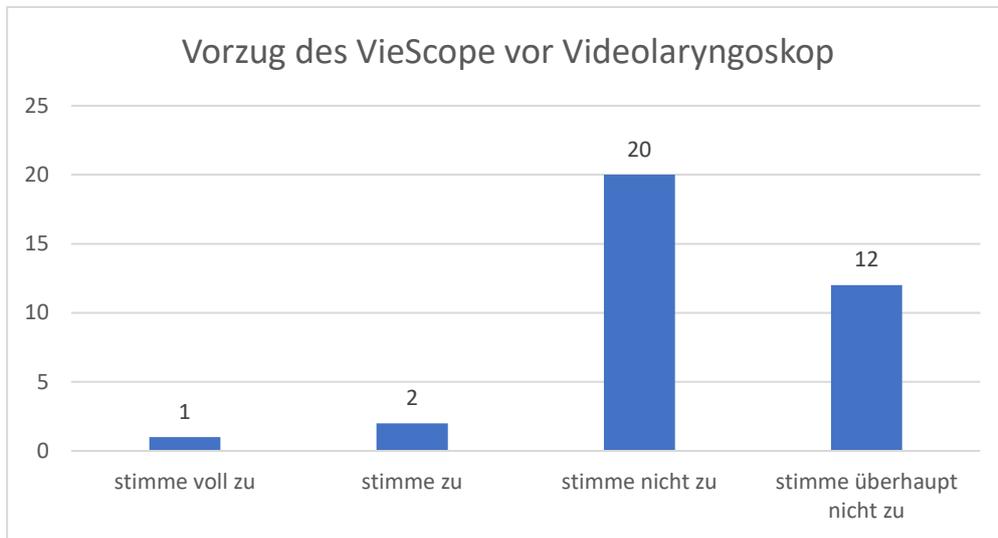


Abbildung 24: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Ich würde das VieScope dem Videolaryngoskop vorziehen"

5. Diskussion

Dies ist die erste Studie, die Intubationen mit VieScope und Videolaryngoskop in kompletter persönlicher Schutzausrüstung der Teilnehmenden bei normalem und schwierigem Atemweg am Modell vergleicht. Wir konnten, bezogen auf die Zeit und die Anzahl der Versuche bis zur erfolgreichen Intubation, keinen Vorteil des VieScope nachweisen.

Es wurden bisher kaum Studien zum VieScope veröffentlicht und diese sind zum größten Teil, wie auch in unserem Fall, Modellstudien mit entsprechenden Schwächen bezogen auf die Übertragung auf den klinischen Alltag.

Im Jahr 2021 verglichen Szarpak et al. das VieScope mit einem Macintosh-Laryngoskop während kardiopulmonaler Reanimationen bei OHCA. Die Intubierenden der polnischen Studie waren Paramedics, die eine komplette persönliche Schutzausrüstung trugen, um sich bei der Intubation der vermutet oder nachgewiesen COVID-19-positiven Erkrankten nicht zu infizieren [49]. Die Studienteilnehmenden benötigten mit dem VieScope im Vergleich zum Macintosh-Laryngoskop fast 20 Sekunden weniger Zeit bis zur endotrachealen Intubation und diese gelang auch deutlich häufiger bereits im ersten Versuch (93,3 % vs. 51,1 %). Zudem bot das VieScope eine bessere Sicht auf die Glottis, es wurden seltener externe Larynxmanöver zur Unterstützung für eine bessere Sicht benötigt und das VieScope wurde insgesamt leichter im Umgang bewertet als das Macintosh-Laryngoskop [49]. Im Gegensatz zu unserer Studie, an der ausschließlich ärztliches Personal aus dem Bereich der Anästhesiologie teilnahm, wurde die genannte Studie mit Paramedics durchgeführt, welche in der Laryngoskopie generell weniger geschult sind als anästhesiologisches Personal. In diesem Fall ist der Unterschied in den Intubationserfolgen zwischen beiden Werkzeugen nicht auf die Gruppe von anästhesiologisch tätigem und im Umgang mit Macintosh-Laryngoskopen geübtem medizinischem Personal übertragbar.

In einer Studie von Petzoldt et al. aus dem Jahr 2022 wurde das VieScope bei elektiven endotrachealen Intubationen ebenfalls mit dem Macintosh-Spatel verglichen. Die insgesamt 58 Intubationen für elektive operative Eingriffe wurden bei Erkrankten ohne erwartet schwierigen Atemweg durchgeführt. Alle Intubierenden erhielten zuvor eine dreißigminütige Einweisung in den Umgang mit dem VieScope. Die erfolgreiche Intubation im ersten Versuch gelang mit dem VieScope in dieser Studie in 83 % der Fälle, mit dem Macintosh-Spatel in 86 %. Die Rate an erfolgreichen Intubationen war also vergleichbar. Die Zeit bis zur Intubation unterschied sich dagegen signifikant. Während die Studienteilnehmenden mit dem VieScope im Durchschnitt nach 93 Sekunden intubiert hatten, gelang dies mit dem Macintosh-Laryngoskop bereits nach 38 Sekunden. Grund hierfür war der obligate Zwischenschritt, da

zunächst mit dem Führungsstab intubiert und erst in einem weiteren Schritt der Tubus platziert wurde. Insgesamt bewerteten die Intubierenden die Schwierigkeit der Intubation mit dem VieScope etwas höher, dies war jedoch statistisch nicht signifikant. Mit dem VieScope konnte dafür eine bessere Sicht auf die Stimmbandebene erzielt werden [50]. Auch in dieser Studie zeigte sich, dass der Zwischenschritt durch die Verwendung des Führungsstabs zu einer Zeitverzögerung bis zur endgültigen Sicherung des Atemwegs führte. Zudem wurde auch hier das dem anästhesiologischen Personal bekannte Macintosh-Laryngoskop mit dem zuvor unbekanntem VieScope verglichen. Der Umgang mit einem neuen Instrument muss häufiger geübt und dieses mehrfach angewandt werden, bevor es schnell und sicher verwendet werden kann.

Maslanka et al. verglichen in einer Simulationsstudie den Erfolg von Notfallintubationen mit dem VieScope in verschiedenen Szenarien am Modell eines fünfjährigen Kindes. Die Studie wurde mit medizinischem Personal aus der Notfallmedizin mit mindestens zwei Jahren Berufserfahrung durchgeführt. In insgesamt drei Szenarien wurde ein normaler Atemweg, ein schwieriger Atemweg durch Zungenschwellung und eine Intubation während kardiopulmonaler Reanimation simuliert. Die Größe des Führungsstabes wurde dem Alter des Kindes entsprechend kleiner gewählt. In jedem der Szenarien war zu 100 % eine erfolgreiche endotracheale Intubation mit Hilfe des VieScope möglich, im Szenario mit normalem Atemweg sogar bei allen Untersuchten im ersten Versuch. Im Szenario mit einem schwierigen Atemweg erfolgte die Intubation bei 2 % und unter kardiopulmonaler Reanimation in 9 % erst im zweiten Versuch. Auch die Zeit bis zur Intubation war in allen Szenarien vergleichbar. So benötigten die Teilnehmenden im Szenario des normalen und des schwierigen Atemwegs 27 Sekunden und unter CPR 29 Sekunden bis zur erfolgreichen Intubation. Auch die Visualisierung der Stimmbandebene wird in allen Szenarien als gut beschrieben und die Durchführung der Intubation mittels VieScope als relativ leicht bewertet [51]. Diese Studie bestätigte unser Ergebnis, dass eine erfolgreiche Intubation mittels VieScope auch bei schwierigem Atemweg sicher gelingt. Da in diesem Fall nur das VieScope genutzt wurde, konnte keine Vergleiche zu anderen Instrumenten gezogen werden.

In unserer Folgestudie mit 35 Anästhesist*innen aus dem Jahr 2021 verglichen wir das VieScope mit dem konventionellen Macintosh-Laryngoskop und dem Videolaryngoskop beim schwierigen Atemweg [52]. Der schwierige Atemweg wurde am Modell mit einer Zungenschwellung durch Luftinsufflation bis zu einem Druck von 35 mbar und eine zusätzliche Immobilisation der Halswirbelsäule mittels Zervikalstütze simuliert. Im Ergebnis zeigte sich eine etwas geringere Rate an erfolgreichen Intubationen im ersten Versuch mit dem VieScope und Macintosh-Laryngoskop im Vergleich zum GlideScope (89 % vs. 91 % vs. 100 %), diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht signifikant. Zudem war eine längere Zeit bis zur

Platzierung des Tubus (36,3 s vs. 20,8 s vs. 27,5 s) und bis zur ersten Beatmung (46,5 s vs. 31,9 s vs. 39,3 s) nötig. Hier zeigte sich jeweils eine signifikant kürzere Zeit bei der Laryngoskopie mit dem GlideScope im Vergleich zum VieScope. Einschätzungen der Studienteilnehmenden anhand der Einteilung nach Cormack und Lehane ergaben eine signifikant bessere Sicht auf die Glottis mit dem VieScope im Vergleich zum Macintosh-Laryngoskop (Cormack-Lehane 1,2 vs. 1,6) [52].

5.1. Studienergebnisse

Die Ergebnisse unserer Studie zeigten keinen Unterschied zwischen GlideScope und VieScope bezogen auf den primären Endpunkt, der erfolgreichen endotrachealen Intubation. Beide Instrumente konnten zudem eine hohe Rate an erfolgreichen Intubationen beim ersten Intubationsversuch realisieren, wobei hier mit dem GlideScope eine etwas höhere Erfolgsrate bestand.

Ein klarer Unterschied war bei den sekundären Endpunkten, der Zeit bis zur erfolgreichen Intubation und Ventilation, zu erheben. Hier konnten die Teilnehmenden signifikant schneller mit dem GlideScope endotracheal intubieren als mit dem VieScope. Dies ist durch den zusätzlichen Schritt, der primären Platzierung des Führungsstabs, zu erklären. Die Zeiten bis zur Intubation mit dem Führungsstab des VieScopes waren vergleichbar mit den Zeiten bis zur Intubation des Endotrachealtubus mit dem GlideScope. Da der für die Erkrankten wichtigste Schritt hier die definitive Sicherung des Atemwegs ist und mit dem VieScope hier eine signifikant längere Zeit ein ungesicherter Atemweg besteht, ist die für uns relevante Zeit die Zeit bis zur Platzierung des Tubus und in diesem Endpunkt besteht ein klarer Vorteil in der Nutzung des GlideScopes.

Die Gewohnheit und die Übung im Umgang mit dem Videolaryngoskop bietet eine Erklärung für die Beurteilung des VieScope durch die Teilnehmenden. Die Nutzung eines Führungsstabs zur primären Intubation der Trachea war für die Beobachteten der Studie fremd, da ein Führungsstab (z.B. auch in Form eines Eschmann- oder Cook-Stabs) der Intubation beim schwierigen Atemweg vorbehalten ist. Die obligate Nutzung eines Führungsstabs als Schiene für die Platzierung des Endotrachealtubus ist demnach ein Zusatzschritt, der von den Teilnehmenden zum großen Teil als ungewohnt empfunden wurde. Die meisten Personen ziehen das Videolaryngoskop dem VieScope vor. Dies ist insofern verständlich, als dass dies das Instrument der Wahl beim schwierigen Atemweg ist und in der klinischen Praxis sehr häufig genutzt wird. Neue Instrumente benötigen daher eine gewisse Zeit und Training im

Umgang, um auch im Alltag und beim schwierigen Atemweg ein gutes Hilfsmittel sein zu können.

Die Intubation mittels VieScope erfolgt nicht unter direkter Sicht, sondern blind über den unter Sicht vorgelegten Führungsstab. Dies macht, sollte der Führungsstab nicht ausreichend tief in die Trachea eingelegt sein, ein Abrutschen und die unbemerkte Fehlintonation des Ösophagus möglich. In einer Notfallsituation kann dies schnell zu einer Schädigung der Behandelten durch Hypoxie führen, selbst wenn die Situation schnell erkannt und behoben wird.

Mit der Nutzung eines Führungsstabs besteht immer auch ein Risiko für Verletzungen im Oropharynx- und Larynxbereich. Der Führungsstab des VieScope ist flexibel, aber obligat zur Intubation nötig, während der vorgeformte und starre Führungsstab einiger Videolaryngoskope eine größere Gefahr für Verletzungen birgt, jedoch, je nach Art des Videolaryngoskop-Spatels, nicht immer benötigt wird.

Für die Intubation von COVID-19-positiven Erkrankten wird von den Leitlinien ein möglichst großer Abstand zwischen Intubierendem und dem Atemweg des Behandelten gefordert. Mit dem VieScope ist der Abstand, ähnlich wie bei der Intubation mit einem Macintosh-Spatel, deutlich kleiner als mit einem Videolaryngoskop und könnte daher zu einer höheren Virusexposition des Intubierenden führen. Zudem besteht beim Entfernen des Führungsstabs die Möglichkeit, dass virulentes Material aus den Atemwegen aufgewirbelt und verbreitet wird. Diese Gefahr besteht bei Intubationen ohne die Nutzung eines Führungsstabes nicht. Der Reiz durch die Intubation mittels Führungsstab kann beim Erkrankten einen Hustenreflex auslösen und damit zum Ausstoß und zur Verteilung von Viruspartikeln führen, bevor der Tubus final platziert werden kann. Bei der Intubation ohne Führungsstab besteht zusätzlich die Möglichkeit, bereits zur Intubation einen HME-Filter auf den Endotrachealtubus aufzusetzen und damit, auch beim Husten des Intubierten, die Virusausbreitung durch Aerosole aus den unteren Atemwegen zu verhindern oder zumindest deutlich zu verringern.

Auffällig war, auch wenn dies nicht als Endpunkt unserer Studie erfasst wurde, dass mit dem VieScope deutlich häufiger Kontakt zu den oberen Schneidezähnen bestand. Durch die gerade Form des Spatels und die Röhrenstruktur ist anzunehmen, dass die Gefahr von Zahnschäden eher gegeben ist als mit Macintosh-Laryngoskopspateln.

Das GlideScope war allen Studienteilnehmenden gut bekannt und der Umgang vertraut. Dies bedeutet in unserer Studie einen Vorteil bezogen auf alle erfassten Endpunkte. Im Gegensatz



Abbildung 25: GlideScope - durchsichtiger Einweg-Laryngoskopspatel mit eingesetzter Kamera

dazu hatten die Studienteilnehmenden keine Übung im Umgang mit dem VieScope. Die gerade Form des VieScope und die blinde Intubation über einen Führungsstab waren für den Großteil unserer Teilnehmenden ungewohnt. Dafür waren die Ergebnisse bezogen auf den Intubationserfolg besser als zu erwarten war. Häufigere Nutzung und Übung mit dem Instrument können daher schnell zu besseren Ergebnissen führen. Die Tatsache, dass das VieScope ein Einmalartikel ist, verhindert sicher eine Kreuzkontamination und die Übertragung von SARS-CoV-2 auf

weitere Personen. Diese Gefahr ist real, wenn die Laryngoskopspatel des GlideScope nicht ordnungsgemäß gereinigt werden. Zudem ist für die Nutzung eines Videolaryngoskops weiteres Material nötig, welches potenziell Viruspartikel von einem Behandlungszimmer zum nächsten tragen könnte, wie angeschlossene Kabel, der Monitor oder die Transport-Vorrichtung des Videolaryngoskops. Diese Gegenstände sind teilweise nur trocken oder mit bestimmten Desinfektionsmitteln abwischbar.

Als Alternative zum GlideScope-Titanium-Spatel, den wir für unsere Studie verwendeten, und der damit verbundenen Gefahr der Kreuzkontamination gibt es auch beim GlideScope Laryngoskop-Aufsätze aus durchsichtigem Plastik, die nach Benutzung entsorgt werden. In diesem Fall muss nur das zusätzliche Material desinfiziert werden, aber die größte Gefahrenquelle für eine Übertragung der Infektion auf die nächste Person, das Laryngoskop selbst, ist damit eliminiert.

Das VieScope wird nach erfolgter Benutzung entsorgt und verhindert damit die Weitergabe von virulentem Material, stellt aber durch den Batteriebetrieb eine entsprechend hohe Umweltbelastung dar.

Eine weitere Limitation stellt die Tatsache dar, dass Studien am Modell nie komplett realistisch sind und stressige Notfall- und Intubationssituationen und die sehr variablen physiologischen Voraussetzungen von Erkrankten nicht adäquat nachbilden können.

Im Rahmen einer Pandemie ist es ethisch nicht vertretbar, neue medizinische Produkte an lebensbedrohlich erkrankten Menschen anzuwenden, die möglicherweise schlechtere Ergebnisse zeigen können als die Nutzung von bekannten Medizinprodukten. Wir müssen daher in diesem Fall im Sinne der Patient*innensicherheit auf Studien am Modell zurückgreifen. Die von uns erhobenen Daten geben daher lediglich Hinweise auf die Vor- und Nachteile, die mit den Eigenschaften des VieScope einhergehen und diese sind nur bedingt auf den Alltag übertragbar. Es bedarf weiterer Studien, um die Vor- und Nachteile des Instruments und die Alltagstauglichkeit in Elektiv- und Notfallsituationen besser beurteilen zu können.

6. Literaturverzeichnis

1. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 2022; 136:31-81
2. Schlürmann CN, Kalbhenn J. Der schwierige Atemweg in der Intensivmedizin. Refresher Course Nr. 43. Mai 2017. S. 85-96
3. Piepho T, Cavus E, Noppens R et al. S1 Leitlinie: Atemwegsmanagement Airwaymanagement; AWMF-Register-Nr. 001/028 vom 12.03.2015. https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-028I_S1_Atemwegsmanagement_2015-04-abgelaufen.pdf
4. Peng PWH, Ho PL, Hota, SS. Outbreak of a new coronavirus: what anaesthetists should know. *BJA* 2020. doi: 10.1016/j.bja.2020.02.008
5. WHO: <https://covid19.who.int/> (zuletzt aufgerufen am 14.01.2023)
6. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Steckbrief.html?nn=2386228 (zuletzt aufgerufen am 07.01.2023)
7. Wang W, Xu Y, Gao R, et al. Detection of SARS-CoV-2 in different types of clinical specimens. *JAMA* 2020. 323(18):1843-1844; doi: 10.1001/jama.2020.3786
8. Tang LY, Wang, J. Anesthesia and COVID-19: What we should know and what we should do. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2020; doi: 10.1177/1089253220921590
9. Schälte G et al. Empfehlungen von DGAI und BDA zu Besonderheiten des Atemwegsmanagements bei Patienten mit vermuteter oder gesicherter COVID-19 Erkrankung und bei Patienten ohne Infektion während der Corona-Pandemie. <https://www.bda.de/docman/alle-dokumente-fuer-suchindex/oeffentlich/aktuelles-1/2055-supplement-8-2020-leitlinie-covid-19/file.html>
10. Chang D, Xu H, Rebaza A, Sharma L, Dela Cruz CS. Protecting health-care workers from subclinical coronavirus infection. *The Lancet Respiratory Medicine*. 2020; [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30066-7](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30066-7)
11. Jonigk D, Werlein C, Lee PD, et al. Pulmonary and systemic pathology in COVID-19 – holistic pathological analyses. *Dtsch Arztebl Int* 2022; 119: 429-35. doi: 10.3238/arztebl.m2022.0231
12. Kluge S, Janssens U, Welte T et al. S3-Leitlinie – Empfehlung zur stationären Therapie von Patienten mit COVID-19. AWMF-Register-Nr. 113/001 vom 12.09.2022. https://register.awmf.org/assets/guidelines/113-001LGI_S3_Empfehlungen-zur-stationaeren-Therapie-von-Patienten-mit-COVID-19_2022-09_1.pdf

13. De Jong A, Khanna AK. Airway management in the critically ill patient with COVID-19. *Curr Opin Anesthesiol* 2022, 35:137 – 143; doi: 10.1097/ACO.0000000000001101
14. Perbet S, De Jong A, Delmas J, et al. Incidence of and risk factors of severe cardiovascular collapse after endotracheal intubation in the ICU: a multicenter observatory study. *Crit Care* 2015; 19:257
15. Mort TC. The incidence and risk factors for cardiac arrest during emergency tracheal intubation: a justification for incorporating the ASA Guidelines in the remote location. *J Clin Anesth* 2004; 16:508-516
16. De Jong A, Rolle A, Molinari N, et al. Cardiac arrest and mortality related to intubation procedure in critically ill adult patients: a multicenter cohort study. *Crit Care Med* 2018; 46:532-539
17. Cook TM, Scott S, Mihai R. Litigation related to airway and respiratory complications of anaesthesia: an analysis of claims against the NHS in England. *Anaesthesia* 2010; 65:556-563
18. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID-19) outbreak in China; summary of a report of 72314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA* 2020; 323:1239-1242
19. Casey JD, Janz DR, Russell DW, et al. Bag-mask ventilation during tracheal intubation of critically ill adults. *N Engl J Med* 2019; 380:811-821
20. Hyman JB, Leibner ES, Tandon P, et al. Timing of intubation and in-hospital mortality in patients with coronavirus disease. *Crit Care Explor* 2020; 2:e0254
21. Depuis C, Boudama L, de Montmollin E, et al. Association between early invasive mechanical ventilation and day-60 mortality in acute hypoxemic respiratory failure related to coronavirus disease-2019 pneumonia. *Crit Care Explor* 2021; 3:e0329
22. Papoutsis E, Giannakoulis VG, Xourgia E, et al. Effect of timing of intubation on clinical outcomes of critically ill patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis of nonrandomized cohort studies. *Crit Care* 2021; 25:121
23. ARDS Definition Taskforce; Ranieri VM, Rubenfeld GD, Thompson BT, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA* 2012. doi:10.1001/jama.2012.5669
24. Bowles TM, Freshwater-Turner DA, Janssen DJ, et al. Out-of-theatre tracheal intubation: prospective multicentre study of clinical practice and adverse events. *Br J Anaesth*. 2011; 107(5):687-92; <https://doi.org/10.1093/bja/aer251>
25. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, et al. Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2011; 56:164-71

26. Chemsian RV, Bhananker S, Ramaiah R. Videolaryngoscopy. *Int J Crit Illn Inj Sci.* 2014; 4(1): 35-41
27. De Jong A, Clavieras N, Conseil M, et al. Implementation of a combo videolaryngoscope for intubation in critically ill patients: a before-after comparative study. *Intensive Care Med* 2013; 39:2144-2152
28. De Jong A, Molinari N, Conseil M, et al. Video laryngoscopy versus direct laryngoscopy for orotracheal intubation in the intensive care unit: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2014; 40(5):629-39
29. Sharma D. Is GlideScope the best way to intubate? *Anesthesiology.* 2010; 113:258-9
author reply 259
30. Niforopoulou P, Pantazopoulos I, Demestihia T, et al. Video-laryngoscopes in the adult airway management: A topical review of the literature. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2010; 54:1050-61
31. Nouruzi-Sedeh P, Schumann M, Groeben H. Laryngoscopy via Macintosh blade versus GlideScope: success rate and time for endotracheal intubation in untrained medical personnel. *Anesthesiology.* 2009; 110:32-7
32. Serocki G, Bein B, Scholz J, et al. Management of the predicted difficult airway: A comparison of conventional blade laryngoscopy with video-assisted blade laryngoscopy and the GlideScope. *Eur J Anaesthesiol* 2010; 27:24-30
33. Sun DA, Warriner CB, Parsons DG, et al. The GlideScope video laryngoscope: randomized clinical trial in 200 patients. *Br J Anaesth.* 2005; 94:381-4
34. Lim HC, Goh SH. Utilization of a GlideScope videolaryngoscope for orotracheal intubations in different emergency airway management settings. *Eur J Emerg Med.* 2009; 16:68-73
35. Jaber S, De Jong A, Pelosi P, et al. Videolaryngoscopy in critically ill patients. *Crit Care* 2019 Jun 17;23(1):221. doi: 10.1186/s13054-019-2487-5.
36. Hsu WT, Hsu SC, Lee YL, et al. Penetrating injury of the soft palate during GlideScope intubation. *Anesth Analg* 2007; 104:1609-10
37. Teoh WH, Shah MK, Sia AT: Randomised comparison of Pentax AirwayScope and GlideScope for tracheal intubation in patients with normal airway anatomy. *Anaesthesia* 2009; 64:1125-9
38. Cooper RM, Complications associated with the use of the GlideScope videolaryngoscope. *Can J Anesth.* 2007; 54:54-7
39. Aziz MF, Abrons RO, Cattano D, et al. First-attempt intubation success of video laryngoscopy in patients with anticipated difficult direct laryngoscopy: a multicenter

- randomized controlled trial comparing the C.MAC D-blade versus the GlideScope in a mixed provider and diverse patient population. *Anesth Analg*. 2016; 122(3):740-50
40. Cortellazzi P, Caldiroli D, Byrne A, et al. Defining and developing expertise in tracheal intubation using a GlideScope® for anaesthetists with expertise in Macintosh direct laryngoscopy: an in-vivo longitudinal study. *Anaesthesia*. 2015; 70(3):290-5
 41. Aghamohammadi H, Massoudi N, Fathi M, et al. Intubation learning curve: comparison between video and direct laryngoscopy by inexperienced students. *J Med Life*. 2015; 8(Spec Iss 4):150-3
 42. Sakles JC, Mosier J, Patanwala AE, et al. Learning curves for direct laryngoscopy and GlideScope® video laryngoscopy in an emergency medicine residency. *West J Emerg Med*. 2014;15(7):930-7
 43. Lascarrou JB, Boisrame-Helms J, Bailly A, et al. Video laryngoscopy vs direct laryngoscopy on successful first-pass orotracheal intubation among ICU patients: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2017;317(5):483-93
 44. Aziz MF, Healy D, Kheterpal S, et al. Routine clinical practice effectiveness of the GlideScope in difficult airway management: an analysis of 2,004 GlideScope intubations, complications, and failures from two institutions. *Anesthesiology*. 2011; 28:34-41
 45. Caputo KM, Byrick R, Chapman MG, et al. Intubation of SARS patients: infection and perspectives of healthcare workers. *Canadian Journal of Anesthesia* 2006; 53: 122-9
 46. Hall D, Steel A, Heij R, et al. Videolaryngoscopy increases 'mouth-to-mouth' distance compared with direct laryngoscopy. *Anaesthesia* 2020; 75, 819-835
 47. Yang SS, Zhang M, Chong JJR. Comparison of three tracheal intubation methods for reducing droplet spread for use in COVID-19 patients. *BJA* 2020. doi: 10.1016/j.bja.2020.04.083
 48. Zeidan A, Bamadhaj M, Al-Raraidy M, et al. Videolaryngoscopy intubation in patients with COVID-19. How to minimize risk of aerosolization? *Anesthesiology* 2020. doi: 10.1097/ALN.0000000000003389
 49. Szarpak L, Peacock FW, Rafique Z, et al. Comparison of Vie Scope® and Macintosh laryngoscopes for intubation during resuscitation by paramedics wearing personal protective equipment. *American Journal of Emergency Medicine*. 2022; 53:122-126; <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2021.12.069>
 50. Petzoldt M, Engels Y, Popal Z, Tariparast PA, Sasu PB et al. Elective tracheal intubation with the VieScope – a prospective randomized non-inferiority pilot study (VieScOP-Trial). *Frontiers in Medicine*. 2022; doi: 10.3389/fmed.2022.820847

51. Maslanka M, Szarpak L, Ahuja S, Ruetzler K, Smereka J. Novel airway device Vie Scope in several pediatric airway scenario - a randomized simulation pilot trial. *Medicine* 2020; 99:28(e21084); <http://dx.doi.org/10.1097/MD.00000000000021084>
52. Ecker H, Kolvenbach S, Stranz S, Herff H, Wetsch WA. Comparison of the novel VieScope with conventional and video laryngoscope in a difficult airway scenario – a randomized, controlled simulation trial. *BMC Emergency Medicine*. 2021; 21:90; <https://doi.org/10.1186/s12873-021-00484-6>

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Macintosh-Spatel	17
Abbildung 2: GlideScope LoPro T3	17
Abbildung 3: GlideScope LoPro T4	18
Abbildung 4: Einteilung nach Cormack und Lehane - Klassifikation nach der Sichtbarkeit anatomischer Strukturen auf Kehlkopfebene bei der direkten Laryngoskopie	19
Abbildung 5: VieScope	25
Abbildung 6: VieScope mit illuminiertem röhrenförmigem Laryngoskopspatel	26
Abbildung 7: Intubation mit VieScope am Intubationsmodell	26
Abbildung 8: direkter Blick durch illuminiertes VieScope auf die Stimmbandebene	27
Abbildung 9: Bougie zur Intubation des VieScope mit Farbkodierung	29
Abbildung 10: Persönliche Schutzausrüstung der Teilnehmenden: Kopfhaube, Schutzbrille, FFP3-Maske, Schutzkittel und wasserdichte Handschuhe	30
Abbildung 11: Diagramm „Anteil endotrachealer Intubationen“ - der Anteil der Studiendurchgänge, bei denen insgesamt eine erfolgreiche endotracheale Intubation gelang	35
Abbildung 12: Diagramm „Intubation im ersten Versuch“ - der Anteil an Studiendurchgängen, bei denen die erfolgreiche Intubation im ersten Versuch gelang	36
Abbildung 13: Diagramm „Anzahl der Intubationsversuche“ inkl. Standardabweichung – Intubationsversuche, die bis zur erfolgreichen Intubation nötig waren	37
Abbildung 14: Diagramm „VieScope - durchschnittliche Zeit“ - Zeit bis zur Platzierung des Führungsstabes, des Tubus und bis zur ersten Beatmung	39
Abbildung 15: Diagramm „GlideScope - durchschnittliche Zeit“ - Zeit bis zur Platzierung des Tubus und bis zur ersten Beatmung	39
Abbildung 17: Diagramm „Cormack – Lehane Score“ - Beurteilung der Visualisierung der Stimmbandebene nach Cormack und Lehane durch die Studienteilnehmenden	40
Abbildung 18: Diagramm „Intubationszeiten abhängig von der Berufserfahrung der Teilnehmenden“ - aufgeteilt in die einzelnen Arbeitsschritte	41
Abbildung 19: Diagramm „Intubationszeiten abhängig von der Anzahl der Intubationen der Studienteilnehmenden pro Jahr“ – aufgeteilt in die einzelnen Arbeitsschritte	42
Abbildung 20: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Der Umgang mit dem VieScope war leicht zu erlernen"	43
Abbildung 21: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Der Umgang mit dem VieScope war einfach in seiner Durchführbarkeit"	44

Abbildung 22: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Das VieScope hat mir eine gute Visualisierung der Atemwege ermöglicht" _____	44
Abbildung 23: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Das VieScope hat mir eine bessere Visualisierung der Atemwege ermöglicht als das GlideScope" _____	45
Abbildung 24: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Die Benutzung des Führungsstabes erlaubt eine sicherere Atemwegssicherung als die Videolaryngoskopie" _____	45
Abbildung 25: Diagramm zum Umfrage-Ergebnis "Ich würde das VieScope dem Videolaryngoskop vorziehen" _____	46
Abbildung 26: GlideScope - durchsichtiger Einweg-Laryngoskopspatel mit eingesetzter Kamera _____	51

8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen

Ecker H, Kolvenbach S, Herff H, Wetsch WA. Intubation using VieScope vs. Video laryngoscopy in full personal protective equipment – a randomized, controlled simulation trial. BMC Anesthesiology (2021) 21:288. <https://doi.org/10.1186/s12871-021-01502-7>