Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Direktor: Prof. Dr. med. Lorenz Lampl
Sektion Notfallmedizin
Leiter: Prof. Dr. med. Matthias Helm

Unmittelbarer Vergleich von direkter und videolaryngoskopischer Sicht bei der prähospitalen Notfallintubation mit dem C-MAC®PM Videolaryngoskop der Firma Storz

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Vorgelegt von
Kristina Beatrice Stiefel, geb. Frey
Geboren in Ulm

Biberach an der Riß, 2018

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Matthias Helm

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Alexander Schramm

Tag der Promotion: 28. Juni 2018

Teile dieser Dissertation wurden bereits in folgendem Fachartikel veröffentlicht:

Hossfeld, B., Frey, K., Doerges, V., Lampl, L., & Helm, M. Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. *European Journal of Anaesthesiology*, (Vd), 1–7. (2015)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis IV

Abkürzungen VI

1 Einleitung 1

1.1 Besonderheiten der prähospitalen Atemwegssicherung 2
1.1.1 Der Notfallpatient 2
1.1.2 Die Lage des Patienten 5
1.1.3 Äußere Faktoren 5
1.1.4 Einsatzkräfte 6
1.2 Direkte Laryngoskopie 6
1.2.1 Historischer Hintergrund 6
1.2.2 Aufbau eines direkten Laryngoskops 6
1.2.3 Intubationsspatel 7
1.3 Intubation 8
1.3.1 Intubationsvorgang 8
1.3.2 Führungsstäbe 9
1.3.3 Optimierung der Intubationsbedingungen 9
1.3.4 Alternativverfahren 10
1.4 Sichteinteilung nach Cormack & Lehane 13
1.5 Videolaryngoskopie 13
1.5.1 Historischer Hintergrund 13
1.5.2 Moderne Videolaryngoskope 14
1.6 Studienziel & Fragestellung 15

2 Material und Methoden 16

2.1 Durchführung der Laryngoskopie 16
2.2 C-MAC®PM Videolaryngoskop der Firma Storz 17
2.3 Auswahl der Patienten 19
2.4 Datenerhebung 19
2.5 Statistik 23

3 Ergebnisse 24

3.1 Patientenkollektiv 24
3.2 Position der Patienten 25
3.3 Atemwegssicherung 27
3.4 Vergleich der Laryngoskopiebefunde 29
3.5 Laryngoskopiebefunde bei HWS-Immobilisation 32
3.6 Probleme bei der (Video-)Laryngoskopie 34

4 Diskussion 35

4.1 Patientenkollektiv 37
4.2 Position der Patienten 38
4.3 Atemwegssicherung 39
4.4 Vergleich der Laryngoskopiebefunde 40
4.5 Laryngoskopiebefunde bei HWS-Immobilisation 42
4.6 Probleme bei der (Video-)Laryngoskopie 43
4.6.1 Anwendungsbezogene Probleme 43
4.6.2 Intubationsversuche 44
4.6.3 Intubationszeit 46
4.6.4 Reanimation 47
4.7 Limitationen 48
4.8 Fazit 49

5 Zusammenfassung 50

6 Literaturverzeichnis 52

7 Tabellenverzeichnis 59

8 Abbildungsverzeichnis 59

9 Bildanhang 60

10 Danksagung 61

11 Lebenslauf 62

Abkürzungen

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V.
ATLS	Advanced Trauma Life Support
BJA	British Journal of Anaesthesia
C/L	Cormack und Lehane
CPR	Cardiopulmonary resuscitation, (kardiopulmonale Reanimation)
Dr. med.	doctor medicinae, Doktor der Medizin
engl.	englisch
HNO	Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
HWS	Halswirbelsäule
MILS	Manuelle-in-line-Stabilisierung
OP	Operationssaal
Prof.	Professor
RSI	Rapid Sequence Induction
RTH	Rettungshubschrauber
RTW	Rettungswagen
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
VL	Videolaryngoskop

1 Einleitung

Die Atemwegssicherung hat in den internationalen Algorithmen zur Traumaversorgung höchste Priorität [1] und ist ein wichtiger Bestandteil der notärztlichen Erstmaßnahmen im Rettungsdienst. Die endotracheale Intubation gilt hierbei als Goldstandard, um den Atemweg eines Patienten prähospital zu sichern [57].

Einerseits dient die Intubation bei schwer traumatisierten Unfallopfern und tief bewusstlosen Patienten zur Oxygenation, um die Versorgung des Organismus mit Sauerstoff zu gewährleisten und zur kontrollierten Ventilation, um den Kohlenstoffdioxid-Gehalt zu überwachen. Andererseits dient sie zur Atemwegssicherung, um eine drohende Aspiration von Magensaft oder anderen Substanzen bei erloschenen Schutzreflexen zu verhindern.

Gerade für den ungeübten Arzt stellt die Intubation oft eine besondere Herausforderung dar, denn die Notärzte verfügen nicht grundsätzlich über eine arbeitstägliche Routine in der Anästhesie. Prähospital intubiert ein Notarzt durchschnittlich einmal in 3,7 Monaten [17], damit fehlt den nicht anästhesiologisch tätigen Notärzten die notwendige Routine. Selbst erfahrene Notärzte werden prähospital mit unerwarteten Hindernissen konfrontiert, wie zum Beispiel Sichtbeeinträchtigung aufgrund von Blut- oder Erbrochenem, eine veränderte Anatomie bei Tumoren im Mund-Rachenraum oder unfallbedingte Verletzungen im Kopf-Hals-Bereich. Durch diese Aspekte kann die Notfallintubation prähospital deutlich erschwert werden. Dementsprechend ist die Inzidenz der erschwerten Intubation in prähospitalen Untersuchungen mit 13 - 14,8 % [7; 57] deutlich höher als innerklinisch, wo sie von Martin et al (2011) mit 5,8 % angegeben wird [37].

Zwischenzeitlich werden von unterschiedlichsten Herstellern Hilfsmittel angeboten, um die endotracheale Intubation zu erleichtern. Hierzu zählen neben verschiedenen Führungsstäben, um den Tubus sicherer platzieren zu können, vor allem die in den letzten Jahren entwickelten Videolaryngoskope (VL).

1.1 Besonderheiten der prähospitalen Atemwegssicherung

1.1.1 Der Notfallpatient

An erster Stelle der Erschwernisse im prähospitalen Umfeld steht der Patient selbst. Während in der Klinik der Patient bereits am Tag vor einer geplanten Narkose vom Anästhesisten gesehen, aufgeklärt und hinsichtlich der zu erwartenden Schwierigkeiten beurteilt wird, muss der Notarzt eine ihm völlig unbekannte Person behandeln, die er unter Umständen bereits in einem vital bedrohlichen Zustand antrifft.
Zu einer Narkosevoruntersuchung gehört, dass nach Vorerkrankungen, Medikamenten, Allergien und vor allem nach Komplikationen einer vorherigen Narkose gefragt wird. Außerdem wird anhand unterschiedlicher Kriterien die zu erwartende Schwierigkeit der Intubation abgeschätzt und gegebenenfalls ein Alternativverfahren, wie z.B. die fiberoptische Intubation, bereitgestellt.

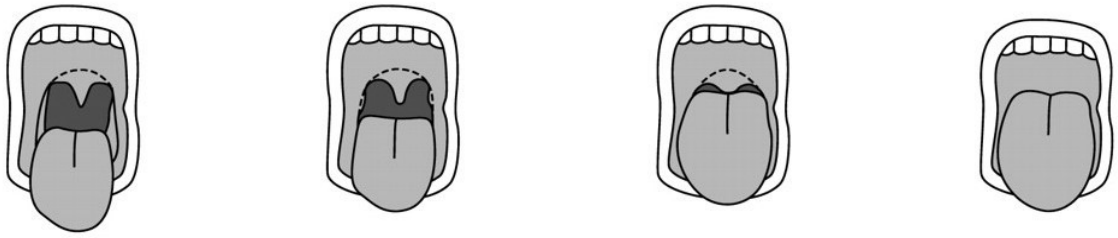
Ein Schema, anhand dessen man die Intubationsschwierigkeit abschätzen kann, ist die **LEMON-Regel** [38; 43]. Die einzelnen Buchstaben haben folgende Bedeutung:

- **L - look externally**, zielt auf die äußerliche Beurteilung des Patienten nach Merkmalen, die die Intubation erschweren können, wie Gesichtstrauma, Zahnstatus oder großer Zunge.

- **E - evaluate 3-3-2 rule**, hierbei deuten ein Schneidezahnabstand zwischen Ober- und Unterkiefer von weniger als 3 Querfingern (verminderte Mundöffnung), ein Zungenbein-Kinn-Abstand von weniger als 3 Querfingern (fliehendes Kinn) und ein Schildknorpel-Zungenbein-Abstand von weniger als 2 Querfingern (kurzer Hals) auf Schwierigkeiten bei der Atemwegssicherung hin.

Abbildung 1: 3-3-2-Regel als Hinweis auf erschwerte Intubationsbedingungen. 1: Schneidezahnabstand <3 Querfingern (verminderte Mundöffnung), 2: Zungenbein-Kinn-Abstand <3 Querfinger (fliehendes Kinn), 3: Schildknorpel-Zungenbein-Abstand <2 Querfinger (kurzer Hals) [43]
Wiedergegeben aus „Can an airway assessment score predict difficulty at intubation in the emergency department?" Reed, M. J., Dunn, M. J. G., & McKeown, D. W., Vol. 22, 99-102, © 2017, mit Erlaubnis von BMJ Publishing Group Ltd.

- **M - Mallampati-Klassifizierung**, sie beschreibt die Sicht auf Uvula und Gaumen beim wachen Patienten mit geöffnetem Mund und herausgestreckter Zunge, jedoch ohne Phonation. Sie wird in 4 Grade unterteilt: Grad eins besagt, dass die Gaumenbögen mit Uvula, sowie harter und weicher Gaumen vollständig sichtbar sind, bei Grad zwei sind die Gaumenbögen sowie die Uvula teilweise verdeckt, wenn nur noch der harte und der weiche Gaumen sichtbar sind, wird Grad drei angegeben, sieht man nur noch den harten Gaumen, entspricht dies Grad vier.



a) b) c) d)

Abbildung 2: Mallampati-Klassifikation: a) Grad 1: Uvula, Gaumen und seitliche Gaumenbögen vollständig sichtbar, b) Grad 2: Gaumen vollständig sichtbar, Uvula und Gaumenbögen teilweise nicht mehr sichtbar, c) harter und weicher Gaumen sichtbar, d) nur noch harter Gaumen sichtbar. [43]
Wiedergegeben aus „Can an airway assessment score predict difficulty at intubation in the emergency department?" Reed, M. J., Dunn, M. J. G., & McKeown, D. W., Vol. 22, 99-102, © 2017, mit Erlaubnis von BMJ Publishing Group Ltd.

- **O – Obstruction**, Hinweise auf jegliche Art der Verlegung der Atemwege werden ermittelt, zum Beispiel Traumata oder Abszesse.

- **N – Neck mobility**, hierbei wird die Beweglichkeit der Halswirbelsäule (HWS) beurteilt. Diese ist für die Einstellung einer optimalen Sichtachse vom Mund bis zur Glottis essentiell. Eine Erhöhung des Kopfes, sowie ein Überstecken des Nackens sollten möglich sein. Eine in-line HWS-Stabilisierung infolge eines Traumas, macht durch die damit erfolgende Immobilisation der HWS und der eingeschränkten Mundöffnung, eine direkte Sicht auf die Glottis nur erschwert möglich. Auch Krankheiten des Skelettsystems, wie der Morbus Bechterew, schränken den Bewegungsumfang der HWS ein.

Betrachtet man den Patienten anhand dieser Regel, kann man 0-9 Punkte vergeben, wobei die Intubationsschwierigkeit mit der zunehmenden Anzahl der Punkte korreliert.

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der prähospitalen Atemwegssicherung ist, dass der Notarzt stets von einem nicht nüchternen Patienten ausgehen muss [37]. Deshalb steht er, anders als der Anästhesist im Operationssaal (OP), im Einsatz häufig unter Zeitdruck, da Speisereste, Speichel, Blut oder Erbrochenes in die tieferen Atemwege aspiriert werden könnten. Aus diesem Grund wird prähospital ein so genanntes RSI-Verfahren durchgeführt.
RSI steht für „Rapid Sequence Induction“ und bezeichnet die schnelle Narkoseeinleitung, bei der die Zeit zwischen Gabe der Narkosemedikamente und Intubation so kurz wie möglich gehalten und auf eine Zwischenbeatmung mit Maske verzichtet wird, um die Gefahr einer Aspiration zu vermindern [52]. Sie wird auch „Nichtnüchterneinleitung“ oder „Ileuseinleitung“ genannt.

Innerklinisch stehen dem Anästhesisten, neben der herkömmlichen Intubation, vielfältige Alternativverfahren, wie supraglottische Atemwegshilfen, die Intubation mittels Videolaryngoskop oder Bronchoskop zur Atemwegssicherung zur Verfügung. Prähospital gibt es hingegen nur wenige Alternativen, um den Atemweg zu sichern.
Als supraglottische Atemwegshilfen dienen der Larynxtubus oder die Larynxmaske, sowie als Ultima ratio die Notfallkoniotomie, wenn weder Intubation noch Ventilation mit supraglottischen Alternativen oder Maske gelingen. Die ersten beiden Verfahren

bieten jedoch keinen vergleichbar hohen Aspirationsschutz wie die Intubation. Die Notfallkoniotomie birgt das Risiko von Blutungen und Verletzungen umliegender Strukturen, außerdem besitzen viele Ärzte, aufgrund der innerklinisch sehr seltenen Durchführung dieser Methode, keine Routine in ihrer Anwendung, genaue Zahlen über die Häufigkeit sind jedoch nicht bekannt [35; 61].

1.1.2 Die Lage des Patienten

Die Lage des Patienten stellt einen nicht zu unterschätzenden Risiko-Faktor bei der Intubation dar. Während im OP der Patient in der Regel auf einem OP-Tisch in Rückenlage liegt, ausreichend Platz und Möglichkeiten zur Lageoptimierung vorhanden sind und der Anästhesist bequem hinter dem Kopf des Patienten stehen kann, sieht es prähospital unter Umständen anders aus. Oft liegt der Patient an schlecht zugänglichen Stellen, wie zum Beispiel in engen Schlafzimmern, auf dem Boden oder ist womöglich noch im Fahrzeugwrack eingeklemmt. Der Notarzt muss zum Teil kniend oder liegend versuchen, sich die Stimmbandebene einzustellen, um intubieren zu können. Lagerungshilfsmittel müssen gegebenenfalls improvisiert werden, und Hilfe durch den Rettungsassistenten ist durch die beengte Lage teilweise ebenfalls erschwert. Die optimale Position zur Intubation, die direkte Sichtachse in Verlängerung der Körperlängsachse, wird hier vielfach nicht erreicht.

1.1.3 Äußere Faktoren

Neben der Lage des Patienten können noch weitere äußere Faktoren die Intubationsbedingungen beeinflussen. Schwierige Lichtverhältnisse stellen genauso ein Problem dar, wie die Witterung. So kann grelles Sonnenlicht direkt den Intubationsvorgang behindern, oder strömender Regen und Minusgrade bei der Notfallversorgung eines Patienten, störend sein. Auch der Geräuschpegel am Einsatzort ist nicht zu unterschätzen, da die Kommunikation des Rettungsteams untereinander und somit ein reibungsloser Ablauf der Atemwegssicherung stark behindert werden kann.

Wie schon erwähnt, können im Mundraum des Notfallpatienten Fremdkörper wie Blut und Erbrochenes vorhanden sein, und neben der Gefahr der Aspiration auch die Intubation durch Verlegung der Atemwege und Sichtbehinderung erschweren.

1.1.4 Einsatzkräfte

Die Erfahrung der gesamten Rettungsdienstbesatzung und ihre Teamzusammenstellung spielt eine Rolle bei der Atemwegssicherung. In einer solchen Situation ist es wichtig, dass die Einsatzkräfte auch ohne viele Worte und zügig Hand in Hand arbeiten, um eine schnelle und sichere Intubation zu erzielen. Gerade bei der RSI ist diese Routine von größter Bedeutung, um auf auftretende Probleme, wie zum Beispiel Erbrechen des Patienten, unmittelbar reagieren zu können.

1.2 Direkte Laryngoskopie

1.2.1 Historischer Hintergrund

Die direkte Laryngoskopie entwickelte sich aus der indirekten Laryngoskopie. Als erster Beschreiber dieser Methode gilt der Gesangslehrer Manuel Garcia, der 1854 seine eigenen Stimmlippen, sowie deren Bewegung und Funktion beim Singen untersucht haben soll [23]. Er lenkte einen Lichtstrahl mit Hilfe eines Spiegels in seinen Mund auf einen weiteren kleinen Spiegel, ähnlich dem heutigen HNO-Spiegel (Hals-Nasen-Ohren-Spiegel), und konnte somit seine Stimmbänder sehen.

1855 erweckte die Laryngoskopie auch unter den Medizinern Interesse. Ursprünglich vor allem im HNO-Bereich gebräuchlich, wurde sie später auch zur Intubation herangezogen und weiterentwickelt. Die direkte Laryngoskopie ermöglicht die direkte Sicht auf den Larynx im Rahmen einer Intubation, zur Sicherung der Atemwege, vor einer Operation oder auch in der Notfallmedizin.

1.2.2 Aufbau eines direkten Laryngoskops

Das direkte Laryngoskop, wie es für die Routine-Intubation verwendet wird, besitzt an einem Griffstück einen so genannten Spatel, der über ein Scharniergelenk im 90°-Winkel aufgesetzt und an dessen Ende eine kleine Lichtquelle angebracht ist. Handelt es sich um eine Kaltlichtquelle, wird das Licht vom Laryngoskopgriff über eine Glasfaserleitung an die Spitze des Spatels geleitet, bei Warmlicht sitzt die

Lichtquelle an der Spatelspitze und wird vom Griff aus über Batterien mit Strom versorgt [34].

Für den Transport und die Lagerung ist der Spatel an den Griff angelegt oder auseinandergebaut. Um das Laryngoskop in Gebrauch zu nehmen, wird ein geeigneter Spatel aufgesteckt und im Gelenk aufgeklappt. Sobald der Kontakt zur Stromversorgung hergestellt ist, leuchtet die Lichtquelle.

1.2.3 Intubationsspatel

Es gibt für die Laryngoskopie verschiedenartig geformte Spatel, die je nach Anatomie des Patienten verwendet werden. In unserer Studie wurden die so genannten Macintosh-Spatel verwendet. Sie legen sich durch ihre leicht gebogene Form der Zunge an und sind in unterschiedlichen Größen vorhanden, Größe 0 mit 75 mm bis Größe 4 mit 155 mm Länge [16; 58].

Abbildung 3: direktes Laryngoskop: (von links nach rechts) Macintosh-Spatel Größe 2 und 3, direktes Laryngoskop mit aufgestecktem Macintosh-Spatel Größe 4, Macintosh-Spatel Größe 5. Eigenes Foto

1.3 Intubation

1.3.1 Intubationsvorgang

Für den Intubationsvorgang schiebt der Untersuchende den Macintosh-Spatel in den Rachen des narkotisierten, in Rückenlage befindlichen Patienten, bis kurz vor die Epiglottis. Gleichzeitig verschiebt er mit dem Spatel die Zunge zur linken Seite und hebt die Kehlkopfebene an, um im günstigsten Fall direkt durch die Mundöffnung auf die Glottis des Patienten sehen zu können [52]. Nur wenn die Stimmbänder zu sehen sind, kann der Tubus zwischen diesen hindurch unter Sicht sicher in die Trachea geschoben werden, um den Atemweg zu sichern. Andernfalls müsste blind intubiert werden, wobei die Gefahr der Tubusfehllage deutlich ansteigt, oder es muss ein alternatives Verfahren, zum Beispiel eine supraglottische Atemwegssicherung, angewandt werden.

Zur Verifizierung der korrekten Tubuslage werden „sichere“ und „unsichere“ Merkmale unterschieden.

„Sichere“ Merkmale sind nur die Intubation unter Sicht, die Lagekontrolle mittels Bronchoskop und die Kohlenstoffdioxid-Rückatmung nach erfolgter Intubation. Die Kapnometrie, das heißt die Messung des Kohlenstoffdioxid-Anteils in der Ausatemluft, muss positive Werte anzeigen.

Als „unsicher“ gelten die Auskultation des Magens und der Lungenflügel, sowie die Beobachtung einer symmetrische Thoraxbewegung bei Beatmung [52]: über dem Magen sollten keine Geräusche auskultierbar sein, eine beidseits gleiche Belüftung der Lungenflügel sollte vorhanden sein, ist dies nicht der Fall und besteht nur eine einseitige Thoraxexkursion, muss zunächst eine zu tiefe und damit einseitige Tubuslage in einem Hauptbronchus angenommen werden.

1.3.2 Führungsstäbe

Der Führungsstab wird im Tubus platziert, um diesen während der Intubation zu stabilisieren. Er wird gegebenenfalls ein wenig vor gebogen, so dass er dem Tubus eine leichte Bogenform gibt und dieser dann einfacher, entsprechend der Anatomie des Patienten und entlang des Laryngoskop-Spatels, durch den Rachen zur Glottis geführt werden kann.

Intubationskatheter finden bei schwierigen Intubationen Anwendung. Hierbei wird ein solcher Katheter mithilfe der Laryngoskopie zwischen den Stimmlippen platziert, um dann mittels Seldinger-Technik den eigentlichen Tubus über den Intubationskatheter bis in die Trachea vorzuschieben.

1.3.3 Optimierung der Intubationsbedingungen

Zur Optimierung der Lage bei der Intubation kommt die so genannte „verbesserte Jackson-Position“ (alternativ „Schnüffelposition“ genannt) zum Einsatz.
Dabei liegt der Patient in Rückenlage, sein Kopf wird mit einem Kissen oder Ähnlichem ca. 10 cm leicht erhöht gelagert. Überstreckt man zusätzlich den Nacken, vervollständigt man die direkte Sicht auf die Glottis, wodurch der Intubationsvorgang erleichtert wird [52].

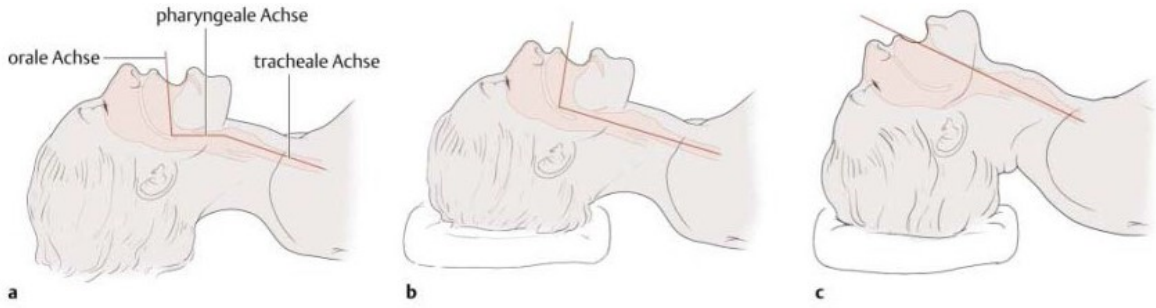


Abbildung 4: Lagerung des Kopfes zur endotrachealen Intubation: a) ungünstige Lagerung, keine Übereinstimmung der Achsen, b) verbesserte Jackson-Position: 10cm erhöhte Lagerung des Kopfes, dadurch Annäherung der Achsen, c) optimale Position durch zusätzliches Überstrecken des Kopfes, somit direkte Sicht von Mundöffnung zur Glottis möglich. [52] © Georg Thieme Verlag KG

Auf mögliche Schwierigkeiten während der Intubation gilt es vorbereitet zu sein. Eine Absaugpumpe mit Absaugkatheter darf bei keiner Intubation fehlen. Sie dient der Sichtverbesserung durch Entfernen von Speichel, Blut oder anderen Sekreten, aber

auch von Speiseresten und Fremdkörpern. Außerdem wird die Gefahr einer Aspiration durch erloschene Schutzreflexe durch zeitgerechtes Absaugen verringert. Größere Boli, die im Mund-Rachen-Raum zu finden sind und die Luftwege verlegen, werden mit der so genannten Magill-Zange entfernt, welche durch ihre abgewinkelte Form auch tiefer im Rachen zur Anwendung kommen kann. Größere, den Mundraum verlegende Fremdkörper, müssen gegebenenfalls digital ausgeräumt werden.

Das **BURP-Manöver** stellt eine Möglichkeit dar, die Stimmbandebene besser einzustellen. Dabei geben die Buchstaben an, in welche Richtung der Kehlkopf von außen (durch einen Assistenten) manipuliert wird:
B steht für backward, **U** für upward, **R** für rightward und **P** für pressure - man übt somit einen Druck auf den Schildknorpel aus, der diesen nach hinten, oben und rechts verschiebt, wodurch die Glottis für den intubierenden Arzt besser ins Sichtfeld rückt [31].

Der Sellick-Handgriff, oder Krikoiddruck, dient in erster Linie dem Aspirationsschutz bei der Intubation von nicht nüchternen Patienten. Hierbei wird Druck auf den Ringknorpel ausgeübt, um den Ösophagus so zu verschließen, dass keine Speisereste oder Magensaft aus dem Magen in die Luftwege regurgitiert werden können. Das Funktionieren dieses Verfahrens wird derzeit jedoch diskutiert [52].

1.3.4 Alternativverfahren

Sollte trotz optimaler Vorbereitung eine direkte Intubation nicht möglich sein oder schon primär bei dem Patienten von einer erschwerten Intubation ausgegangen werden, so stehen diverse Alternativverfahren zur Verfügung.

Die supraglottischen Atemwegshilfen, wie der Larynxtubus und die Larynxmaske können ohne Laryngoskopie oberhalb der Stimmbandebene platziert werden, jedoch bieten sie durch ihre Lage außerhalb der Trachea keinen ausreichenden Aspirationsschutz.

Sollte der Patient, bedingt durch ein Larynxtrauma, einen anaphylaktischen Schock, oder durch andere Ursachen dem Ersticken nahe sein, so wird, als Ultima ratio zur Atemwegssicherung, innerklinisch wie auch prähospital, ein chirurgischer Notfall-

Zugang zu den Luftwegen mittels Koniotomie geschaffen, indem das Ligamentum conicum zwischen Schild- und Ringknorpel scharf eröffnet wird.

Hierfür wird, gemäß der konventionellen chirurgischen Präpariertechnik, ein Zugang zur Luftröhre durch das Ligamentum cricothyreoideum, welches sich zwischen dem Schildknorpel und dem Ringknorpel befindet, geschaffen.
Der Kopf des Patienten sollte, zum erleichterten Auffinden der Strukturen und vereinfachten Durchführung der Notfallkoniotomie, nach Möglichkeit überstreckt werden. Eine Ausnahme stellen zum Beispiel Patienten dar, bei denen Schäden an der HWS vermutet werden müssen.
Nachdem die Haut mit einem Skalpell längs aufgeschnitten wurde, wird die Membrana cricothyroidea mit Hilfe der Präparierschere freigelegt. Zur besseren Darstellung werden die umliegenden Strukturen mit dem Kilian-Spekulum seitlich verdrängt. Nun erfolgt die quere Inzision der Membrana cricothyroidea mit dem Skalpell. In die so entstandene Öffnung der Trachea wird anschließend ein Endotrachealtubus eingeführt.

In der Literatur werden Komplikationsraten von bis zu 40% angegeben, geringe bis massive Blutungen zählen neben Verletzungen von Schilddrüse und Ösophagus ebenso zu den Akutkomplikationen, wie der Misserfolg der Atemwegssicherung [18].

Der Airway-Algorithmus des Rettungshubschraubers (RTH) „Christoph 22“ Ulm sieht vor, dass vor dem ersten Intubationsversuch eine ausgiebige Präoxygenierung (mindestens zwei Minuten mit dicht aufgesetzter Sauerstoffmaske bei hohem Flow), eine Lageoptimierung stattfinden soll und bereits der erste Intubationsversuch unter Verwendung der VL und eines Führungsstabs stattfinden soll.

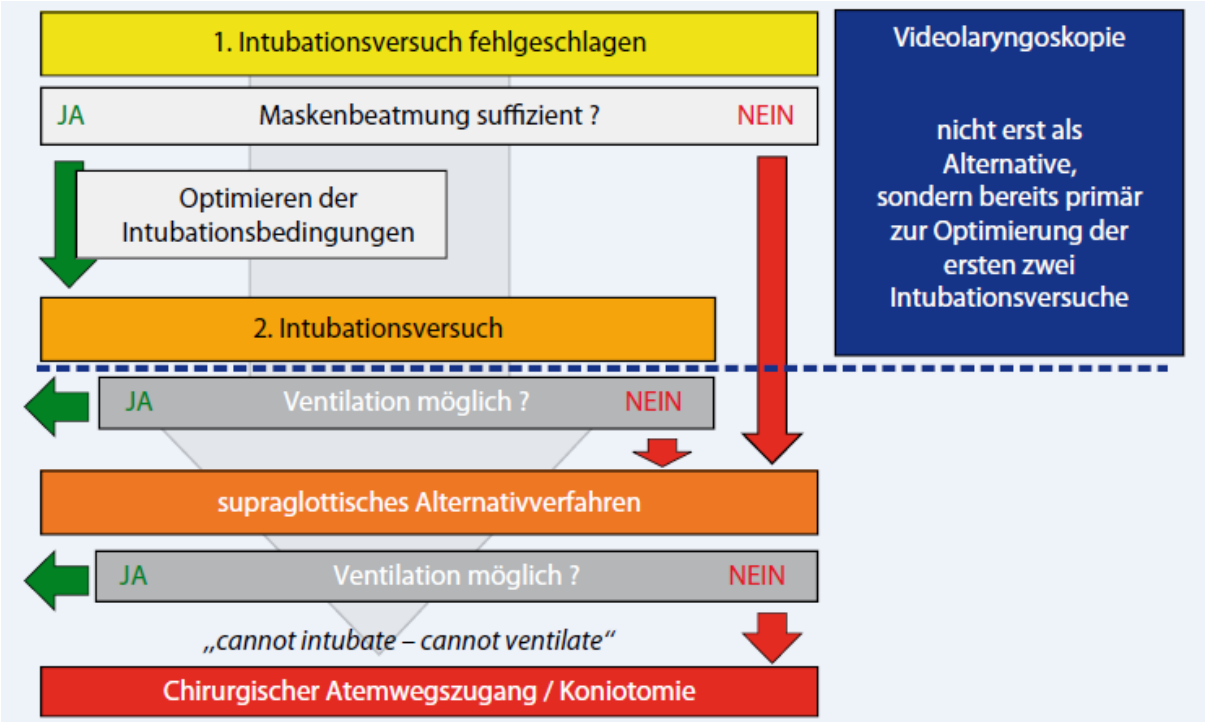


Abbildung 5: Airway-Algorithmus schwieriger Atemweg des Rettungshubschraubers Christoph 22, Ulm [22]
Wiedergegeben aus: Notfall + Rettungsmedizin Notwendigkeit eines Algorithmus für den „schwierigen Atemweg“ in der Präklinik, Vol. 14 Februar 2011, Issue 1, pp 10-14, B. Hossfeld , L. Lampl, M. Helm © mit Erlaubnis von Springer Nature

Schlägt dieser erste Versuch fehl, wird eine Zwischenbeatmung mit Beatmungsmaske angestrebt. Ist diese erfolgreich, wird eine Fehleranalyse mit weiterer Optimierung der Bedingungen und erneutem Intubationsversuch unternommen, sollte die Maskenbeatmung jedoch nicht möglich sein, oder spätestens nach einem zweiten erfolglosen Intubationsversuch, komm als supraglottische Alternative eine Larynxmaske zum Einsatz. Besteht weiterhin eine insuffiziente Beatmung, sprich liegt eine „cannot intubate – cannot ventilate“-Situation vor, so muss, als Ultima ratio, eine Notfall-Koniotomie durchgeführt werden [22]. Die auf dem RTH eingesetzten Notärzte sind in allen diesen Maßnahmen ausgebildet.

1.4 Sichteinteilung nach Cormack & Lehane

Die Unterteilung nach Cormack und Lehane (C/L) [15] gibt an, wie gut die Sicht auf die Stimmbandebene während der Laryngoskopie möglich ist. Hierbei wird in 4 Grade unterteilt:

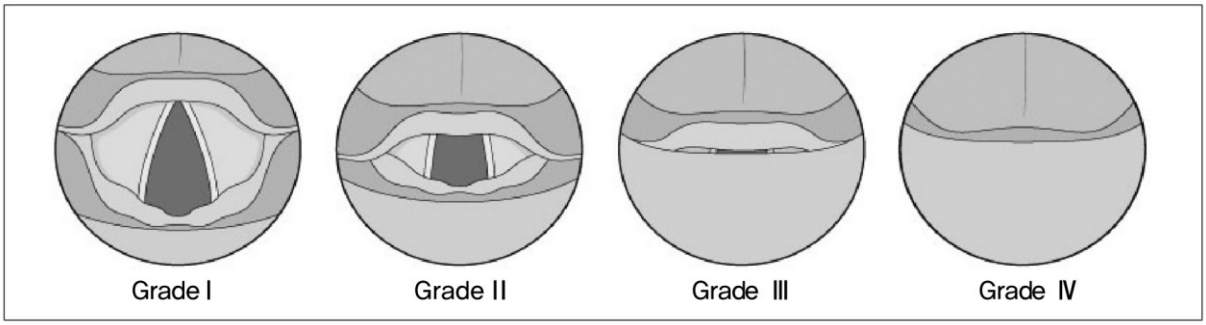


Abbildung 6: Sichteinteilung nach Cormack und Lehane in 4 Grade:
Grad I: komplette Sicht der Glottis, Grad II: nur der hintere Teil der Stimmbänder ist sichtbar, Grad III: Stimmbänder nicht mehr darstellbar, nur die Epiglottis ist sichtbar, Grad IV: Epiglottis nicht mehr sichtbar, nur harter Gaumen. [15] Mit Erlaubnis wiedergegeben aus: Journal of the Korean Medical Association, Airway Management, Kim SO.

Grad I bezeichnet die bestmögliche Situation, die Stimmbänder sind vollständig sichtbar. Ist nur deren hinterer Teil zu sehen, so wird Grad II angegeben; sind sie nicht mehr darstellbar, sondern nur noch die Epiglottis, so wird Grad III definiert. Sieht man selbst die Epiglottis nicht mehr, so ist dies Grad IV: man sieht nur noch den harten Gaumen. Je höher der Laryngoskopiebefund nach C/L eingestuft wird, desto schwieriger wird sich auch die Intubation gestalten [15].

1.5 Videolaryngoskopie

1.5.1 Historischer Hintergrund

In vielen Bereichen der Medizin wurden schon früh die Vorteile von endoskopischen Geräten entdeckt, zum Beispiel in der Chirurgie oder der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde.
1983 nutzte der Schweizer Anästhesist Dr. N. Bonfils ein starres Endoskop in Verbindung mit einem direkten Laryngoskopspatel, um Kinder mit Pierre-Robin-Syndrom, das heißt Kinder mit fehlgebildetem Unterkiefer, einer in den Rachen

verlagerten Zunge und einer Gaumenspalte, zu intubieren. Hier raus entwickelte er ein starres optisches Stylet mit einem um 40° abgewinkeltem Ende, mit dem man nicht nur die Glottis über einen Okular sehen kann, sondern das zugleich als Führungsstab für den Tubus fungiert [46].

1.5.2 Moderne Videolaryngoskope

Aus diesen Vorläufern wurden die heutigen Videolaryngoskope (VL) entwickelt, die zunächst aufgrund ihres separaten Monitors unhandlich und groß waren. Durch die Weiterentwicklung mit integriertem Monitor, sind VL jetzt auch für die Notfallmedizin sinnvoll, da sie nun handlicher und Platz sparend aufzubewahren sind. Vor einigen Jahren wurden die ersten portablen VL auf den Markt gebracht, mittlerweile gibt es Modelle unterschiedlicher Hersteller.

Unter einem VL versteht man ein Laryngoskop, bei dem der Arzt nicht mittels direkter Laryngoskopie in den Rachen des Patienten sieht, um die Stimmritze für sich sichtbar zu machen, sondern über einen Bildschirm. Dafür besitzt das VL an der Spitze des Spatels neben der Lichtquelle zusätzlich eine Kamera, die Bildübertragung erfolgt digital vom Kamerachip auf einen kleinen Monitor, der direkt am Laryngoskopgriff angebracht ist.

Auch bei der Videolaryngoskopie kann die Qualität der Sicht auf die Stimmbandebene mittels der Klassifizierung nach Cormack und Lehane beschrieben werden. Ein Vorteil dieser Art der Laryngoskopie ist, dass das Blickfeld näher an der Stimmritze ist und somit Sichtbehinderungen durch veränderte anatomische Verhältnisse oder Fremdkörper überbrückt werden können [60].
Blut oder Speichel können aber auch bei diesem Verfahren zu Behinderungen führen, da die Optik verschmiert wird oder beschlägt.

Im Gegensatz zu den stark gekrümmten Spateln anderer Videolaryngoskope ermöglicht das C-MAC®PM mit Macintosh-Spateln neben der indirekten jederzeit auch die Möglichkeit der direkten Laryngoskopie.

Zusätzlich muss man den durch das VL bedingten größeren Blickwinkel (10-15° bei konventionellen Laryngoskopen vs. 50-60° bei Videolaryngoskopen) beachten.

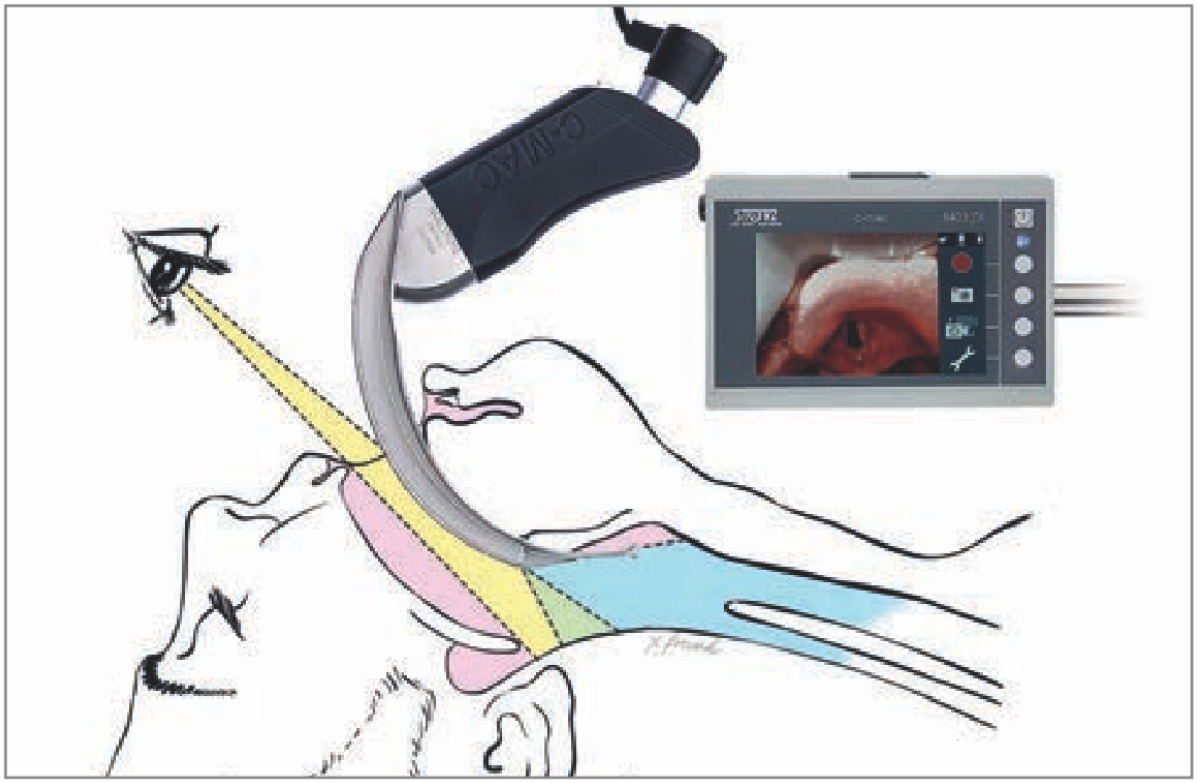


Abbildung 7: Vergleich der Sichtachsen von direkter zu videolaryngoskopischer Sicht: gelber Bereich: direkte Sicht, blauer Bereich: videolaryngoskopische Sicht; eine Sicht auf die Stimmbänder wäre direkt NICHT möglich. [67] © Karl Storz GmbH & Co. KG

1.6 Studienziel & Fragestellung

Primäres Ziel dieser Studie ist es, anhand des C-MAC®PM VL die Sicht auf die Stimmbandebene zwischen der direkten und der indirekten Laryngoskopie unmittelbar beim gleichen Patienten ohne Bewegung oder Veränderung des Intubationsspatels zu vergleichen. Somit soll untersucht werden, ob eines der beiden Verfahren einen signifikant größeren Benefit darstellt, um die präklinische Notfallintubation zu erleichtern.

Sekundäres Ziel ist, den Intubationserfolg, die Zahl der Intubationsversuche, sowie Probleme oder Behinderungen bei der prähospitalen Intubation mit dem C-MAC®PM zu erfassen.
Für die Untersuchung liegt ein positives Votum der Ethikkommission der Universität mit der Kennnummer 40/12 vor.

2 Material und Methoden

2.1 Durchführung der Laryngoskopie

Alle Notärzte des RTH „Christoph 22“ sind Fachärzte für Anästhesie des Bundeswehrkrankenhauses Ulm und besitzen arbeitstägliche Routine im Umgang mit dem C-MAC® der Firma Storz aus der operativen Anästhesie. Das VL ist seit dem Jahr 2008 innerklinisch in Gebrauch für den schwierigen Atemweg und findet seit 2009 auch auf dem RTH als Standard-Laryngoskop Verwendung, somit wären die Patienten auch ohne die Untersuchung mit dem C-MAC®PM VL intubiert worden.
Die Ärzte waren bei allen prähospitalen Intubationsversuchen aufgefordert, den Laryngoskopiebefund nach Cormack/Lehane (C/L) [15] einerseits für die direkte Laryngoskopie und andererseits für die VL zu beurteilen und nach Möglichkeit videolaryngoskopisch zu intubieren.

Der Intubationsvorgang erfolgte anhand des Atemwegsprotokolls des „Christoph 22“. Nach vorheriger mindestens 60 sekündiger Präoxygenierung mittels Maske, erfolgte die Atemwegssicherung in der Regel als RSI, in Ausnahmefällen, zum Beispiel bei Patienten unter kardio-pulmonaler Reanimation (engl.: cardiopulmonary resuscitation: CPR), wurde sofort und ohne Medikation intubiert.
Primäres Standardverfahren ist die laryngoskopische Intubation mittels C-MAC®PM VL. Der Intubationsspatel wurde aufgrund der Größe und Anatomie des Patienten, sowie der Erfahrung des durchführenden Notarztes gewählt, standardmäßig ist dies der Spatel Größe 3. Zuerst wurde mit dem VL direkt laryngoskopiert, erst nach deutlicher Ansage des direkten Intubationssitus gemäß C/L wurde der Monitor durch den Rettungsassistenten in das Sichtfeld des Notarztes geklappt und der videolaryngoskopische Befund ermittelt.
Die Intubation erfolgte videolaryngoskopisch und in der Regel mit einem Führungsstab, Ausnahmen bedurften einer Begründung, welche auf dem Studienprotokoll zu vermerken war. Ebenso wurden Lagerungsmaßnahmen, externe Mobilisation des Kehlkopfes sowie verwendeten Hilfsmittel notiert.

Als Subgruppe wurde die Intubation bei Patienten mit HWS-Immobilisation betrachtet; die Entscheidung, ob hier mittels manueller in-line-Stabilisierung oder bei geschlossenem Stiff-neck intubiert wurde, oblag dem Notarzt.
Sobald der Notarzt einen Versuch zur laryngoskopischen Darstellung der Stimmbänder unternahm, wurde dies als Intubationsversuch gewertet, unabhängig davon, ob auch ein Versuch der Tubusplatzierung stattfand.

2.2 C-MAC®PM Videolaryngoskop der Firma Storz

Das C-MAC®PM Videolaryngoskop der Firma Karl Storz GmbH & Co. KG aus Tuttlingen in Deutschland verwendet herkömmliche Macintosh-Spatel, welche austauschbar sind, so dass für erwachsene Patienten Standard-Macintosh-Spatel der Größe 2 bis 4, sowie ein besonders stark gekrümmter D-Spatel benutzt werden können.

Während viele Videolaryngoskope einen so stark gebogenen Spatel verwenden, dass keine direkte Sicht auf die Glottisebene möglich ist, ist die Besonderheit des C-MAC®PM VL von Storz, dass aufgrund der Verwendung von Spateln, die ähnlich der herkömmlichen Macintosh-Spatel geformt sind, die Möglichkeit besteht, auch mit dem VL direkt zu laryngoskopieren und zu intubieren. Lediglich der D-Spatel ist stärker gebogen und findet vor allem bei anatomischen Veränderungen Verwendung, jedoch ist mit ihm keine direkte Sicht mehr auf den Larynx möglich [10].

Soll beim C-MAC ein anderer Spatel verwendet werden, muss nur das Elektronikmodul mit dem Monitor gewechselt werden. Um die Spatel nach dem Gebrauch wieder einsatzfähig zu machen, werden sie laut Herstellerangaben gereinigt und desinfiziert. Das Auftragen einer Anti-Beschlaglösung auf die Optik an der Spatelspitze ist nicht zwingend erforderlich kann aber die Sicht verbessern.

Abbildung 8: C-MAC®PM Videolaryngoskop, Karl Storz GmbH & Co. KG mit verschiedenen Spateln: (von links nach rechts) Miller-Spatel Größe 2, d-Blade, C-MAC®PM Videolaryngoskop, Karl Storz GmbH & Co. KG mit arretiertem Macintosh-Spatel Größe 3, Macintosh-Spatel Größe 4; Eigenes Foto

Die für unsere Studie wichtige Eigenschaft ist, dass man dank der verwendeten Macintosh-ähnlichen Spatel zwischen direkter und videolaryngoskopischer Sicht, bezogen auf den gleichen Patienten, ohne Austausch des Laryngoskops und somit ohne Zeitverlust wechseln kann. Darüber hinaus ist das C-MAC®PM ein VL ist, bei dem der Monitor direkt am Griff angebracht wurde und nicht, wie bei älteren Modellen, über ein Kabel mit einem separaten Monitor verbunden ist. Damit befindet sich der Monitor stets im Blickfeld des Intubierenden.

Sollte die Videolaryngoskopie aus technischen oder anderen Gründen einmal nicht möglich sein, so steht mit dem C-MAC®PM jederzeit die direkte Laryngoskopie als Alternative zur Verfügung.

Um das Gerät in Betrieb zu nehmen, wird der 6 cm große Monitor aufgeklappt, der Farbbildschirm schaltet sich automatisch an und man kann mit der Laryngoskopie beginnen. Durch die automatische Fokussierung des Gerätes müssen keine weiteren Einstellungen vorgenommen werden. Zum Ausschalten des Geräts klappt man den Monitor einfach wieder zu.

Als Stromquelle dient beim C-MAC®PM VL ein Lithiumionen-Akku, die Laufzeit beträgt bei voll geladenem Zustand etwa eine Stunde. Zur Schonung der Kapazität schaltet sich der Monitor nach 10 Minuten selber aus. Die am Griff angebrachte Ladeanzeige für den Akku fängt an zu blinken, wenn dieser nur noch eine Restkapazität für ca. 10 Minuten Laufzeit hat.
Das C-MAC®PM VL der Firma Storz ist unter dem Kennzeichen Medical Device Directive (MDD) 93/42/EEC CE zertifiziert [26].

2.3 Auswahl der Patienten

Der Erfassungszeitraum für diese Studie erstreckte sich über 20 Monate (05/2011-12/2012). Alle Patienten, die in diesem Zeitraum durch Notärzte des Rettungshubschraubers „Christoph 22“ intubiert wurden, wurden in die Studie unselektiert einbezogen. Auf Einverständnis der Patienten wurde, mit Genehmigung der Ethikkommission (Kennnummer 40/12), verzichtet, da dies aufgrund der Notfallsituation nicht möglich war. Die Indikation zur Intubation wurde von den Notärzten unabhängig von der Studie gestellt.

2.4 Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte anhand eines für diese Studie entwickelten Fragebogens (siehe Bildanhang Nr. 1). Dieser dient der einheitlichen, und somit vergleichbaren Dokumentation der Intubationen mit dem C-MAC®PM VL auf dem Rettungshubschrauber „Christoph 22“ Ulm. Jeder Fragebogen kann dem Notarztprotokoll des dazugehörigen Einsatzes anhand einer internen Auftragsnummer zugeordnet werden, die Datenverarbeitung erfolgte jedoch pseudonymisiert nach Eingabe in eine Excel-Tabelle.
Einzelne Themenpunkte werden auf dem Fragebogen zur besseren Übersicht optisch getrennt angeordnet.

Zuerst erscheint die Angabe des Einsatzdatums, sowie die interne Auftragsnummer des RTH „Christoph 22“. Angaben über Alter und Geschlecht des Patienten befinden sich ebenfalls im Kopfteil des Fragebogens.

Darauf folgt als erster Punkt die Erfassung der Einsatzart: hierbei wird in „Non-Trauma“ oder „Trauma“ unterteilt; letzteres ist wiederum zu spezifizieren in Einzelverletzung, Mehrfachverletzung, Polytrauma, sowie eine Verletzung mit Thoraxtrauma und/oder mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT), wobei hier Mehrfachnennungen möglich sind.

Weitere Angaben beziehen sich auf die Indikation zur Intubation, welche vom Notarzt festgelegt wurde. Auch hier sind Mehrfachnennungen möglich:

- Kreislaufstillstand/Reanimation
- Einsatztaktik
- Bewusstseinstrübung oder -verlust
- Kreislaufinstabilität/Schock
- Verletzungsmuster
- Ateminsuffizienz
- Schmerz

Mit dieser Unterteilung, sowie der Bestimmung der Lage des Patienten bei der Intubation, kann man später die Intubationsbedingungen genauer vergleichen. Es spielt zum Beispiel eine wichtige Rolle, ob der Patient bei Intubation frei zugänglich auf dem Boden, schlecht zugänglich oder sogar eingeklemmt ist, oder ob er bereits im Rettungswagen gelagert ist [13].

Folgende Behinderungen der Sicht können auf dem Fragebogen angegeben werden:

- Blut
- Erbrochenes
- Speichel (so genannte Hypersalivation)
- Fremdkörper
- Anatomie des Rachens
- Zahnstellung
- Trauma
- Lage des Patienten

Gerade eine Verlegung durch Blut, Speichel oder Erbrochenes stellt eine erhebliche Erschwernis für die Sichtverhältnisse im Rachen des Patienten dar. So spielen nicht nur große Mengen der genannten Flüssigkeiten, welche bei beiden Verfahren zu Sichtbehinderungen führen können, eine Rolle, insbesondere bei der VL können auch kleine Mengen wesentlich stören, sollten diese die Optik der Kamera an der Spatelspitze verunreinigen.

Nicht nur äußere Störfaktoren sind auf dem Fragebogen erfasst, sondern auch Fragen zur Bildqualität. Eine helle Umgebung könnte den Kontrast reduzieren und somit ein schlechteres Bild auf dem Monitor verursachen, auch eine fehlerhafte Darstellung kann die Intubationsbedingungen negativ beeinflussen. Weitere Probleme können handschriftlich ergänzt werden.

Im nächsten Feld folgt der direkte Vergleich zwischen direkter Laryngoskopie und Videolaryngoskopie, der durch den Notarzt zu beurteilen ist. Laryngoskopie, Videolaryngoskopie und Intubation sollen den 4 Kategorien „problemlos“, „erschwert“, „schwierig“ und „nicht möglich“ zugeordnet werden. Auch die Anzahl der Intubationsversuche, sowie die Art der definitiven Laryngoskopie zur Intubation mit Begründung, falls diese vom Studienprotokoll (siehe 2.1) abweicht, werden durch den Fragebogen erfasst.

Die letzte große Spalte enthält Angaben zu den Intubationsversuchen. Sie ist, gemäß dem Atemwegsprotokoll des RTH „Christoph 22“, für bis zu 3 Versuche ausgelegt. Folgende Angaben werden hier abgefragt:

- Spatelgröße (1, 2, 3, 4, d-Blade)?
- Erfolgte die Intubation als rapid sequence induction (RSI)?
- Wurde ein Relaxanz verwendet?
- Erfolgte die Intubation unter Spontanatmung?
- Wurde mit oder ohne Medikamentengabe intubiert?
- War eine erneute Relaxierung oder Sedierung nötig?
- Benutzung von Hilfsmitteln wie des Führungsstabes, des Cook-Stabs, des Sellick-Handgriffs, der Jackson-Position, des BURP-Manövers sowie die Benutzung der Absaugpumpe oder die Zwischenbeatmung mittels Maske oder Larynxmaske?

- Bei Halswirbelsäulen-Immobilisation: Angabe über Intubation mit geschlossenem, oder geöffnetem Stiff-neck mit manueller In-Line-Stabilisierung.

Gerade durch die Notwendigkeit einer HWS-Immobilisation werden die Intubationsbedingungen erschwert. Die Mundöffnung ist durch den Immobilisationskragen eingeschränkt und der Kopf darf nicht mehr überstreckt werden, da die Gefahr einer Querschnittslähmung durch Manipulation der möglicherweise frakturierten Halswirbelsäule zu groß ist, somit stellt sich die Einstellung der direkten Sichtachse von Mundöffnung zu Glottis schwieriger dar [36].
Alternative Verfahren zum VL waren:

- direktes Laryngoskop
- Larynxmaske
- Larynxtubus
- Koniotomie
- Beatmung mit Maske
- Spontanisierung der Atmung

Danach folgt eine kleine Schemazeichnung zur Sichteinteilung nach Cormack und Lehane (s.o.) mit der Möglichkeit, den Grad der Einteilung für die konventionelle Sicht und die videolaryngoskopische Sicht separat anzugeben.

Zuletzt werden die Intubationsbedingungen angegeben, diese lassen auf die Tiefe der Narkose und Relaxierung schließen.

- sehr gut, die Stimmritze ist weit
- gut, die Stimmritze ist ebenfalls weit, die Intubation löst jedoch geringe Abwehrbewegung und/oder geringen Hustenreiz aus
- Schlecht, enge Stimmritze, starke Abwehrbewegungen und/oder starker Hustenreiz
- sehr schlecht, fest verschlossene Stimmritze.

2.5 Statistik

Die durch die Notärzte des „Christoph 22“ erfassten Daten wurden pseudonymisiert in eine Excel-Datenbank der Firma Microsoft, Redmond, USA übertragen und ausgewertet. Zur Auswertung der Klassifizierung nach Cormack und Lehane erfolgte der Wilcoxon-Test. Dieser Test findet bei voneinander abhängigen Gruppen Verwendung, wenn davon auszugehen ist, dass eine Normalverteilung der Werte nicht vorliegt. Hierbei werden die vorhandenen Werte als Paardifferenzen und diese anschließend aufsteigend sortiert als Rangreihe dargestellt. Mit Hilfe dieser Rangreihe kann dann wiederum die Signifikanz des Tests ausgerechnet werden. Als signifikant gilt, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) einen Wert von kleiner 0,05 annimmt [66]. In unserer Studie wurden die C/L-Werte I-IV von konventioneller zu videolaryngoskopischer Sicht miteinander vergleichen und als Paardifferenzen dargestellt.

Die weitere statistische Auswertung ist aufgrund des Studientyps als orientierende Interpretation zu werten. Es erfolgte eine Deskription der Häufigkeiten.

3 Ergebnisse

Die Erhebung der Daten wurde im Zeitraum von Mai 2011 bis Dezember 2012 am Standort des RTH „Christoph 22“ Ulm durchgeführt. Insgesamt wurden hierbei 228 Patienten erfasst. Eine Atemwegssicherung konnte in 100 % der Fälle erreicht werden, eine Tubusfehllage wurde bei keinem Patienten festgestellt.

3.1 Patientenkollektiv

In die Studie einbezogen wurden alle Notfallpatienten, bei denen durch die Notärzte des „Christoph 22“ die Indikation zur prähospitalen Intubation gestellt wurde. Insgesamt wurden 167 männliche (73,2 %) und 61 weibliche (26,8 %) Patienten erfasst, das Durchschnittsalter lag bei 50 Jahren (28,5 - 70 Jahre). Trauma, als Hauptindikation für die Notwendigkeit zur Intubation, wurde bei 163 (71,5%) Patienten angegeben.

Das Einsatzspektrum des „Christoph 22“ umfasst neben Patienten mit Traumafolgen auch internistische und neurologische Notfälle. Die Indikationen zur Intubation sind in Tabelle 1 dargestellt:

Tabelle 1: Indikationen zur Intubation: Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 05/2011-12/2012

	absolut	In Prozent
Kreislaufstillstand/Reanimation	**35**	**15,4**
Einsatztaktik	**20**	**8,8**
Bewusstseinstrübung	**110**	**48,2**
Schock/Kreislaufinstabilität	**17**	**7,5**
Verletzungsmuster	**104**	**45,6**
Ateminsuffizienz	**49**	**21,5**
Schmerz	**30**	**13,2**
Andere: Aspiration, Krampfanfall…	**7**	**3,1**
Mehrere Angaben pro Patient	**111**	**48,7**

3.2 Position der Patienten

Die Lage der Patienten beim Eintreffen der RTH-Besatzung ergab nachstehende Verteilung:

73 (32,0 %) Personen lagen frei zugänglich, 37 (16,2 %) hingegen lagen schlecht zugänglich auf dem Boden. Eingeklemmt waren 15 (6,6 %) Patienten, 103 (45,2 %) Personen waren von der ersteintreffenden Rettungswagenbesatzung schon in deren Rettungswagen gebracht worden.

Zum Zeitpunkt der Intubation lagen nur noch 47 Patienten (20,6 %) frei zugänglich auf dem Boden, 12 weitere (5,3 %) lagen ebenfalls auf dem Boden, waren jedoch schlechter zu erreichen. Nur bei einer Person (0,4 %) erfolgte die Atemwegssicherung in eingeklemmten Zustand, bei 168 Patienten (73,7 %) erfolgte die Intubation im Rettungswagen.

Somit kann bei 65 (28,5 %) Patienten von einer Lageoptimierung hinsichtlich des Intubationsortes gesprochen werden. (Abb. 9)

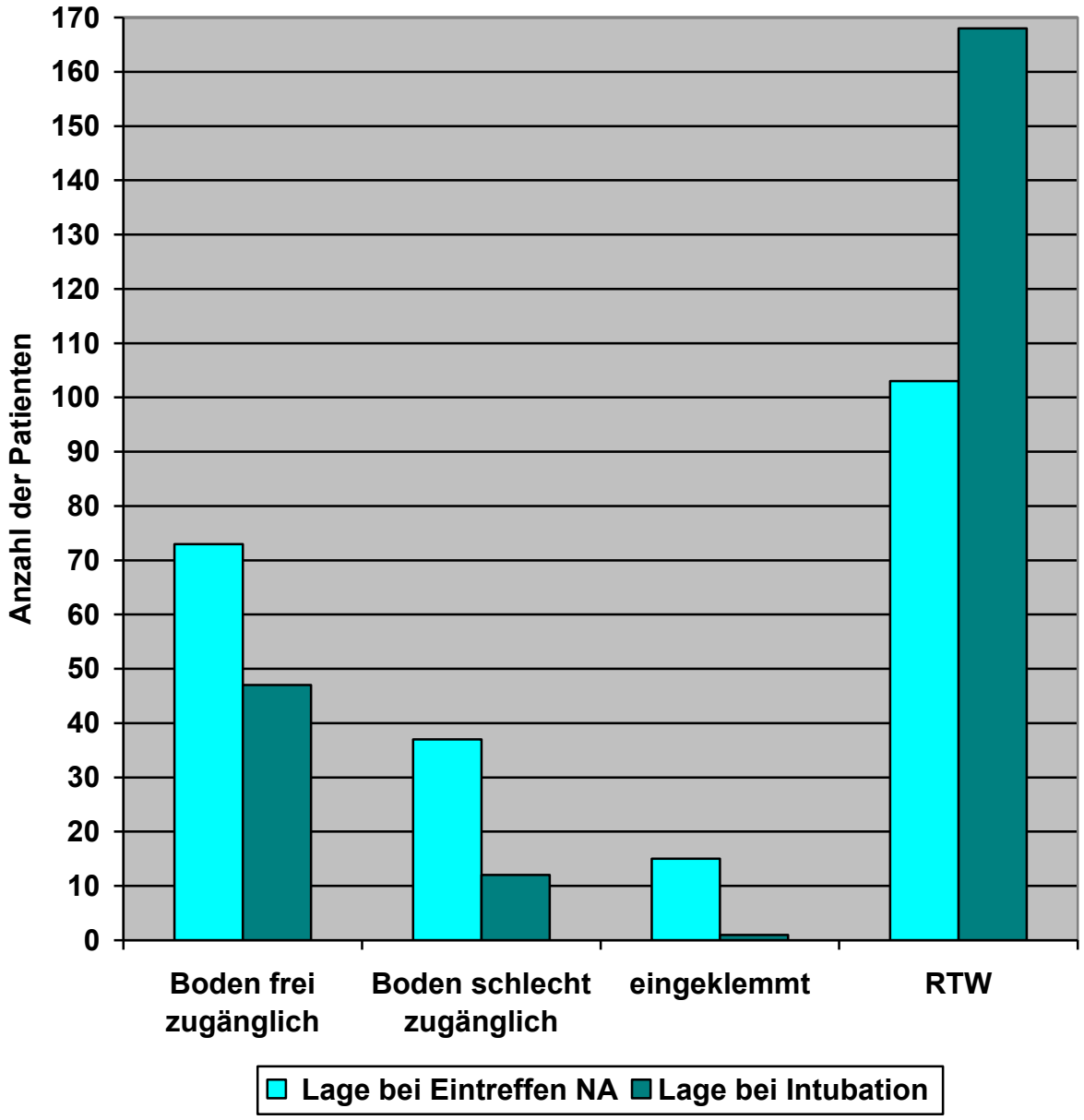


Abbildung 9: Lage des Patienten beim Eintreffen des Notarztes vs. Lage des Patienten bei Intubation

Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 05/2011-12/2012

NA: Notarzt, RTW: Rettungswagen, n: Anzahl der Patienten

Eigene Abbildung

3.3 Atemwegssicherung

Die Atemwegssicherung erfolgte zu 99,6 % durch endotracheale Intubation, lediglich bei einem eingeklemmten Patienten (0,4 %) war die Intubation unter kardiopulmonaler Reanimation (CPR) nicht möglich, hierbei musste auf die Larynxmaske als supraglottisches Verfahren ausgewichen werden.

206 Patienten (90,4 %) konnten mit dem ersten Versuch erfolgreich intubiert werden (First pass success), bei 20 Patienten (8,8 %) war ein zweiter Versuch von Nöten, und nur bei 2 Patienten (0,9 %) gelang die Atemwegssicherung erst im 3. Anlauf, worunter auch der oben genannte eingeklemmte Patient unter CPR fällt.

In den insgesamt 20 Fällen, bei denen die Atemwegssicherung erst beim zweiten Versuch erfolgte, fand in 10 Fällen eine Zwischenbeatmung statt, neunmal mittels Gesichts-Maskenbeatmung und einmal mittels Larynxmaske.

Die verwendeten Intubationsspatel wurden anhand des Alters und der anatomischen Gegebenheiten der Patienten gewählt, es lässt sich folgende Verteilung der Spatel pro Intubationsversuch festhalten:

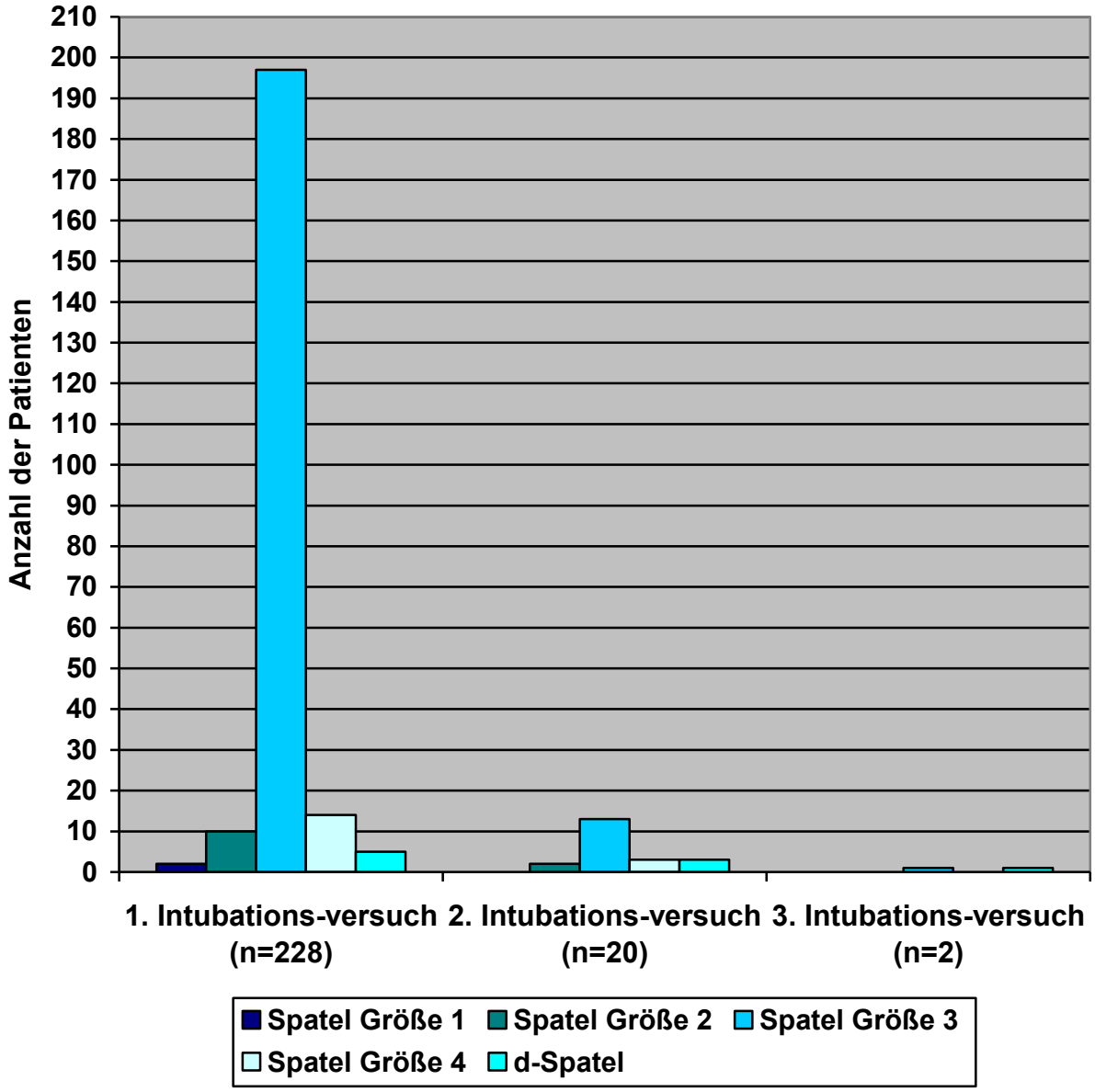


Abbildung 10: Verwendete Intubationsspatel pro Intubationsversuch:
Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 05/2011-12/2012
n: Anzahl der Patienten
Eigene Abbildung

Hierbei muss drauf hingewiesen werden, dass bei den 5 Patienten (2,2%), bei denen der d-Spatel initial zur Laryngoskopie verwendet wurde, aufgrund der Spatelkrümmung keine direkte Laryngoskopie möglich war und diese somit von der vergleichenden Analyse ausgeschlossen wurden.

Die Auswertung der eingesetzten Hilfsmittel ergab, dass der Tubusführungsstab mit 199-mal (87,3 %) am häufigsten zur definitiven Intubation herangezogen wurde. Ein Intubationskatheter wurde 12-mal (5,3 %) verwendet und in 17 Fällen (7,5 %) wurde

auf die Hilfe eines Führungsstabes verzichtet. Ein Wechsel vom Tubusführungsstab zum Intubationskatheter fand 5-mal (2,2 %) statt.

30-mal (12,1%) musste eine externe Manipulation des Kehlkopfes (BURP) zur Anwendung kommen.
Um bei der Intubation eine bessere Sicht zu haben, wurde neben dem BURP-Manöver in 21 Fällen (9,2 %) die Absaugung benutzt, um Speichel, Blut oder Erbrochenes zu entfernen. Zudem wurde mit der Absaugung die Gefahr einer Aspiration vermindert.

3.4 Vergleich der Laryngoskopiebefunde

Der Vergleich der Laryngoskopiebefunde zwischen der direkten und der videolaryngoskopischen Sicht wurde anhand der von den Notärzten angegebenen Daten angestellt. Eine Darstellung des Patientenkollektivs hinsichtlich des C/L-Klassifizierung beider Verfahren zeigt folgendes Schemabild:

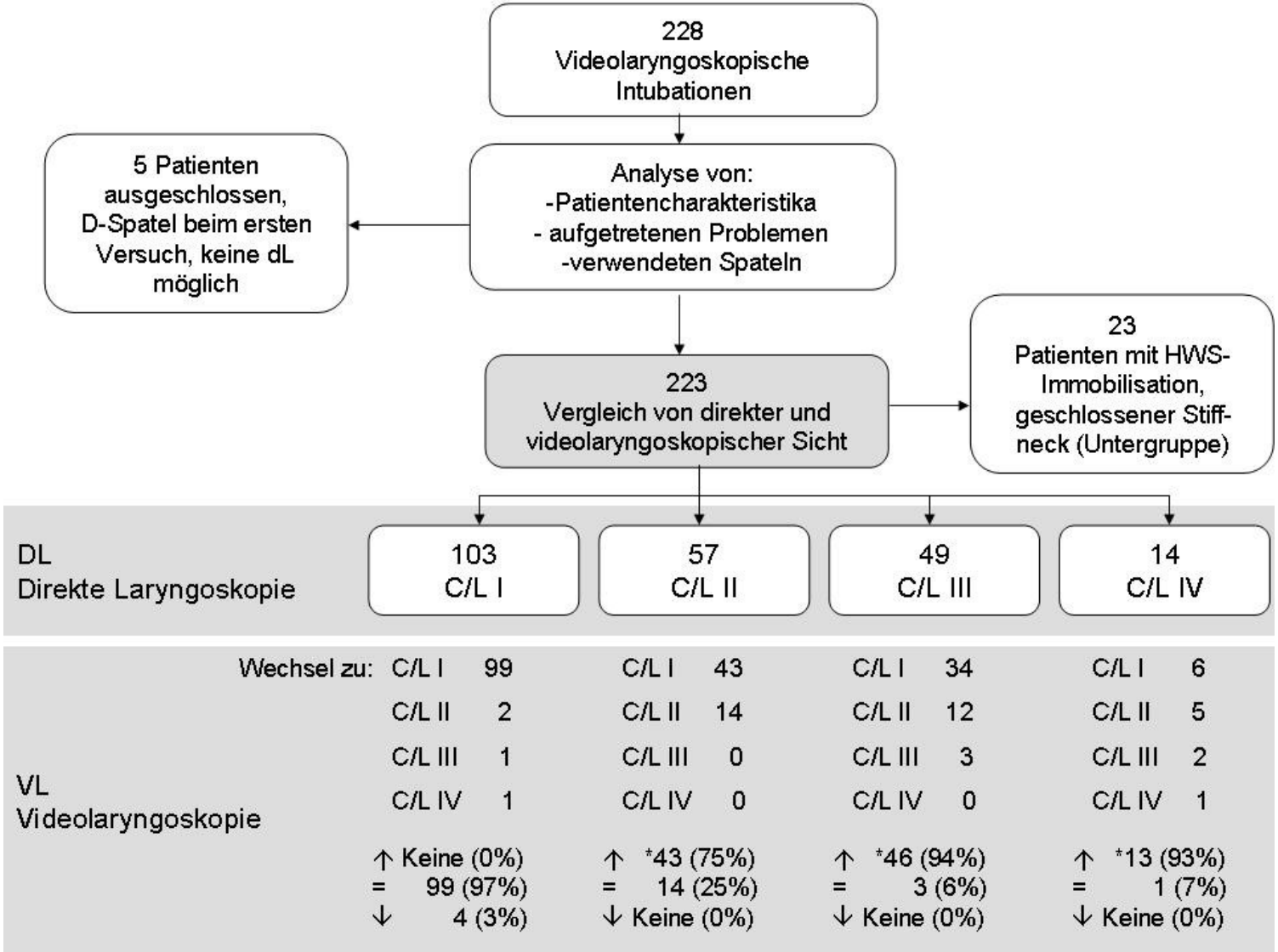


Abbildung 11: Veränderungen der laryngoskopischen Sicht mit dem C-MAC PM: Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 05/2011-12/2012 [21]

DL = direkte Laryngoskopie, VL = Videolaryngoskop, C/L = Cormack und Lehane Einteilung, ↑ Verbesserung, = unverändert, ↓ Verschlechterung, * = Signifikanz $p < 0{,}001$

228 Patienten wurden mit dem C-MAC®PM VL intubiert. Nach Analyse und Auswertung der Daten mussten 5 Patienten ausgeschlossen werden, die primär mit dem D-Spatel intubiert wurden, da mit diesem Spatel keine direkte Sicht auf die Glottis möglich ist. Von den 223 verbleibenden Patienten wurde eine Untergruppe der HWS-Immobilisierten gebildet.

Vergleicht man nun die direkte Sicht und die videolaryngoskopische Sicht hinsichtlich der C/L-Klassifizierung, so kann man folgende Verteilung festhalten:

Tabelle 2: direkter Vergleich der C/L-Grade von videolaryngoskopischer Sicht zu direkter Sicht
Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 05/2011-12/2012, C/L: Cormack & Lehane

		Videolaryngoskopie			
		C/L I	C/L II	C/L III	C/L IV
direkte Laryngo-skopie	C/L I	99	2	1	1
	C/L II	43	14	0	0
	C/L III	34	12	3	0
	C/L IV	6	5	2	1

Insgesamt konnten bei 158 Patienten (69,3 %) Cormack & Lehane-Grade von I-II gegeben werden.

Die dunkelgrau hinterlegte Diagonale zeigt, dass 117-mal (51,3 %) beide Laryngoskopieverfahren als gleichwertig hinsichtlich der C/L-Klassifizierung angesehen wurden. Weiß hinterlegt sind die Fälle, bei denen direkt eine bessere C/L-Einstufung als videolaryngoskopisch beobachtet werden konnte, die hellgrau hinterlegten Felder zeigen, dass die Sicht auf die Glottis mit dem VL besser angesehen wurde als mit der direkten Sicht.

Betrachtet man die Tabelle nun hinsichtlich der Verbesserung von C/L III-IV zu C/L I-II, so ist ersichtlich, dass nur in 2 Fällen (0,9 %) mit der direkten Laryngoskopie der C/L Grad I-II erreicht werden konnte, obwohl die Sicht mittels VL mit C/L-Grad III-IV, und damit schlechter, eingestuft wurde. Jedoch konnte in 57 Fällen (25,0 %) die

durch die Notärzte mittels direkter Laryngoskopie bestimmte dritt- und viertgradige Einteilung mit dem VL auf die C/L-Grade I-II angehoben werden, das Ergebnis ist somit klinisch relevant. Für diese Verbesserung wurde ein Signifikanzniveau von $p<0,001$ berechnet.

Die Frage, ob sich die Intubationsbedingungen nach subjektiver Einschätzung der Notärzte durch die Videolaryngoskopie im Vergleich zur direkten Laryngoskopie insgesamt verändert hätten, wurde wie folgt beantwortet:

in 124 Fällen (54,4 %) schätzten die Notärzte die Situation als erleichtert ein. 96-mal (42,1 %) konnte kein Unterschied festgestellt werden und nur bei 8 Intubationen (3,5 %) wurde die direkte Laryngoskopie als die bessere Variante beurteilt.

Die abschließende Beurteilung der Intubationsbedingungen, als Zeichen für die Narkosetiefe, wurde insgesamt 209-mal (91,7 %) als „sehr gut“ gewertet, bei 10 Intubationen (4,4 %) wurde sie als „gut“ eingestuft, „schlecht“ waren 7 Intubationsbedingungen (3,1 %), als „sehr schlecht“ wurde keine Situation empfunden, 2-mal (0,9 %) war sie „nicht beurteilbar“, worunter auch die erfolglose Intubation bei Reanimation fällt. Dies ist mit einem C/L-Grad 4 vereinbar.

3.5 Laryngoskopiebefunde bei HWS-Immobilisation

85 Patienten (37,3 %) benötigten keine HWS-Immobilisation, dahingegen musste, durch den Unfallmechanismus bedingt, bei 143 (62,7 %) der 228 Patienten von einer Gefährdung oder gar Verletzung der Halswirbelsäule ausgegangen werden. Die Notärzte entschlossen sich bei 24 dieser Patienten (10,5 %) die Atemwegssicherung bei geschlossenem Stiff-neck durchzuführen, bei 119 Verletzten (52,2 %), erfolgte die Intubation mit einer manuellen In-Line-Stabilisierung.

In der Untergruppe der HWS-Immobilisierten mit vollständig geschlossenem Stiff-neck (24 Patienten) sieht man folgende Verteilung der C/L-Klassifizierung zwischen dem VL und dem herkömmlichen direkten Verfahren:

Tabelle 3: direkter Vergleich der C/L-Grade von videolaryngoskopischer Sicht zu direkter Sicht bei HWS-immobilisierten Patienten

Bundeswehrkrankenhaus Ulm, 05/2011-12/2012

HWS: Halswirbelsäule, n: Anzahl der Patienten, C/L: Cormack & Lehane

Patienten mit HWS-Immobilisation (n=24)		Videolaryngoskopie			
		C/L I	C/L II	C/L III	C/L IV
direkte Laryngo-skopie	C/L I	3	0	0	0
	C/L II	8	1	0	0
	C/L III	7	3	0	0
	C/L IV	0	1	1	0

Eine gleichwertige Einschätzung der C/L-Klassifizierung zeigt die dunkelgrau hinterlegte Diagonale, in 4 Fällen (16,7 %) wurde das direkte Sichtverfahren gleichwertig zur VL bewertet. Die hellgrauen Felder bezeichnen Patienten, welche videolaryngoskopisch bessere C/L-Grade erhielten als mit der direkten Laryngoskopie. Dabei profitierten 11 Patienten (45,8 %) von einer C/L-Einteilung von III-IV unter direkter Sicht, zu einer mit dem VL verbesserten C/L-Einteilung von I-II, somit ist auch dieses Ergebnis klinisch relevant. Die Berechnung ergab ein Signifikanzniveau von $p<0,001$.

Die Frage nach einer Verbesserung der Intubation mittels VL bei dieser Subgruppe wurde wie folgt beantwortet:

in 20 Fällen (83,3 %) wurde die Intubation mittels VL leichter eingeschätzt, unverändert waren die Bedingungen bei 3 Patienten (12,5 %) und nur bei einer Person (4,2 %) wurde die Situation als erschwert angegeben.

3.6 Probleme bei der (Video-)Laryngoskopie

Bezogen auf die Bildqualität des VL wurde in 196 (85,9 %) Fällen eine korrekte und gut sichtbare Darstellung angegeben, bei 11 (4,8 %) Einsätzen störte das helle Umgebungslicht, 17-mal (7,5 %) war die Darstellung, vor allem bedingt durch eine beschlagene Optik, eingeschränkt. 3-mal (1,3 %) diskonnektierte der Akku, so dass das VL ausgeschaltet war. Dieses technische Problem konnte jedoch nur zu Beginn der Studie beobachtet werden, da die Firma Storz nach Meldung dieses Problems eine entsprechende Modifikation an der Arretierung des Akkus vornahm.

Behinderungen bei der Laryngoskopie, wurden mit folgenden Häufigkeiten angegeben:

Eine Sichtbehinderung durch Blut wurde bei 42 Patienten (18,4 %) dokumentiert, nur halb so oft, also bei 21 Patienten (9,2 %), wurde eine Beeinträchtigung durch Erbrochenes und bei 25 Personen (10,9 %) durch vermehrten Speichelfluss angegeben. Die Laryngoskopie war in 5 Fällen (2,2 %) durch Fremdkörper erschwert, mit der gleichen Häufigkeit wurde die Zahnstellung als Behinderung angesehen. Jeweils bei 10 Patienten (4,4 %) wurde die Anatomie des Rachens allgemein, sowie bei Unfallopfern die traumatisch bedingten Veränderungen als Hindernis vermerkt. Die Lage des Patienten erschwerte 12-mal die Laryngoskopie (5,3 %).

4 Diskussion

Der schwierige Atemweg stellt eine besondere Herausforderung dar. Er kommt, im Gegensatz zur Klinik, in prähospitalen Situationen deutlich häufiger vor (5,8 % vs. 13-14,8 %) [7; 37; 56]. Saxena (2009), vertritt die Meinung, das VL in einem Algorithmus für den schwierigen Atemweg frühzeitig einzusetzen sind, um mehrere erfolglose oder gar blinde Intubationsversuche zu verhindern [51]. Auch Aseri et al schreiben in einem Brief an den Herausgeber des British Journal of Anaesthesia (BJA) (2015), dass gerade beim schwierigen Atemweg, das VL als Standartverfahren etabliert werden sollte [2]. Entsprechend sieht der Atemwegsalgorithmus des „Christoph 22“ das C-MAC® bereits seit 2009 als primäres Laryngoskop zur Sicherung des Atemwegs vor.

Die vorliegende Studie sollte am Beispiel des C-MAC®PM Videolaryngoskops der Firma Storz herausfinden, ob auch prähospital der Einsatz dieser Geräte eine Verbesserung des Laryngoskopiebefundes bedeuten würde, oder ob sich eventuell Probleme bei der Benutzung außerhalb des Krankenhauses herausstellen würden. Ein besonderer Aspekt der Studie liegt in der Verwendung von Macintosh-Spateln mit dem C-MAC®PM Videolaryngoskop: damit kann es sowohl videolaryngoskopisch als auch zur direkten Laryngoskopie verwendet werden.

Andere VL haben einen so stark gebogenen Intubationsspatel, dass man ausschließlich über die Monitorsicht die Glottis visualisieren kann, die Einstellung einer direkten Sichtachse von der Mundöffnung zu den Stimmbändern ist damit jedoch nicht möglich.
Somit bietet das C-MAC®PM den Vorteil, dass bei Problemen während der Anwendung des videolaryngoskopischen Verfahrens, gleich ein alternatives Sichtverfahren zur Verfügung steht, ohne dass das Gerät gewechselt werden muss. Diese Eigenschaft wird in einer Studie von Cavus et al (2011) bei 4 Patienten erfolgreich angewendet [12]. Eine Verzögerung der Intubation, mit dem Risiko einer Hypoxie und möglicherweise relevanten neurologischen Schäden, wird dadurch verringert.

Cavus et al (2010) merken an, dass durch das Fehlen einer Tubusführungsschiene, wie sie andere VL haben, mit dem VL von Storz auch die nasale Intubation zur

Verfügung steht. Darüber hinaus sei beim C-MAC® VL im Vergleich zu anderen VL stets auch die Spitze des Intubationsspatels im Monitorbild zu sehen sein, was die Verletzungsgefahr durch den Spatel vermindere [11]. Dieser Nachteil anderer VL, bei denen es durch die stark gebogenen Spatel zu Weichteilverletzungen kommen kann [14], wird von Russo et al (2012) bei dem C-MAC® VL ebenfalls nicht beobachtet [46].

Alle VL haben den Vorteil, dass das Assistenzpersonal bei der Intubation, zum Beispiel mittels BURP-Manöver, besser helfen kann die Sicht zu verbessern, da es selbst auch über den Monitor den Intubationssitus sehen kann. Dies ist auch für Ausbildungszwecke sehr hilfreich [2, 27]. Kelly et al (2015) heben in einem Brief an den Herausgeber des BJA (2015) hervor, dass gerade in Situationen des schwierigen Atemwegs das Teamwork besser möglich sei [27].

Weitere in der Literatur erwähnte Beispiele stammen von Russo et al (2012). Hier wird beschrieben, dass videolaryngoskopisch zur Intubation ein geringerer Kraftaufwand von Nöten sei. Außerdem würde die Atemwegsmorbidität reduziert, genauso wie die hämodynamische Stressreaktion [46].

Für die Verwendung von Videolaryngoskopen wurden schon in einigen innerklinischen Studien Sichtverbesserungen während der Intubation, und somit eine Erleichterung derselben, nachgewiesen [3; 12; 40; 42].
Aziz et al (2012) konnten für das C-MAC®PM zeigen, dass bei Patienten mit schwierigem Atemweg eine signifikant höhere Anzahl an erfolgreichen Intubationen erreicht werden konnte, als mit direkter Laryngoskopie (93 % vs. 84 %) [4]. Ruetzler et al (2015) beschreiben in ihrer Studie, dass beim simulierten schwierigen Atemweg das C-MAC im Vergleich zur direkten Laryngoskopie, aber auch zu anderen VL, einen 100% Erfolg aufweist, mit durchschnittlich nur 1,1 Intubationsversuchen [45]. Diese Studie am Intubations-Manekin kann allerdings aufgrund der Variabilität der menschlichen Anatomie nur eingeschränkt auf die Intubation beim realen Patienten übertragen werden.

Sakles et al (2014) fanden heraus, dass bei einem ersten Fehlversuch, egal ob mittels videolaryngoskopischer oder direkter Sicht, das C-MAC® , und nicht das direkte Verfahren, zum erneuten Intubationsversuch verwendet werden sollte, da hier eine höhere Erfolgsrate gezeigt werden konnte [50].

Ärzte, die mit der Intubation nicht so sehr vertraut waren, konnten in der Studie von Kory et al (2013) gute Erfolgsraten mit weniger Komplikationen erzielen, wenn sie mit einem VL, anstatt mit dem direkten Laryngoskop, die Atemwegssicherung bei kritisch Kranken durchführten. Deshalb weisen die Autoren darauf hin, dass VL bei dringlichen Intubationen kritisch kranker Patienten als primäres Verfahren angewendet werden sollten [32].
Dies bestätigt das Vorgehen am RTH „Christoph 22“, die VL als Standardverfahren für jede Notfallintubation einzusetzen.

Ein direkter Vergleich des direkten mit dem videolaryngoskopische Verfahren kann nur stattfinden, wenn man identische Bedingungen hat. Dies ist im Rahmen dieser Studie, bedingt durch den Aufbau des C-MAC®PM mit Macintosh-Spatel, möglich: beide Laryngoskopieverfahren werden jeweils beim selben Patienten ohne Wechsel des Laryngoskops oder Veränderung der Spatelposition verglichen.

4.1 Patientenkollektiv

Im Vergleich zu vielen anderen Studien, die sich mit Intubationsbedingungen oder der Sichteinteilung nach Cormack und Lehane [15] während der Intubation befasst haben, wurden die vorliegenden Daten dieser Studie bei prähospitalen, und somit nicht nüchternen, Notfallpatienten und nicht bei elektiven nüchternen Patienten in der operativen Anästhesie erhoben.
Es sollte unter realen Bedingungen herausgefunden werden, wie sich der direkte Vergleich zwischen der videolaryngoskopischen und der direkten Sicht darstellen würde.
Deshalb wurden auch Patienten mit schwierigem Atemweg nicht von der Datenerhebung ausgeschlossen. Zusätzlich sollten prähospitale Vor- und Nachteile des C-MAC®PM Videolaryngoskop erfasst werden.

In den Studien von Helm et al (2006, 2013) [19, 20] wurden, vergleichbar zu unserer Studie, auch alle präklinischen Patienten einbezogen, bei denen die Indikation zur Intubation durch die Notärzte gestellt wurde. Zudem erfolgten diese Studien am gleichen RTH-Standort wie die vorliegende Studie.

Vergleicht man das Patientenkollektiv unserer Studie mit diesen Studien, so kann man bezüglich mittlerem Alter (50 vs. 43,5 Jahre), Geschlecht (männliche Patienten 73,2 % vs. 62,9 %), Intubationsgrund, wie Trauma (71,5 % vs. 78,7 %) und Rate der kardio-pulmonalen Reanimationen (15,4 % vs. 15,7 %), eine ähnliche Verteilung feststellen.

Auch die Studie von Timmermann et al (2007) bezieht sich auf die präklinische Notfallintubation und zeigt mit einem mittleren Alter von 57 Jahren, 66,4 % männliche Patienten, einer ähnlichen Verteilung des Intubationsgrunds von 56,4 % und einer Rate von 14,1 % bei kardio-pulmonalen Reanimationen eine vergleichbare Datenlage [57].

In der Studie von Cavus et al (2011) beziehen sich die Daten jedoch auf Patienten mit einer geplanten Intubationsnarkose. Des Weiteren wurden alle Personen mit einem schwierigen Atemweg von dieser Studie ausgeschlossen [12].

Aziz et al (2012) untersuchten die Intubation bei schwierigem Atemweg bei geplanten Operationen und somit bei bekannten, und in der Regel nüchternen Patienten [4].

Die Studie von Martin et al (2011) bezieht sich in der Tat auf Patienten mit einer Notfallintubation, diese fand aber ebenfalls innerklinisch statt [37]. Bei all diesen Intubationen kann davon ausgegangen werden, dass eine optimale Lagerung des Patienten zum Zeitpunkt der Intubation vorlag, anders als bei einer präklinischen Notfallintubation.

4.2 Position der Patienten

Für den überwiegenden Teil der Patienten (168 Patienten, 73,68 %), wurde die Intubation im RTW vorgenommen, obwohl 125 Patienten (54,82 %) bei Eintreffen des Notarztes noch an anderer Stelle angetroffen worden waren.

Diese Präferenz des Lagewechsels der Patienten vor der Intubation wird schon bei Combes et al (2006) beschrieben [13]. In dieser Studie zeigten die Autoren deutlich, dass selbst bei auf dem Boden oder im Bett befindlichen, gut zugänglichen Patienten mehr Intubationsschwierigkeiten zu erwarten sind, als bei Patienten, die im RTW gelagert sind. Vor allem die unterschiedlichen Positionen, die der behandelnde

Notarzt während des Intubationsvorgangs einnehmen muss, wie zum Beispiel kniend oder liegend, werden als hinderliche Gründe für eine erfolgreiche Atemwegssicherung genannt.
Im RTW hingegen kann der Notarzt am Kopfende des Patienten stehen, um sich eine bessere Sicht auf die Glottis zu schaffen, dies ähnelt somit der Lage des Patienten im OP.

Auch in der Studie von Helm et al (2006) zeigen die Zahlen, dass vor einer Intubation ein Lagewechsel des Patienten angestrebt wurde. So fand man in 20,2 % der Fälle die Patienten unter erschwertem Zugang auf, die Intubation erfolgte aber nur noch bei 9,1 % in dieser Position [19].

Hervorzuheben ist, dass durch das videolaryngoskopische Verfahren unter Umständen auch Patienten in beengter Lage oder sogar eingeklemmte Personen unter Sicht, und somit sicher, intubiert werden können, wenn es mittels direkter Laryngoskopie aufgrund der räumlichen Gegebenheiten nicht möglich gewesen wäre [29].
Die direkte Laryngoskopie erfordert immer die gerade Sichtachse vom Auge des intubierenden Notarztes bis zu den Stimmbändern. Durch die Benutzung des VL ist diese Achse durch Drehen des Monitors nicht nötig, wodurch sich der Notarzt auch seitlich oder sogar vor dem Patienten befinden kann, wie im Fall einer im Fahrzeug eingeklemmten Person.

4.3 Atemwegssicherung

Eine Atemwegssicherung gelang in der vorliegenden Studie zu 100 %, nur einmal (0,4 %) musste auf ein alternatives supraglottisches Verfahren, die Larynxmaske, zurückgegriffen werden. Dies war bei einem Patienten nach Verkehrsunfall unter kardio-pulmonaler Reanimation in eingeklemmtem Zustand der Fall. Ähnliche Prozentzahlen werden von Helm et al (2006) und Timmermann et al (2014) mit 0,6-2,6 % beschrieben [19; 56].

In der Studie von Cavus et al (2011) gelingt beispielsweise die Intubation zu 100 %, jedoch beziehen sich die Daten auf Patienten mit einer geplanten Intubationsnarkose [12].

Die Summe der Fälle, bei denen mehr als zwei Versuche benötigt wurden, um eine erfolgreiche Atemwegssicherung zu erreichen, wird in den Studien von Breckwoldt et al (2011) und Timmermann et al (2014) mit 2,2-4,3 % beschrieben [7; 56].
In der gegenwertigen Studie konnte mit nur 0,9 % eine deutlich niedrigere Rate erzielt werden.
Eine ähnliche Zahl (0,6 %) zeigt eine Studie von Helm et al von 2006, welche am gleichen RTH-Standort durchgeführt wurde, wie die aktuelle Studie [19], allerdings noch nicht mit einem VL.
Dies weist darauf hin, dass die niedrige Zahl der Intubationsversuche und gleichzeitig die hohe Rate an erfolgreichen Intubationen von 99,6 % in dieser Studie nicht in der VL, sondern vor allem in der Routine der Notärzte am Standort des RTH „Christoph 22“ begründet ist.

Jedoch sind nicht alle Notarztstandorte mit Anästhesisten besetzt und nicht alle als Notarzt tätigen Ärzte haben arbeitstägliche Routine in der Intubation. Mit durchschnittlich einer Intubation pro 3,7 Monaten im Notarztdienst fehlt Notärzten oft die Übung [17]. Somit kann aus der vorliegenden Studie nicht auf andere Notarztstandorte hinsichtlich der Erfolgsrate geschlossen werden.

4.4 Vergleich der Laryngoskopiebefunde

Grundlegend für die Vergleichbarkeit der Intubationsbedingungen dieser Studie ist die Sichteinteilung nach Cormack und Lehane [15], so wie sie in der Anästhesie üblicherweise Anwendung findet.

Auf dem Fragebogen wurde ein Schemabild der vier Grade abgebildet, damit die beteiligten Notärzte eine Vergleichsmöglichkeit hatten und eine möglichst einheitliche Abschätzung der Sichteinteilung auf die Stimmbänder abgeben konnten, denn wie eine Studie von Krage et al (2010) zeigt, konnte anästhesiologisches Fachpersonal nur zu 33 % alle vier Grade der Klassifizierung nach Cormack & Lehane korrekt einteilen [33].
Jedoch auch mit dieser visuellen Hilfe muss man gerade in Grenzfällen die individuelle Einschätzung der Notärzte beachten, wodurch es zu Ungenauigkeiten in der Auswertung kommen kann. Deshalb wurde zur Beurteilung der

Intubationsbedingungen nur die klinisch relevante Verbesserung gewertet; das heißt, die Verbesserung von C/L Grad III-IV zu C/L Grad I-II.

Die vorliegende Studie legte besonderes Augenmerk auf den Vergleich der Laryngoskopiebefunde mittels direkter Laryngoskopie und dem C-MAC®PM VL.
Hierbei konnte das VL bei 59 Patienten (25,9 %) die C/L-Einteilung von direktem Verfahren III-IV auf VL I-II anheben. In drei Fällen (1,3 %) wurde die VL-Sicht schlechter bewertet als die direkte Laryngoskopie. Aufgrund der vorliegenden geringen Datenmenge, ist keine Erklärung möglich.

Noppens et al (2012) verglichen das C-MAC mit dem konventionellen Macintosh Laryngoskop bei Intubationen auf der Intensivstation – allerdings nicht unmittelbar im selben Patienten. Auch sie machten die Beobachtung, dass videolaryngoskopisch bessere C/L-Einteilungen zu erreichen waren, als mit der direkten Laryngoskopie [41].

Einen ähnlichen Vergleich machten auch Sakles et al (2012), allerdings in der Notaufnahme. Sie beschreiben, dass neben einer höheren Rate erfolgreicher Intubationen (VL 97,3 % vs. Direkt 84,4 %) auch häufiger C/L-Grade I-II mit dem C-MAC (93,6 %) erreicht werden konnten, als mit der direkten Laryngoskopie (82,8 %) [49].

Insgesamt bessere C/L-Grade wurden mit dem VL im Vergleich zum direkten Verfahren auch in der Studie von Jungbauer et al (2009) erzielt [24].

Dies beschreiben auch Sulser et al (2016). Ihre Studie erfolgte bei Ptienten, bei denen eine RSI notwendig war und zeigte trotz unterschiedlicher C/L-Grade (C/L I VL 84 % vs Direkt 50 %) einen gleich hohen First pass success [54]. Sie führen dieses Ergebnis der gleich hohen Erfolgsrate jedoch auf die Erfahrung der durchführenden Anästhesisten zurück.

Vassiliadis et al (2015) beschreiben in ihrer Studie, dass statistisch gesehen mit dem VL zwar keine bessere Sicht auf die Stimmbandebene erzielt werden konnte als mit dem direkten Laryngoskop, jedoch eine 3-fach höherer Erfolgsrate bei der Tubusplazierung von Patienten mit einem C/L Grad größer II beobachtet wurde [59].

Die C/L-Einteilung und die Intubationsbedingungen werden in der vorliegenden Studie jeweils hoch bewertet. So wird bei 159 Patienten (69,7 %) eine gute C/L-

Klassifizierung von I-II angegeben, sehr gute Intubationsbedingungen bei 209 (91,7 %).

Somit kann eine unzureichende Narkosetiefe als Grund für eine erschwerte Laryngoskopie ausgeschlossen werden, da diese Intubationsbedingungen Abwehrreaktionen des Patienten beschreiben und somit ein Maß für die Sedierung des Patienten darstellen.

4.5 Laryngoskopiebefunde bei HWS-Immobilisation

HWS-Immobilisierte Patienten stellen bei Intubationen eine besondere Herausforderung dar. Um bei ihnen die Sicht auf die Stimmbänder zu ermöglichen, kann der Kopf nicht rekliniert werden, um Verletzungen des Rückenmarks infolge einer möglicherweise frakturierten HWS zu verhindern, zudem ist durch den angelegten Immobilisationskragen die Mundöffnung eingeschränkt.

In solchen Situationen können die VL hilfreich sein. Kill et all (2012) beschreiben als Vorteil der VL, dass bei der Intubation von Notfallpatienten mit vermutetem Trauma der Halswirbelsäule, keine oder nur eine geringe HWS-Reklination durchgeführt werden muss, um die Glottis darzustellen [29].

Malik et al (2008) konnten in einer Studie videolaryngoskopisch keine schnellere Intubation bei Patienten mit HWS-Immobilisation nachweisen, als mit der direkten Laryngoskopie, jedoch war die Sicht auf die Stimmbänder besser [36].

In unserer Studie bestätigt sich die bessere videolaryngoskopische Sicht. 11 (45,8 %) der 24 Patienten mit HWS-Immobilisation profitierten durch den Einsatz des VL von einer C/L-Einteilung von III-IV unter direkter Sicht, zu einer mit dem VL verbesserten von I-II. Das direkte Sichtverfahren wurde kein einziges Mal besser als die VL bewertet.

4.6 Probleme bei der (Video-)Laryngoskopie

4.6.1 Anwendungsbezogene Probleme

Die Notärzte konnten, im Gegensatz zur innerklinischen Intubation, nicht auf eine Vielzahl von Alternativverfahren zurückgreifen. Ebenso musste gegebenenfalls auch in beengter Lage und bei jeder Witterung intubiert werden.

Nachteile des VL sind, dass es bei heller Sonneneinstrahlung zu einer schlechteren Kontrastierung des Monitorbildes kommen kann, wodurch der intubierende Arzt durch die schlecht zu erkennenden Strukturen keine ausreichende Orientierung auf dem Bild erhält.

Schon Xue et al (2012) weisen in ihrem Brief an den Herausgeber von Critical Care darauf hin, dass in hellem Sonnenlicht mit einer Verschlechterung der Monitorsicht durch Reflektion und einer damit einhergehenden Beeinträchtigung der Intubationsbedingung gerechnet werden muss [63].
Auch Cavus et al (2011, 2011) schildern, neben dem Beschlagen der Optik, als weiteren Störfaktor das helle Tageslicht [9; 10].

In der aktuellen Studie wurde bei 11 (4,8 %) Einsätzen das helle Umgebungslicht als störend empfunden.
Auch Hossfeld et al (2011) beschreiben, dass prähospital das helle Licht zu Behinderungen bei der Intubation führen kann, jedoch träfe dieser Zustand laut den Autoren auch auf die direkte Intubation zu [22]. Somit kann man diesen Nachteil nicht spezifisch für das VL geltend machen. Ebenso können Beeinträchtigungen durch Blut, Speichel oder Erbrochenes bei beiden Verfahren vorkommen.

Dies zeigt auch ein Vergleich der Prozentzahlen bezüglich dieser Störfaktoren unserer Studie mit der Studie von Helm et al (2006) [19], welche ebenfalls am RTH-Standort „Christoph 22“ durchgeführt wurde, jedoch mit einem konventionellen Laryngoskop. Blut wurde hierbei bei der Laryngsokopie mit 18,4 % vs. 19,9 %, Erbrochenes mit 9,2 % vs. 15,8 % und Speichel mit 10,9 % vs. 13,8 % als Hinderniss angesehen.

Ein Beschlagen der Kamera des VL ist ebenso möglich, hier werden die Bildqualität und somit Intubationsbedingungen verschlechtert.
Der Hinweis, dass das Gerät zur Vermeidung des Beschlagens bei kühlen Temperaturen eine Minute vor Gebrauch angeschaltet werden soll, um die Kameraoptik zu erwärmen, ist in Notfallsituationen nur bedingt praktikabel [29]. Erlaubt das vorgefundene Szenario eine Präoxygenierung des Patienten, so kann auch das VL frühzeitig angeschaltet werden, sollte aber zum Beispiel eine CPR mit sofortiger Intubation von Nöten sein, so reicht die Zeit nicht aus, um die Optik zu erwärmen.

Des Weiteren kann der Akku des Gerätes diskonnektieren oder entladen sein, somit fällt die Möglichkeit der videolaryngoskopischen Sicht komplett weg.
Man muss jedoch anmerken, dass auch bei direkten Laryngoskopen die Lichtquellen ebenso mit Batterie oder Akku betrieben werden und somit ausfallen können.

Videolaryngoskopisch kann durch die Nähe der Kamera zur Glottis eine gute Sicht vermittelt werden, der Tubus jedoch schwer einzuführen sein, was sich vor allem durch eine längere Zeit bis zur korrekten Tubusplazierung zeigt [36].
Die erschwerte Intubation, trotz gutem videolaryngoskopischem C/L-Befund, kann zum einen durch die veränderte Augen-Hand-Koordination resultieren, sollte der Notarzt nicht ausreichend Erfahrung mit dem VL haben. Zum anderen können zum Beispiel Fremdkörper oder Tumoren die Tubuspassage schon oberhalb des Sichtfensters des VL behindern.
Jedoch besitzen in der vorliegenden Untersuchung die Notärzte durch die regelmäßige Anwendung im OP Routine im Umgang mit dem C-MAC® VL.

4.6.2 Intubationsversuche

Eine niedrige Anzahl an Intubationsversuchen ist für den Patienten von großer Bedeutung.
Rognås et al (2013) beschreiben in ihrer Publikation, dass je mehr Versuche bei einem Patienten zur Intubation unternommen wurden, je größer der Prozentsatz an unerwünschten Vorkommnissen war [44]. Als Beispiel dient eine Studie von Sakles et al (2013), in der das Auftreten eines Sättigungsabfalls, die ösophageale Intubation, sowie Aspiration vermehrt beobachtet wurde, je mehr Intubationsversuche bis zur

erfolgreichen Atemwegssicherung unternommen werden mussten. So traten diese Umstände beim ersten Versuch nur in 14,2 % der Fälle auf, bei mehr als zwei Versuchen waren es schon 63,6 %.

Auch Mort et al (2004) berichten von ähnlichen Zahlen hinsichtlich der erhöhten Nebenwirkungen bei mehreren Intubationsversuchen; so trat zum Beispiel bei zwei oder weniger Versuchen eine Hypoxämie in 11,8 % der Fälle auf, bei mehr als zwei Versuchen waren es bis zu 70 % [39].
Hinsichtlich der Hypoxie muss an dieser Stelle auf eine Studie von Yeatts et al (2013) hingewiesen werden, die besagt, dass mit den VL zwar eine genauso hohe Rate an Intubtationserfolgen erzielt werden konnte, wie mit dem direkten Laryngoskop, aber die Zeit bis zur Atemwegssicherung mit dem VL signifikant länger war. Die verzögerte Intubation gehe wiederum mit einem erhöhten Sauerstoffsättigungsabfall einher [64].

Präklinisch kommen insgesamt laut Timmermann et al (2007) ösophageale Fehlintubationen zu 6,7 % und Intubationen in den rechten Hauptbronchus zu 10,7 % vor [57].

Sakles et al (2013) weisen darauf hin, dass gerade bei Notfallpatienten, deren Vorerkrankungen nicht bekannt sind, jegliche Komplikation vermieden werden und somit eine möglichst geringe Anzahl an Intubationsversuchen angestrebt werden sollte [47].

In einer weiteren Studie beschreiben Sakles et al (2015), dass es bei Intubationsversuchen durch Assistenzärzte mit dem VL weniger häufig zu ösophagealen Tubusfehllagen kommt als mit dem direkten Verfahren. Ösophageale Intubationen wiederum gingen mit einer erhöhten Rate an Nebenwirkungen einher [48].

Rognås et al (2013) schlagen zur Minimierung von unerwünschten Vorkommnissen und damit zur Erhöhung der Patientensicherheit vor, diese durch Checklisten, Standartvorgehensweisen, Training der Anwender und dem Gebrauch von VL zu minimieren [44].

Saxena weist darauf hin, dass mit dem VL mehrere Fehlversuche vermieden werden können. Somit sei die Gefahr einer „cannot intubate, but able to ventilate“-Situation

zu einer „cannot intubate, cannot ventilate“-Situation, hervorgerufen durch Schwellungen, Traumata und Blutungen der Fehlversuche, geringer [51].

In unserer Studie wurde in 8,8 % ein zweiter Versuch, und nur in 0,9 % mehr als zwei Intubationsversuche zur erfolgreichen Atemwegssicherung benötigt. Mit diesem guten Ergebnis wird den oben genannten Studien Rechnung getragen.

4.6.3 Intubationszeit

Wie im vorigen Absatz schon erwähnt wurde, besagt die Studie von Yeatts et al (2013), dass eine längere Intubationszeit mit einem Sättigungsabfall, sprich einer Hypoxie einhergeht. Eine längere Zeit bis zur Atemwegssicherung beobachteten sie auch bei VL [64].

Ähnliches beschreiben auch Carlson et al (2014). Trotz längerer Intubationszeiten bei VL, merken sie aber an, dass beim schwierigen Atemweg diese Zeitverzögerung nicht aufträte [8].

Dazu passt auch die Aussage von Jungbauer et al (2009), sie berichten von einer kürzeren Zeit bis zur Intubation mit dem VL, dies würde sich vor allem bei höheren C/L-Einteilungen bemerkbar machen, außerdem wären bei VL weniger externe Manipulationsmanöver nötig [24].

Silverberg et al (2014) machten die Erfahrung, dass bei VL eine verminderte Anzahl an Intubationversuchen und eine geringere Zeit, bis zur erfolgreichen Atemwegssicherung, im Vergleich zur direkten Laryngoskopie bestand [53].

In der Studie von Sulser et al (2016) konnten Patienten, bei denen eine RSI benötigt wurde, weder videolaryngoskopisch noch mit dem direkten Verfahren signifikant schneller intubiert werden [54].

Ng et al (2012) stellten in einer Studie fest, dass mit dem C-MAC® im Vergleich zu einem anderen VL (McGrath®) schneller und mit weniger Versuchen eine Atemwegssicherung zu erzielen war [40].

Eine Zeitmessung der Atemwegssicherung wurde in unserer Studie nicht durchgeführt. Jedoch muss, bezogen auf die Anzahl an Intubationsversuchen und

die Routine der durchführenden Notärzte, nicht von einer verlängerten Intubationszeit ausgegangen werden.

4.6.4 Reanimation

Kang et al (2015) machten in ihrer Studie die Beobachtung, dass Patienten, die reanimiert wurden, hinsichtlich des neurologischen Outcomes von der Atemwegssicherung mittels Intubation, anstatt mittels supraglottischen Atemwegshilfen oder der Beutel-Masken-Beatmung profitierten [25].

Jedoch stellten Sunde et al (2015) fest, dass gerade bei Patienten unter CPR mehr Misserfolge beim ersten Versuch der direkten Atemwegssicherung aufträten. Dies sei einerseits bedingt durch die Herzdruckmassage, andererseits durch Erbrochenes [55].

Simulierte Studien am Model zeigten für VL eine höhere Rate an erfolgreichen Intubationen unter CPR, sowie eine kürzere Zeit bis zur Tubusplatzierung, als mit der direkten Laryngoskopie [5, 58]. Das ließe vermuten, dass sich VL durch frühzeitigere Oxygenierung auf den neurologischen Outcome von Patienten nach CPR positiv auswirken könnte. Diese Studien wurden allerdings nicht mit dem C-MAC®PM durchgeführt.

Kill et all (2012) sehen allgemeine Vorteile von VL darin, dass selbst unter CPR nur geringen Veränderungen der Sichtachse von Kamera und Stimmbandebene auftreten. Damit könnte eine Intubation unter fortlaufender Reanimation besser erfolgen [29].

Aufgrund des Fragebogens ist in unserer Studie nicht ersichtlich, ob die Intubationen unter fortlaufende CPR, oder in einer kurzen Pause durchgeführt wurden. Die Entscheidung darüber trifft der durchführende Notarzt nach Sicht selber.

4.7 Limitationen

Die Durchführung der Studie erfolgte monozentrisch am Standort des Rettungshubschraubers „Christoph 22“ in Ulm. Der von der ADAC Luftrettung GmbH (Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V.) gestellte Hubschrauber wird mit Fachärzten und Pflegekräften aus der Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin des Ulmer Bundeswehrkrankenhauses besetzt.

Limitierend zu werten ist somit, dass nur geübte Anästhesisten als Notärzte an dieser Studie beteiligt waren, die zudem mit der Handhabung des C-MAC® VL aus der innerklinischen Routine vertraut sind. Es lassen sich dadurch keine Rückschlüsse auf andere Notarztstandorte ziehen, die mit in der konventionellen oder videolaryngoskopischen Intubation weniger erfahrenen Ärzten besetzt sind.

Die hohen Prozentzahlen der erfolgreichen Intubationen (99,6 %) können folglich durch die Routine der an der Datenerhebung beteiligten Notärzte entstanden sein. Ähnlich hohe Erfolgsraten zeigen auch andere prähospitale Studien mit in der Intubation erfahrenen Notärzten; hier konnte zu 97,4 %-100 % eine Atemwegssicherung erreicht werden [7; 19; 20; 56]. Breckwoldt et al (2012) zeigen in der Publikation von 2012, dass selbst prähospital ein Unterschied zwischen Notärzten, die Fachärzte für Anästhesie sind, und erfahrenen Notärzten anderer Fachrichtungen hinsichtlich des Intubationserfolges zu beobachten ist [6].

Verfälschungen hinsichtlich der Datenangaben können nicht ausgeschlossen werden, da die Studie aufgrund ihres Aufbaus nicht verblindet durchgeführt werden konnte. Wie auch Kerrey et al (2012) in ihrer Studie anmerken, müssen solche Angaben immer kritisch hinterfragt werden [28]. Der angegebene Grad nach Cormack und Lehane bleibt immer auch eine Selbsteinschätzung des intubierenden Notarztes.

4.8 Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen eine klinisch signifikante Verbesserung der Laryngoskopiebefunde durch den Einsatz des C-MAC®PM VL im unmittelbaren Vergleich zur direkten Laryngoskopie im jeweils selben Patienten, verbunden mit einer sehr hohen Erfolgsrate in der prähospitalen Intubation. Gerade bei Patienten mit schwierigem Atemweg, eingeklemmte Patienten oder solchen mit HWS-Immobilisation zeigt sich das VL der direkten Laryngoskopie überlegen. Durch die Möglichkeit der videolaryngoskopischen und der direkten Sicht mit dem C-MAC, stehen 2 Verfahren gleichzeitig zur Verfügung, um den Patienten zu Intubieren.
Gegebenenfalls auftretende Nachteile des VL, wie zum Beispiel schlechte Sicht durch Beschlagen der Optik, können hier bei Bedarf, ohne Zeitverzögerung, mittels der direkten Laryngoskopie ausgeglichen werden.

5 Zusammenfassung

Prähospitale Intubationen sind in vielerlei Hinsicht eine Herausforderung für das gesamte Rettungsteam und stellen für den Notfallpatienten eine lebensgefährliche Situation dar. Jedoch gilt die Intubation als Goldstandart um den Atemweg eines Patienten zu sichern. Eine Verbesserung könnte der Einsatz von so genannten Videolaryngoskopen (VL) darstellen, welche auch schon innerklinisch regelmäßig zur Anwendung kommen.

Hierfür haben wir einen direkten Vergleich des C-MAC®®PM Videolaryngoskops der Firma Storz aus Tuttlingen mit der konventionellen Laryngoskopie anhand der Klassifizierung nach Cormack und Lehane (C/L), also der Einteilung der Sicht auf die Stimmbandebene, sowie der Zahl der Intubationsversuche bis zur erfolgreichen Atemwegssicherung durchgeführt. Die Möglichkeit, das indirekte Sichtverfahren, wie auch die konventionelle Laryngoskopie als Alternative mit nur einem Laryngoskop nutzen zu können, stellt möglicherweise einen Sicherheitsgewinn in der Versorgung von Notfallpatienten dar.

Die einheitliche Erfassung der Daten erfolgte auf einem für diese Studie erstellten Fragebogen, welcher Informationen zum Patienten, zur Notfallsituation und vor allem zur Intubation inklusive Hilfsmittel und Besonderheiten sammelte. Augenmerk lag insbesondere auf dem Vergleich der beiden Laryngoskopieverfahren. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Universität Ulm unter dem Zeichen 40/12 genehmigt.

Das C-MAC®PM Videolaryngoskop ist ein Laryngoskop, an dessen Spatelspitze eine kleine Kamera angebracht ist; die Spatel haben die Form und Größe von herkömmlichen Macintosh-Spateln. Der Monitor ist direkt am Griffstück des VL angebracht und wird durch Aufklappen aktiviert.

Um den C/L-Grad der beiden Laryngoskopieverfahren miteinander vergleichen zu können, wurden die Notärzte angehalten, zuerst den C/L-Befund der direkten Sicht laut anzusagen, bevor der Monitor durch den Rettungsassistenten aufgeklappt wurde und der VL Befund ermittelt wurde.

Alle Notfallpatienten, bei denen im Zeitraum von 05/2011-12/2012 die Notärzte eine Indikation zur Intubation gestellt hatten, wurden in die Studie mit einbezogen. Die Atemwegssicherung gelang bei 100 % der Patienten (n=228).

Die Auswertung der C/L-Vergleiche ergab, dass in 117 Fällen (51,3 %) beide Laryngoskopieverfahren als gleichwertig angesehen wurden. 57 Mal (25,0 %) konnte die Einstufung nach Cormack und Lehane von III-IV in der direkten Sicht auf C/L I-II beim VL angehoben werden. Dieses Ergebnis wurde als klinisch signifikant mit $p<0,001$ gewertet. Nur 2-mal (0,9%) schloss das direkte Verfahren besser ab.
Auch bei den Patienten, die unfallbedingt eine Immobilisation der Halswirbelsäule benötigten, schloss das VL signifikant besser ab ($p<0,001$), da es in 11 Fällen (45,8 %) zu einer besseren C/L-Einschätzung führte, in 4 Fällen (16,7 %) bekamen beide Verfahren die gleiche C/L-Einteilung, die konventionelle Intubation brachte keine Vorteile.
Limitationen der Studie, sind zum einen das Studiendesign; eine Verblindung ist nicht möglich und kann zu Datenverfälschungen geführt haben. Zum anderen können die Ergebnisse der Studie nicht mit anderen Notarztstandorten verglichen werden, da an der Studie nur erfahrene Anästhesisten als Notärzte beteiligt waren, die zudem routiniert in der Anwendung des C-MAC®PM Videolaryngoskops waren.
Der Vergleich des Videolaryngoskops mit der konventionellen Laryngoskopie zeigt, dass präklinisch der Einsatz des C-MAC®PM Videolaryngoskops auf keinen Fall von Nachteil ist. In diesem speziellen Fall ist jederzeit die Intubation mit dem konventionellen Sichtverfahren ohne Tausch des Gerätes möglich, sollte einmal die videolaryngoskopische Sicht ausfallen.
Im Vergleich zu anderen Studien, die sich mit VL auseinandersetzen, bezieht sich die vorliegende Studie auf den prähospitalen Notfallpatient. Dadurch muss der Notarzt mit einer Vielzahl von Situationen, wie fehlende Nüchternheit sein des Patienten, Witterungs- und Lagebedingungen, Alternativverfahren, klarkommen, die bei klinischen Studien in der operativen Anästhesie nicht auftreten können.
Wird nun das C-MAC®PM Videolaryngoskop mit den konventionellen Laryngoskopen verglichen, so ergeben sich aufgrund des Zusammenspiels der Kameraoptik und der Spatel, die die Form der konventionellen Macintosh-Spatel besitzen, keinerlei Nachteile. Es ist zu jeder Zeit, anderes als bei anderen VL, die Möglichkeit gegeben auf das konventionelle Verfahren zurückzugreifen, ohne das Laryngoskop wechseln zu müssen.

6 Literaturverzeichnis

[1] American College of Surgeons, Advanced Trauma Life Support® Student Manual. Nineth Edition, Chicago, IL 60611–3211: American College of Surgeons. 30-31 (2012)

[2] Aseri S., Ahmad H., Vallance H., Reply: To PMID 24833726. British Journal of Anaesthesia, 115, 133 (Reply) (2015)

[3] Aziz, M., & Brambrink, A. The Storz C-MAC video laryngoscope: description of a new device, case report, and brief case series. Journal of Clinical Anesthesia, 23, 149–152 (2014)

[4] Aziz, M. F., Dillman, D., Fu, R., & Brambrink, A. M. Comparative Effectiveness of the C-MAC Video Laryngoscope versus Direct Laryngoscopy in the Setting of the Predicted Difficult Airway. Anesthesiology, 116, 629–636. (2012)

[5] Bogdański Ł, Truszewski Z, Kurowski A, Czyżewski Ł, Zaśko P, Adamczyk P, S. Ł. Simulated endotracheal intubation of a patient with cervical spine immobilization during resuscitation: a randomized comparison of the Pentax AWS, the Airtraq, and the McCoy Laryngoscopes. American Journal of Emergency Medicine. 33(12) 1814-1817 (2015)

[6] Breckwoldt, J., Klemstein, S., Brunne, B., Schnitzer, L., Arntz, H. R., & Mochmann, H. C. Expertise in prehospital endotracheal intubation by emergency medicine physicians-Comparing “proficient performers” and “experts.” Resuscitation, 83, 434–439 (2012)

[7] Breckwoldt, J., Klemstein, S., Brunne, B., Schnitzer, L., Mochmann, H.-C., & Arntz, H.-R. Difficult prehospital endotracheal intubation - predisposing factors in a physician based EMS. Resuscitation, 82, 1519–1524 (2011)

[8] Carlson, J. N., & Brown, C. A. Does the use of video laryngoscopy improve intubation outcomes? Annals of Emergency Medicine, 64, 165–166 (2014)

[9] Cavus, E., Callies, A., Doerges, V., Heller, G., Merz, S., Rösch, P., Steinfath M., Helm, M. The C-MAC videolaryngoscope for prehospital emergency intubation: a prospective, multicentre, observational study. Emergency Medicine Journal : EMJ, 28, 650–653 (2011)

[10] Cavus, E., & Dörges, V. Videolaryngoskopie in der präklinischen Notfallmedizin. Notfall + Rettungsmedizin, 14, 25–28 (2011)

[11] Cavus, E., Kieckhaefer, J., Doerges, V., Moeller, T., Thee, C., & Wagner, K. The C-MAC videolaryngoscope: First experiences with a new device for videolaryngoscopy-guided intubation. Anesthesia and Analgesia, 110, 473–477 (2010)

[12] Cavus, E., Thee, C., Moeller, T., Kieckhaefer, J., Doerges, V., & Wagner, K. A randomised, controlled crossover comparison of the C-MAC videolaryngoscope with direct laryngoscopy in 150 patients during routine induction of anaesthesia. BMC Anesthesiology, 11, 6 (2011)

[13] Combes, X., Jabre, P., Jbeili, C., Leroux, B., Bastuji-Garin, S., Margenet, A., Dhonneur, G. Prehospital standardization of medical airway management: incidence and risk factors of difficult airway. Academic Emergency Medicine: Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 13, 828–834 (2006)

[14] Cooper, R. M. Complications associated with the use of the GlideScope® videolaryngoscope, Canadian Journal of Anesthesia 54:1, 54–57 (2007)

[15] Cormack R.S., Lehane J. Difficult tracheal intubation in obstetrics. Anaesthesia, Vol. 39, No. 11, S. 1105-1111 (1984)

[16] Dörges V., Paschen H.-R., Management des schwierigen Atemwegs, Springer, Berlin Heidelberg, Vol.1, S. 281-282 (2004)

[17] Gries, a., Zink, W., Bernhard, M., Messelken, M., & Schlechtriemen, T. Einsatzrealität im Notarztdienst. Notfall + Rettungsmedizin, 8, 391–398 (2005)

[18] Helm, M., Hossfeld, B., Jost, C., Schwartz, a., Lampl, L., & Bernhard, M. Chirurgische Atemwegssicherung in der präklinischen Notfallmedizin. Notfall + Rettungsmedizin, 14, 29–36 (2011)

[19] Helm, M., Hossfeld, B., Schäfer, S., Hoitz, J., & Lampl, L. Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting--a multicentre study in the German Helicopter Emergency Medical Service. British Journal of Anaesthesia, 96, 67–71 (2006)

[20] Helm, M., Kremers, G., Lampl, L., & Hossfeld, B. Incidence of transient hypoxia during pre-hospital rapid sequence intubation by anaesthesiologists. Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 57, 199–205 (2013)

[21] Hossfeld, B., Frey, K., Doerges, V., Lampl, L., & Helm, M. Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. European Journal of Anaesthesiology, (Vd), 1–7 (2015)

[22] Hossfeld, B., Lampl, L., & Helm, M. Notwendigkeit eines Algorithmus für den „schwierigen Atemweg“ in der Präklinik. Notfall + Rettungsmedizin, 14, 10–14 (2011)

[23] Jahn A., Blitzer A. A short history of laryngoscopie. Logopedics Phoniatrics Vocology Journal Vol.21, S.181-185 (1996)

[24] Jungbauer, a., Schumann, M., Brunkhorst, V., Börgers, a., & Groeben, H. Expected difficult tracheal intubation: A prospective comparison of direct laryngoscopy and video laryngoscopy in 200 patients. British Journal of Anaesthesia, 102, 546–550 (2009)

[25] Kang, K., Kim, T., Ro, Y. S., Kim, Y. J., Song, K. J., & Shin, S. Do. Prehospital endotracheal intubation and survival after out-of-hospital cardiac arrest: results from the Korean nationwide registry. The American Journal of Emergency Medicine. (accepted manuscript) (2015)

[26] Karl Storz GmbH & Co. KG, Produktbeschreibung: C-MAC® PM Modelle 8401 XD, V 1.0.1 – 02/2012

[27] Kelly F.E., Cook T.M, Boniface N., Hughes J., Seller C., Simpson T., Reply: To PMID 24833726. British Journal of Anaesthesia, 115, 132 (Reply) (2015)

[28] Kerrey, B. T., Rinderknecht, A. S., Geis, G. L., Nigrovic, L. E., & Mittiga, M. R.. Rapid sequence intubation for pediatric emergency patients: Higher frequency of failed attempts and adverse effects found by video review. Annals of Emergency Medicine, 60, 251–259 (2012)

[29] Kill, C., Dersch, W., & Jerrentrup, A. Videolaryngoskopie, Notfallmedizin 5–8 (2012)

[30] Kim SO. Airway Management. Journal of the Korean Medical Association. 50: 1048-1056 (2007)

[31] Knill, R. L. Difficult laryngoscopy made easy with a “BURP”. Canadian Journal of Anaesthesia = Journal Canadien D’anesthesie, 40, 279–282. (1993)

[32] Kory, P., Guevarra, K., Mathew, J. P., Hegde, A., & Mayo, P. H. The impact of video laryngoscopy use during urgent endotracheal intubation in the critically ill. Anesthesia and Analgesia, 117, 144–149 (2013)

[33] Krage, R., van Rijn, C., van Groeningen, D., Loer, S. a, Schwarte, L. a, & Schober, P. Cormack-Lehane classification revisited. British Journal of Anaesthesia, 105, 220–7 (2010)

[34] Kühn D., Luxem J., Runggaldier K., Rettungsdienst, Elsevier - Urban&Fischer, München, Jena, Vol. 3. S. 343-344 (2004)

[35] Leibovici, D., Fredman, B., Gofrit, O.N. et al. Pre-hospital cricothyroidotomy by physicians. American Journal of Emergency Medicine 15: 91–93 (1997)

[36] Malik, M. a, Maharaj, C. H., Harte, B. H., & Laffey, J. G. Comparison of Macintosh, Truview EVO2, Glidescope, and Airwayscope laryngoscope use in patients with cervical spine immobilization. British Journal of Anaesthesia, 101, 723–30 (2008)

[37] Martin, L. D., Mhyre, J. M., Shanks, A. M., Tremper, K. K., & Kheterpal, S. 3,423 Emergency Tracheal Intubations At a University Hospital: Airway Outcomes and Complications. Anesthesiology, 114, 42–48. (2011)

[38] Mayglothling, J., Duane, T. M., Gibbs, M., Mccunn, M., Legome, E., Eastman, A. L., Shah, K. H. Emergency tracheal intubation immediately following traumatic injury: An Eastern Association for the Surgery of Trauma practice management guideline, Journal of Trauma and Acute Care Surgery73(5). 333-340 (2012)

[39] Mort, T. C. Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. Anesthesia and Analgesia, 99, 607–613 (2004)

[40] Ng, I., Hill, a. L., Williams, D. L., 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, 109, 439–443 (2012)

[41] Noppens, R. R., Geimer, S., Eisel, N., David, M., & Piepho, T. Endotracheal intubation using the C-MAC® video laryngoscope or the Macintosh laryngoscope: A prospective, comparative study in the ICU. Critical Care, 16, R103 (2012)

[42] Noppens, R. R., Werner, C., & Piepho, T. Indirect laryngoscopy : Alternatives to securing the airway. Der Anaesthesist, 59, 149–161 (2010)

[43] Reed, M. J., Dunn, M. J. G., & McKeown, D. W. Can an airway assessment score predict difficulty at intubation in the emergency department? Emergency Medicine Journal: EMJ, 22, 99–102 (2005)

[44] Rognås, L., Hansen, T. M., Kirkegaard, H., & Tønnesen, E. Pre-hospital advanced airway management by experienced anaesthesiologists: a prospective descriptive study. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 21, 58 (2013)

[45] Ruetzler, K., Imach, S., Weiss, M., Haas, T., & Schmidt, a R. Comparison of five video laryngoscopes and conventional direct laryngoscopy : Investigations on simple and simulated difficult airways on the intubation trainer. Der Anaesthesist, 64, 513–519 (2015)

[46] Russo, S. G., Weiss, M., & Eich, C. Video laryngoscopy olé! Time to say good bye to direct and flexible intubation?. Der Anaesthesist, 61, 1017–1026 (2012)

[47] Sakles, J. C., Chiu, S., Mosier, J., Walker, C., & Stolz, U. The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. Academic Emergency Medicine: Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 20, 71–8 (2013)

[48] Sakles, J. C., Javedani, P. P., Chase, E., Garst-Orozco, J., Guillen-Rodriguez, J. M., & Stolz, U. The use of a video laryngoscope by emergency medicine residents is associated with a reduction in esophageal intubations in the emergency department. Academic Emergency Medicine : Official Journal of the Society for Academic Emergency Medicine, 22, 700–707 (2015)

[49] Sakles, J. C., Mosier, J., Chiu, S., Cosentino, M., & Kalin, L. A comparison of the C-MAC video laryngoscope to the macintosh direct laryngoscope for intubation in the emergency department. Annals of Emergency Medicine, 60, 739–748 (2012)

[50] Sakles, J. C., Mosier, J. M., Patanwala, A. E., Dicken, J. M., Kalin, L., & Javedani, P. P. The C-MAC® Video Laryngoscope Is Superior to the Direct Laryngoscope for the Rescue of Failed First-Attempt Intubations in the Emergency Department. The Journal of Emergency Medicine, (August), 1–7 (2014)

[51] Saxena, S. The ASA difficult airway algorithm: is it time to include video laryngoscopy and discourage blind and multiple intubation attempts in the nonemergency pathway? Anesthesia and Analgesia, 108, 1052 (letter to the editor) (2009)

[52] Schulte am Esch, Jochen; Bause, Hanswerner; Kochs, Eberhard; Scholz, Jens; Standl, Thomas, Werner, C. Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie (4th ed., pp. 12–18, 98–99, 176–177, 571–572). Georg Thieme Verlag KG. (2011)

[53] Silverberg, M. J., Li, N., Acquah, S. O., & Kory, P. D. Comparison of Video Laryngoscopy Versus Direct Laryngoscopy During Urgent Endotracheal Intubation: A Randomized Controlled Trial. Critical Care Medicine, (c), 1–6 (2014)

[54] Sulser, S., Ubmann, D., Brueesch, M., Goliasch, G., Seifert, B., Spahn, D. R., & Ruetzler, K.. The C-MAC videolaryngoscope compared with conventional laryngoscopy for rapid sequence intubation at the emergency department: study protocol. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 23, 1-6 (2016)

[55] Sunde, G. A., Heltne, J.-K., Lockey, D., Burns, B., Sandberg, M., Fredriksen, K., Sollid, S. J. M. Airway management by physician-staffed Helicopter Emergency Medical Services – a prospective, multicentre, observational study of 2,327 patients. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 23, 57 (2015)

[56] Timmermann, A., Eich, C., Russo, S. G., Natge, U., Bräuer, A., Rosenblatt, W. H., & Braun, U. Prehospital airway management: A prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. Resuscitation, 70, 179–185 (2014)

[57] Timmermann, A., Russo, S. G., Eich, C., Roessler, M., Braun, U., Rosenblatt, W. H., & Quintel, M. The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. Anesthesia and Analgesia, 104, 619–623 (2007)

[58] Van Aken H., Reinhart K., Zimpfer M., Welte T., Intensivmedizin, Thieme, Stuttgart Vol. 2, S. 109 (2007)

[59] Vassiliadis, J., Tzannes, A., Hitos, K., Brimble, J., & Fogg, T. Comparison of the C-MAC video laryngoscope with direct Macintosh laryngoscopy in the emergency department. Emergency Medicine Australasia : EMA, 27, 119–125 (2015)

[60] Vinayagam, S., Dhanger, S., Tilak, P., Gnanasekar, R., C-MAC® video laryngoscope with D-BLADE™ and Frova introducer for awake intubation in a patient with parapharyngeal mass. Saudi Journal of Anaesthesia, 10(4), 471-473 (2016)

[61] Wong, D.T., Prabhu, A.J., Coloma, M., et al. What is the minimum training required for successful cricithyroidotomy? A study in mannequins. Anesthesiology 98: 349–353 (2003)

[62] Xanthos T, Stroumpoulis K, Bassiakou E, Koudouna E, Pantazopoulos I, Mazarakis A, Demestiha T, I. N. Glidescope(®) videolaryngoscope improves intubation success rate in cardiac arrest scenarios without chest compressions interruption: a randomized cross-over manikin study. Resuscitation. 82(4) 464-467 (2011)

[63] Xue, F.-S., Cheng, Y., & Li, R.-P. Comparison of endotracheal intubation using direct and video laryngoscopes in the ICU. Critical Care (London, England), 16, 441 (author reply). (2012)

[64] Yeatts, D. J., Dutton, R. P., Hu, P. F., Chang, Y.-W. W., Brown, C. H., Chen, H., Grissom, T., Kufera, J., Scalea, T. M. Effect of video laryngoscopy on trauma patient survival: a randomized controlled trial. The Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 75, 212–219 (2013)

[65] Zaouter, C., Calderon, J., & Hemmerling, T. M. Videolaryngoscopy as a new standard of care. British Journal of Anaesthesia, 13–15 (2014)

Internetquelle:

[66] Universität Zürich, http://www.methodenberatung.uzh.ch/datenanalyse/unterschiede/zentral/wilkoxon.html (09.03.2014)

[67] https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3250416.pdf

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: **Indikationen zur Intubation**

Tabelle 2: **direkter Vergleich der C/L-Grade von videolaryngoskopischer Sicht zu direkter Sicht**

Tabelle 3: **direkter Vergleich der C/L-Grade von videolaryngoskopischer Sicht zu direkter Sicht bei HWS-immobilisierten Patienten**

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: **3-3-2-Regel**,
Quelle: Reed et al., 2005

Abbildung 2: **Mallampati-Klassifikation**,
Quelle: Reed et al., 2005

Abbildung 3: **direktes Laryngoskop**,
Quelle: Kristina Stiefel

Abbildung 4: **Lagerung des Kopfes zur endotrachealen Intubation,**
Quelle: Schulte am Esch, Jochen; Bause, Hanswerner; Kochs, Eberhard; Scholz, Jens; Standl, Thomas, Werner, 2011

Abbildung 5: **Airway-Algorithmus schwieriger Atemweg des Rettungshubschraubers Christoph 22, Ulm**
Quelle: Hossfeld et al., 2011

Abbildung 6: **Sichteinteilung nach Cormack und Lehane in 4 Grade,**
Quelle: Kim SO, 2007

Abbildung 7: **Vergleich der Sichtachsen von konventioneller zu videolaryngoskopischer Sicht,**
Quelle: https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/3250416.pdf

Abbildung 8: **C-MAC®PM Videolaryngoskop, Karl Storz GmbH & Co. KG mit verschiedenen Spateln,**
Quelle: Kristina Stiefel

Abbildung 9: **Lage des Patienten beim Eintreffen des Notarztes vs. Lage des Patienten bei Intubation,**
Quelle: Kristina Stiefel

Abbildung 10: **Verwendete Intubationsspatel pro Intubationsversuch,**
Quelle: Kristina Stiefel

Abbildung 11: **Veränderungen der laryngoskopischen Sicht mit dem C-MAC PM,**
Quelle: Bjoern Hossfeld, Frey, Doerges, Lampl, & Helm, 2015

9 Bildanhang

Bildanhang 1: Fragebogen, Quelle: Kristina Stiefel

C-MAC-PM-Studie / Erhebungsbogen zur präklinischen Video-Laryngoskopie

RTH Station Christoph 22 Ulm

Bundeswehrkrankenhaus Ulm / Abt. Anästhesie und Intensivmedizin

Rettungstechnische Daten: Einsatzdatum: _____ Einsatz-Nummer: _____

Patientenalter: _____ Geschlecht: ☐ m ☐ w

Einsatzart:
☐ NonTrauma ☐ Trauma
☐ Einzelverletzung
☐ Mehrfachverletzung
☐ Polytrauma
☐ mit Thoraxtrauma
☐ mit SHT

Indikation zur Intubation / Narkose:
☐ Kreislaufstillstand / Reanimation
☐ Einsatztaktik (z.B. zum Lufttransport)
☐ Bewusstseinstrübung / -Verlust
☐ Kreislaufinstabilität / Schock
☐ Verletzungsmuster
☐ Ateminsuffizienz
☐ Schmerz
☐ sonstige

Lage des Patienten

bei Eintreffen NA		bei Intubation
☐	auf dem Boden frei zugänglich	☐
☐	auf dem Boden schlecht zugänglich (enges Badezimmer etc.)	☐
☐	eingeklemmt (im Kfz oder ähnlich)	☐
☐	im RTW	☐

Zur Intubation verwendete Medikamente:
☐ **keine**

Sedativa:
☐ Midazolam
☐ Thiopental
☐ Ketamin
☐ Hypnomidate
☐ Fentanyl
☐ _____

Relaxantien:
☐ Succinylcholin
☐ _____

Behinderungen durch

Blut	☐ mäßig	☐ massiv
Erbrochenes	☐ mäßig	☐ massiv
Hypersalivation	☐ mäßig	☐ massiv
Fremdkörper	☐ mäßig	☐ massiv
Anatomie Rachen	☐ mäßig	☐ massiv
Zahnstellung	☐ mäßig	☐ massiv
Trauma	☐ mäßig	☐ massiv
Lage des Pat.	☐ mäßig	☐ massiv

Technische Probleme? ☐ Bild ok

Bild eingeschränkt wegen:

heller Umgebung	☐ mäßig	☐ massiv
fehlerhafter Darstellung	☐ mäßig	☐ massiv

Sonstige Probleme:
(ggf. Rückseite)

Vergleich:

	Laryngoskopie	Videolaryngoskopie	Intubation
Problemlos	☐	☐	☐
Erschwert	☐	☐	☐
Schwierig	☐	☐	☐
nicht möglich	☐	☐	☐

Vorgehen zum	**1. Intubationsversuch**	**2.**	**3.**
Video-Laryngoskop-Spatel (2 / 3 / 4 / d)	___	___	___
RSI (Standard)	☐	☐	☐
ohne Relaxanz	☐	☐	☐
unter Spontanatmung	☐	☐	☐
keine Medikation	☐	☐	☐
erneute Sedierung	☐	☐	☐
erneute Relaxierung	☐	☐	☐
Maßnahmen:			
Tubus mit Führungsstab	☐	☐	☐
Cookstab	☐	☐	☐
Sellick-Handgriff	☐	☐	☐
Verbesserte Jackson Position	☐	☐	☐
BURP-Manöver	☐	☐	☐
Absaugung benutzt	☐	☐	☐
(Zwischen-)beatmung mit **Maske**		☐	☐
(Zwischen-)beatmung mit **Larynxmaske**		☐	☐
HWS-Immobilisation: ☐ **keine**			
Stiff-Neck geschlossen	☐	☐	☐
Stiff-Neck ventral offen	☐	☐	☐
manuelle in-line-Stabilisierung	☐	☐	☐
(sonst.) _____	☐	☐	☐
definitives Alternativverfahren:			
Konventionelles Laryngoskop	☐	☐	☐
Larynxmaske	☐	☐	☐
Larynxtubus	☐	☐	☐
Koniotomie	☐	☐	☐
Maske	☐	☐	☐
Spontanisierung	☐	☐	☐
Sichteinteilung nach Cormack:			
I konventionell	☐	☐	☐
I Videolaryngoskop	☐	☐	☐
II konventionell	☐	☐	☐
II Videolaryngoskop	☐	☐	☐
III konventionell	☐	☐	☐
III Videolaryngoskop	☐	☐	☐
IV konventionell	☐	☐	☐
IV Videolaryngoskop	☐	☐	☐
Intubationsbedingungen:			
SEHR GUT *(Stimmritze weit)*	☐	☐	☐
GUT *(Stimmritze weit, Intubation löst* ***geringe*** *Abwehrbewegung und/oder leichten Husten aus*	☐	☐	☐
SCHLECHT *(Stimmritze eng, Intubation ruft* ***starke*** *Abwehrbewegungen und/oder kräftigen Husten hervor)*	☐	☐	☐
SEHR SCHLECHT *(Stimmritze fest geschlossen)*	☐	☐	☐

Zahl der Intubationsversuche bis zum Erfolg / Abbruch: ☐

Definitive Intubation erfolgte: (Begründung)
☐ videolaryngoskopisch
☐ konventionell

Anmerkungen, Problembeschreibungen, Verbesserungsvorschläge bitte auf der Rückseite!!!

Bei Fragen: OTA Dr. Matthias Helm ✦ OFA Dr. Björn Hossfeld
Abt. Anästhesiologie ✦ Bundeswehrkrankenhaus Ulm ✦ 0731 / 1710-0 ✦ Bw 5926

Version 1.0

10 Danksagung

Aus Datenschutzrechtlichen Gründen entfernt

11 Lebenslauf

Aus Datenschutzrechtlichen Gründen entfernt