

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

Vergleichende Untersuchung des SensaScope® Intubationsendoskops und
McGrath Series 5® Videolaryngoskops zur Atemwegssicherung bei Patienten unter
Allgemeinanästhesie

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

Vorgelegt von

Hannah Hildegard Strauß
aus Offenbach

Mainz, 2022

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. U. Förstermann
1. Gutachter: PD Dr. med. habil. M. Kriege
2. Gutachter: Prof. Dr. med. F. Heid

Tag der Promotion: 06. Dezember 2022

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

I. Abkürzungsverzeichnis	I
II. Abbildungsverzeichnis	II
III. Tabellenverzeichnis	III
1. Einleitung und Ziele der Arbeit	1
2. Literaturdiskussion	4
2.1 Historische Entwicklung der direkten und indirekten Laryngoskopie	4
2.2 Vor- und Nachteile der Videolaryngoskopie	9
2.3 Indikationen und Vorteile der starren Intubationsendoskopie	12
2.4 Der „schwierige Atemweg“	14
2.4.1 Definition des schwierigen Atemwegs	14
2.4.2 Inzidenz des schwierigen Atemwegs	14
2.4.3 Prädiktoren des schwierigen Atemwegs	15
2.4.4 Prädiktoren für eine schwierige Maskenbeatmung	15
2.4.5 Prädiktoren für eine schwierige direkte Laryngoskopie	16
2.4.6 Prädiktoren für eine schwierige Videolaryngoskopie	16
2.5 Beurteilung des Atemwegs	17
2.5.1 Cormack&Lehane Klassifikation	17
2.5.2 POGO Score	18
2.5.3 Mallampati-Klassifikation	19
2.5.4 Messung des thyromentalen Abstands (nach Patil)	20
2.5.6 Kopfreklination	20
3. Material und Methoden	21
3.1 Studienort und Studiendesign	21
3.2 Ethik	21
3.3 Ein- und Ausschlusskriterien	21
3.4 Material	22
3.4.1 SensaScope® Intubationsendoskop	22

3.4.2	McGrath® Series 5 Videolaryngoskop	25
3.4.3	Führungsstab in Hockeyschläger-Form	26
3.4.4	Beatmungsgeräte	26
3.4.5	Zeiterfassung	26
3.5	Anwender	26
3.6	Ablauf und praktisches Vorgehen	27
3.7	Dokumentation	30
3.8	Ergebnismessung	31
3.9	Statistik	32
4	Ergebnisse	33
4.1	Demographie des Patientenkollektivs/ CONSORT Flussdiagramm	33
4.2	Intubationszeit und Erfolgsraten	34
4.3	Anwendererfahrung und Erfolgsraten	35
4.4	Sicht auf die Glottis	35
4.5	Schwierigkeitsgrad der Intubationen	36
5.	Diskussion	37
6.	Zusammenfassung	42
7.	Literaturverzeichnis	44
8.	Anhang	58
8.1	Dokumentationsbogen	58
8.2	Danksagung	59
8.3	Lebenslauf	60

I. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
aHT	arterielle Hypertonie
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
C&L	Cormack und Lehane
CH	Charrière
CI	Konfidenzintervall
cm	Zentimeter
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
EF	Ejektionsfraktion
ETT	Endotrachealtubus
FPS	First-Pass Intubation Success Rate
h	Stunde
IQR	Interquartilsabstand
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-emitting diode
McG	McGrath Series 5® Videolaryngoskop
µg	Mikrogramm
mg	Milligramm
min	Minute
POGO	Percentage of glottic opening
RPP	Rate Pressure Product
s	Sekunde
Sc	SensaScope®
SOP	Standard Operating Procedure
TMD	Thyromental distance
VGA	Video Graphics Array
VL	Videolaryngoskopie

II. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Orale, pharyngeale und laryngeale Achse.....	1
Abbildung 2: Alfred Kirstein und sein Autoskop.....	5
Abbildung 3: A. Shigeto Ikeda, B. Sein erstes flexibles Bronchoskop.....	6
Abbildung 4: Blickwinkel bei direkter und indirekter Laryngoskopie.....	8
Abbildung 5: Cormack und Lehane Klassifikation.....	18
Abbildung 6: POGO-Scale.....	19
Abbildung 7: Mallampati-Klassifikation.....	20
Abbildung 8: Thyromentaler Abstand nach Patil.....	21
Abbildung 9: Messung der Kopfreklination.....	21
Abbildung 10: SensaScope Intubationsendoskop.....	23
Abbildung 11: Flexible Spitze des Sc in maximaler Flexion.....	23
Abbildung 12: Ablauf der Intubation mit dem SensaScope.....	23
Abbildung 13: Das vorbereitete Sc mit aufgefädeltem ETT.....	25
Abbildung 14: McGrath Series 5 Videolaryngoskop.....	26
Abbildung 15: Camerastick und Display des McG	26
Abbildung 16: Intubation mit dem McG mit Führungsstab.....	29
Abbildung 17: Sicht auf platzierten ETT mit dem McG.....	29
Abbildung 18: Sicht auf die Stimmbänder mit dem Sc.....	30
Abbildung 19: Sicht auf die Carina mit dem Sc.....	30
Abbildung 20: CONSORT Flussdiagramm.....	34

III. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Patientencharakteristika 35

Tabelle 2: Ergebnisse der Erfolgreichen Intubationsversuche 36

1. Einleitung und Ziele der Arbeit

Die Atemwegssicherung gehört zu den elementaren Kernkompetenzen der Anästhesiologie [1]. In den letzten Jahren hat die Patientensicherheit im Rahmen der Atemwegssicherung durch die stetige Weiter- und Neuentwicklung von Instrumenten und Techniken deutlich zugenommen [2-5], dennoch stellt die endotracheale Intubation unter direkter laryngoskopischer Sicht weiterhin den Goldstandard der invasiven Atemwegssicherung dar [6].

Die größte Limitation der direkten Laryngoskopie ist die Notwendigkeit der Parallelausrichtung der oralen, pharyngealen und laryngealen Achse durch Überstrecken von HWS und Kopf in die sogenannte „Schnüffelstellung“ oder verbesserte Jackson-Position (Abbildung 1) [7, 8], wodurch der Blickwinkel bei der direkten Laryngoskopie auf nur 15° beschränkt ist. Diese Einschränkung führt insbesondere bei Patienten mit schwierigem Atemweg zu einer erniedrigten Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch sowie einer schlechteren Sicht auf die Glottis und vermehrten Komplikationen wie Zahnverletzungen bei der Intubation [9-13]. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurden Intubationshilfsmittel entwickelt, welche diese Parallelausrichtung mittels videochipbasierten Intubationshilfen umgehen können.

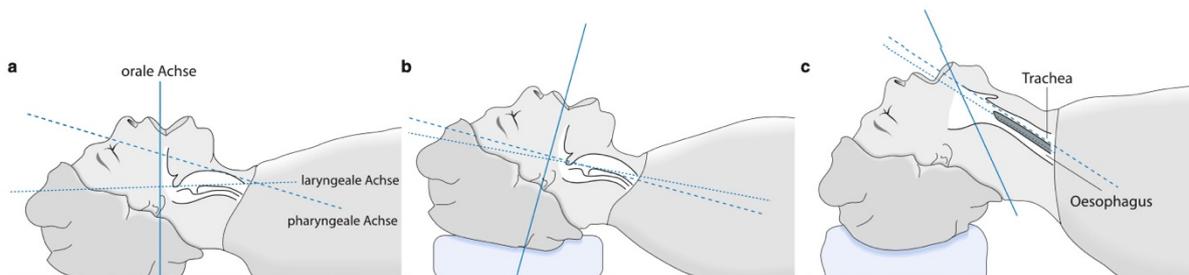


Abbildung 1: Darstellung der unterschiedlichen Ausrichtungen der oralen, pharyngealen und laryngealen Achsen durch verschiedene Kopfpositionen: **a.** Neutralstellung; **b.** mit unterpolstertem Kopf; **c.** mit Kopfreflexion (verbesserte Jackson-Position) [8]

Verschiedene Studien und Fallberichte haben bereits die Vorteile der Videolaryngoskopie bei der Visualisierung der Glottisebene dargestellt und gezeigt, dass die Videolaryngoskopie bei normalen wie auch schwierigen Intubationssituationen der direkten Laryngoskopie überlegen ist [14], da insbesondere mit einem hyperangulierten Spatel eine Sicht „um die Ecke“ ermöglicht wird. So kann auch bei schwierigem Atemweg eine Erfolgsrate im ersten Versuch von bis zu 98 % erreicht werden [14-27]. Aus diesem Grund haben sich diese Videolaryngoskope vor allem beim unerwartet schwierigen Atemweg als sogenannte „Rettungstechnik“ nach fehlgeschlagener direkter Laryngoskopie etabliert [17, 28, 29].

Alternative Techniken, die zur Atemwegssicherung beim unerwartet schwierigen Atemweg neben den supraglottischen Atemwegshilfen angewendet werden, sind rigide und semirigide Intubationsendoskope [30-32].

Zum Zeitpunkt der Durchführung der vorliegenden Studie fehlten allerdings noch vergleichende Untersuchungen eines Videolaryngoskops mit hyperanguliertem Spatel mit einem semi-rigiden Intubationsendoskop in der klinischen Anwendung. In unserer Studie wurden deshalb randomisiert und kontrolliert zwei dieser indirekten Laryngoskopietechniken miteinander verglichen: Das McGrath Series 5™ Videolaryngoskop und das SensaScope Intubationsendoskop.

Semi-rigide Intubationsendoskope zeichnen sich zwar, verglichen mit starren Endoskopen, durch eine bessere Manövrierbarkeit und überlegene Sicht auf die Glottisebene sowie eine kürzere Zeit bis zur erfolgreichen endotrachealen Intubation aus [33], gleichzeitig könnte aber die Handhabung und endotrachealen Intubation mit einem Videolaryngoskop leichter zu erlernen sein als die Nutzung von Intubationsendoskopen [19, 21]. Dennoch gibt es einen größeren Anteil an Patienten, bei denen mit einem Intubationsendoskop zwar die Sicht auf die Stimmritze erreicht, der ETT allerdings nicht in der Trachea platziert werden kann [34-36].

Das McG wählten wir aufgrund seines hyperangulierten Spatels und der hohen Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch von bis zu 98 % [15] für unsere Studie aus. Entsprechend wurde auch das Sc als Vergleichsobjekt aufgrund seiner hohen Erfolgsrate im ersten Versuch von bis zu 100 % [37-39] ausgewählt.

Um die Effektivität im direkten Vergleich nachzuweisen, haben wir dies für weitere Folgestudien zunächst am normalen Atemweg untersucht.

Studien beschreiben eine verbesserte Sicht auf die Glottis bei der Videolaryngoskopie mit hyperanguliertem Spatel, allerdings werden Nachteile wie ein erschwertes Passieren der Stimmritze beschrieben, welche die Intubationszeit bis zur erfolgreichen Platzierung des ETT verlängern [21, 40]. Aufgrund der Vorteile der optimierten Sicht und der direkt geführten Insertion des Tubus beim Sc, erwarteten wir eine entsprechend kürzere Zeit bis zur endotrachealen Intubation als beim McG.

Ziel dieser Arbeit war es deshalb, in der klinischen Routine einer Universitätsklinik herauszufinden, ob die Nutzung des semi-rigiden SensaScopes mit einer verkürzten Zeit bis zum Platzieren des ETT, im Vergleich mit dem McGrath Series 5 Videolaryngoskop bei Patienten ohne schwierigen Atemweg während einer Allgemeinanästhesie, einhergeht.

Die Hypothese war dementsprechend, dass die Nutzung des Sc die Zeit bis zum Platzieren des ETT im Vergleich mit dem McG verkürzt.

2. Literaturdiskussion

2.1 Historische Entwicklung der direkten und indirekten Laryngoskopie

Die ersten endotrachealen Intubationen wurden bereits von Hippokrates (460–380 v. Chr.) als „Einführen eines geraden Rohres in Form einer Hirtenflöte“ beschrieben [41]. Allerdings wurde bis ca. 1900 praktisch nur blind intubiert. Initial wurde das Laryngoskop ausschließlich von Hals-Nasen-Ohren Ärzten genutzt [42]. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde mit den Fortschritten in der Anästhesiologie und somit im Bereich des Atemwegsmanagements, die Nutzung eines Laryngoskops essentiell für Anästhesisten [43].

Benjamin Guy Babington entwickelte 1829 sein „Glottoscope“, bestehend aus einem Zungenspatel und einem Spiegelsystem um den Larynx darzustellen [44]. Ob er auch die Stimmbänder einsehen konnte, ist nicht dokumentiert. Die Entdeckung der Laryngoskopie wird allgemein Manuel Garcia, einem Gesangsprofessor an der Royal Academy of Music in London zugeschrieben [42]. Er gilt als erster Mensch, der die funktionierende Glottis in ihrer Gesamtheit gesehen hat, da er seine eigenen Stimmbänder und oberen Segmente der Trachea mit einem Instrument aus zwei Spiegeln mit Sonnenlicht als Lichtquelle, beobachtete und beschrieb [45].

Die erste direkte Laryngoskopie wird Alfred Kirstein 1895 zugeschrieben, dessen „Autoskop“ mit einer externen elektrischen Lichtquelle im Handgriff eine direkte Sicht auf den Larynx ermöglichte [46, 47]. Chevalier Jackson, ein Hals-Nasen-Ohren-Arzt aus Philadelphia, befestigte 1904 ein elektrisches Leuchtmittel und einen Absaugschlauch an einem starren Ösophagoskop, um damit aspirierte Fremdkörper aus den Atemwegen von Kindern und Erwachsenen zu entfernen. Er schuf damit das erste starre Bronchoskop [48].

1913 beschrieb Jackson die erste Kombination einer direkten Visualisierung der Glottis mit einer endotrachealen Intubation. Er entwickelte Kirsteins Autoskop weiter und entwarf einen Spatel mit einer distalen Lichtquelle und etablierte im Laufe seiner Arbeit mit dem Laryngoskop auch die bis heute genutzte Jackson-Position mit Überstreckung des Kopfes [43, 49, 50]. Ebenfalls 1913 veröffentlichte Henry Harrington Janeway als erster Anästhesist ein Paper über die direkte Laryngoskopie. Zudem entwarf er ein batteriebetriebenes Laryngoskop einzig zum Zweck der endotrachealen Intubation, welches allerdings keine breite Popularität erlangte [43, 51, 52].

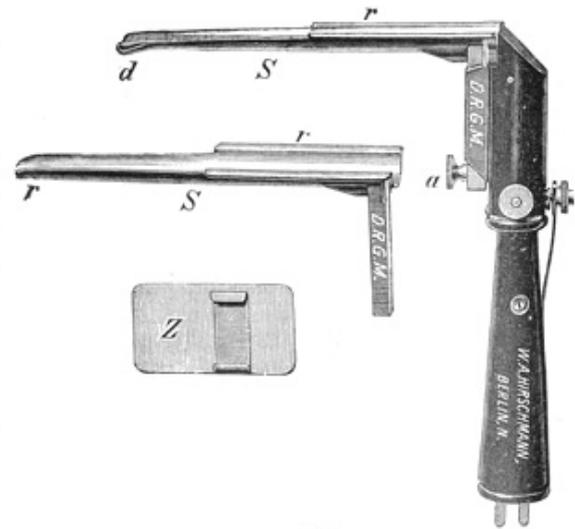


Fig. 1.

Abbildung 2: Alfred Kirstein bei der Durchführung einer Laryngoskopie, Alfred Kirsteins Autoskop [47]

In den Jahren 1914–1918 beschreiben die beiden britischen Anästhesisten Sir Ivan W. Magill und Edgar Stanley Rowbotham Methoden zur Sicherung der Atemwege mit einem Tubus während der Narkose [53]. 1926 entwarf Magill sein U-förmiges Laryngoskop mit Batterien im Griff [54], welches er später zu einem faltbaren Instrument weiterentwickelte [51]. Robert Arden Miller beschrieb 1941 seinen geraden Laryngoskopspatel in *Anesthesiology* [55], Robert Macintosh entwarf seinen gebogenen Spatel 1943. Er war auch der erste, der empfahl die Spitze des Spatels in der Vallecula zu platzieren und indirekt die Epiglottis anzuheben [56, 57].

Bis heute ist der Macintosh Spatel der Standard Laryngoskopspatel zur endotrachealen Intubation mittels direkter Laryngoskopie [1, 58].

1967 nutzte Peter Murphy ein Choledochoskop zur Intubation und beschrieb so als erster Anästhesist eine endotracheale Intubation mit einem flexiblen fiberoptischen Endoskop [59]. In der Folge wurde von Shigeto Ikeda 1968 das flexible fiberoptische Bronchoskop in die medizinische Praxis eingeführt [46, 60, 61]. C.A. Foster nutzte 1977 ein nur 4 mm messendes fiberoptisches Bündel um die blinde nasale endotracheale Intubation bei Kindern zu vereinfachen [62].

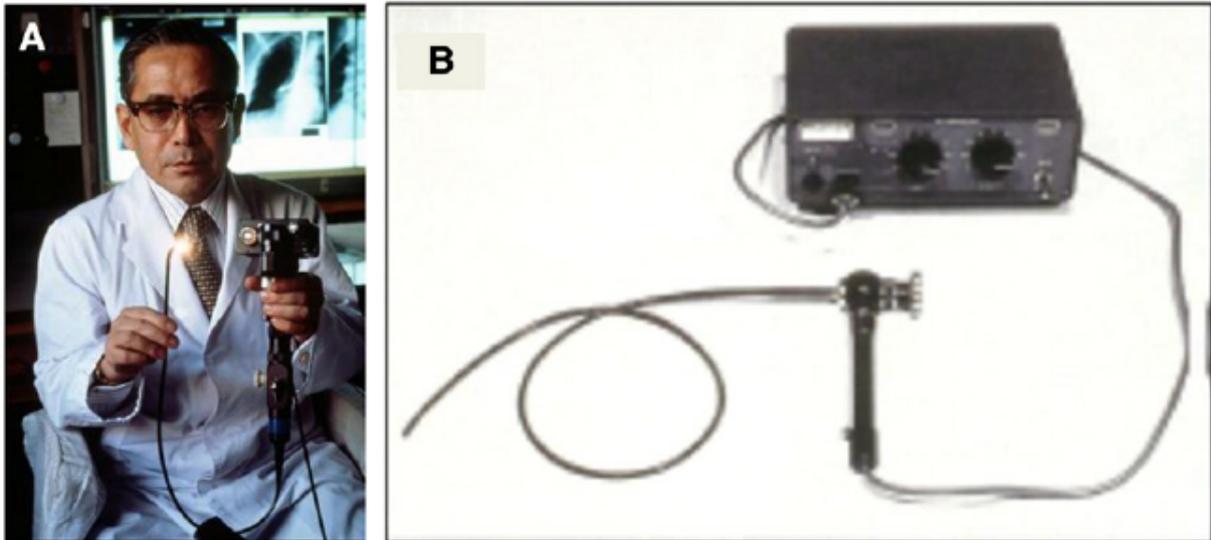


Abbildung 3: A. Shigeto Ikeda, B. Sein erstes flexibles Bronchoskop [48]

Zur Vereinfachung der endotrachealen Intubation von Kindern mit Pierre-Robin-Sequenzen entwickelte Bonfils 1983 das Optical Stylet von Katz und Berci aus 1979 weiter [63, 64]. Die schwierigen Intubationsbedingungen bei Kindern mit kongenitalen Syndromen oder anderen Prädiktoren für einen schwierigen Atemweg führten zur Entwicklung einer Vielzahl von Intubationsendoskopen und anderer Intubationshilfen [62, 65-67].

Der Hals-Nasen-Ohrenarzt Peter Bumm stellte 1992 eine von ihm entwickelte Intubationsmethode vor, bei welcher ein starres Endoskop mit dem konventionellen Laryngoskop kombiniert wurde. Über die Winkeloptik sollte auch bei laryngoskopisch schwer bis gar nicht einsehbarer Glottis, um Intubationshindernisse herum gesehen werden können und der ETT sicher eingeführt werden können [68]. Mit dieser Technik ebnete er den Weg für die Entwicklung der modernen Videolaryngoskopie [69], wenngleich seine Methode in deutschen Krankenhäusern kaum zum Einsatz kam [70]. Auf Bumms Entwicklung folgten das Bullard Laryngoskop (1990), welches Spiegel und fiberoptische Bündel nutzt um „um die Ecke“ sehen zu können [71, 72], das WuScope (1994) welches einen starren Laryngoskopspatel mit einem flexiblen Fiberskop kombinierte [73, 74] sowie das starre Intubationsfiberskop Upsherscope [75] (1995).

Weiss präsentierte 1998 ein Video-optical Intubation Stylet aus einem dünnen biegsamen Metallelement und einem ultradünnen fiberoptischen Element [76]. Ähnlich einem Führungsstab wurde dieses ebenfalls im Tubus angebracht um so bei der unerwartet schwierige endotracheale Intubationen zu erleichtern. Am Modell war das Video-optical Intubation Stylet sowohl dem konventionellen Stylet als auch dem Bullard Laryngoskop überlegen [76-78].

Neben dem Wunsch nach verbesserten Intubationsbedingungen bei Patienten mit erwartet und unerwartet schwierigem Atemweg, kommt der Videotechnologie vor allem im Rahmen der Lehre in der Anästhesiologie eine wichtige Rolle zu [79].

Die Schwierigkeiten beim Erlernen der endotrachealen Intubation sind hinreichend bekannt, da es durch die beengten anatomischen Verhältnisse für den Schüler wie auch den Supervidierenden kaum möglich ist, die direkte Laryngoskopie kontinuierlich nachzuvollziehen [79]. Levitan entwickelte 1994 mit der „AirwayCam“, einer an einem Kopfring befestigten Videokamera, die an der dominanten Pupille ausgerichtet wird, die Möglichkeit den kompletten direkten Laryngoskopie- und Intubationsvorgang auf einen Monitor zu übertragen [80-82]. 1995 befestigten Henthorn et. al ein flexibles Bronchoskop an einem konventionellen Miller Spatel um den Fortschritt der Schüler bei der Laryngoskopie und endotrachealen Intubation zu überprüfen. Sie schufen so einen ersten „Prototypen“ des Videolaryngoskops [83].

2001 stellten Weiss et al. eines der ersten Videolaryngoskope vor, bestehend aus einem modifizierten Laryngoskopgriff, modifizierten Miller Spateln in unterschiedlichen Größen und einem kleinen fiberoptischen Endoskop [84, 85]. Dieses Endoskop wird durch einen Führungskanal in Handgriff und Spatel bis kurz vor die Spatelspitze geschoben und ermöglicht so die Übertragung der Sicht von der Spitze des Laryngoskops auf ein Display.

Kurz nach Weiss folgten 2002 Berci und Kaplan mit der Vorstellung des Video Macintosh Intubating Laryngoscope System (VMS, Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland) [86].

Bei der Vielzahl der seit 2000 auf dem Markt verfügbaren Videolaryngoskopen lassen sich vor allem drei Designs unterscheiden: VL vom Typ Macintosh, bei denen die Form der des traditionellen Macintosh Spatels [87] (bspw. McGrath-MAC®, Medtronic,

Dublin, Irland; C-MAC-S®, Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland) entspricht, VL mit hyperanguliertem Spatel (wie bspw. das McG oder GlideScope®, Verathon, Bothell, USA) sowie VL mit einer Führungsschiene für den Tubus (bspw. Airtraq™, Prodol Meditec, Getxo, Spanien oder KingVision™, Ambu, Ballerup, Dänemark) [51].

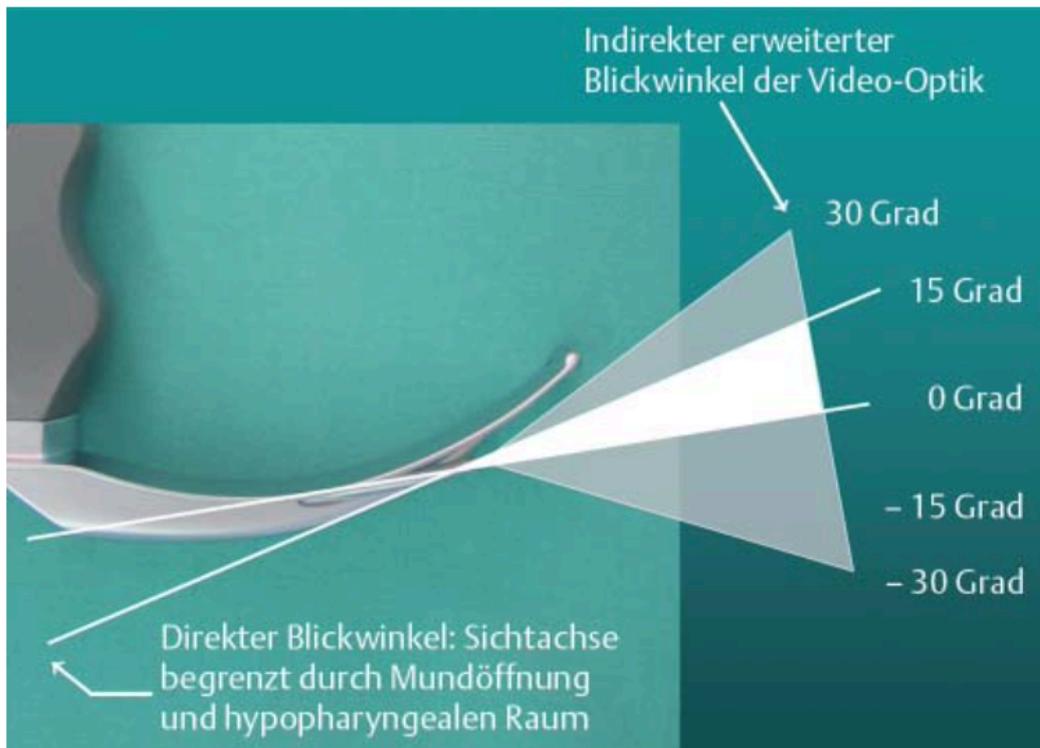


Abbildung 4: Unterschiedliche Blickwinkel bei direkter und indirekter Laryngoskopie [79]

2.2 Vor- und Nachteile der Videolaryngoskopie

Die direkte Laryngoskopie, zumeist mit dem Macintosh Spatel ist seit den 1940er Jahren das Standardverfahren der Anästhesisten zur Intubation von Patienten, im OP, prähospital wie auf der Intensivstation [57, 88]. Aufgrund der Notwendigkeit der Ausrichtung der oralen, pharyngealen und laryngealen Achsen, ist es oft schwer oder kaum möglich anatomische Einschränkungen oder andere Behinderungen der Sichtachse, beispielsweise Tumore, zu umgehen.

Die Erfolgsrate im Erstversuch ist für die direkten Laryngoskopie bei Patienten mit normalem Atemweg mit 86–100 % [22, 89, 90] ähnlich hoch wie bei der Videolaryngoskopie mit 90,9–96 % [91, 92]. Außerhalb der Routineumgebung im OP nimmt die Erfolgsrate allerdings stark ab, so wird sie prähospital mit 79 % angegeben [93], in der Notaufnahme mit 63,2 % [13] und auf der Intensivstation werden Erfolgsraten von 57 bis 70,3 % [94-96] beschrieben. Für die Videolaryngoskopie sind die beschriebenen Erfolgsraten außerhalb der kontrollierten OP-Umgebung ebenfalls etwas niedriger, jedoch deutlich höher als bei der direkten Laryngoskopie. Für die Anwendung als Rettungstechnik im OP nach ein bis zwei fehlgeschlagenen Intubationsversuchen mit direkter Laryngoskopie wird die Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch mit 92–95 % angegeben [17, 28]. Prähospital wird die Erfolgsrate im ersten Versuch mit Videolaryngoskopen ebenfalls mit 95 % [93] angegeben, für Intubationen in der Notaufnahme mit 79–85,7 % [13, 35, 97], auf der Intensivstation liegt die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch mit Videolaryngoskopen bei 84 % [95].

Ähnliche Unterschiede finden sich auch für die erreichten Sichtverhältnisse bei der direkten Laryngoskopie. Sowohl nach fehlgeschlagener direkter Laryngoskopie im Patienten als auch bei verschiedenen Simulationen eines schwierigen Atemwegs am Modell lässt sich mit der Videolaryngoskopie eine deutlich bessere Sicht auf die Glottis erreichen [17, 98]. Während erfahrene Anwender bei Patienten mit normalem Atemweg in 96–100 % der Fälle einen C&L Grad 1 oder 2 erreichen [22, 89], gelingt dies bei simuliertem schwierigem Atemweg nur noch in 81 % der Fälle [99]. Auf der Intensivstation wird das Erreichen von C&L Grad 1 oder 2 für 61,8 % der Patienten angegeben [96]. Dementsprechend werden dort wie auch bei Simulationen schwieriger Atemwegsszenarien am Modell bis zu 12,66 % ösophageale Intubationen festgestellt. Mit dem Videolaryngoskop kann diese Zahl auf bis zu 1,2 % reduziert werden [96, 99].

Noppens et al. wendeten 2010 in einer Studie das McG bei Patienten an, bei welchen zuvor in der direkten Laryngoskopie lediglich C&L Grad 3 (88 % der Patienten) oder 4 (12 % der Patienten) erreicht werden konnte. In allen Fällen verbesserte sich die Sicht um mindestens einen Grad, so dass alle Patienten mit McG C&L Grad 1 (87 % der Patienten) oder Grad 2 (13 % der Patienten) erreichten [17]. Bei Patienten mit normalem Atemweg in kontrollierter OP-Umgebung unterscheiden sich für erfahrene Anwender die Intubationszeiten mit einem konventionellen Laryngoskop zu einem Videolaryngoskop allerdings kaum (Median 18 s [15–21,5 s] vs 18 s [15–23 s]) [22]. Sulser et al. zeigten auch für die Notaufnahme bei Anwendung durch erfahrene Anästhesisten kaum Unterschiede in der Intubationszeit zwischen direkter und indirekter Videolaryngoskopie (31 ± 9 s vs. 32 ± 11 s, $p = 0,51$ [100]). Ebenso sind bei den insgesamt verlängerten Intubationszeiten auf Intensivstationen mit einem jeweiligen Median von 3 (Range 2–4) Minuten keine signifikanten Unterschiede zwischen direkten und indirekte Laryngoskopie festzustellen [94].

Inzwischen gilt die Videolaryngoskopie in einigen anästhesiologischen Kliniken bereits als Standardverfahren zur endotrachealen Intubation [101], und es gibt Literatur, die dafür plädiert sie zur Routinemethode werden zu lassen [102, 103]. Im aktuellen Cochrane Review von Hansel et al. findet sich über alle Studien robuste Evidenz zugunsten der Videolaryngoskopie, unabhängig von der Art des Videolaryngoskops, verglichen mit der direkten Laryngoskopie mit einem Macintosh Spatel [14]. Gleichzeitig betonen die Autoren, dass sie keine ihrer Ergebnisse mit hoher Sicherheit beschreiben konnten. Dies war zum einen den Limitationen der Studiendesigns geschuldet, zum anderen dem, für alle ausgewerteten Studien bestehenden, hohen Risiko für Performance und Detection Bias aufgrund der fehlenden Verblindung der Anwender und Auswerter geschuldet war. Insbesondere die Intubationszeit konnte von Hansel et al. nicht berücksichtigt werden, da eine ausgeprägte Heterogenität bei der Definition dieses Endpunktes bestand. Ebenso waren Anwenderkollektiv und Patientengut der untersuchten Studien sehr heterogen. Neben unterschiedlich erfahrenen Ärzten waren auch Rettungsassistenten und Anästhesiepflegekräfte Anwender in den Studien, die Anwendung wurde sowohl am normalen wie auch am schwierigen Atemweg, bei elektiven Eingriffen, prähospital und in Notaufnahmen sowie bei schwangeren und adipösen Patienten untersucht. Die Vielzahl der Limitationen begründet auch die fehlende generelle Empfehlung der Autoren, die

Videolaryngoskopie als Standardmethode zur Intubation einzusetzen [14]. Die Videolaryngoskopie zeigt klare Vorteile gegenüber der konventionellen Laryngoskopie hinsichtlich der bekannten Faktoren für Intubationstraumata wie weniger Intubationsversuche, weniger Kraffteinwirkung auf die Zähne [104]. Zudem hat sie geringe hämodynamische Auswirkungen, in der Literatur wird der relative Anstieg des RPP (Kreuzprodukt aus Herzfrequenz und systolischem Blutdruck) bei Intubation um 27 % geringer als bei direkter Laryngoskopie beschrieben [105]. Dennoch werden von Greer et al. in 0,234 % der Fälle Verletzungen der pharyngealen Wandstrukturen in Zusammenhang mit ihrer Anwendung beschrieben, signifikant mehr als bei der direkten Laryngoskopie mit 0,015 % ($p < 0,005$) [69, 106]. Zurückführen lässt sich die vor allem auf die zunächst blinde Einführung des ETT in den Mundraum, insbesondere bei Nutzung eines Führungsstabs, der bei VL mit hyperanguliertem Spatel benötigt wird. Verletzungen des Pharynx treten dementsprechend primär bei der Nutzung hyperangulierter Spatel auf [107, 108]. Die Lernkurven der Videolaryngoskopie werden unterschiedlich beschreiben. Verglichen mit der direkten Laryngoskopie mit Macintosh Spatel zeigten Savoldelli et al. beim McG und GlideScope® eine steile Lernkurve auf, nach fünf Versuchen unterschieden sich die Zeiten bis zur erfolgreichen Intubation nicht mehr signifikant [109]. Cortellazzi et al. stellten in ihrer Studie für Anwender ohne Erfahrung mit der Videolaryngoskopie fest, dass nach 76 Intubationen mit einem VL mit hyperanguliertem Spatel die Wahrscheinlichkeit einer optimalen Intubation im Erstversuch bei $> 90\%$ lag [110]. Dagegen ist unter optimalen elektiven Gegebenheiten ein Minimum von 50 Intubationen mit Hilfe eines konventionellen Macintosh Laryngoskops nötig, um eine Erfolgsrate von mindestens 90 % bei maximal zwei Intubationsversuchen pro Patient zu erreichen [111]. Trotz der mittlerweile weiten Verbreitung und guten Verfügbarkeit von Videolaryngoskopen sollte weiterhin auch die flexible endoskopische Intubation unter Spontanatmung von allen Anästhesisten sicher durchgeführt werden können, da sie weiterhin das sicherste Verfahren bei erwartet schwierigen Atemweg darstellt [112, 113]. In den 37 Studien, die Cabrini et al. in ihrem Review von 2019 einschlossen kam es insgesamt zu 12 erfolglosen Intubationsversuchen (0,59 %) und 7 schwerwiegenden unerwünschten Ereignissen (0,34 %). Aufgrund der Heterogenität der inkludierten Studien kamen die Autoren zu dem Schluss, dass die flexible endoskopische Intubation auch unter verschiedenen Ablaufprotokollen und mit unterschiedlichen Lokalanästhetika und Sedativa ein sehr

sicheres und effektives Verfahren zur Sicherung des erwartet schwierigen Atemwegs darstellt [114].

Im europäischen Ausland gibt es bereits Kliniken, in denen die Videolaryngoskopie sowohl mit Macintosh Spateln als auch mit hyperangulierten Spateln als Standardintubationstechnik geführt wird und konventionelle Macintosh Laryngoskope nicht mehr in der klinischen Routine eingesetzt werden [101, 110]. Im klinischen Alltag in Deutschland sind Videolaryngoskope derzeit die erste Alternative zur Intubation bei unerwartet schwierigem Atemweg [1]. Zudem sind Videolaryngoskope die Methode der zweiten Wahl zur Intubation von wachen Patienten, wenn ein flexibles fiberoptisches Intubationsendoskop nicht verfügbar ist [115].

Unabhängig von der erwarteten Schwierigkeit der Intubation hat sich die Videolaryngoskopie während der COVID-19 Pandemie für viele Anästhesisten auch als bevorzugte Methode zur Intubation vor allem von COVID-19 Patienten etabliert [102]. Im Vergleich zur direkten Laryngoskopie wurde mit der Videolaryngoskopie die Menge der Tröpfchen und Aerosole, welcher der intubierende Arzt direkt ausgesetzt wurde, signifikant reduziert und der „Mund zu Mund“ Abstand zwischen Arzt und Patient signifikant vergrößert [116, 117].

2.3 Indikationen und Vorteile der starren Intubationsendoskopie

In den aktuellen Guidelines for Management of the Difficult Airway der ASA wird die starre Bronchoskopie als Notfalldevice genannt. Sie soll nach mehr als einem erfolglosen Versuch den Atemweg zu sichern in Erwägung gezogen werden [118]. Die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch wird bei Patienten mit normalem Atemweg für Intubationsendoskope mit 90,9–100 % angegeben [38, 91]. Auch bei der Simulation eines schwierigen Atemwegs am Modell werden von erfahrenen Anwendern bis zu 100 % erfolgreiche Intubationen beim ersten Versuch erreicht [119], ungeübte Anwender erreichen hier eine Erfolgsrate von 96,2 % [39]. Wurde der schwierige Atemweg an Patienten im OP mit einer Halskrause simuliert, konnten mit dem Sc 72 % der Patienten, mit dem Bonfils 63 % der Patienten im ersten Versuch erfolgreich intubiert werden. Eine dem C&L Grad 1 entsprechende beste fiberoptische Sicht konnte hier bei 79 % (Sc) bzw. 61 % der Patienten erreicht werden [33]. Erfahrene Anwender erreichten bei Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren mit dem Sc eine

Erfolgsrate von 55 % im ersten Intubationsversuch. Dabei kam es zu einem durchschnittlichen Blutdruck-Anstieg um 21 mmHg direkt nach Intubation. Bei 18,5 % der Patienten trat zudem ein Abfall der SpO₂ auf <90 % auf, bei 44,44 % wurden blutige Rückstände am Instrument identifiziert [120]. Bei Patienten mit normalem Atemweg werden die Intubationszeiten für das Bonfils in der Literatur mit Mittelwerten von $28,8 \pm 6,6$ s und für das Sc mit $64,86 \pm 54,166$ s beschrieben [91, 121]. Wurden Intubationsendoskope bei Patienten mit simuliertem schwierigen Atemweg angewendet, finden sich für die Intubationszeiten Mediane von 34–45 s (IQR 20–84 bzw. 25–134 s) [33] und ein Mittelwert von 64 ± 24 s [122]. Starre und halbstarre Intubationsendoskope werden auch für die wache Intubation von Patienten mit erwartet schwierigem Atemweg genutzt, hier finden sich für das Sc ein Median von 58 s (IQR Sc 38-111 s) und für das Bonfils ein Mittelwert von 58 ± 16 s Intubationszeit [123, 124].

Um die Technik in Notfallsituationen sicher zu beherrschen, ist es für den Anwender essentiell, ausreichend Erfahrung in der Anwendung bei Patienten mit normalem Atemweg zu haben [1]. Altun et al. zeigten 2019, dass neue Anwender sowohl beim Sc als auch beim Bonfils Intubationsendoskop ein Median von 26 Anwendungen (95 % CI = 23,5–32,5) benötigten um eine 85 % Erfolgsrate für endotracheale Intubation mit dem jeweiligen Instrument zu erreichen [125]. Hier berichteten die unerfahrenen Nutzer eine einfachere Handhabung des Bonfils Intubationsendoskops. Insgesamt wird für das starre Bonfils Intubationsendoskop von einer Lernphase von 20 Intubationen ausgegangen, um eine ausreichende Erfahrung für den routinemäßigen Einsatz bei Patienten ohne schwierigen Atemweg zu erlangen [126, 127].

In einem Vergleich von Kleine-Brueggene et al war die Intubationszeit bei erfahrenen Anästhesisten, nach Training mit beiden Instrumenten am Modell, mit dem Sc mit einem Median von 34 s (IQR 20–84) gegenüber dem Bonfils mit 45 s (IQR 25–134 s) bei Patienten mit einem simulierten schwierigen Atemweg signifikant kürzer ($p = 0,04$) [33].

Weitere Indikationen [79]:

- Unerwartet schwierige Laryngoskopie
 - Laryngoskopie mit C&L Grad III oder IV
- Erwartet schwierige Laryngoskopie

- Einsatz in der Allgemeinanästhesie (bei dokumentierter Möglichkeit der Maskenbeatmung) vs. Wachintubation in topischer Lokalanästhesie
 - Eingeschränkte HWS-Beweglichkeit ($\leq 80^\circ$) [128]
 - Eingeschränkte Mundöffnung (< 3 cm) [129]
 - Fehlbildungen/ Läsionen/ Traumen in der Mund-Kiefer-Gesichtsregion

2.4 Der „schwierige Atemweg“

2.4.1 Definition des schwierigen Atemwegs

Laut der S1 Leitlinie Atemwegsmanagement werden „unter dem Begriff „schwieriger Atemweg“ Probleme zusammengefasst, die während der Atemwegssicherung auftreten können. Ungeachtet der Weiterentwicklung der Techniken des Atemwegsmanagements – beispielsweise durch Videolaryngoskope und starre oder flexible Endoskope – folgen die Definitionen des schwierigen Atemwegs auch heute noch den beiden traditionellen Techniken Maskenbeatmung und Intubation mithilfe der direkten Laryngoskopie“ [1].

2.4.2 Inzidenz des schwierigen Atemwegs

Die Inzidenz des schwierigen Atemwegs ist heterogen und schwankt aufgrund der verschiedenen Klassifikationen und in Abhängigkeit vom behandelten Patientengut, oft in einem Bereich von 0,08 bis 25 % [130]. Schnittker et al. analysierten 2019 Daten von 861.533 durchgeführten Allgemeinanästhesien zwischen 2015 und 2017 im australischen Bundesstaat Victoria. Sie stellten über alle Altersgruppen für 2015/2016 eine Inzidenz von 0,52 % schwierigen oder unmöglichen Intubationen und für 2016/2017 eine Inzidenz von 0,43 % fest [131].

2.4.3 Prädiktoren des schwierigen Atemwegs

Vor jeder Allgemein-/ und Regionalanästhesie erfolgt eine Untersuchung des Patienten auf Prädiktoren eines möglicherweise schwierigen Atemwegs im Rahmen der anästhesiologischen Untersuchung. Auch in einer Notfallsituation sind oft vor der Einleitung der Allgemeinanästhesie einige Prädiktoren durch Blickdiagnosen und gezielte klinische Untersuchungen zu identifizieren [132].

Die Prädiktoren des erwarteten schwierigen Atemwegs werden zumeist unterteilt in die Vorhersage der schwierigen bis unmöglichen Maskenbeatmung, Laryngoskopie und Intubation.

Nachdem in den ersten Jahren nach der Einführung der Videolaryngoskope eine hochgradig eingeschränkte Mundöffnung, die das Einführen des jeweiligen Videolaryngoskops nicht mehr erlaubt als einziger Prädiktor für eine schwierige indirekte Laryngoskopie galt, haben sich im Laufe der letzten Jahre mit steigender Zahl der Anwendungen und dokumentierter Schwierigkeiten bei der indirekten Laryngoskopie einige Merkmale als Prädiktoren einer schwierigen indirekten Laryngoskopie herauskristallisiert [69, 115, 129].

2.4.4 Prädiktoren für eine schwierige Maskenbeatmung

- Narben, Tumoren, Entzündungen, Verletzungen von Lippen und Gesicht
- Makroglossie, andere pathologische Zungenveränderungen
- Bestrahlung oder Tumoren im Bereich der Halsregion
- Pathologische Veränderungen von Pharynx, Larynx und Trachea
- Männliches Geschlecht
- Alter > 55 Jahre
- Schnarchanamnese bzw. Schlafapnoe-Syndrom
- Desolater Zahnstatus, Zahnlosigkeit
- Vollbartträger
- Mallampati Grad III oder IV
- Deutlich eingeschränkte Protrusion des Unterkiefers
- BMI > 30 kg/ m²
- Thyreomentaler Abstand < 6 cm

[1, 115]

2.4.5 Prädiktoren für eine schwierige direkte Laryngoskopie

- Schwierige Intubation in der Anamnese
- Stridor-Tumore, Abszesse im Kopf-/ Halsbereich
- Zustand nach Bestrahlung im Kopf-/ Halsbereich
- Prognathie/ Retrognathie, Dysgnathie
- Raumfordernde Struma
- Makroglossie
- Mandibulo- und maxillofaziale Dysostosen
- Eingeschränkte Mundöffnung (< 3 cm) [133]
- Eingeschränkte Kopfreklination (< 80°) [128]
- Thyreomentaler Abstand < 6 cm
- Kurzer oder umfangreicher Hals
- Schlafapnoesyndrom
- Schwangerschaft [134, 135]
- Mallampati Grad III oder IV

[1, 115]

2.4.6 Prädiktoren für eine schwierige Videolaryngoskopie

- Cormack & Lehane III oder IV bei direkter Laryngoskopie
- Eingeschränkte Mundöffnung (< 3 cm)
- Lagerung des Patienten in verbesserter Jackson-Position erschwert VL mit hyperanguliertem Spatel
- Makroglossie
- Sekret, Blut oder Erbrochenes im Mundraum
- Verminderter sternothyreoidaler Abstand
- Pathologische Anatomie des Halses
- Vor-OPs im Kopf-/ Halsbereich
- Radiatio im Kopf-/ Halsbereich
- Tumormassen im Halsbereich

[69, 115, 129]

2.5 Beurteilung des Atemwegs

2.5.1 Cormack & Lehane Klassifikation

Die laryngoskopische Einsehbarkeit der Glottis und Aryknorpel wird nach der von Cormack und Lehane entwickelten Klassifikation wie folgt eingeteilt [136]:

- Grad I: Die gesamte Larynxöffnung ist einsehbar
- Grad II: Nur der hintere Anteil der Larynxöffnung ist sichtbar
- Grad III: Nur die Epiglottis sichtbar
- Grad IV: Nur weicher Gaumen/ Zungengrund sichtbar

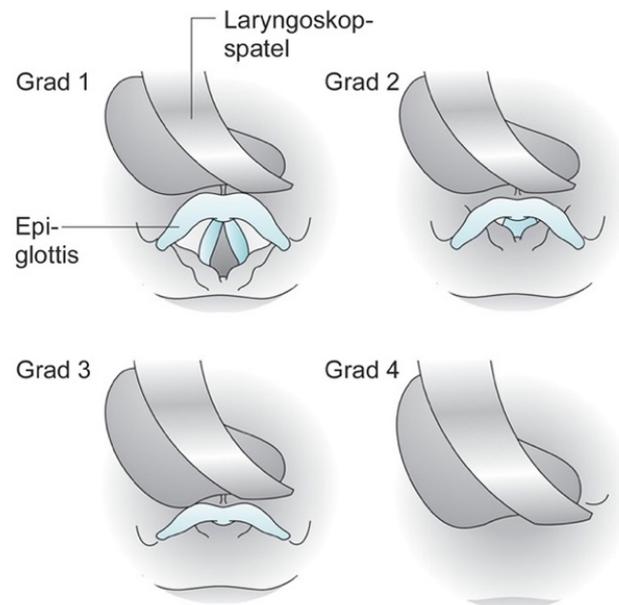


Abbildung 5: Cormack und Lehane Klassifikation [137]

2.5.2 POGO Score

Die Percentage of glottic opening scale (POGO) wurde von Levitan et al. 1998 als einfacherer und genauerer Weg zur Beurteilung der Sicht auf die Glottis eingeführt [138, 139]. Ein POGO Score von 100 % wird definiert als Sicht auf die gesamte Glottisöffnungsfläche von der anterioren Kommissur bis zu den Aryknorpeln. Demgegenüber beträgt der POGO Score 0 %, wenn die Glottis nicht einsehbar ist [139].

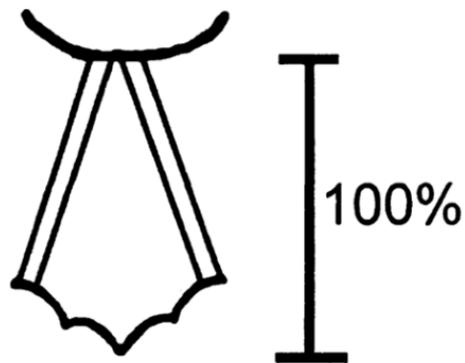


Abbildung 6: POGO-Scale [138]

2.5.3 Mallampati-Klassifikation

Nach Mallampati korreliert die Inspektion der Mundhöhle einschließlich der Identifikation von enoralen und oropharyngealen Leitstrukturen mit der Visualisierung des Larynxeinganges bei der direkten Laryngoskopie. Daher wurde von Mallampati 1985 ein Bewertungssystem eingeführt, bei welchem die Zungengröße im Verhältnis zur Mund-/ Rachenhöhle beurteilt wird [140].

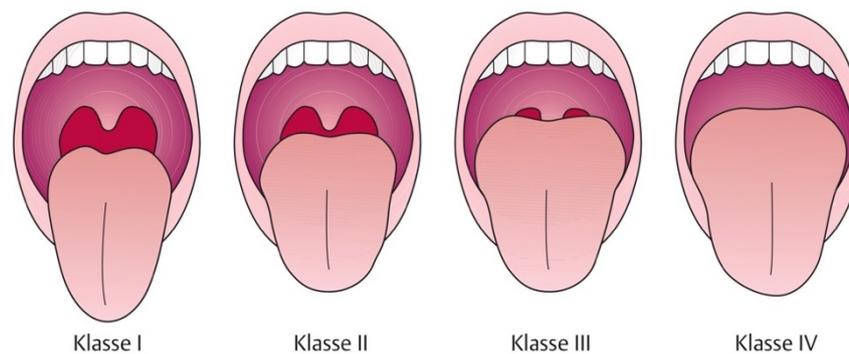


Abbildung 7: Mallampati-Klassifikation [141]

Mallampati- Grad III und IV zeigen mit einer Sensitivität von 39–54,5 %, einer Spezifität von 76,6–84 % und einem positiven Vorhersagewert von 26,8–32 % eine schwierige Intubation an [142, 143].

2.5.4 Messung des thyromentalen Abstands (nach Patil)

Die Messung des thyromentalen Abstands (Distanz zwischen Kinnspitze und Schildknorpelprominenz) unter maximaler Kopfreklination nach Patil [144] beinhaltet zwei wichtige Aspekte für das Atemwegsmanagement: Den Mandibularraum (Raum vor dem Larynx) sowie die Beweglichkeit der Halswirbelsäule [145]. Ein TMD von $> 6,5$ cm weist auf eine gute Reklinationsfähigkeit der Halswirbelsäule hin, die Sensitivität für die Messung des thyromentalen Abstands wird mit 23,9–51,5 %, die Spezifität mit 85,2–99,4 % und der positive Vorhersagewert mit 20–81,6 % angegeben [128, 143, 146, 147].

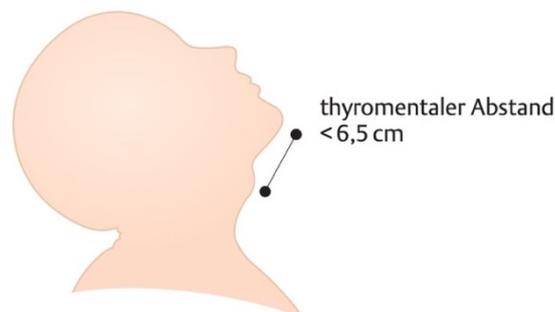


Abbildung 8: Thyromentaler Abstand nach Patil [148]

2.5.6 Kopfreklination

Eine eingeschränkte Kopfreklination $\leq 80^\circ$ allein weist mit einer Sensitivität von 10–13 %, einer Spezifität von 93–99% und einem positiven Vorhersagewert von 18–75,8 % auf eine schwierige Laryngoskopie hin [128, 142, 147]

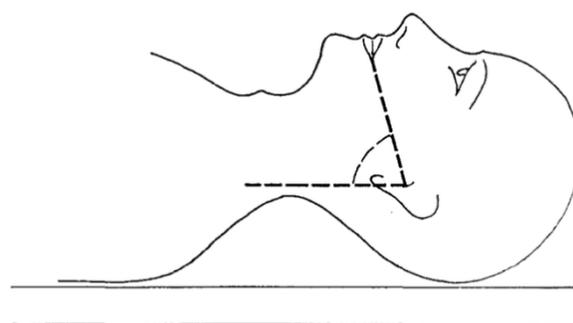


Abbildung 9: Messung der Kopfreklination über den Winkel zwischen der Verbindungslinie von Mundwinkel und Tragus mit der Horizontalen [128].

3. Material und Methoden

3.1 Studienort und Studiendesign

Die klinische Studie wurde von März bis Mai 2015 durch die Klinik für Anästhesiologie in der Abteilung für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Universitätsmedizin Mainz durchgeführt. Es handelt sich hierbei um eine monozentrische, prospektive, kontrollierte, randomisierte Studie. Die Randomisierung wurde durch den Studienleiter und die Doktorandin mit GraphPad® QuickCalcs (<http://www.graphpad.com/quickcalcs/randmenu>) durchgeführt.

3.2 Ethik

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz genehmigt (Registration Nr.: 837.330.14 (9569)), sie ist unter der Nummer NCT02348736 auf ClinicalTrial.gov registriert. Alle Patienten wurden ausführlich aufgeklärt, eine schriftliche Einverständniserklärung lag mindestens einen Tag vor der Randomisierung vor.

3.3 Ein- und Ausschlusskriterien

Es wurden ausschließlich Patienten unter Allgemeinanästhesie mit der Notwendigkeit einer endotrachealen Intubation bei einem elektiven chirurgischen Eingriff für die Studie rekrutiert.

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren ein Alter jünger als 18 Jahre, bestehende Schwangerschaft, Notfallpatienten, ASA Klassifikation über 3, gastroösophagealer Reflux in der Anamnese oder andere Faktoren für ein potenzielles Risiko der Regurgitation von Mageninhalt. Patienten mit erwartetem schwierigem Atemweg und/ oder Indikation für eine wache endoskopische Intubation wurden ebenfalls ausgeschlossen. Ein schwieriger Atemweg war definiert als Mallampati-Klassifikation III oder IV, Mundöffnung von weniger als 30 mm oder einen TMD von weniger als 65 mm [1]. Weitere Ausschlusskriterien waren eine fehlende Einwilligung oder die gleichzeitige Teilnahme an einer anderen Studie.

3.4 Material

3.4.1 SensaScope® Intubationsendoskop

Das SensaScope Intubationsendoskop (Sc; Acutronic Medical Systems AG, Hirzel, Schweiz) wurde von Peter Biro entwickelt und 2006 in einer ersten Version auf den Markt gebracht. 2011 wurde die Weiterentwicklung mit einem einzelnen Kabel für Licht und Videotechnik eingeführt. Das Sc nimmt als semirigides Hybridinstrument eine Sonderstellung unter den Intubationshilfsmitteln ein. Es besteht aus einer s-förmigen halbstarren Fiberoptik mit einer Länge von 43 cm und einem Durchmesser von 6 mm [149]. Diese anatomische S-Form soll eine intuitive Handhabung mit einer Hand ermöglichen und die Visualisierung der Glottis vereinfachen [38, 150]. Die s-förmige Krümmung des starren Endoskopteils soll zudem eine flüssige und atraumatische tiefe Insertion in die Trachea ermöglichen [38].



Abbildung 10: SensaScope Intubationsendoskop



Abbildung 11: Flexible Spitze des Sc in maximaler Flexion

Am distalen Ende des Instruments befindet sich eine 3 cm lange, steuerbare, flexible Spitze, die in der Sagittalebene mithilfe eines Hebels am Handgriff in beide Richtungen um 75° abgelenkt werden kann [38]. Nach den ersten Prototypen mit jeweils einem schweren Kabel für Videosignal und Kaltlicht, hat das hier genutzte Sc ein einziges Kabel als Verbindung zum Videointerface, was die Manövrierbarkeit deutlich erleichtert und die Videoqualität drastisch verbessert [150].

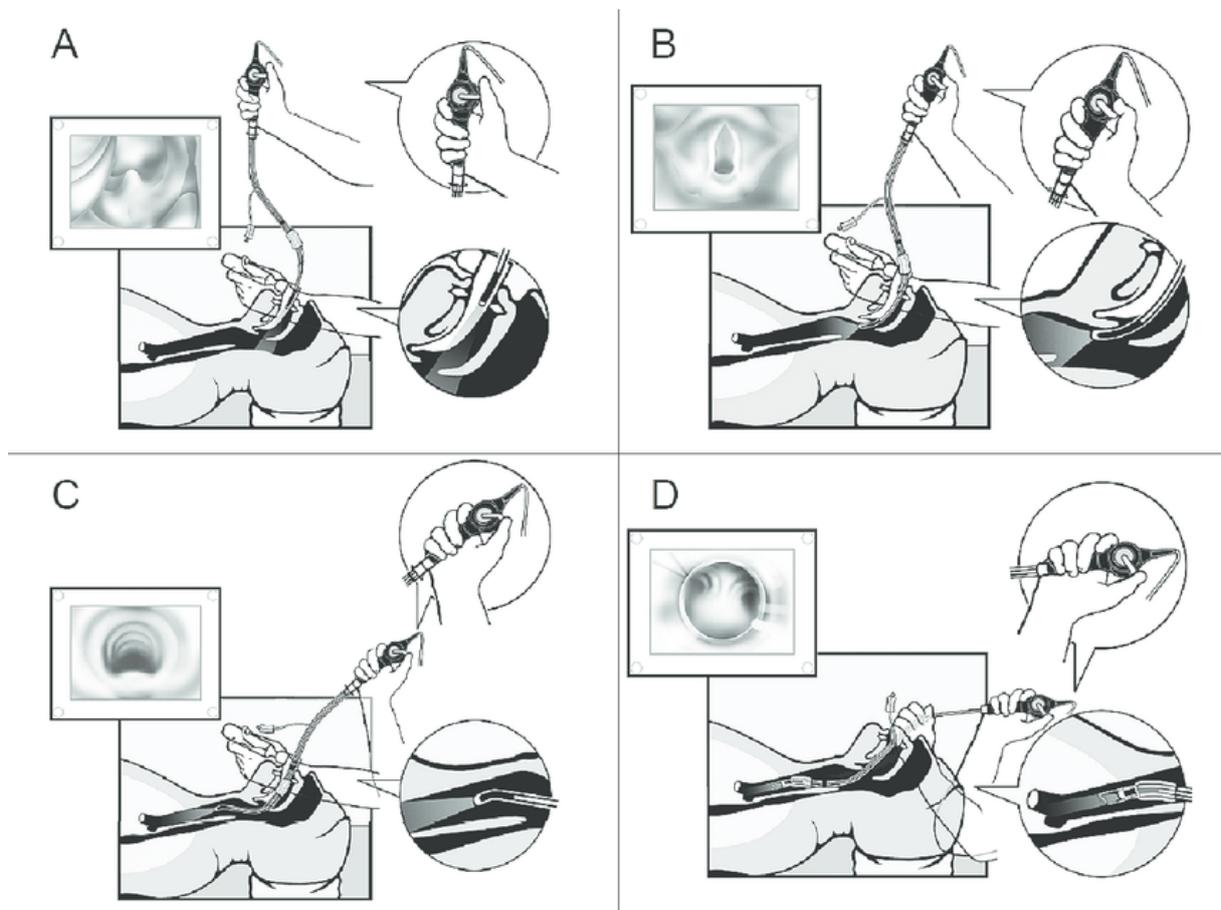


Abbildung 12: Ablauf der Intubation mit dem SensaScope [151]

Um eine 45-minütige Desinfektionszeit des Sc zu vermeiden und einen schnellen erneuten Einsatz zu gewährleisten nutzen wir den SensaSleeve™, der über den kompletten Schaft des Sc gezogen wird [150]. Dementsprechend wurde auch der genutzte ETT mit dem in der Abteilung üblichen Silikonöl behandelt, um ein flüssiges Aufschieben auf das Sc zu gewährleisten.



Abbildung 13: Das vorbereitete Sc mit aufgefädeltem ETT

3.4.2 McGrath® Series 5 Videolaryngoskop

Das McGrath Series 5 Videolaryngoskop (McG; Medtronic®, Dublin, Irland) wurde von Matthew McGrath 1999 im Rahmen eines Wettbewerbs zum Neudesign des klassischen Laryngoskops der britischen Royal Society of Arts entwickelt und 2006 in die Klinik eingeführt [152, 153]. Als eines der ersten komplett portablen Videolaryngoskope mit stark gekrümmtem (hyperanguliertem) Spatel wird es mit einer einzelnen AA-Batterie betrieben.



Abbildung 14: McGrath Series 5 Videolaryngoskop

Es besteht aus dem Handgriff, an dessen distalem Ende ein 33 x 22,5 mm großer LCD-Farbmonitor angebracht ist sowie dem diskonnektierbaren Metallspatel (CameraStick™). Um den Sichtwinkel für den Anwender optimal einzustellen, kann der Monitor horizontal um bis zu 135° und vertikal um bis zu 90° rotiert werden.

An der Spitze des CameraStick™ befindet sich eine VGA-Kamera sowie eine LED-Lichtquelle. Der Metallspatel kann in drei verschiedenen Positionen am Handgriff arretiert werden, wodurch das McG sowohl für Kinder ab 15 kg als auch für erwachsene Patienten geeignet ist [154]. Auf den CameraStick™ wird vor der Nutzung des McG ein durchsichtiger hyperangulierter Einmalspatel aufgesetzt.



Abbildung 15: Camerastick und Display des McG.

3.4.3 Führungsstab in Hockeyschläger-Form

Für die Intubation mit dem McG wurde der verwendete ETT auf einen Führungsstab in 90° vorgebogener Hockeyschläger-Form geschoben (siehe Abbildung 16). Dies ist bei allen Videolaryngoskopen mit hyperanguliertem Spatel notwendig, um der starken Krümmung des Spatels zu folgen [155-157]. Beim Passieren der Glottisebene wurde der Führungsstab komplett entfernt und der ETT um 180° gedreht.

3.4.4 Beatmungsgeräte

Für die Studie wurden die Beatmungsgeräte Pallas® und Primus® der Firma Dräger (Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck, Deutschland) genutzt.

3.4.5 Zeiterfassung

Zur Zeiterfassung wurde die im Monitorsystem (Philips MX500®, Philips GmbH, Hamburg, Germany) integrierte Stoppuhr genutzt. Bei allen Interventionen war entweder die Doktorandin oder eine, nicht an der Patientenversorgung beteiligte, Studienassistentin zur Dokumentation der Zeiten anwesend.

3.5 Anwender

Alle Intubationen wurden von einem Arzt in Weiterbildung oder einem Facharzt der Anästhesiologie (praktische Erfahrung zwischen 2 und 15 Jahren) durchgeführt. Beide Anwender waren geübt und erfahren in der Videolaryngoskopie (> 100 Anwendungen) sowie in der Anwendung flexibler und starrer Intubationsendoskope (jeweils > 25–50 Anwendungen) [109, 158-160]. Vor dem Beginn der Studie wurde das Sc im Studienzentrum nicht regelmäßig als Intubationshilfsmittel genutzt. Beide Anwender nahmen an einem Simulationstraining mit Atemwegsmanagement Modellen teil und intubierten mehrere Patienten mit dem Sc (mindestens 25 Anwendungen) bis sie in der Handhabung des Gerätes geübt waren.

3.6 Ablauf und praktisches Vorgehen

Vor der Einleitung der Anästhesie wurde der Kamerastick des McG mit dem Spatel in der kürzesten Position, entsprechend ungefähr der Länge eines Macintosh Spatels Größe 3) für die Patienten vorbereitet. Zur Verwendung kam ein Standard ETT (Mallinckrodt Medical, Athlone, Irland) mit 7 mm Innendurchmesser für weiblichen Probanden und 7,5 mm Innendurchmesser für männlichen Probanden. Für die Intubationen in der McG Gruppe wurde ein formbarer Führungsstab in Hockeystick Form (distales Ende um 90° angewinkelt) in den ETT eingeführt. Bei Verwendung des Sc wurde vor der Einführung des Endoskops in den Mund des Patienten der ETT auf dem 15 mm Konnektor am proximalen Teil des Schafts befestigt. Nach 3-minütiger Präoxygenierung über eine Gesichtsmaske wurde die Anästhesie mit Sufentanil (0,2–0,5 µg/ kg) und Propofol (2–3 mg/ kg) eingeleitet. Zur neuromuskulären Blockade wurde entweder Mivacurium (0,2 mg/ kg) oder Atracurium (0,5 mg/ kg) verwendet. Die individuelle Auswahl des Muskelrelaxans hing von der Dauer der geplanten Operation, der Notwendigkeit des perioperativen neurologischen Monitorings, möglichen Allergien sowie individuell vorliegenden Organschäden ab. Die Atemwegssicherung erfolgte 4 Minuten nach der Injektion des Muskelrelaxans. Bei Anwendung des Sc konnte ein Kopf-Kiefer-Handgriff (sog. Esmarch-Handgriff) genutzt werden, um die Sicht in den retropharyngealen Raum zu verbessern. Das Sc wurde mittig bis über die Stimmritze vorgeschoben, der aufgeladene ETT wurde dann unter direkter Sicht auf dem Monitor platziert. Eine Verblindung hinsichtlich der Verwendung von McG oder Sc war nur für den Patienten möglich, der durchführende Anästhesist war über das zugeteilte Instrument vor der Einleitung der Anästhesie informiert.



Abbildung 16: Intubation mit dem McG, ETT mit Führungsstab in Hockeyschläger-Form

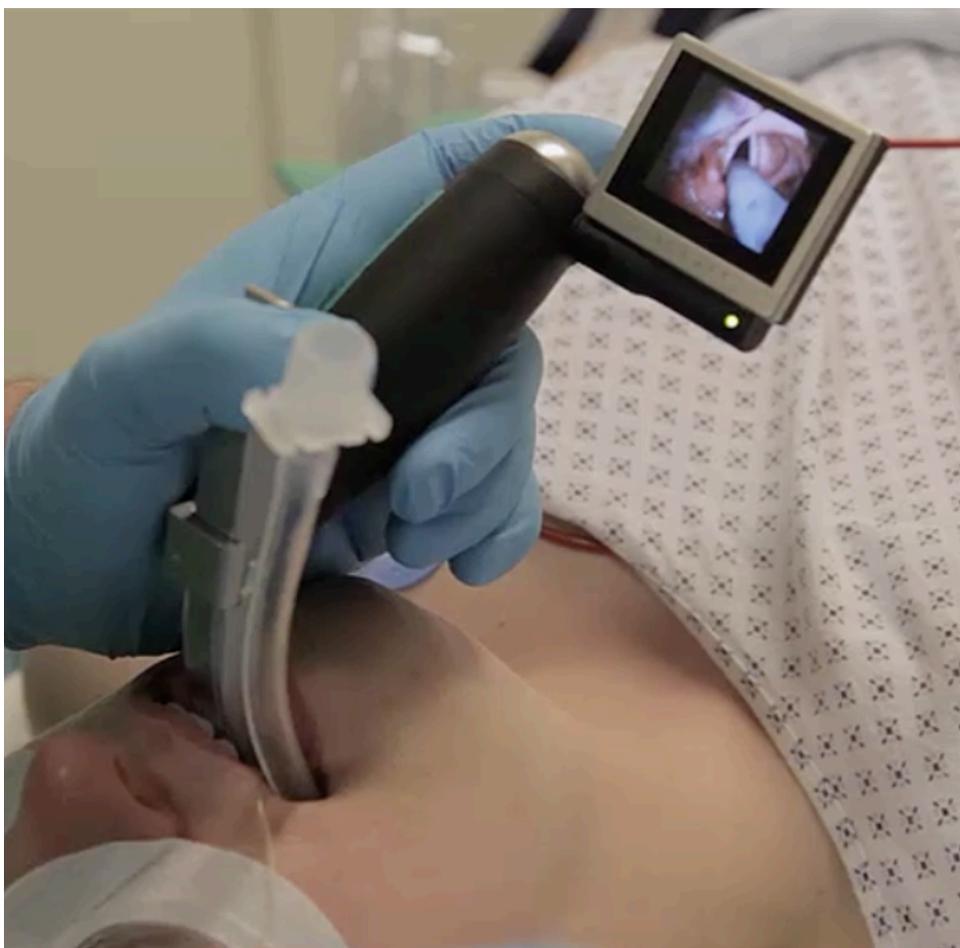


Abbildung 17: Sicht auf platzierten ETT mit dem McG



Abbildung 18: Sicht auf die Stimmbänder mit dem Sc

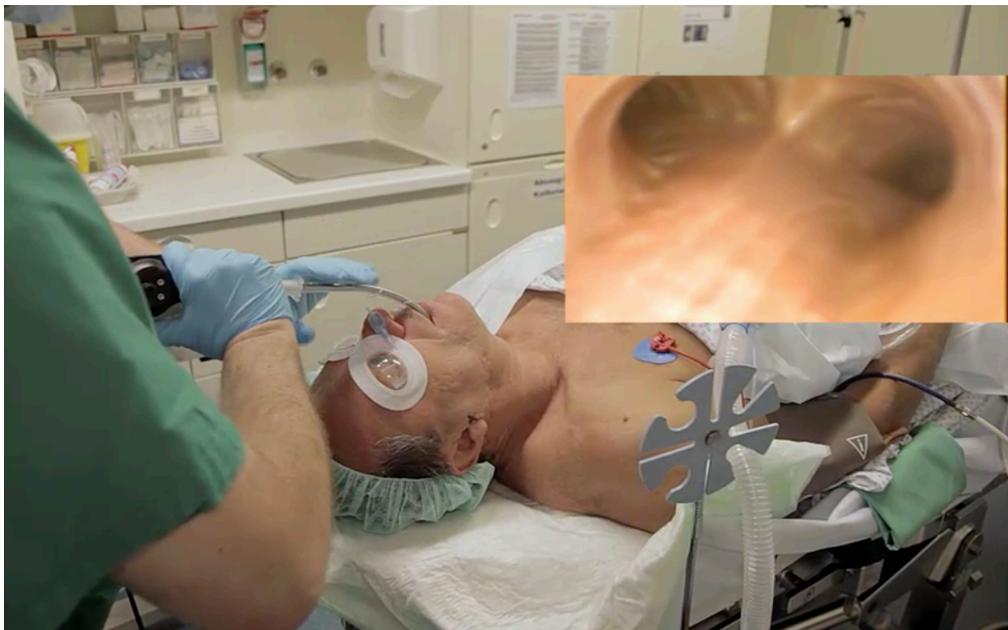


Abbildung 19: Sicht auf die Carina direkt vor dem Platzieren des ETT mit dem Sc

3.7 Dokumentation

Die Datenerfassung wurde durch die Doktorandin oder eine anwesende Studienassistentin anhand eines standardisierten Dokumentationsbogens (s. Anhang) durchgeführt.

Folgende Variablen wurden hierbei erhoben:

- Verwendetes Instrument
- Demographische Daten
 - Geschlecht, Alter
- Anwender Informationen
 - Berufserfahrung Anästhesie in Jahren
 - Anzahl Fiberoptische Intubationen
 - Anzahl Videolaryngoskopien
- Zeiten
 - Zeit bis zur Sicht [s]
 - Zeit bis zur Tubusplatzierung [s]
 - Zeit bis zur Ventilation [s]
- Sichtverhältnisse
 - C&L
 - POGO
- Beurteilung der Handhabung des Gerätes
- Beurteilung des Intubationsvorganges insgesamt

3.8 Ergebnismessung

Primäres Studienziel war es, herauszufinden, ob ein Unterschied in der Zeit in Sekunden bis zur Platzierung eines ETT bei der Benutzung des McGrath Series 5 Videolaryngoskop oder des halbstarren Intubationsendoskop SensaScope besteht.

Wir haben drei Zeitpunkte gemessen: Die Zeit bis zur Sicht auf die Glottis, die Zeit bis zur Platzierung des Tubus und die Zeit bis zur Ventilation. Die Sicht auf die Glottis war definiert als der Zeitpunkt nach der Einführung des Spatels (McG) oder der beweglichen Spitze (Sc), an dem die beste Sicht auf die Glottis erreicht wurde. Die Zeit bis zur Platzierung war unser primäres Studienziel und definiert als die Zeit zwischen dem Passieren der Schneidezähne mit der Spatelspitze (McG) oder der beweglichen Spitze (Sc) und dem Zeitpunkt, an dem die schwarze Markierung des ETT die Stimmbänder passierte (McG) bzw. dem Zeitpunkt, an dem der ETT in der Nähe der auf dem Monitor sichtbaren Carina endotracheal platziert war. Die Zeit bis zur Ventilation war definiert als Zeit nach der Einführung des ETT bis zum bestätigten Anheben des Brustkorbs.

Sekundäre Endpunkte der Studie waren: Die Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch (FPS), die Erfolgsraten der Intubationen insgesamt und die Darstellbarkeit der anatomischen Strukturen des Kehlkopfes. Im Fall des McG wurde dies mit der C&L Klassifikation beschrieben, bei Verwendung des Sc wurde die beste fiberoptische Sicht auf die Glottis unter Anwendung der POGO-Scale von 1–4 bewertet: 1 = Stimmbänder komplett sichtbar, 2 = Stimmbänder oder Aryknorpel teilweise sichtbar, 3 = nur Epiglottis sichtbar, 4 = keine laryngealen Strukturen sichtbar [161].

Zur Verbesserung der Sicht auf die Glottisebene waren externe Manipulationen am Larynx wie bspw. das BURP-Manöver (backwards, upwards and rightwards pressure) [162] oder das OELM-Manöver (optimal external laryngeal manipulation) erlaubt.

Eine nicht erfolgreiche Intubation war definiert als eine Intubationszeit von mehr als 120 Sekunden. Beim durchschnittlichen Erwachsenen liegt nach der 3-minütigen Präoxygenierung nach 120 Sekunden die SpO₂ noch für weitere 5–6 Minuten bei 100 %. Somit war im Rahmen der Studie ausreichend Zeit für die Anwendung einer anderen Technik ohne erneute Maskenbeatmung gewährleistet [163-165]. Des Weiteren ist in den diversen anderen Untersuchungen ebenfalls ein Zeitlimit von 120 Sekunden für die erfolgreiche Intubation gesetzt, was die Vergleichbarkeit unserer Studie erhöht [29, 166, 167].

Die Intubation wurde ebenfalls als nicht erfolgreich definiert, wenn b) eine oesophageale Platzierung des ETT vorlag oder c) das Instrument ohne Vorschieben des ETT entfernt oder neu platziert werden musste.

Nach jeder Intubation bewertete der durchführende Anästhesist die Schwierigkeit der Intubation mit dem jeweiligen Instrument auf einer 5-Punkte Likert-Skala (1 = sehr einfach bis 5 = sehr schwierig) [78]. Anonymisierte Patientendaten (Alter, Geschlecht, BMI, ASA Klassifikation) wurden ebenfalls dokumentiert.

3.9 Statistik

Die Stichprobengröße wurde basierend auf den Ergebnissen zweier vorangegangener Studien mit Patienten mit erwartet normalem Atemweg berechnet [38, 92]. In diesen Publikationen benötigten die teilnehmenden Ärzte eine durchschnittliche Zeit von 53.3 Sekunden (Median) um den ETT mit einem McG zu platzieren, mit dem Sc benötigten sie 21.9 Sekunden (Median).

Dieser Unterschied implizierte, dass die Hazard Ratio bei 2.68 liegt. Um nun mit einer Power von 90 % zu erkennen, ob die Hazard Ratio sich von 1 im 5 % Level unterscheidet, wurde berechnet, dass 76 Patienten (38 pro Gruppe) in der Studie eingeschlossen werden müssen.

Alle Daten wurden in einem kontrollierten Evaluationsbogen (siehe Anhang) dokumentiert. Die Daten wurden mithilfe des Log-rank Tests miteinander verglichen. Sämtliche Berechnungen wurden mit GraphPad Prism (Vers. 6.0. für MAC; GraphPad Software, San Diego, CA, USA) durchgeführt. Für nicht-Gauß'sche Variablen wurde der mediane Wert (IQR, [range]) angegeben. Binäre Daten wurden mithilfe des Chi-square Tests verglichen. Nichtparametrische Daten wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test, kontinuierliche Daten wurden mit dem t-Test für unabhängige Stichproben analysiert. Die Unterschiede wurden als statistisch signifikant betrachtet, wenn der p-Wert unter 0,05 lag.

4 Ergebnisse

4.1 Demographie des Patientenkollektivs/ CONSORT Flussdiagramm

Zwischen März und Mai 2015 wurden insgesamt 76 erwachsene Patienten entsprechend den Ein- und Ausschlusskriterien in die Studie aufgenommen. Das McGrath Series 5 Videolaryngoskop und das SensaScope wurden jeweils bei 38 Patienten verwendet.

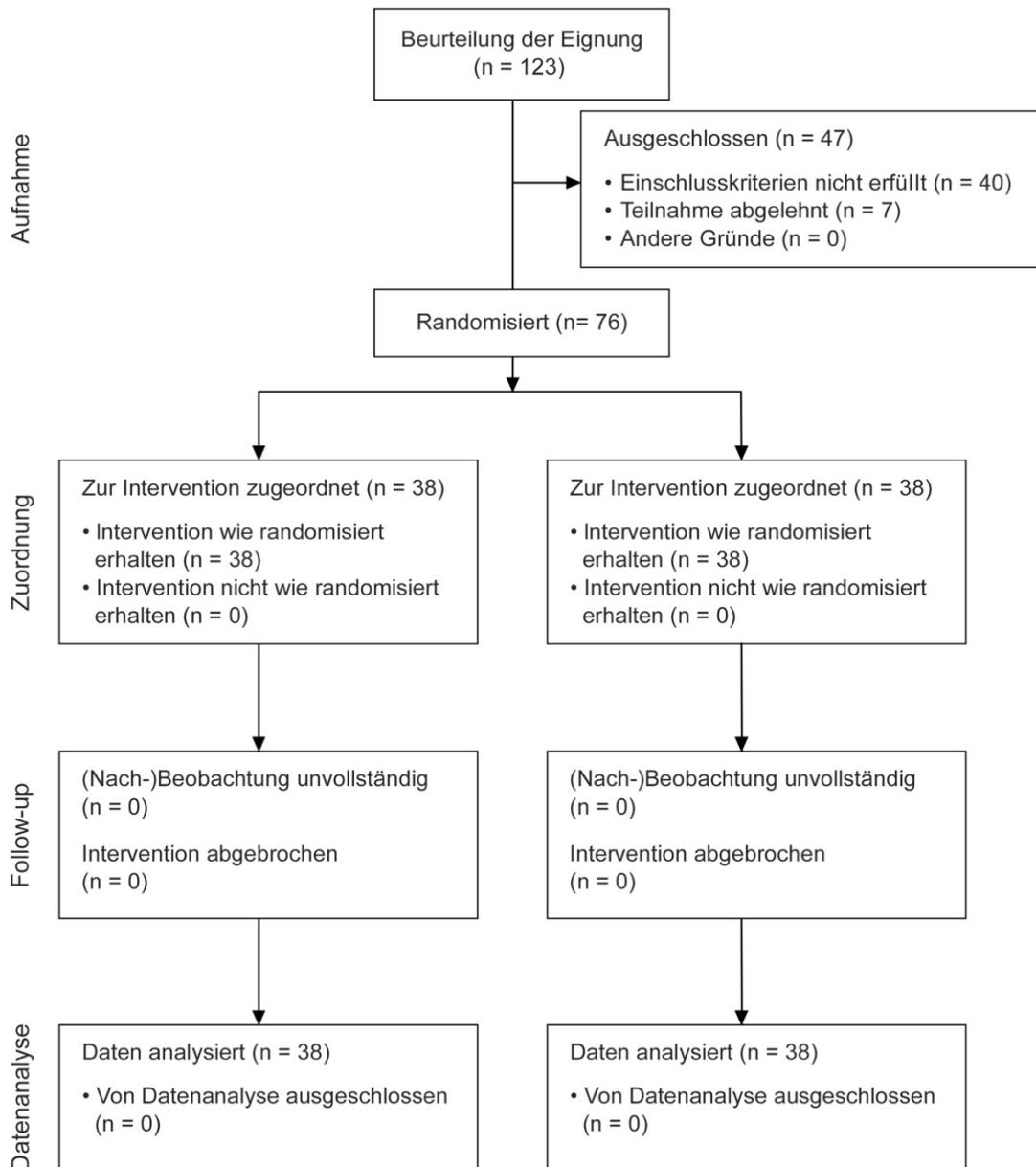


Abbildung 20: CONSORT Flussdiagramm [168]

Mit einem Median von 34 Jahren [27–56 Jahre] waren die Patienten in der McG-Gruppe jünger als die Patienten in der Sc-Gruppe mit einem Median von 53,5 Jahren [33,5–63 Jahre] ($p = 0,01$). In allen weiteren Patientencharakteristika fanden sich keine Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen ($p > 0,05$). Die demographischen Daten des Patientenkollektivs sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Patientencharakteristika.

Darstellung der Werte als Median (IQR [Range]) oder in absoluten Zahlen (Prozentangaben).

	McG (n=38)	Sc (n=38)	p Wert
Alter; Jahre	34 (27-56.25 [18-74])	53.5 (33.5-63 [22-77])	0,01
Geschlecht (männlich/weiblich)	14/ 24 (37/ 63 %)	18/ 20 (47/ 53 %)	0,15
BMI (kg/m ²)	25.2 (23.1-26.9 [16-37.7])	24.8 (23.3-27.9 [19.5-37.7])	0,9
ASA Klassifikation 1/ 2/ 3	8/ 20/ 10 (21/ 52/ 27 %)	9/ 19/ 10 (23/ 50/ 27 %)	0,78
Mallampati Klassifikation 1/ 2/ 3	21/ 14/ 3 (55/ 37/ 8 %)	22/ 14/ 2 (58/ 37/ 5 %)	0,67
Thyromental Abstand < 6 cm	3 (8 %)	2 (5 %)	0,9

Auch die Verteilung der beiden Anwender war in beiden Gruppen gleich (McG: Arzt in Weiterbildung 17/ 38 (45 %), Oberarzt 21/ 38 (55 %; $p = 0,36$); Sc: Arzt in Weiterbildung 18/ 38 (47 %), Oberarzt 20/ 38 (53 %; $p = 0,64$).

4.2 Intubationszeit und Erfolgsraten

Die Zeit, die für die korrekte Platzierung des ETT benötigt wurde, war mit dem McG mit einem Median von 14.6 s (12.1-22 [9.6-39.3]) signifikant kürzer als mit dem Sc mit 21.8 s (16.5-32 [7.5-70.5]) ($p = 0,003$). Alle während des Intubationsvorgangs gemessenen Zeiten sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Ebenso war die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch mit dem McG mit 38/ 38 (100 %) höher als mit dem Sc mit 33/ 38 (86 %; $p = 0,02$). In der Sc-Gruppe war die Intubation bei zwei Patienten auch nach dem zweiten Versuch nicht erfolgreich. Einer der betreffenden Patienten hatte eine U-förmige Epiglottis, so dass die fiberoptische Sicht mit 3 bewertet wurde (nur die Epiglottis sichtbar). Die anderen Intubationsversuche wurden nach jeweils zwei Versuchen > 120 Sekunden Dauer als

Fehlversuche gewertet. In beiden Fällen wurde die Intubation dann komplikationslos mit einem Videolaryngoskop durchgeführt.

Tabelle 2: Erfolgreiche Intubationsversuche: Zeiten der Versuche, Sicht auf die laryngealen Strukturen, und subjektive Einschätzung über den Intubationsvorgang. Darstellung der Werte als Median (IQR [Range]) oder in absoluten Zahlen (Prozentangaben).

	McG	Sc	p-Wert
Zeiten			
Zeit bis Sicht auf die Glottis in s	3.2 (2.3-4.3 [1-22.6])	10.3 (6.6-23 [2.5-58.3])	< 0,001
Zeit bis zur Platzierung in s	14.6 (12.1-22 [9.6-39.3])	21.8 (16.5-32 [7.5-70.5])	0,003
Zeit bis zur ersten Beatmung in s	24.6 (19.1-28.8 [15.3-46])	32.6 (25.6-40.8 [14.6-75])	< 0,001
Sicht			
C&L Grad 1/2/3/4	32/6/0/0 (84/16/0/0 %)		
Beste fiberoptische Sicht ^a	35/2/1/0 (92/5/3/0 %)		
Bewertung der Intubation ^b	17/14/5/1/1 (45/37/13/3/3%)	24/8/6/0/0 (63/21/16/0/0 %)	0,14

^a Fiberoptische Sicht bewertet als: 1: Sicht auf die gesamte Glottis; 2: Glottis nur teilweise sichtbar; 3: Nur Epiglottis sichtbar; 4: Keine Sicht auf Glottis oder Epiglottis

^b 1 (sehr einfach) - 5 (sehr schwierig)

4.3 Anwendererfahrung und Erfolgsraten

Es zeigten sich keine Unterschiede hinsichtlich der Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch zwischen den beiden Anwendern bei Nutzung des Sc (Arzt in Weiterbildung 15/ 18 (83 %), Oberarzt 18/ 20 (90 %; $p = 0,54$) sowie hinsichtlich der Zeit bis zum korrekten Platzieren des Tubus mit dem Sc (Arzt in Weiterbildung 30 s (8.8–70 [17–40])); Oberarzt 21.5 s (7.5–67 [15.5–31]; $p = 0,25$), verglichen mit dem McG (Assistenzarzt 17 s (7–39 [12.5–23.5]); Oberarzt 13 s (9.5–35 [11.7–20]; $p = 0,26$).

4.4 Sicht auf die Glottis

Mit dem McG wurde bei 32/ 38 Patienten (38 %) ein C&L Grad 1 mit einem POGO-Score von 100 % [92.5–100 %] angegeben. Eine mit 1 bestmöglich bewertete fiberoptische Sicht wurde mit dem Sc bei 35/ 38 Patienten (92 %) erreicht. Beim Vergleich der beiden Bewertungstools (C&L und fiberoptische Sicht) zeigten sich keine Unterschiede ($p = 0,28$).

Während keiner der durchgeführten Intubationen mussten Schleim oder Blut abgesaugt werden, neben der beiden oben aufgeführten nicht erfolgreichen Intubationen mit dem Sc gab es keine relevanten Komplikationen (Tabelle 2).

4.5 Schwierigkeitsgrad der Intubationen

Die subjektiven Bewertungen des Intubationsvorganges sowie der Positionierung der Instrumente durch die Anwender zeigten keinen Unterschied zwischen den beiden Instrument hinsichtlich ihrer Handhabbarkeit auf (Tabelle 2).

5. Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurde das McGrath Series 5 Videolaryngoskop und das semirigide SensaScope Intubationsendoskop bei Patienten ohne schwierigen Atemweg hinsichtlich der Dauer bis zu einer erfolgreichen Intubation sowie der Erfolgsrate im ersten Versuch verglichen.

Die Hypothese lautete, dass mit einem semirigidem Intubationsendoskop sowohl die Zeit bis zum Platzieren des ETT als auch die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch höher ist als bei der Anwendung eines Videolaryngoskops mit hyperangulierten Spatel. Diese Hypothese wurde mit unseren Ergebnissen widerlegt. In unserer Studie zeigte sich bei der Anwendung des McG im Gegensatz zur Intubation mit dem Sc nicht nur eine signifikant kürzere Gesamtdauer des Intubationsvorganges, sondern auch eine höhere Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch. Entsprechend wurde die Hypothese verworfen und die Nullhypothese angenommen.

Die demographischen Patientendaten unserer Studie waren vergleichbar mit denen anderer Studien zur Anwendung des McG oder des Sc, die ebenfalls Patienten mit der ASA Klassifikation I-III, im Alter von >18 Jahren (Mittelwerte $39,46 \pm 15,58$; 51 ± 17 Jahre bzw. Median (Range) 48 (21–84); 45 (21–74) Jahre), mit normalem BMI, ohne erwartet schwierigen Atemweg bei einem elektiven Eingriff untersuchten [18, 22, 33, 38].

Der primäre Endpunkt unserer Studie war die Zeit bis zum korrekten Platzieren des ETT in der Trachea. Dies wurde bei Anwendung des McG durch das Passieren des schwarzen Markierungsringes am ETT durch die Stimmbänder gekennzeichnet, bei Verwendung des Sc durch das Platzieren des ETT oberhalb der Carina unter Sichtkontrolle auf dem Videomonitor. Bei der Anwendung des McG war die Zeit bis zum korrekten Platzieren des ETT mit einem Median von 14,6 (12,1–22 [9,6–39,3]) s signifikant kürzer als mit dem Sc mit einem Median von 21,8 (16,5–32 [7,5–70,5]) s. Die Zeit bis zur korrekten Platzierung des ETT mit dem Sc war mit anderen Studien vergleichbar ($23,3 \pm 8,6$ s [37], $24,7 \pm 11,9$ s [38], 29 (18–49 [5–190]) s [33]). In zwei der Studien wurde das Sc in der Anwendung beim simulierten schwierigen Atemweg evaluiert. Unsere Zeiten mit dem Sc bis zur Sicht auf die Glottis und bis zur ersten Ventilation waren auch hier im vergleichbaren Bereich [33, 37]. Allerdings reichen die Messzeitpunkte dieser Studien vom Moment in dem das Gerät in die Hand genommen wurde bis zu dem Moment in dem das Instrument entfernt und der Cuff des ETT gefüllt

wurde [33, 37, 38]. Die Zeit bis zum Platzieren des ETT mit dem McG war in unserer Studie kürzer als in anderen Studien, die das McG mit anderen hyperangulierten Videolaryngoskopen oder dem konventionellen Macintosh Laryngoskop verglichen [18, 22, 23, 92, 109]. Allerdings können die meisten der publizierten Studien diesbezüglich nur schwer direkt verglichen werden, da auch hier die Definitionen der „Intubationszeit“ variieren.

In drei Studien an verschiedenen Intubationstrainern lagen die Intubationszeiten mit dem McG in einem normalen Atemwegsszenario bei 40.7 (31–57,4) s [23], $34.3 \pm 13,3$ s [16] und 20 (16–17,5) s [24]. Die genutzten Airway Trainer sind sinnvoll, um neue Devices kennenzulernen und die Handhabung zu üben, da der Atemweg stets die gleichen kontrollierten Bedingungen aufweist. Gleichzeitig spiegeln Studien am Modell nicht die klinische Realität wider und eignen sich nur sehr bedingt für vergleichende Untersuchungen verschiedener Instrumente zur Atemwegssicherung [169].

In einer der Studien zeigten Ruetzler et al. 2015, dass im Vergleich von fünf verschiedenen Videolaryngoskopen am Modell, die Intubation mithilfe des auch von uns verwendeten McGrath Series 5 Videolaryngoskop signifikant länger dauerte als mit anderen Videolaryngoskopen, allen voran dem C-MAC Videolaryngoskop. Dieser Zeitunterschied wurde auf den gewohnten Macintosh Spatel beim C-MAC Videolaryngoskop im Gegensatz zum hyperangulierten Spatel beim McG zurückgeführt [16].

Mehrere Studien untersuchten das McG bei Patienten mit durch eine Halskrause simuliertem schwierigem Atemweg [170-172]. In allen drei Studien war die laryngoskopische Sicht (C&L) mit dem McG signifikant besser, allerdings war in zwei Studien die Intubationszeit mit dem McG länger als mit dem Macintosh Laryngoskop [170, 172]. Taylor et al. führen diese Differenz in ihrer Studie auf den deutlich größeren Anteil an nicht erfolgreichen und damit von der Statistik ausgeschlossenen Intubationen mit dem Macintosh Laryngoskop zurück [170]. In der Untersuchung von Ilyas et al. hingegen war die Erfolgsrate mit dem Macintosh Laryngoskop höher, hier wird die schwierigere Einführung des ETT aufgrund des hyperangulierten Spatels mit der Notwendigkeit eines Führungsstabs als Grund für die längere Intubationszeit mit dem McG angeführt [172]. In der dritten Studie zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Intubationszeit zwischen dem McG und dem Macintosh Laryngoskop. Insgesamt verlängerte sich in allen drei Studien beim simulierten

schwierigen Atemweg die Intubationszeit im Vergleich zu unserer Studie deutlich, allerdings gab auch nur eine dieser Studien eine Definition der „Intubationszeit“ (hier Zeit von der Insertion des Laryngoskops in den Mundraum bis zu seiner Entfernung [170]) an. Andere Studien zur Untersuchung des McG inkludierten bereits Patienten mit potenziell schwierigem Atemweg oder einem gescheiterten Intubationsversuch [15, 19, 21]. Dementsprechend kann angenommen werden, dass der zeitliche Vorteil eines Videolaryngoskops mit Macintosh Spatel gegenüber dem Sc auch am Patienten ohne schwierigen Atemweg noch größer sein könnte.

Wie auch die Zeit bis zur korrekten Platzierung des ETT war auch die benötigte Zeit zur korrekten Platzierung des Instruments mit Sicht auf die Glottis bei den erfolgreichen Intubationsversuchen mit dem Sc mit 10.3 s (6.6–23 [2.5–58.3]) signifikant länger als mit dem McG mit 3.2 s (2.3–4.3 [1–22.6]) ($p < 0,001$). Die in unserer Studie gemessenen Zeiten, sowohl bis zur Sicht auf die Glottis als auch bis zur erfolgreichen Ventilation, waren ebenfalls mit denen anderer Studien vergleichbar [15, 19, 21-23, 92, 123]

Alle Intubationen mit dem McG waren beim ersten Versuch erfolgreich. Eine vergleichbare Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch mit dem McG zeigte sich auch in anderen Studien sowohl am Modell als auch an Patienten [23, 24, 92].

Bei Anwendung des Sc war die Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch mit 89 % niedriger, jedoch noch im Bereich der Erfolgsraten aus anderen Studien mit Patienten ohne schwierigen Atemweg (96,2–100 %) [37-39]. Zwei Patienten in dieser Gruppe konnten auch beim zweiten Versuch nicht erfolgreich mit dem Sc intubiert werden.

In unserer Studie konnte mit beiden Instrumenten eine gute Sicht auf die Glottis erreicht werden. Dabei konnten wir keinen signifikanten Unterschied zwischen McG und Sc feststellen ($p = 0,28$). Mit dem McG wurde ein C&L Grad 1 bei 84 % der Patienten erreicht, mit dem Sc wurde eine mit 1 bewertete fiberoptische Sicht bei 92 % der Patienten erreicht. In der Literatur werden sowohl für das McG wie auch für das Sc ähnlich gute Sichtverhältnisse bei Patienten ohne schwierigen Atemweg beschrieben [22, 38].

Das Sc zeigte im direkten Vergleich mit dem McG keine Vorteile hinsichtlich der Intubationszeit, der Erfolgsrate im ersten Versuch oder der Anwenderfreundlichkeit. Die subjektive Einschätzung der Schwierigkeit der Intubation waren in unserer Studie bei beiden Instrumenten vergleichbar. Der Intubationsvorgang mit dem McG wurde in 82 % der Anwendung mit sehr einfach oder einfach bewertet, mit dem Sc wurden 84 % der Anwendungen entsprechend eingeschätzt ($p = 0,14$). Zum Zeitpunkt der Durchführung der Studie, existierten keine vergleichbaren Studien, die hyperangulierte VL mit dem semi-rigiden SensaScope verglichen.

Ein möglicher Vorteil des Sc in der klinischen Anwendung beim schwierigen Atemweg könnte insbesondere Patienten mit eingeschränkter Mundöffnung < 3 cm betreffen, da dies einer der Hauptprädiktoren für eine schwierige Videolaryngoskopie ist [115, 173, 174].

Das C-MAC Videostylet (Karl Storz, Tuttlingen, Deutschland) ist ebenfalls ein Hybrid aus flexiblem und starrem Intubationsendoskop [175], allerdings ist es bei diesem im Gegensatz zum Sc nicht notwendig, die gesamte Länge des Instruments in die Trachea vorzuschieben [173]. Erste Fallberichte aus der Klinik zeigen erfolgreiche Intubationen bei Patienten mit erwartet schwierigem Atemweg [173, 176]. Studien am Modell mit simuliertem schwierigem Atemweg (Halskrause und aufgepumpte Zunge) zeigen beim C-MAC Videostylet eine vergleichbar steile Lernkurve, ebenso wie eine kürzere Intubationszeit mit einem Median von 17 (13,5–25) s im Vergleich zum Videolaryngoskop mit einem Median von 23 (18,5–26,5) s, $p = 0,031$ [119].

Verschiedene Faktoren limitieren die Ergebnisse dieser Studie. Als erstes ist die Heterogenität der Anwender zu nennen. Alle Intubationen wurden von einem Arzt in Weiterbildung oder einem erfahrenen Oberarzt mit unterschiedlicher Erfahrung in der Anästhesie und dem Atemwegsmanagement, jedoch ausreichender Erfahrung mit Videolaryngoskopie und fiberoptischer Intubation, durchgeführt. In einer anderen Untersuchung konnten erfahrene anästhesiologische Oberärzte (ebenfalls nach einem Training am Modell) mit dem Sc Patienten mit simuliertem schwierigem Atemweg in einer ähnlichen Zeit wie in unserer Studie (34 [20–84] s) erfolgreich intubieren (Messung der Intubationszeit vom Moment des Entferns der Beatmungsmaske bis zum Moment in dem der Cuff des platzierten ETT befüllt war) [33]. In der Handhabung starrer Intubationsendoskope komplett unerfahrene Anwender empfanden die

Intubation mit Sc am Modell schwieriger als mit dem Bonfils Intubationsendoskop [125].

Diese Studie wendete die vom Hersteller empfohlene Technik an, zusätzlich zum Sc mit einem Macintosh Laryngoskop in der linken Hand eine konventionelle Laryngoskopie durchzuführen [38, 125]. Wir haben diese Technik vor Durchführung der Studie mit einer Alternative verglichen. Im Ergebnis bevorzugten die Anwender die Variante, mit einem Esmarch Handgriff die Sicht auf den retropharyngealen Raum zu verbessern. Diese Technik wurde entsprechend in unserer Studie angewendet [33].

Ein weiterer Aspekt, der zu der kürzeren Intubationszeit mit dem McG geführt haben könnte, ist das Vorhandensein einer größeren Gewebemenge am Zungengrund. Die Exposition der Glottis und Insertion des ETT mit dem Sc könnte dadurch behindert und so das Verschieben des Sc in die Stimmritze erschwert worden sein.

Zudem war während der Studie der Einsatz von Neurostimulation zur Bestätigung der suffizienten neuromuskulären Blockade der Patienten war kein standardmäßig eingesetztes oder verfügbares Verfahren [33].

Eine Verblindung der Anwender war aufgrund des Studiendesigns nicht möglich. Durch die Evaluation der beiden Instrumente an Patienten mit erwartetem normalem Atemweg lassen sich die Ergebnisse nicht zwangsläufig auf Patienten mit einem schwierigen Atemweg übertragen.

Neben den gemessenen Zeiten fielen im Rahmen der Durchführung der Studie auch die stark unterschiedlichen Vorbereitungszeiten für die beiden Instrumente auf. Es scheint sinnvoll, in weiterführenden Studien, welche auf die Nutzbarkeit der Devices beim schwierigen Atemweg oder in Notfallsituationen eingehen, auch diese Zeiten zu messen.

6. Zusammenfassung

Die Videolaryngoskopie hat sich in den letzten Jahren in der Klinik nicht nur immer weiter etabliert, sie nimmt mittlerweile auch eine wichtige Stellung bei Routineintubationen und im Teaching ein. So ist die Videolaryngoskopie entsprechend der aktuellen SOP auch in der Klinik für Anästhesiologie der Universitätsmedizin Mainz ein wichtiges Instrument zum Teaching von Weiterbildungsassistenten und Studierenden [177]. Bei erwartet und unerwartet schwierigem Atemweg gilt für den Anästhesisten dennoch weiterhin, neben dem Goldstandard der flexiblen Intubationsendoskopie auch mit anderen Instrumenten und Hilfsmittel zur Sicherung des Atemwegs vertraut zu sein [79].

Wir haben deshalb in unserer prospektiven, randomisierten Studie das semirigide Intubationsendoskop SensaScope mit dem McGrath Series 5 Videolaryngoskop bei Patienten ohne erwartet schwierigen Atemweg verglichen. Als primärer Endpunkt wurde die Zeit, die bis zum Platzieren des ETT mit dem jeweiligen Instrument benötigt wurde, festgelegt. Sekundäre Endpunkte waren die Erfolgsraten der Intubation im ersten Versuch sowie der Intubationen insgesamt, ebenso wie die Sicht auf die anatomischen Strukturen des Kehlkopfes, beschrieben mit der Klassifikation nach Cormack & Lehane bei Anwendung des McG, respektive mit dem POGO-Score nach Levitan bei Anwendung des Sc.

Hierzu wurden 38 Patienten je Instrument in die Studie eingeschlossen, die entweder von einem Arzt in Weiterbildung oder einem erfahrenen Oberarzt intubiert wurden.

Nach der Auswertung der Ergebnisse war eine signifikant kürzere Intubationszeit bei der Anwendung des McG festzustellen. Ebenso wurden mit dem McG weniger Intubationsversuche als mit dem Sc benötigt. In den jeweiligen Bewertungen zur Sicht auf die Glottis fand sich kein Unterschied und auch die Schwierigkeit der Handhabung wurde für beide Instrumente vergleichbar bewertet

Damit wurde unsere Hypothese, welche besagte dass mit dem SensaScope im Vergleich zum McGrath Series 5 eine kürzere Intubationszeit sowie eine höhere Erfolgsrate im ersten Intubationsversuch erreicht werden, widerlegt.

Gleichzeitig sind sowohl das McG als auch das Sc verlässliche Instrumente zur Atemwegssicherung mit steiler Lernkurve und kurzen Intubationszeiten.

Diese Ergebnisse rechtfertigen die Durchführung weiterer klinischer Studien, um das jeweils passende Instrument für verschiedene Szenarien der endotrachealen Intubation bei Patienten mit schwierigem Atemweg zu identifizieren.

7. Literaturverzeichnis

1. Piepho T, Cavus E, Noppens R, Byhahn C, Döriges V, Zwissler B, et al., S1 Guidelines on airway management, *Der Anaesthesist*, 2015; 64 (1): 27-40.
2. Cheney FW, The American Society of Anesthesiologists Closed Claims Project: what have we learned, how has it affected practice, and how will it affect practice in the future?, *Anesthesiology*, 1999; 91 (2): 552-556.
3. Peterson Gene N, Domino Karen B, Caplan Robert A, Posner Karen L, Lee Lorri A, Cheney Frederick W, Management of the Difficult Airway: A Closed Claims Analysis, *Anesthesiology*, 2005; 103 (1): 33-39.
4. Cook TM, Woodall N, Frerk C, Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: Anaesthesia, *British Journal of Anaesthesia*, 2011; 106 (5): 617-631.
5. Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, et al., Laryngoscopic intubation: learning and performance, *Anesthesiology*, 2003; 98 (1): 23-27.
6. A. Timmermann BWB, C. Byhahn, V. Döriges, C. Eich, J.T. Gräsner, F. Hoffmann, B.Hossfeld, B. Landsleitner, T. Piepho, R. Noppens, S.G. Russo, V. Wenzel, B. Zwißler, M. Bernhard, S1 Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“, 2019.
7. Jacob M, Cornelius C-P, Otto S, Der "schwierige" Atemweg bei kranio-maxillo-fazialen Eingriffen – Teil 1: Anästhesiologisches Management, *OP-JOURNAL*, 2011; 27 (02): 160-167.
8. Laux G. Endotracheale Intubation. In: Rossaint R, Werner C, Zwißler B, editors. *Die Anästhesiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019. p. 707-717.
9. Kim HJ, Lee J-M, Bahk J-H, Assisted head extension minimizes the frequency of dental contact with laryngoscopic blade during tracheal intubation, *The American journal of emergency medicine*, 2013; 31 (12): 1629-1633.
10. Bucx M, Snijders C, Van Geel R, Robers C, Van de Giessen H, Erdmann W, et al., Forces acting on the maxillary incisor teeth during laryngoscopy using the Macintosh laryngoscope, *Anaesthesia*, 1994; 49 (12): 1064-1070.
11. Mourão J, Neto J, Luís C, Moreno C, Barbosa J, Carvalho J, et al., Dental injury after conventional direct laryngoscopy: a prospective observational study, *Anaesthesia*, 2013; 68 (10): 1059-1065.
12. Mourão J, Neto J, Viana JS, Carvalho J, Azevedo L, Tavares J, A prospective non-randomised study to compare oral trauma from laryngoscope versus laryngeal mask insertion, *Dental Traumatology*, 2011; 27 (2): 127-130.

13. Li T, Jafari D, Meyer C, Voroba A, Haddad G, Abecassis S, et al., Video laryngoscopy is associated with improved first-pass intubation success compared with direct laryngoscopy in emergency department trauma patients, *J Am Coll Emerg Physicians Open*, 2021; 2 (1): e12373.
14. Hansel J, Rogers AM, Lewis SR, Cook TM, Smith AF, Videolaryngoscopy versus direct laryngoscopy for adults undergoing tracheal intubation, *Cochrane Database Syst Rev*, 2022; 4 (4): Cd011136.
15. Kleine-Brueggeney M, Greif R, Schoettker P, Savoldelli GL, Nabecker S, Theiler LG, Evaluation of six videolaryngoscopes in 720 patients with a simulated difficult airway: a multicentre randomized controlled trial, *British Journal of Anaesthesia*, 2016; 116 (5): 670-679.
16. Ruetzler K, Imach S, Weiss M, Haas T, Schmidt AR, Vergleich von fünf Videolaryngoskopen und direkter konventioneller Laryngoskopie, *Der Anaesthetist*, 2015; 64 (7): 513-519.
17. Noppens RR, Möbus S, Heid F, Schmidtman I, Werner C, Piepho T, Evaluation of the McGrath® Series 5 videolaryngoscope after failed direct laryngoscopy, *Anaesthesia*, 2010; 65 (7): 716-720.
18. Walker L, Brampton W, Halai M, Hoy C, Lee E, Scott I, et al., Randomized controlled trial of intubation with the McGrath® Series 5 videolaryngoscope by inexperienced anaesthetists, *British Journal of Anaesthesia*, 2009; 103 (3): 440-445.
19. Shippey B, Ray D, McKeown D, Use of the McGrath® videolaryngoscope in the management of difficult and failed tracheal intubation, *British Journal of Anaesthesia*, 2008; 100 (1): 116-119.
20. Shippey B, Ray D, McKeown D, Case series: the McGrath videolaryngoscope-an initial clinical evaluation, *Canadian Journal of Anesthesia*, 2007; 54 (4): 307-313.
21. Ng I, Hill AL, Williams DL, Lee K, Segal R, Randomized controlled trial comparing the McGrath videolaryngoscope with the C-MAC videolaryngoscope in intubating adult patients with potential difficult airways, *British Journal of Anaesthesia*, 2012; 109 (3): 439-443.
22. Sargin M, Uluer MS, Comparison of McGrath(®) Series 5 video laryngoscope with Macintosh laryngoscope: A prospective, randomised trial in patients with normal airways, *Pak J Med Sci*, 2016; 32 (4): 869-874.
23. Burdett E, Ross-Anderson DJ, Makepeace J, Bassett PA, Clarke SG, Mitchell V, Randomized controlled trial of the A.P. Advance, McGrath, and Macintosh laryngoscopes in normal and difficult intubation scenarios: a manikin study, *British Journal of Anaesthesia*, 2011; 107 (6): 983-988.
24. Choi JW, Kim JA, Jung HJ, Kim WH, Tracheal Intubation with a McGrath® Series 5 Video Laryngoscope by Novice Personnel in a Cervical-immobilized Manikin, *The Journal of Emergency Medicine*, 2016; 50 (1): 61-66.

25. Maassen R, Lee R, van Zundert A, Cooper R, The videolaryngoscope is less traumatic than the classic laryngoscope for a difficult airway in an obese patient, *Journal of Anesthesia*, 2009; 23 (3): 445-448.
26. Hoshijima H, Denawa Y, Tominaga A, Nakamura C, Shiga T, Nagasaka H, Videolaryngoscope versus Macintosh laryngoscope for tracheal intubation in adults with obesity: A systematic review and meta-analysis, *Journal of Clinical Anesthesia*, 2018; 44: 69-75.
27. Jillella S, Jayaram K, Moningi S, Durga P, Effectiveness of standard direct laryngoscopy with a Macintosh blade, the McGrath videolaryngoscope, and the Airtraq optical laryngoscopes for assessment of vocal cord mobility following thyroid surgery, *Trends in Anaesthesia and Critical Care*, 2021; 41: 85-89.
28. Aziz MF, Brambrink AM, Healy DW, Willett AW, Shanks A, Tremper T, et al., Success of Intubation Rescue Techniques after Failed Direct Laryngoscopy in Adults: A Retrospective Comparative Analysis from the Multicenter Perioperative Outcomes Group, *Anesthesiology*, 2016; 125 (4): 656-666.
29. Raimann FJ, Dietze PE, Cuca CE, Meininger D, Kessler P, Byhahn C, et al., Prospective Trial to Compare Direct and Indirect Laryngoscopy Using C-MAC PM® with Macintosh Blade and D-Blade® in a Simulated Difficult Airway, *Emergency Medicine International*, 2019; 2019: 1067473.
30. Connelly NR, Ghandour K, Robbins L, Dunn S, Gibson C, Management of unexpected difficult airway at a teaching institution over a 7-year period, *J Clin Anesth*, 2006; 18 (3): 198-204.
31. Bein B, Yan M, Tonner PH, Scholz J, Steinfath M, Döriges V, Tracheal intubation using the Bonfils intubation fibrescope after failed direct laryngoscopy, *Anaesthesia*, 2004; 59 (12): 1207-1209.
32. Aziz M, Metz S, Clinical evaluation of the Levitan Optical Stylet, *Anaesthesia*, 2011; 66 (7): 579-581.
33. Kleine-Brueggeney M, Greif R, Urwyler N, Wirthmüller B, Theiler L, The performance of rigid scopes for tracheal intubation: a randomised, controlled trial in patients with a simulated difficult airway, *Anaesthesia*, 2016; 71 (12): 1456-1463.
34. Lim HC, Goh SH, Utilization of a Glidescope videolaryngoscope for orotracheal intubations in different emergency airway management settings, *European Journal of Emergency Medicine*, 2009; 16 (2): 68-73.
35. Platts-Mills TF, Campagne D, Chinnock B, Snowden B, Glickman LT, Hendey GW, A Comparison of GlideScope Video Laryngoscopy Versus Direct Laryngoscopy Intubation in the Emergency Department, *Academic Emergency Medicine*, 2009; 16 (9): 866-871.
36. Byhahn C, Iber T, Zacharowski K, Weber CF, Ruessler M, Schalk R, et al., Tracheal intubation using the mobile C-MAC video laryngoscope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway, *Minerva Anestesiologica*, 2010; 76 (8): 577-583.

37. Ludwig AA, Baulig W, Biro P, A simulated severe difficult airway does not alter the intubation performance with the SensaScope: a prospective randomised manikin study, *European Journal of Anaesthesiology*, 2011; 28 (6): 449-453.
38. Biro P, Bättig U, Henderson J, Seifert B, First clinical experience of tracheal intubation with the SensaScope®, a novel steerable semirigid video stylet, *British Journal of Anaesthesia*, 2006; 97 (2): 255-261.
39. Biro P, Grande B, Kind S, Spahn D, Theusinger O, Concluding results from the first phase of the Zurich Unexpected Difficult Airway course based on exercise of technical skills, *Anaesthesia*, 2014; 69.
40. Serocki G, Bein B, Scholz J, Döriges V, Management of the predicted difficult airway: a comparison of conventional blade laryngoscopy with video-assisted blade laryngoscopy and the GlideScope, *European Journal of Anaesthesiology | EJA*, 2010; 27 (1): 24-30.
41. Luckhaupt H, Brusis T, Zur Geschichte der Intubation, *Laryngorhinootologie*, 1986; 65 (09): 506-510.
42. Koltai PJ, Nixon RE, The story of the laryngoscope, *Ear Nose Throat J*, 1989; 68 (7): 494-502.
43. Burkle Christopher M, Zepeda Fernando A, Bacon Douglas R, Rose Steven H, A Historical Perspective on Use of the Laryngoscope as a Tool in Anesthesiology, *Anesthesiology*, 2004; 100 (4): 1003-1006.
44. Bailey B, Laryngoscopy and Laryngoscopes-Who's First?: The Forefathers/Four Fathers of Laryngology, *The Laryngoscope*, 1996; 106 (8): 939-943.
45. Cooper RM, Laryngoscopy — its past and future, *Canadian Journal of Anesthesia*, 2004; 51 (1): R21-R25.
46. Szmuk P, Ezri T, Evron S, Roth Y, Katz J, A brief history of tracheostomy and tracheal intubation, from the Bronze Age to the Space Age, *Intensive Care Med*, 2008; 34 (2): 222-228.
47. Kirstein A, Autoskopie der Luftwege (Selbstschau, Besichtigung ohne Spiegel), *Therapeutische Monatshefte*, 1895; 9 (7): 361-364.
48. Panchabhai T, Mehta A, Historical Perspectives of Bronchoscopy. Connecting the Dots, *Annals of the American Thoracic Society*, 2015; 12: 631-641.
49. Jackson C. Tracheo-bronchoscopy, esophagoscopy and gastroscopy: *Laryngoscope Company*; 1907.
50. Zeitels SM, Universal modular glottiscope system: the evolution of a century of design and technique for direct laryngoscopy, *Annals of Otolaryngology & Rhinology & Laryngology*, 1999; 108 (9_suppl): 2-24.

51. Pieters BM, Eindhoven GB, Acott C, Van Zundert AAJ, *Pioneers of Laryngoscopy: Indirect, Direct and Video Laryngoscopy, Anaesthesia and Intensive Care*, 2015; 43 (1_suppl): 4-11.
52. Janeway HH, *Intra-tracheal anesthesia from the standpoint of the nose, throat and oral surgeon with a description of a new instrument for catheterizing the trachea, The laryngoscope*, 1913; 23 (11): 1082-1090.
53. Rowbotham E, Magill I. *Anaesthetics in the plastic surgery of the face and jaws*. SAGE Publications; 1921.
54. Magill I, *An improved laryngoscope for anaesthetists, The Lancet*, 1926; 207 (5349): 500.
55. Miller RA, editor *A new laryngoscope. The Journal of the American Society of Anesthesiologists*; 1941: The American Society of Anesthesiologists.
56. Zauder HL, *The Macintosh laryngoscope blade, Anesthesiology*, 2005; 102 (1): 241-242.
57. Scott J, Baker PA, *How did the Macintosh laryngoscope become so popular?, Pediatric Anesthesia*, 2009; 19: 24-29.
58. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, Abdelmalak BB, Agarkar M, Dutton RP, et al., *2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway, Anesthesiology*, 2022; 136 (1): 31-81.
59. MURPHY P, *A fibre—optic endoscope used for nasal intubation, Anaesthesia*, 1967; 22 (3): 489-491.
60. Ikeda S, Yanai N, Ishikawa S, *Flexible bronchofiberscope, Keio J Med*, 1968; 17 (1): 1-16.
61. Nakhosteen JA. *Gustav Killian und Shigeto Ikeda: die Väter der Bronchoskopie*. In: Nakhosteen JA, Khanavkar B, Darwiche K, Scherff A, Hecker E, Ewig S, editors. *Atlas und Lehrbuch der Thorakalen Endoskopie: Bronchoskopie, Thorakoskopie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2009. p. 1-9.
62. Foster CA, *An aid to blind nasal intubation in children, Anaesthesia*, 1977; 32 (10): 1038.
63. Katz RL, Berci G, *The optical stylet--a new intubation technique for adults and children with specific reference to teaching, Anesthesiology*, 1979; 51 (3): 251-254.
64. Bonfils P, [*Difficult intubation in Pierre-Robin children, a new method: the retromolar route*], *Anaesthesist*, 1983; 32 (7): 363-367.
65. Cook-Sather SD, Schreiner MS, *A simple homemade lighted stylet for neonates and infants: a description and case report of its use in an infant with the Pierre Robin anomalad, Paediatr Anaesth*, 1997; 7 (3): 233-235.

66. Doherty JS, Froom SR, Gildersleve CD, Pediatric laryngoscopes and intubation aids old and new, Paediatric anaesthesia, 2009; 19 Suppl 1: 30-37.
67. Peterson JD, Puricelli MD, Alkhateeb A, Figueroa AD, Fletcher SL, Smith RJH, et al., Rigid Video Laryngoscopy for Intubation in Severe Pierre Robin Sequence: A Retrospective Review, Laryngoscope, 2021; 131 (7): 1647-1651.
68. Bumm P, Intubationshilfe durch starre Endoskope, Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 1992; 27 (05): 279-285.
69. Berkow LC, Morey TE, Urdaneta F, The Technology of Video Laryngoscopy, Anesth Analg, 2018; 126 (5): 1527-1534.
70. Kriege M. Evaluation des Beschlagens von Videolaryngoskopen beim simulierten Aspirationsmodell mit kontinuierlicher Regurgitation im Vergleich zur direkten Laryngoskopie. Mainz 2014.
71. Borland LM, Casselbrant M, The Bullard Laryngoscope: A New Indirect Oral Laryngoscope (Pediatric Version), Anesthesia & Analgesia, 1990; 70 (1).
72. Bjoraker D, The Bullard intubating laryngoscopes, Anesthesiology Review, 1990; 17 (5): 64-70.
73. Wu T-I, Chou H-c, A New Laryngoscope: The Combination Intubating Device, Anesthesiology, 1994; 81 (4): 1085-1086.
74. Smith CE, Sidhu TS, Lever J, Pinchak AB, The complexity of tracheal intubation using rigid fiberoptic laryngoscopy (WuScope), Anesth Analg, 1999; 89 (1): 236-239.
75. Pearce A, Shaw S, Macklin S, Evaluation of the UpsherScope: a new rigid fibrescope, Anaesthesia, 1996; 51 (6): 561-564.
76. Weiss M, Video-intuboscopy: a new aid to routine and difficult tracheal intubation, Br J Anaesth, 1998; 80 (4): 525-527.
77. Biro P, Weiss M, Gerber A, Pasch T, Comparison of a new video-optical intubation stylet versus the conventional malleable stylet in simulated difficult tracheal intubation, Anaesthesia, 2000; 55 (9): 886-889.
78. Weiss M, Schwarz U, Gerber AC, Difficult airway management: comparison of the Bullard laryngoscope with the video-optical intubation stylet, Canadian Journal of Anesthesia, 2000; 47 (3): 280-284.
79. Byhahn C, Döriges V, Krier C. Memorix AINS - Atemwegsmanagement. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2010. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-26624>.
80. Levitan R. The Airway Cam Direct Laryngoscopy Video System 2022 [30.04.2022] Available from: <https://www.airwaycam.com/about>.
81. Levitan RM, A new tool for teaching and supervising direct laryngoscopy, Acad Emerg Med, 1996; 3 (1): 79-81.

82. Higgins MS, Deshpande JK, Badr A, New video system improves teaching of direct laryngoscopy, *Anesthesiology*, 1996; 84 (4): 1010-1011.
83. Henthorn RW, Reed J, Szafranski JS, Ganta R, Combining the Fiberoptic Bronchoscope with a Laryngoscope Blade Aids Teaching Direct Laryngoscopy, *Anesthesia & Analgesia*, 1995; 80 (2).
84. Miller RA, A new laryngoscope for intubation of infants, *Anesthesiology*, 1946; 7: 205.
85. Weiss M, Schwarz U, Dillier CM, Gerber AC, Teaching and supervising tracheal intubation in paediatric patients using videolaryngoscopy, *Pediatric Anesthesia*, 2001; 11 (3): 343-348.
86. Kaplan MB, Ward DS, Berci G, A new video laryngoscope-an aid to intubation and teaching, *J Clin Anesth*, 2002; 14 (8): 620-626.
87. Macintosh RR, A NEW LARYNGOSCOPE, *The Lancet*, 1943; 241 (6233): 205.
88. Doyle J, A brief history of clinical airway management, *Revista Mexicana de Anestesiología*, 2009; Vol. 32 (Abril-Junio 2009): 164-167.
89. Kihara S, Watanabe S, Taguchi N, Suga A, Brimacombe JR, Tracheal intubation with the Macintosh laryngoscope versus intubating laryngeal mask airway in adults with normal airways, *Anaesth Intensive Care*, 2000; 28 (3): 281-286.
90. Arora S, Sayeed H, Bhardwaj N, A comparison of Truview EVO2 laryngoscope with Macintosh laryngoscope in routine airway management: A randomized crossover clinical trial, *Saudi J Anaesth*, 2013; 7 (3): 244-248.
91. Lee AH, Nor NM, Izaham A, Yahya N, Tang SS, Manap NA, Comparison of the Bonfils Intubation Fibrescope versus C-MAC Videolaryngoscope, *Middle East J Anaesthesiol*, 2016; 23 (5): 517-525.
92. Jeon WJ, Kim KH, Yeom JH, Bang MR, Hong J-B, Cho SY, A comparison of the Glidescope® to the McGrath® videolaryngoscope in patients, *Korean Journal of Anesthesiology*, 2011; 61 (1): 19-23.
93. Macke C, Gralla F, Winkelmann M, Clausen J-D, Haertle M, Krettek C, et al., Increased First Pass Success with C-MAC Videolaryngoscopy in Prehospital Endotracheal Intubation-A Randomized Controlled Trial, *J Clin Med*, 2020; 9 (9): 2719.
94. Lascarrou JB, Boissrame-Helms J, Bailly A, Le Thuaut A, Kamel T, Mercier E, et al., Video Laryngoscopy vs Direct Laryngoscopy on Successful First-Pass Orotracheal Intubation Among ICU Patients: A Randomized Clinical Trial, *Jama*, 2017; 317 (5): 483-493.
95. Dey S, Pradhan D, Saikia P, Bhattacharyya P, Khandelwal H, Adarsha KN, Intubation in the Intensive Care Unit: C-MAC video laryngoscope versus Macintosh laryngoscope, *Med Intensiva (Engl Ed)*, 2020; 44 (3): 135-141.

96. Mosier JM, Whitmore SP, Bloom JW, Snyder LS, Graham LA, Carr GE, et al., Video laryngoscopy improves intubation success and reduces esophageal intubations compared to direct laryngoscopy in the medical intensive care unit, *Crit Care*, 2013; 17 (5): R237.
97. Choi HJ, Kim Y-M, Oh YM, Kang HG, Yim HW, Jeong SH, GlideScope video laryngoscopy versus direct laryngoscopy in the emergency department: a propensity score-matched analysis, *BMJ Open*, 2015; 5 (5): e007884.
98. Savoldelli GL, Schiffer E, Abegg C, Baeriswyl V, Clergue F, Waeber J, Comparison of the Glidescope®, the McGrath®, the Airtraq® and the Macintosh laryngoscopes in simulated difficult airways, *Anaesthesia*, 2008; 63 (12): 1358-1364.
99. Decamps P, Grillot N, Le Thuaut A, Brule N, Lejus-Bourdeau C, Reignier J, et al., Comparison of four channelled videolaryngoscopes to Macintosh laryngoscope for simulated intubation of critically ill patients: the randomized MACMAN2 trial, *Ann Intensive Care*, 2021; 11 (1): 126.
100. Sulser S, Ubmann D, Schlaepfer M, Brueesch M, Goliash G, Seifert B, et al., C-MAC videolaryngoscope compared with direct laryngoscopy for rapid sequence intubation in an emergency department: A randomised clinical trial, *Eur J Anaesthesiol*, 2016; 33 (12): 943-948.
101. Cook TM, Boniface NJ, Seller C, Hughes J, Damen C, MacDonald L, et al., Universal videolaryngoscopy: a structured approach to conversion to videolaryngoscopy for all intubations in an anaesthetic and intensive care department, *Br J Anaesth*, 2018; 120 (1): 173-180.
102. Hemmerling TM, Zaouter C, Videolaryngoscopy: Is There a Path to Becoming a Standard of Care for Intubation?, *Anesth Analg*, 2020; 131 (4): 1313-1316.
103. Zaouter C, Calderon J, Hemmerling TM, Videolaryngoscopy as a new standard of care, *Br J Anaesth*, 2015; 114 (2): 181-183.
104. Pieters B, Maassen R, Van Eig E, Maathuis B, Van Den Dobbelen J, Van Zundert A, Indirect videolaryngoscopy using Macintosh blades in patients with non-anticipated difficult airways results in significantly lower forces exerted on teeth relative to classic direct laryngoscopy: a randomized crossover trial, *Minerva Anesthesiol*, 2015; 81 (8): 846-854.
105. Maassen RL, Pieters BM, Maathuis B, Serroyen J, Marcus MA, Wouters P, et al., Endotracheal intubation using videolaryngoscopy causes less cardiovascular response compared to classic direct laryngoscopy, in cardiac patients according a standard hospital protocol, *Acta Anaesthesiol Belg*, 2012; 63 (4): 181-186.
106. Greer D, Marshall KE, Bevans S, Standlee A, McAdams P, Harsha W, Review of videolaryngoscopy pharyngeal wall injuries, *The Laryngoscope*, 2017; 127 (2): 349-353.
107. Van Zundert A, Wyssusek K, In reference to "Review of videolaryngoscopy pharyngeal wall injuries", *The Laryngoscope*, 2016; 128 (2): E83-E83.

108. van Zundert A, Pieters B, van Zundert T, Gatt S, Avoiding palatopharyngeal trauma during videolaryngoscopy: do not forget the 'blind spots', *Acta Anaesthesiol Scand*, 2012; 56 (4): 532-534.
109. Savoldelli GL, Schiffer E, Abegg C, Baeriswyl V, Clergue F, Waeber JL, Learning curves of the Glidescope, the McGrath and the Airtraq laryngoscopes: a manikin study, *European Journal of Anaesthesiology*, 2009; 26 (7): 554-558.
110. Cortellazzi P, Caldiroli D, Byrne A, Sommariva A, Orena EF, Tramacere I, 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): 290-295.
111. Buis ML, Maissan IM, Hoeks SE, Klimek M, Stolker RJ, Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: A systematic review, *Resuscitation*, 2016; 99: 63-71.
112. Dawson SR, Taylor L, Farling P, The true cost of videolaryngoscopy may be trainee experience in fiberoptic intubation, *Br J Anaesth*, 2015; 115 (1): 134-135.
113. Striebel HW. *Anästhesie Intensivmedizin Notfallmedizin*. 10., aktualisierte Auflage ed. Striebel HW, editor: Georg Thieme Verlag; 2020 2020/05/23.
114. Cabrini L, Baiardo Redaelli M, Ball L, Filippini M, Fominskiy E, Pintaudi M, et al., Awake Fiberoptic Intubation Protocols in the Operating Room for Anticipated Difficult Airway: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials, *Anesth Analg*, 2019; 128 (5): 971-980.
115. Lohse J, Noppens R, Wache Videolaryngoskopie, *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 2016; 51 (11/12): 656-663.
116. Yang SS, Zhang M, Chong JJR, Comparison of three tracheal intubation methods for reducing droplet spread for use in COVID-19 patients, *Br J Anaesth*, 2020; 125 (1): e190-e191.
117. Hall D, Steel A, Heij R, Eley A, Young P, Videolaryngoscopy increases 'mouth-to-mouth' distance compared with direct laryngoscopy, *Anaesthesia*, 2020; 75 (6): 822-823.
118. Ahmad I, El-Boghdadly K, Bhagrath R, Hodzovic I, McNarry AF, Mir F, et al., Difficult Airway Society guidelines for awake tracheal intubation (ATI) in adults, *Anaesthesia*, 2020; 75 (4): 509-528.
119. Pius J, Noppens R, Learning curve and performance in simulated difficult airway for the novel C-MAC® video-stylet and C-MAC® Macintosh video laryngoscope: A prospective randomized manikin trial, *PLoS One*, 2020; 15 (11): e0242154-e0242154.
120. Saleh E, Abdelghafar E, Comparative study between a sensascope and a flexible fiberoptic in head and neck cancer surgeries with difficult airways, *Ain-Shams Journal of Anaesthesiology*, 2015; 8 (2): 173-178.

121. Elfeky M, Sotohy A, Abdelsalam T, Elkhateeb SE, Elshahat M, Abdallah M, et al., Comparative study between the trachlight and SensaScope intubation in normal patients scheduled for elective surgery, *Egyptian Journal of Anaesthesia*, 2014; 30 (4): 365-371.
122. Byhahn C, Nemetz S, Breitreutz R, Zwissler B, Kaufmann M, Meininger D, Brief report: tracheal intubation using the Bonfils intubation fibrescope or direct laryngoscopy for patients with a simulated difficult airway, *Canadian Journal of Anaesthesia*, 2008; 55 (4): 232-237.
123. Greif R, Kleine-Brueggeney M, Theiler L, Awake tracheal intubation using the Sensascope™ in 13 patients with an anticipated difficult airway, *Anaesthesia*, 2010; 65 (5): 525-528.
124. Nassar M, Zanaty OM, Ibrahim M, Bonfils fiberscope vs GlideScope for awake intubation in morbidly obese patients with expected difficult airways, *J Clin Anesth*, 2016; 32: 101-105.
125. Altun D, Ozkan-Seyhan T, Camci E, Sivrikoz N, Orhan-Sungur M, Learning Curves for Two Fiberscopes in Simulated Difficult Airway Scenario With Cumulative Sum Method, *Simul Healthc*, 2019; 14 (3): 163-168.
126. Corbanese U, Morossi M, The Bonfils intubation fibrescope: clinical evaluation and consideration of the learning curve, *Eur J Anaesthesiol*, 2009; 26 (7): 622-624.
127. Halligan M, Charters P, A clinical evaluation of the Bonfils Intubation Fibrescope, *Anaesthesia*, 2003; 58 (11): 1087-1091.
128. Tse JC, Rimm EB, Hussain A, Predicting difficult endotracheal intubation in surgical patients scheduled for general anesthesia: a prospective blind study, *Anesth Analg*, 1995; 81 (2): 254-258.
129. Aziz MF, Bayman EO, Van Tienderen MM, Todd MM, Brambrink AM, Predictors of difficult videolaryngoscopy with GlideScope® or C-MAC® with D-blade: secondary analysis from a large comparative videolaryngoscopy trial, *Br J Anaesth*, 2016; 117 (1): 118-123.
130. Schälte G. Airway Management. In: Kuhlen R, Rossaint R, editors. *Evidenzbasierte Medizin in Anästhesie und Intensivmedizin*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2007. p. 99-120.
131. Schnittker R, Marshall S, Berecki-Gisolf J, Patient and surgery factors associated with the incidence of failed and difficult intubation, *Anaesthesia*, 2020; 75 (6): 756-766.
132. Funke M, Mutlak H. Präoperative/präinterventionelle Diagnostik. In: Zacharowski K, Marx G, editors. *Checkliste Anästhesie*. 1. Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2021.
133. Santiago-Rosado LM, Lewison CS. Trismus. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing

134. Tan EK, Tan EL, Alterations in physiology and anatomy during pregnancy, *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol*, 2013; 27 (6): 791-802.
135. Bremerich D, Annecke T, Chappell D, Hanß R, Kaufner L, Kehl F, Die geburtshilfliche Analgesie und Anästhesie, S1-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe, 2020: 001-038.
136. Cormack RS, Lehane J, Difficult tracheal intubation in obstetrics, *Anaesthesia*, 1984; 39 (11): 1105-1111.
137. Leuwer M, Piepenbrock S, Zuzan O. Orotracheale Intubation. In: Leuwer M, Marx G, Trappe H-J, Zuzan O, editors. *Checkliste Intensivmedizin*. 5., überarbeitete Auflage ed: Georg Thieme Verlag; 2017.
138. Levitan RM, Ochroch EA, Rush S, Shofer FS, Hollander JE, Assessment of Airway Visualization: Validation of the Percentage of Glottic Opening (POGO) Scale, *Academic Emergency Medicine*, 1998; 5 (9): 919-923.
139. Ochroch EA, Hollander JE, Kush S, Shofer FS, Levitan RM, Assessment of laryngeal view: percentage of glottic opening score vs Cormack and Lehane grading, *Can J Anaesth*, 1999; 46 (10): 987-990.
140. Mallampati SR, Gatt SP, Gugino LD, Desai SP, Waraksa B, Freiburger D, et al., A clinical sign to predict difficult tracheal intubation: a prospective study, *Can Anaesth Soc J*, 1985; 32 (4): 429-434.
141. Standl T. Kopf-Hals-Region. In: Schulte am Esch J, Bause H, Kochs E, Scholz J, Standl T, Werner C, editors. *Duale Reihe Anästhesie*. 4. Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2011.
142. Orozco-Díaz E, Alvarez-Ríos JJ, Arceo-Díaz JL, Ornelas-Aguirre JM, Predictive factors of difficult airway with known assessment scales, *Cir Cir*, 2010; 78 (5): 393-399.
143. Tamire T, Demelash H, Admasu W, Predictive Values of Preoperative Tests for Difficult Laryngoscopy and Intubation in Adult Patients at Tikur Anbessa Specialized Hospital, *Anesthesiol Res Pract*, 2019; 2019: 1790413.
144. Patil V, Stehling L, Zauder H, Predicting the difficulty of intubation utilizing an intubation gauge, *Anesth Rev*, 1983; 10: 32-33.
145. Ilper H, Grossbach A, Franz-Jäger C, Byhahn C, Klages M, Ackermann HH, et al., Thyromental distance ("Patil") revisited : Knowledge and performance of a basic airway screening tool among European anesthetists, *Anaesthesist*, 2018; 67 (3): 198-203.
146. Müller A, Verges L, Gottschall R, [Prognostic value of a screening test for difficult microlaryngoscopy], *Hno*, 2002; 50 (8): 727-732.
147. Karakus O, Kaya C, Ustun FE, Koksall E, Ustun YB, Predictive value of preoperative tests in estimating difficult intubation in patients who underwent

- direct laryngoscopy in ear, nose, and throat surgery, *Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition)*, 2015; 65 (2): 85-91.
148. Hofstetter C. 1.2 Anatomische Prädiktoren des schwierigen Atemwegs. 2010. In: *Atemwegsmanagement* [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KGMemorix AINS. Available from: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/lookinside/10.1055/b-0034-28111>.
 149. Acutronic Medical Systems AG. *SensaScope* Fiberoptisches Intuboskop Gebrauchsanweisung V 1.0d o.J. [27.05.2021] Available from: http://www.acutronic-ms.at/pdf/Gebrauchsanweisung%20SensaScope_1%200d.pdf.
 150. Biro P, The *SensaScope* - A new hybrid video intubation stylet, *Saudi J Anaesth*, 2011; 5 (4): 411-413.
 151. Biro P, Spahn D, The difficult intubation drill at the University Hospital Zürich, *Jurnalul Roman de Anestezie Terapie Intensiva*, 2009; 162: 147-153.
 152. Royal Society of Arts, *Design for Good - Ninety Years of the RSA Student Design Awards*, 2015.
 153. Wasem S, Roewer N, Lange M, Videolaryngoskope für die endotracheale Intubation – Neue Entwicklungen für das Management des schwierigen Atemweges, *Anästhesiologie Intensivmedizin Notfallmedizin Schmerztherapie*, 2009; 44 (07/08): 502-508.
 154. Wrobel M, Vergleich von 3 Methoden zur Tubuseinführung bei Intubation mit dem Videolaryngoskop *McGrath Series 5*, 2016.
 155. Noppens R, Werner C, Piepho T, Indirekte Laryngoskopie, *Der Anaesthesist*, 2010; 59 (2): 149-161.
 156. Werth M, Reus E, Liening K, Grundmann U, Wrobel M, Vergleich von *ParkerFlexIt* und Führungsstab in Hockeiform als Einführhilfe bei verschiedenen Videolaryngoskopen, *Anästhesiologie & Intensivmedizin*, 2013; 54: 221.
 157. Dupanović M, Isaacson SA, Borovcanin Z, Jain S, Korten S, Karan S, et al., Clinical comparison of two stylet angles for orotracheal intubation with the *GlideScope* video laryngoscope, *J Clin Anesth*, 2010; 22 (5): 352-359.
 158. Konrad C, Schüpfer G, Wietlisbach M, Gerber H, Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures?, *Anesthesia & Analgesia*, 1998; 86 (3): 635-639.
 159. Smith JE, Jackson APF, Hurdley J, Clifton PJM, Learning curves for fiberoptic nasotracheal intubation when using the endoscopic video camera, *Anaesthesia*, 1997; 52 (2): 101-106.
 160. Falchetta S, Pecora L, Orsetti G, Gentili P, Rossi A, Gabbanelli V, et al., The *Bonfils* fiberscope: a clinical evaluation of its learning curve and efficacy in difficult airway management, *Minerva Anestesiologica*, 2012; 78 (2): 176-184.

161. Verghese C, Berlet J, Kapila A, Pollard R, Clinical assessment of the single use laryngeal mask airway—the LMA-unique, *British Journal of Anaesthesia*, 1998; 80 (5): 677-679.
162. Ulrich B, Listyo R, Gerig HJ, Gabi K, Kreienbühl G, [The difficult intubation. The value of BURP and 3 predictive tests of difficult intubation], *Anaesthesist*, 1998; 47 (1): 45-50.
163. Nimmagadda U, Salem MR, Crystal GJ, Preoxygenation: Physiologic Basis, Benefits, and Potential Risks, *Anesth Analg*, 2017; 124 (2): 507-517.
164. Tanoubi I, Drolet P, Donati F, Optimizing preoxygenation in adults, *Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie*, 2009; 56 (6): 449-466.
165. Bouroche G, Bourgain JL, Preoxygenation and general anesthesia: a review, *Minerva Anesthesiol*, 2015; 81 (8): 910-920.
166. Reus E, Grundmann U, Liening K, Wrobel M, Parker Flex-It intubation stylet versus a 90-degree curved stylet during intubation with the McGrath videolaryngoscope performed by novices: a manikin study with 5 airway scenarios, *J Clin Anesth*, 2013; 25 (8): 624-628.
167. Maharaj CH, Costello JF, Higgins BD, Harte BH, Laffey JG, Learning and performance of tracheal intubation by novice personnel: a comparison of the Airtraq and Macintosh laryngoscope, *Anaesthesia*, 2006; 61 (7): 671-677.
168. Group TC. CONSORT Transparent Reporting of Trials o.J. [31.05.2022] Available from: <http://www.consort-statement.org>.
169. Rai MR, Popat MT, Evaluation of airway equipment: man or manikin?, *Anaesthesia*, 2011; 66 (1): 1-3.
170. Taylor AM, Peck M, Launcelott S, Hung OR, Law JA, MacQuarrie K, et al., The McGrath® Series 5 videolaryngoscope vs the Macintosh laryngoscope: a randomised, controlled trial in patients with a simulated difficult airway, *Anaesthesia*, 2013; 68 (2): 142-147.
171. Foulds LT, McGuire BE, Shippey BJ, A randomised cross-over trial comparing the McGrath(®) Series 5 videolaryngoscope with the Macintosh laryngoscope in patients with cervical spine immobilisation, *Anaesthesia*, 2016; 71 (4): 437-442.
172. Ilyas S, Symons J, Bradley WP, Segal R, Taylor H, Lee K, et al., A prospective randomised controlled trial comparing tracheal intubation plus manual in-line stabilisation of the cervical spine using the Macintosh laryngoscope vs the McGrath(®) Series 5 videolaryngoscope, *Anaesthesia*, 2014; 69 (12): 1345-1350.
173. Pius J, Ioanidis K, Noppens RR, Use of the Novel C-MAC Video Stylet in a Case of Predicted Difficult Intubation: A Case Report, *A A Pract*, 2019; 13 (3): 88-90.

174. Shollik NA, Ibrahim SM, Ismael A, Agnoletti V, Piraccini E, Corso RM, Use of the Bonfils Intubation Fiberscope in patients with limited mouth opening, Case Rep Anesthesiol, 2012; 2012: 297306.
175. Karl Storz Endoskope. Definieren Sie Ihre Grenzen neu! Das neue C-MAC Video Stylet o.J. [27.01.2022] Available from: https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3490936.pdf
176. Tsay P-J, Yang C-P, Luk H-N, Qu JZ, Shikani A, Video-Assisted Intubating Stylet Technique for Difficult Intubation: A Case Series Report, Healthcare, 2022; 10 (4): 741.
177. Howle R, Onwochei D, Harrison S-L, Desai N, Comparison of videolaryngoscopy and direct laryngoscopy for tracheal intubation in obstetrics: a mixed-methods systematic review and meta-analysis, Canadian Journal of Anesthesia/Journal canadien d'anesthésie, 2021; 68 (4): 546-565.

8. Anhang

8.1 Dokumentationsbogen

SensaScope-Studie
OP-Dokumentationsbogen

□□ . □□ . 20□□

Heutiges Datum

□□□

Code (wird von Studienleitung vergeben)

Patientenetikett	Eingriff: Behandlungsgruppe: <input type="checkbox"/> SensaScope®-Intuboskop <input type="checkbox"/> McGrath® Series 5
------------------	--

Anwender Information:

Berufserfahrung Anästhesie: Monate

Anzahl Fiberoptische Intubationen: ≤ 25 > 25 > 50 > 100

Anzahl Videolaryngoskopien: ≤ 10 > 10 > 25 > 50

Zeiten:

Zeit bis zur Sicht: Sek.

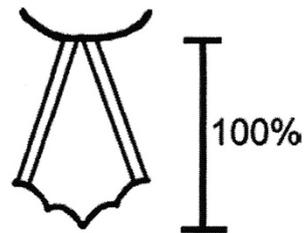
Zeit bis zur Tubusplatzierung: Sek.

Zeit bis zur ersten Ventilation: Sek.

Sichtverhältnisse:

C & L: I II III IV

POGO: % (siehe Abbildung)



Beurteilung der Handhabung des Gerätes:

0 – 10 (einfach – schwer):

Bewertung des Intubationsvorganges insgesamt (Schulnoten):

1 – 6 (sehr gut – mangelhaft):

Name des Studienpersonals	Unterschrift des Studienpersonals

8.2 Danksagung

Zunächst möchte ich meinem Doktorvater PD Dr. med. Marc Kriege für seine Geduld und ausdauernde Unterstützung danken. Ebenso möchte ich Dr. med. Rüdiger Noppens danken, der das Projekt initiierte, mir die Mitarbeit ermöglichte und mich zusammen mit PD Dr. med. Kriege dafür begeisterte.

Meinen Eltern und meiner Familie danke ich dafür, dass sie mir das Studium ermöglicht haben und mich immer unterstützt und ermutigt haben.

Von Herzen möchte ich meinem Mann Philip danken, der mir während meines Studiums und dem Erstellen dieser Arbeit stets eine große Stütze war und mich durch alle Höhen und Tiefen begleitet hat. Meinem Sohn Ferdinand danke ich für die Lebensfreude, Liebe und die Motivation zur Fertigstellung dieser Arbeit.

8.3 Lebenslauf