

Aus dem Zentrum für Notfallmedizin
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg
Leiter: Prof. Dr. Clemens Kill
in Zusammenarbeit mit der Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH,
Standort Marburg

**Notfallintubationsausbildung von Ungeübten:
Kann die Videolaryngoskopie den Lernerfolg verbessern?**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
Dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von
Tillmann Coxhead aus Wiesbaden
Marburg 2017

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am 25.01.2017

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Herr Prof. Dr. Helmut Schäfer

Referent: Herr Prof. Dr. Clemens Kill

Korreferent: Frau Prof. Dr. A. Becker

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	- 1 -
1.1	Geschichte des Rettungsdienstes	- 2 -
1.2	Geschichte der Intubation	- 10 -
1.3	Anatomie des Larynx	- 15 -
1.4	Intubationsverfahren	- 17 -
1.5	Vergleich zwischen Videolaryngoskopen	- 21 -
2	Fragestellung	- 26 -
3	Methoden	- 28 -
3.1	Ein- und Ausschlusskriterien	- 28 -
3.2	Versuchsaufbau	- 28 -
3.2.1	Versuchsdurchführung	- 31 -
3.3	Statistische Auswertung	- 32 -
4	Ergebnisse	- 33 -
4.1	Probandenkollektiv	- 33 -
4.2	Intubationserfolg	- 34 -
4.2.1	Intubationsmethode (Macintosh vs Glidescope®)	- 34 -
4.2.2	Fehlintubation	- 36 -
4.2.3	Lernkurve	- 37 -
4.3	Intubationszeiten	- 39 -
4.4	Psychosoziale Faktoren	- 42 -
5	Diskussion	- 45 -
5.1	Bewertung der Ergebnisse	- 45 -
5.1.1	Intubationserfolg	- 45 -
5.1.2	Intubationszeiten	- 46 -
5.1.3	Gründe der Fehlintubation	- 48 -
5.2	Diskussion der Ergebnisse im Kontext der Literatur	- 49 -
5.3	Methodenkritik	- 54 -
5.3.1	Führungsstab	- 54 -
5.3.2	Intubationstrainer	- 55 -
5.3.3	Personelle Problematik	- 59 -
5.3.4	Erfolgskriterien	- 60 -
5.3.5	Psychosoziale Fragen	- 62 -

6	Zusammenfassende Bewertung	- 64 -
7	Anhang	- 65 -
7.1	Literatur	- 65 -
7.2	Abbildungen und Tabellen.....	- 72 -
7.3	Zusammenfassung	- 74 -
7.4	Abstract.....	- 76 -
7.5	Fragebogen	- 78 -
7.6	Verzeichnis der akademischen Lehrer	- 80 -
7.7	Danksagung	- 81 -

1 Einleitung

In der Notfallmedizin nimmt die Atemwegssicherung einen zentralen Stellenwert ein, da die ausreichende Oxygenierung eines vital bedrohten Patienten einen sicheren Atemweg voraussetzt. Der Goldstandard der Atemwegssicherung ist die endotracheale Intubation. Als Intubation bezeichnet man das Einbringen eines Schlauches in die Trachea zum Zweck der Schienung der Atemwege. Damit soll ein Ersticken an der eigenen Zunge oder an möglichen Fremdkörpern verhindert werden. Am Ende des Schlauches befindet sich ein zirkulär angebrachter Ballon (Cuff), der die Trachea nach oben abdichtet. Über diesen Schlauch kann der Behandler den Patienten mittels eines automatischen Beatmungsgerätes oder eines manuellen Hilfsmittels beatmen. Der Schlauch wird, je nach Situation, über den Mund oder die Nase durch den Rachen und den Kehlkopf bis kurz hinter die Stimmbänder geschoben, dann wird der Ballon aufgeblasen. Als Positionierungshilfe werden heutzutage für nahezu alle Situationen passende Geräte hergestellt. Das meistgenutzte und für die überwiegende Anzahl der Intubationen eingesetzte Gerät ist das Macintosh-Laryngoskop.

In der Notfallmedizin ist jede Intubation als „schwieriger Atemweg“ anzusehen, da der Zustand des Patienten sowie die Umgebungssituation als kritisch zu bewerten sind. Eine klinische Anamnese ist in der Regel nicht oder nur unzureichend zu erheben, so dass die Vorbereitung der Intubation immer auf den schwierigen Atemweg ausgelegt sein sollte. Erschwerend kommt hinzu, dass die Maßnahme der Intubation sowie die Indikationsstellung zur Intubation ein hohes Maß an Erfahrung erfordern, ohne die der Eingriff nicht sicher durchgeführt werden kann. Diese Erfahrung liegt bei einem überwiegenden Teil des Rettungsdienstfachpersonals nicht vor. Des Weiteren ist im präklinischen Rahmen das Hinzuziehen eines Notarztes nicht in jedem Fall ohne Zeitverzögerung möglich.

In dieser Studie soll gezeigt werden, ob unerfahrenes Personal die Maßnahme der Intubation mittels Videolaryngoskopie (GlideScope®) schneller und sicherer erlernen kann als mittels der direkten Laryngoskopie (Macintosh).

1.1 Geschichte des Rettungsdienstes

Die gesamte Geschichte der Medizin und somit auch deren Teilbereich Notfallmedizin hängt eng sowohl mit dem Verständnis der Zusammenhänge des menschlichen Körpers zusammen wie auch mit der Bedeutung, die ihm zugemessen wird. Die Entwicklung beider ist eng verknüpft mit der Trennung von Naturwissenschaft und Religion.

Das erste Hindernis der Lebensretter waren die religiösen Vorstellungen. Vom Mittelalter bis zur Aufklärung verbot der Glaube ein Eingreifen des Menschen in das Handeln Gottes. Das Manipulieren an einem Leblosen stand zu dieser Zeit gar unter Strafe, da zunächst eine Gerichtsperson die Umstände der Leblosgkeit zu klären hatte. Dies änderte sich erst mit der Aufklärung im 18. Jahrhundert. Das neu gewonnene Wissen dieser Zeit, dass jedes Individuum sich aus der selbst gewählten Unmündigkeit befreien könne [Kant, Cassirer et al.], machte es letztlich möglich, Menschen in lebensbedrohlichen Lagen medizinisch zu helfen.

Ein Meilenstein im Verständnis der Funktion des Lebens war das Wissen um die Atmung und ihre Bedeutung. Bevor sich das Wissen durchsetzte, dass ohne Atmung kein Leben möglich ist, wurde dem leblosen Patienten zunächst Tabakrauch in das Rektum geblasen [Gardanne 1744]; half dies nicht, wurde der leblose Patient ausgepeitscht und mit glühenden Kohlen versengt [Ahnefeld and Brandt 2002].

1543 stellte Vesalius in seinen Tierexperimenten fest, dass bei Öffnung des Thorax die Lunge kollabiert, das Herz zunächst zu flimmern anfängt und schließlich zu schlagen aufhört. Bläst man beim geöffneten Thorax jedoch Luft über ein Schilfrohr in die Lungen, schlägt das Herz weiter. Seine Zeitgenossen verspotteten ihn jedoch für diese Erkenntnis [Vesalius 1543, „De humanis corporis fabrica“, Vesalius 1960].

Im Abstand von je etwa einhundert Jahren ergänzten drei weitere Beiträge das Verständnis der menschlichen Atmung. Zunächst postulierte Robert Hooke (1635-1702), dass die Luft das Lebenselixier sein müsse, da sich die Farbe des Blutes nach Passieren der Lungenstrombahn verändere („Micrographia“ 1667). Als nächster beschrieb John Hunter (1728-1793) das Wiederherstellen der Atemfunktion als Grundvoraussetzung für eine Wiederbelebung des Herzens. 1804 stellte der Mainzer Professor Jacob Fidelis Ackermann (1765-1815) erneut fest, dass der Sauerstoff die zentrale Rolle bei einer Wiederbelebung spielt [Ackermann 1797].

Anhand von Tabelle 1 lässt sich vermuten, dass die bemerkenswerten Veränderungen der „neueren“ Notfallmedizin im Sinne einer sinkenden Mortalität in einem Zusammenhang mit den großen Kriegen stehen könnte. Ebenso geht aus der Tabelle hervor, dass die Dauer der versorgungsfreien Intervalle eine entscheidende Rolle bei der Mortalität zu spielen scheint.

Tabelle 1 Erstversorgung Verwundeter

	Therapiefreies Intervall	Mortalität
Napoleonische Kriege (1792-1809)	40 Stunden	46%
1. Weltkrieg (1914-1918)	12-18 Stunden	8,5%
2. Weltkrieg (1939-1945)	6-12 Stunden	5,8%
Korea-Krieg (1950-1953)	2-4 Stunden	2,4%
Vietnam-Krieg (1965-1975)	1 Stunde	1,7%

[Neel 1968]

Die ersten „Sanitäter“ auf den Schlachtfeldern wurden bereits in der „Ilias“ von Homer beschrieben [Homer 2008]. In der Antike wurden die Verwundeten offenbar mit Hilfe von umgebauten Streitwagen zu Sammelstellen gebracht. An dieser Transporttechnik änderte sich über die Jahrhunderte nicht viel. Die „Sanitäter“ der Römer waren eine Art soldatische Feldscherer, während die Germanen ausschließlich Frauen zur Versorgung Verwundeter einsetzten [Ahnefeld und Brandt 2002]. Diese hatten lediglich eine sehr rudimentäre Ausbildung. An den Sammelstellen wurde bis zu den Napoleonischen Kriegen fast ausschließlich nicht-ärztliches Personal eingesetzt.

Bis 1792 wurden französische Soldaten durch Barbieri versorgt. Unter Napoleon setzte dann schließlich Jean Dominique Larrey (1766-1842) auch Ärzte im Sanitätspersonal ein.

Larrey führte auch die sogenannten „fliegenden“ Ambulanzen ein, in denen er nicht nur die eigenen Soldaten versorgte, sondern auch die gegnerischer Parteien. Diese fliegenden Ambulanzen waren die ersten Fahrzeuge, die ausschließlich dem Zweck des Krankentransportes und der Versorgung der Patienten in dem Fahrzeug dienten. Seine fliegenden Ambulanzen wurden in den späteren Schlachten von vielen europäischen Ländern kopiert. In der Völkerschlacht von Leipzig 1813 wurde dieses Konzept erstmalig von beiden Seiten auf die Probe gestellt [Baker, Cazalaà et al. 2005].

Ebenso beschrieb Larrey einen Grundsatz, der bis heute in der Traumatologie gilt: Die „golden hour of shock“. Er hatte beobachtet, dass die Überlebenschancen der Verwundeten deutlich steigen, je schneller Patienten einer definitiven Versorgung zugeführt werden (siehe Tabelle 1) [Baker, Cazalaà et al. 2005].

Ein französischer Zeitgenosse Larreys, Pierre Francois Percy (1754-1825), leistete einen weiteren wesentlichen Beitrag zur heutigen Notfall- und Katastrophenmedizin. Percy erkannte, dass die Behandlungspriorität anhand der Überlebenschancen der Patienten eruiert werden müsste. Er beschrieb damit die erste Form einer Triage, wie sie auch heute noch in ähnlicher Form in Katastrophenfällen angewandt wird [Baker, Cazalaà et al. 2005].

Als Geburtsstunde des Rettungsdienstes wird heute das Jahr 1881 angesehen. Auslösend war der Brand des Wiener Ringtheaters 1881. Bei dieser Katastrophe kamen etwa 400 Menschen zu Tode und viele weitere wurden verletzt. Die große Anzahl von Toten war auch dadurch bedingt, dass zu diesem Zeitpunkt keine organisierten Rettungsdienste existierten, die die Patienten einer definitiven klinischen Versorgung hätten zuführen können. Aus diesem Anlass wurde die *Wiener Freiwillige Rettungsgesellschaft* von Baron Mundy mithilfe des Chirurgen Theodor Billroth gegründet [Nanut 2011]. 1882 wurden die ersten Rettungsfachleute von Albert Mosevig von Moorhof, Chefchirurg der *Wiener Rettungsgesellschaft*, ausgebildet. Von nun an ging die Entwicklung zügig weiter:

- 1883 eröffnete die erste Rettungswache in Wien und die ersten Einsätze wurden durchgeführt.
- 1905 wurde das erste Rettungsauto in Wien in Dienst gestellt.
- 1938 wurde die *Rettungsgesellschaft* als solche aufgelöst und durch die „Städtische Sanität“ ersetzt [<http://www.wien.gv.at/rettung/geschichte.html>, abgerufen am 23.01.2013].

Friedrich von Esmarch (1823-1908) lernte bei einem Aufenthalt in England die Rettungsorganisation *St. John* kennen und gründete danach 1882 die erste deutsche Rettungsorganisation, den *Deutschen Samariter Verein*. Diese Idee breitete sich schnell im damaligen Deutschland aus und es entstanden vielerorts Samariter-Vereine. Sie alle schlossen sich beim ersten internationalen Rettungsdienst-Kongress 1908 in Frankfurt am Main unter dem Namen *Deutsche Gesellschaft für Samariter- und Rettungswesen* zusammen.

Durch die Einführung der Kranken- und Unfallversicherung 1883/84 und ihre Änderung 1892 wurde auch das System der Rettungsdienste unterstützt und erhielt eine finanzielle Grundlage. Die relativen Versorgungsunterschiede in den verschiedenen Gebieten Deutschlands führten dazu, dass die damalige Regierung mithilfe des Zentralkomitees für Rettungswesen in Preußen die rettungsdienstliche Versorgung standardisierte [Peter Sefrin 1991].

1938 schließlich forderte der deutsche Chirurg Martin Kirschner (1849-1942), dass nicht, wie bisher üblich, der verunfallte Patient möglichst schnell dem Arzt vorgestellt, sondern umgekehrt der Arzt möglichst schnell an den Ort des Geschehens gebracht werden sollte [Ahnefeld 2003]. Dies führte dann zu dem noch bis heute bestehenden System des notarztgestützten Rettungsdienstes.

Nach Ende des Zweiten Weltkrieges kam es im Zusammenhang mit der stark gestiegenen PKW-Dichte zu einer Häufung von Verkehrsunfällen mit einer hohen Anzahl an Polytraumatisierten. Da die Notfallversorgung noch immer mangelhaft war, war die Letalitätssrate hoch. Zunächst versucht man, die Ärzte mittels Polizeistreifen zu den Verunfallten zu transportieren; dies erwies sich aber als nicht effektiv.

1957 wurde unter der Führung von K.H. Bauer (1890-1978) in Heidelberg das Klinikmobil eingeführt. Dieser „rollende Operationssaal“ fuhr zum Unfallort, um bereits dort eine definitive Versorgung des verunfallten Patienten zu ermöglichen. Da das Klinikmobil jedoch durch seine Größe und sein Gewicht sowohl zu langsam und behäbig als auch vom personellen und materiellen Aufwand her teuer und daher nicht für die Massenproduktion geeignet war, setzte sich dieses System nicht flächendeckend in Deutschland durch.

Im selben Jahr wurde unter der Führung des Kölner Chirurgen Viktor Hoffmann (1893-1969) ein Notarztwagen eingeführt, der in Dimension und Ausstattung einem ärztlichen Behandlungszimmer ähnelte. Ziel der Behandlung war hier nicht die definitive Versorgung des Patienten, sondern lediglich dessen Stabilisierung für den Transport in die Klinik. Dort sollte dann die adäquate Versorgung stattfinden. Dieses effizientere System setzte sich durch und besteht bis zum heutigen Tage. Es stellt damit einen Kompromiss zwischen dem Arzt in einer Polizeistreife und dem Klinikmobil dar.

Bereits 1971 wurde in Ulm ein Testrettungszentrum eröffnet. Hier wurde unter anderem die Zusammenarbeit der Luftrettung mittels Hubschrauber mit den bodengebundenen Rettungsmitteln erprobt und eingeübt. Dieses System hat sich inzwischen in ganz Deutschland durchgesetzt und wird heute noch praktiziert.

Der deutsche Rettungsdienst greift heutzutage in der Regel auf sechs Rettungsmittel zurück:

- Rettungswagen (RTW): Besetzt mit mindestens zwei Personen, davon mindestens einem Rettungsassistent/Notfallsanitäter (zweite Person je nach Landesgesetz). Ausstattung nach DIN EN 1789 Typ C: Mobile Intensive Care Unit.
- Krankentransportwagen (KTW): Besetzt mit mindestens zwei Personen. In den meisten Bundesländern mindestens ein Rettungssanitäter, in Schleswig-Holstein und Thüringen mindestens ein Rettungsassistent/Notfallsanitäter, in Niedersachsen eine „geeignete Person“. Ausstattung meist nach DIN EN 1789 Typ B: Emergency Ambulance.
- Notarzteinsatzfahrzeug (NEF): Besetzt mit mindestens einem Notarzt, in den meisten Fällen zusätzlich mit einem Fahrer, dessen Qualifikation durch das jeweilige Bundesland geregelt ist. Die Ausstattung richtet sich nach DIN 75079. Dieses ist das einzige Fahrzeug ohne Patiententransportmöglichkeit.
- Notarztwagen (NAW): Besetzung mit einem Notarzt, einem Rettungsassistent/Notfallsanitäter und einem Fahrer (Qualifikation je nach Bundesland). Die Ausstattung wird nach DIN EN 1789 Typ C: Mobile Intensive Care Unit festgelegt und regional durch die Betreiber ergänzt.

- Intensivtransportwagen (ITW): Die Besatzung besteht in der Regel aus einem erfahrenen Intensivmediziner und Notarzt sowie einer landesüblichen Rettungswagenbesatzung. Die Ausstattung entspricht der DIN-75076:2012-05, geht in der überwiegenden Zahl der Fälle jedoch darüber hinaus und trägt den besonderen Bedürfnissen eines intensivpflichtigen Patienten Rechnung.
- Rettungshubschrauber (RTH): Die Besatzung des Rettungshubschraubers besteht aus einem Notarzt, einem HEMS (= Helicopter Emergency Medical Services) Crew Member, in der Regel einem Rettungsassistent/Notfallsanitäter, einem Piloten und je nach Hubschrauber-Typ einem Bordwart. Die Ausstattung richtet sich nach DIN EN 13718-1.

Die verschiedenen Fahrzeugtypen erfüllen im heutigen Gesundheitssystem unterschiedliche Aufgaben. Während RTW, NEF, NAW und RTH in erster Linie für Primäreinsätze (Fahrzeug begibt sich direkt zum Unfallort) genutzt werden, sind ITW und KTW für Sekundärtransporte (Patient wird von einer stationären Einrichtung in eine andere verlegt oder nach Hause entlassen) vorgesehen. Grundsätzlich können jedoch alle Transportmittel für beide Einsatzarten genutzt werden. Alle notarztbesetzten Rettungsmittel (NEF, NAW, ITW, RTH) können im Rendezvous-System mit den nichtnotarztbesetzten Rettungsmitteln kooperieren und an der Unfallstelle den Notarzt an das transportierende Rettungsmittel abgeben.

Anfang der 1960er Jahre entwickelte sich aus dem vorwiegend durch Chirurgen gestützten Notarztssystem ein interdisziplinäres Aufgabenfeld. Diese Entwicklung führte zu einer neuen Definition des Aufgabengebietes des Rettungsdienstes weg von einer reinen Traumaversorgung hin zur Versorgung von Notfallpatienten im Allgemeinen. „Notfallpatient“ wurde von da an definiert durch gestörte oder erloschene Vitalfunktionen, die als Folge von Traumata, Erkrankungen oder Vergiftungen auftreten können.

1962 wurde auf dem ersten Internationalen Rettungskongress des DRK (Deutsches Rotes Kreuz) in Berlin festgestellt, dass der moderne Rettungsdienst nicht mehr im Rahmen der samaritanen Aufgabenstellung funktionieren könne. Mit diesem Beschluss begann eine umfangreiche und langwierige Umstrukturierung der deutschen Rettungsdienste. Unter anderem wurde die sogenannte „Rettungskette“ installiert und die Rettungswagen nach DIN normiert. Es folgten jährlich neue Rettungskongresse. Am 10.07.1989 wurde das Rettungsassistenten-Gesetz verabschiedet, in dem die Aufgaben sowie die Ausbildung des Rettungsdienstpersonals definiert wurden. Da sich der Rettungsdienst und damit die Aufgaben des Rettungsdienstpersonals schnell weiter entwickelten, reichte der 1989 festgelegte Katalog der Kompetenzen, die ein Rettungsassistent zu übernehmen hatte, schnell nicht mehr aus. Die Bundesärztekammer versuchte durch ihre Empfehlung vom 02.11.1992 die Lücke durch den Begriff der „Notkompetenz“ zu schließen. Hier wurde beschrieben, dass Rettungsassistenten im Rahmen des Rechtfertigenden Notstands (§34 StGB) folgende ärztliche Maßnahmen durchführen dürfen:

- die Intubation ohne Relaxantien
- die Venenpunktion
- die Applikation kristalloider Infusionen
- die Applikation ausgewählter Medikamente
- die Frühdefibrillation

Jedoch wurde den Rettungsassistenten dieses Recht nur unter folgenden Voraussetzungen zugestanden, dass nämlich

- der Rettungsassistent am Notfallort auf sich alleine gestellt ist und rechtzeitig ärztliche Hilfe, etwa durch An- oder Nachforderung des Notarztes, nicht erreichbar ist;
- die Maßnahmen, die er aufgrund eigener Diagnosestellung und therapeutischer Entscheidung durchführt, zur unmittelbaren Abwehr von Gefahren für das Leben oder die Gesundheit des Notfallpatienten dringend erforderlich sind;
- das gleiche Ziel durch weniger eingreifende Maßnahmen nicht erreicht werden kann (Prinzip der Verhältnismäßigkeit bei der Wahl der Mittel);

- die Hilfeleistung nach den besonderen Umständen des Einzelfalles für den Rettungsassistenten zumutbar ist.

Am 01.01.2014 trat das Notfallsanitätäergesetz (NotSanG) in Kraft, welches das Rettungsassistentengesetz ersetzte. Hier wurde die Ausbildung von zwei auf drei Jahre verlängert, einheitliche Qualitätsstandards an Rettungsdienstschulen wurden festgelegt sowie wurde die zuvor unklare gesetzliche Regelung der „Notkompetenz“ aus dem §34 StGB ausgegliedert und in eine eigene Gesetzesform (§4 NotSanG) gebracht.

1.2 Geschichte der Intubation

Die frühesten Zeugnisse intubationsähnlichen Techniken finden sich bereits in der Antike. Hippokrates (ca. 470-360 v. Chr.) legte nahe, bei Verengungen der Atemwege mit drohender Erstickungsgefahr dem Patienten ein Rohr in Form einer Hirtenflöte einzuführen. Jahrhunderte später beschrieb Avicenna (980-1037 n. Chr.) in dem zu seiner Zeit bedeutendsten medizinischen Lehrbuch des Orients „Canon“ die orotracheale Intubation.

Erst Jahrhunderte später fand die Intubation wieder Beachtung in den Schriften der Gelehrten. Der Anatom Andreas Vesalius (1514-1564) führte Tierversuche hierzu durch. Er führte ein Schilfrohr in die Trachea der Tiere ein und stellte fest, dass sich die Herzaktion besserte, wenn die Lunge ventiliert wurde [Luckhaupt and Brusis 1986].

Einige Jahre später unternahm Robert Hooke (1635-1703) weitere Versuche an der Royal Society in London. Die Forschung schritt nun schneller voran. Zu den Wegbereitern der Intubation zählten James Curry (1760-1821) und Leroy d'Etiolles (1827-1860). Francois Chaussier (1746-1828), Arzt und Geburtshelfer, entwarf den ersten Tubus, der sich der Anatomie anpassen konnte und der mittels eines kleinen Schwammes am unteren Ende eine Art Dichtung besaß. Depaul (1811-1883), ebenfalls Pariser Arzt, modifizierte Chaussiers Tubus. Er passte den Tubus durch Veränderung der Krümmung der menschlichen Anatomie an. Außerdem verlegte er die lungenseitige Öffnung des Tubus ganz an dessen Ende; diese befand sich zuvor seitlich kurz vor dem Ende des Tubus. Beide Tuben setzten sich jedoch nicht langfristig durch, da ihre Verwendung häufig zu Lungenverletzungen führte.

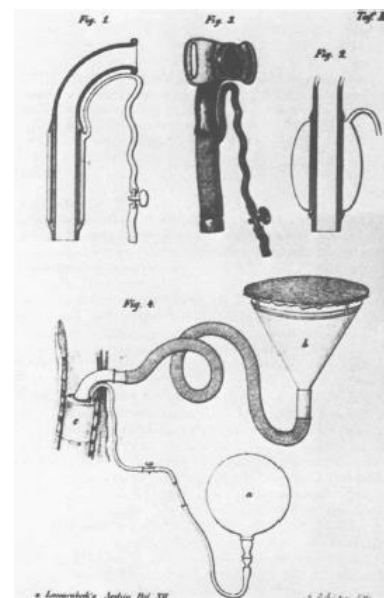


Abbildung 1

Trendelenburgscher Tracheotomietubus

(mit Fig. 1 und 3 bezeichnet) mit Blockungsmanschette (Fig. 2) und Narkosetriecher (Fig. 2) (aus 25); mit diesem Tubus führte Trendelenburg 1869 erstmals eine Intubation für eine Operation durch.

Der französische Chirurg Desault (1744-1795) beschrieb die blinde nasotracheale Intubation mittels eines Magenschlauches bei einem Glottisödem. Die Behandlung diphteriekranker Patienten spielte im Laufe des 19. Jahrhunderts eine große Rolle. Hier taten sich Bouchut (1818-1891) und Trousseau (1801-1867) hervor. Bouchut vertrat die Ansicht, dass am Krupp-Syndrom Erkrankte eine Atemwegsschienung mittels eines „tubage de la glotte“ erhalten sollten, wohingegen Trousseau ein Verfechter der Tracheotomie war.

John Snow (1813-1858) versuchte sich als erster an dem Experiment, einen Endotrachealtubus nicht ausschließlich zur Wiederbelebung, sondern auch bei einer Narkose zu nutzen. Er narkotisierte Kaninchen mittels Chloroforms und eines Tubus.

Der Berliner Chirurg Trendelenburg (1844-1924), Leibarzt des Königs Friedrich August von Sachsen, intubierte erstmals einen Patienten für eine Operation über ein Tracheostoma. Mit Hilfe einer aufblasbaren Manschette als Teil der Trendelenburg-Kanüle konnte ein Aspirationsschutz gewährleistet werden [Luckhaupt and Brusis 1986]. Der erste Mediziner, der eine erfolgreiche orotracheale Intubation durchführte, war der Schotte William Macewen (1848-1924). Macewens Tuben waren aufgrund ihrer Spiralförmigkeit die ersten biegsamen Tuben. Viktor Eisenmenger (1864-1892) kombinierte einen halbstarren Hartgummi-Bougie mit einem Tubus nach Trendelenburg.

Es gab nachfolgend einige weitere Entwicklungen von Tuben, die jedoch keine wesentlichen Neuerungen brachten. Zu nennen sind hier Tuffier (1895) und Doyen (1897) sowie Van Stockum (1898).

Bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts wurde ausschließlich blind, das heißt ohne Sicht auf die Stimmbänder, intubiert. Alfred Kirstein (1863-1922) führte am 23.04.1895 die erste direkte Laryngoskopie durch. Diese setzte sich jedoch erst 1913 mit Hilfe von Chevalier Jackson (1865-1958), einem Arzt aus Pittsburgh, durch. Franz Kuhn (1866-1929) entwickelte leicht biegsame Tuben, die sich den anatomischen Gegebenheiten anpassen; damit wurden selbst nasotracheale Intubationen möglich. Seine Entwicklungen und Erfahrungen fasste er in dem Buch „Die perorale Intubation“ zusammen [Kuhn 1905]. Bis zum Zweiten Weltkrieg verhinderte jedoch Ferdinand Sauerbruch (1875-1951), dass diese Methode auch zur Intubationsnarkose in Deutschland genutzt wurde. Er propagierte das Operieren in einem unter Unterdruck gesetzten Raum.

Ein solcher Operationssaal bestand am Universitätsklinikum Marburg noch bis zum Umzug in die neuen Räumlichkeiten auf den Lahnbergen.

In England nutzte Ivan Magill (1888-1986) mit Beginn des des Ersten Weltkriegs die oro- und die nasotracheale Intubation in der uns heute bekannten Weise. In die deutschen Krankenhäuser hielt die Intubationsnarkose erst nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges langsam Einzug [Luckhaupt and Brusis 1986]. 1943 veröffentlichte Sir Robert Reynolds Macintosh seine Arbeit zur Laryngoskopie, in der er die heute am weitesten verbreitete Intubationsform darstellte [Macintosh 1943].

In der klinischen Praxis haben sich drei Spatel durchgesetzt:

1. Macintosh-Spatel, benannt nach R.R. Macintosh (1997-1986): Dieser ist als Standard-Spatel bei der direkten Intubationslaryngoskopie anzusehen [Van Aken 2007].
2. McCoy-Spatel: Dies ist ein modifizierter Macintosh-Spatel, dessen Spitze man mit einem Hebel hochklappen kann. Hierdurch kann die Epiglottis ohne weiteren Zug am Laryngoskop angehoben werden und so die Sicht auf den Larynx verbessert werden [Döriges 2009].
3. Miller-Spatel (nach Robert Arden Miller (1906-1976)): Hierbei handelt es sich um einen geraden Spatel. Bei der Laryngoskopie mittels Miller-Spatel sollte die Epiglottis aufgeladen werden. Dieser wird bei schwierigen Intubationen eingesetzt [Van Aken 2007].

Die in den 1970er Jahren entwickelten „High-Volume, Low-Pressure“-Cuffs machten eine Abdichtung mit niedrigem Druck möglich, was zu einer deutlichen Abnahme von Schleimhautnekrosen in der Trachea führte. 1964 wurden die ersten Polyvinylchlorid-Tuben (PVC) mit integriertem Cuff auf den Markt gebracht. Diese sind bis heute die am häufigsten verwendeten Tuben [Larsen 2006].

Heutzutage stehen der Medizin Varianten für viele unterschiedliche Zwecke zur Verfügung.

- Der Magill-Tubus ist der am weitesten verbreitete und am häufigsten genutzte Tubus in der klinischen Praxis. Er steht in sehr vielen verschiedenen Größen zur Verfügung. Er besitzt einen normierten Krümmungswinkel mit 140 ± 20 mm-Radius und einen „low pressure“-Cuff [Chandler 2002]. In vielen Fällen besitzt er ein so genanntes „Murphy-Auge“ an der Tubusspitze für den Fall, dass das Tubusende verlegt sein sollte. Für Erwachsene werden in den meisten Fällen Tuben mit 7,0 mm bis 8,0 mm Innendurchmesser gewählt, jedoch stehen auch Größen für Neu- und Frühgeborene (bis 2,5 mm Innendurchmesser) zur Verfügung [Striebel 2005].
- Der Oxford-Tubus ist ein im 90° -Winkel gebogener, nicht knickbarer Tubus, welcher deutlich kürzer ist als die gängigen Magill-Tuben. Er wird mit Hilfe eines speziellen, über das Tubusende hinausragenden Führungsstabes in die Trachea eingeführt. Er wird vor allem bei schwierigen orotrachealen Intubationen eingesetzt [Larsen 2009].
- Der Woodbridge-Tubus zeichnet sich durch seine in die aus Latex bestehende Tubuswand eingearbeitete Metallspirale aus, welche ihn davor schützt, trotz enormer Flexibilität abzuknicken. Dieser Tubus sollte aufgrund seiner flexiblen Struktur nur mit einem Führungsstab genutzt werden. Der Woodbridge-Tubus kommt vor allem bei chirurgischen Eingriffen im Kopfbereich oder in Bauchlage zum Einsatz, wo aufgrund der Führung des Tubus das Risiko des Abknickens erhöht ist [Larsen 2009].

- Doppellumige Tuben werden für Operationen im Thoraxbereich benötigt, um eine einseitige Lungenflügelventilation gewährleisten zu können. Allen Doppellumentuben gemeinsam ist das Vorhandensein von zwei Cuffs sowie zwei Lumen. Die Öffnung des trachealen Lumens befindet sich zwischen dem trachealen Cuff und dem bronchialen Cuff. Die Öffnung des bronchialen Lumens endet unterhalb des bronchialen Cuffs. Der gängigste Doppellumentubus ist der Robertshaw-Tubus. Er liegt sowohl für die linksseitige wie auch für die rechtsseitige Intubation mit der entsprechenden Krümmung und einer zusätzlichen Öffnung des distalen Lumens vor. Der aufgrund der höheren Verletzungsgefahr seltener verwendete Carlsen-Tubus zeichnet sich durch einen so genannten Carinasporn aus, der bei erfolgreicher Intubation auf der Carina tracheae zum Liegen kommt. Er kann lediglich zur linksseitigen Intubation genutzt werden, da sein unterer Cuff den Oberlappenbronchus verlegen würde. Der White-Tubus ist ebenso wie der Carlsen-Tubus mit einem Carinasporn bestückt, hat jedoch auf Höhe des Bronchuscuffs eine zusätzliche Öffnung des bronchialen Lumens, so dass dieser zur Intubation des rechten Hauptbronchus genutzt werden kann [Striebel 2005].

Die moderne Intubation ist aus dem heutigen Klinik-Alltag nicht mehr wegzudenken und wird immer weiter vereinfacht.

1.3 Anatomie des Larynx

Der Kehlkopf liegt zwischen der Oberkante des fünften und der Unterkante des sechsten Halswirbels ventral der Speiseröhre (Ösophagus). Er schließt sich dem Pharynx nach ventral und caudal an. Von außen ist er beim Mann durch den Adamsapfel (Prominentia laryngea) zu identifizieren, der durch den Schildknorpel (Cartilago thyroidea) gebildet wird. Der Kehlkopf dient als stimmbildendes Organ sowie als Schutz vor Aspiration. Der mechanische Halteapparat des Kehlkopfs besteht aus sieben Knorpelanteilen, die durch Bänder und Muskeln zusammengehalten und beweglich gemacht werden.

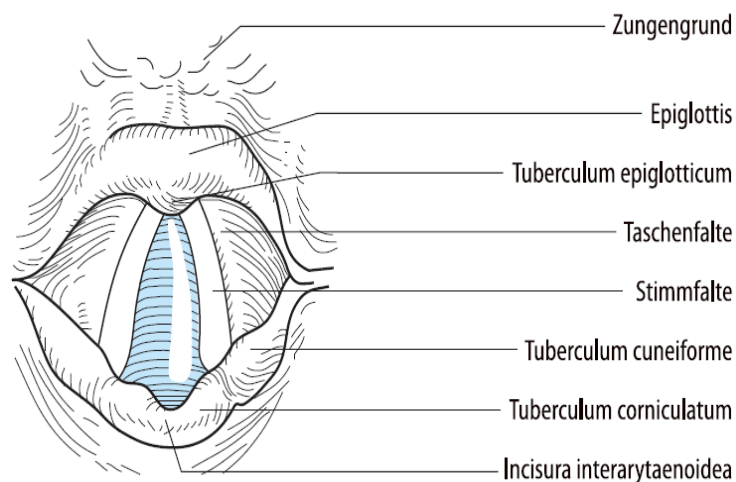


Abbildung 2 Sicht bei Laryngoskopie

Hierdurch werden die Funktionen des Kehlkopfes ermöglicht. Die Oberkante des Schildknorpels (Cartilago thyroidea) bildet die obere anatomische Grenze des Kehlkopfes. Er umgibt den größten Teil des inneren Kehlkopfes und schützt diesen mit seinen breiten Flächen (Lamina dextra und sinstra) vor äußeren mechanischen Einflüssen. Die untere Begrenzung wird durch den Ringknorpel (Cartilago cricoidea) gebildet, der in seinem Aufbau einem Siegelring ähnelt. Er ist durch die Membrana thyroidea mit dem Schildknorpel verbunden. An seiner Innenseite sind Bänder aufgehängt, die die laterale Begrenzung der Stimmbänder darstellen. Im inneren Teil des Kehlkopfes befindet sich der wie ein Fahrradsattel geformte Kehildeckel (Cartilago epiglottica).

Dieser schützt die unteren Atemwege vor Aspiration durch Verschließen des Kehlkopfes während des Schluckaktes. Unter diesem befinden sich die zwei so genannten Stellknorpel oder Gießbeckenknorpel (*Cartilago arytaenoidea*), welche in ihrer Form an eine Pyramide erinnern. An ihnen sind die Stimmbänder (*Ligamenta ivocalis*) aufgehängt, welche die Stimmritze (*Rima glottidis*) bilden. Diese ermöglicht die Phonation und stellt beim Erwachsenen die engste Stelle bei einer endotrachealen Intubation dar. Durch insgesamt fünf Muskeln werden die Stimmbänder gespannt und in die jeweilige Position für das Sprechen oder Atmen gebracht. Auf den Spitzen der Stellknorpel befinden sich die Spitzenknorpel (*Cartilago corniculata*).

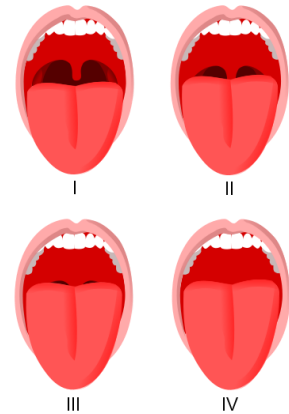
Der Kehlkopf teilt sich in drei Abschnitte auf:

- Supraglottischer Raum: vom Kehlkopfeingang (*Aditus laryngis*) bis zu den Taschenfalten (*Plicae vestibulares*)
- Transglottischer Raum: von den Taschenfalten bis zu den Stimmfalten (*Plicae vocalis*)
- Subglottischer Raum: von den Stimmfalten bis zu dem Unterrand des Ringknorpels

1.4 Intubationsverfahren

Die direkte Laryngoskopie ermöglicht das unmittelbare Betrachten der Stimmlippen mit dem bloßen Auge unter Zuhilfenahme eines Intubationslaryngoskops.

- Vor jeder Intubation sollte der Atemweg evaluiert werden. Hierbei ist auf prominente Schneidezähne, Halswirbelsäulenbeweglichkeit, die Beweglichkeit des Unterkiefers, die Halslänge, den Mallampati-Status [Mallampati, Gatt et al. 1985] und eine ausreichende Mundöffnung zu achten [El-Ganzouri, McCarthy et al. 1996].



**Abbildung 3 Mallampati
Klassifikation**

- Der Kopf des auf dem Rücken liegenden Patienten wird auf einem ca. 10 cm hohen Kissen gelagert und leicht nach hinten gebeugt (= verbesserte Jackson-Position). Hierdurch bilden die Mundhöhle, der Rachen, der Kehlkopf und die Luftröhre eine beinahe gerade Linie. Verletzungsrisiko: Bei einer knöchernen Instabilität der Halswirbelsäule sind Schäden an dieser möglich.
- Mit der rechten Hand wird der Mund, mit dem Mittelfinger am Unterkiefer und dem Daumen am Oberkiefer, geöffnet (sog. Kreuzgriff). Verletzungsrisiko: Bei schlecht gepflegten bzw. maroden Zähnen können bereits hier Zähne ausbrechen und in den Rachenraum fallen. Im schlimmsten Fall können diese bis in die Luftröhre gelangen.
- Nun wird der Spatel des Laryngoskops, welches mit der linken Hand gehalten wird, am rechten Mundwinkel eingeführt. Verletzungsrisiko: Beim Einführen des Spatels in den Mund können ebenfalls Zähne verletzt bzw. abgebrochen werden.

- Der Spatel wird vorsichtig weiter in den Mund geschoben und dabei die Zunge nach links verdrängt. Die Spitze sollte bei einem gebogenen Spatel in der Grube zwischen Kehledeckel und Zungengrund zum Liegen kommen. Verletzungsrisiko: Das weiche Gewebe des Gaumenbogens und der Tonsillen kann je nach Veranlagung durch zu heftige Berührung bluten [Hagberg, Georgi et al. 2005].
- Nun wird der Spatel Richtung Kinn angehoben bzw. das Laryngoskop in Griffrichtung gezogen, so dass sich der Zungengrund hebt und der Kehledeckel geöffnet ist. Verletzungsrisiko: Hier besteht das größte Risiko einer Verletzung der Zähne durch Hebeln des Laryngoskops mit den oberen Schneidezähnen als Widerlager [Warner, Benenfeld et al. 1999].
- Ist nun die Sicht auf die Stimmbänder frei, kann der Tubus zwischen den Stimmlippen hindurchgeschoben werden [Striebel 2005]. Die Sicht auf die Stimmbänder wird durch die von Yentis und Lee modifizierten Cormack-und-Lehane-Klassifikation beurteilt [Cormack and Lehane 1984, Yentis and Lee 1998]. Sollten die Stimmbänder nicht ausreichend zu erkennen sein, um den Tubus sicher zu platzieren, kann mit Hilfe des BURP-Manövers (**B**ackward, **U**pward, **R**ightward **P**ressure) eine Verbesserung der Sichtbarkeit erreicht werden [Knill 1993]. Verletzungsrisiko: Beim Vorschieben des Tubus kann der weiche Gaumen bzw. der vordere Gaumenbogen durch den Tubus perforiert werden [Malik and Frogel 2007, Amundson and Weingarten 2013].

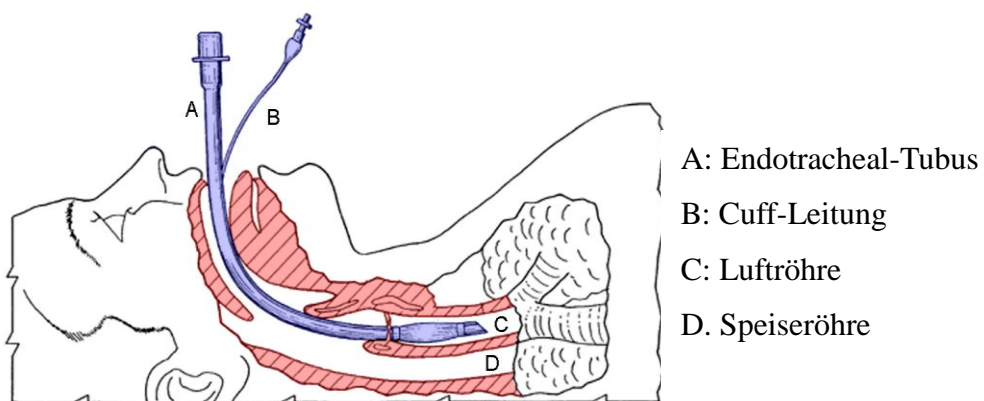


Abbildung 4 Korrekte Lage eines Endotracheal-Tubus

Im Gegensatz hierzu steht die indirekte Laryngoskopie, die das Betrachten der Stimmlippen über einen Spiegel oder eine fiberoptische Kamera beschreibt. Allerdings wird die indirekte Laryngoskopie mittels Spiegels heute nicht mehr zur Intubation genutzt. Videogestützte Systeme wie Bronchoskope oder Videolaryngoskope werden heute im Regelbetrieb der Krankenhäuser und auch zum Teil in der präklinischen Notfallmedizin verwendet. Sie werden angewandt, wenn schwierige anatomische Verhältnisse eine direkte Laryngoskopie erschweren. Durch die stärkere Krümmung des Spatels haben sie den Vorteil, dass nur noch eine geringe bis gar keine Manipulation am Hals und Kopf des Patienten nötig ist. Dadurch können auch Patienten mit Halswirbelsäulen-Verletzungen oder knöchernen Erkrankungen bei geringem Risiko mit einem sicheren Atemweg versorgt werden [Cuchillo and Rodríguez 2005, Turkstra, Craen et al. 2005, Bathory, Frascarolo et al. 2009, Saricicek, Mizrak et al. 2014].



Abbildung 5 Vergleich direkter und indirekter Laryngoskopie

Ein anderer Weg, einen Tubus zu positionieren, ist die nasotracheale Intubation. Hier wird der Tubus durch die Nasenlöcher über den Nasen-Rachen mit oder ohne Hilfe einer direkten oder indirekten Laryngoskopie und einer Intubationszange in die Trachea vorgeschoben. Diese Technik wird meist angewandt, wenn ein Tubus im Mundraum stören würde, etwa bei oralchirurgischen Eingriffen oder aber bei schweren Verletzungen des Gesichtsschädels [Larsen 2006, Jones, Armstrong et al. 2008].

Die heute in der Anästhesie und Notfallmedizin hauptsächlich verwendete Technik ist die orotracheale Intubation mittels direkter Laryngoskopie. Grundsätzlich können alle oben beschriebenen Intubationsformen sowohl am wachen, selbständig atmenden Patienten wie auch am narkotisierten und beatmeten Patienten durchgeführt werden. Bei wachen Patienten muss dabei auf eine ausreichende Betäubung der beteiligten anatomischen Strukturen geachtet werden [Kopman, Wollman et al. 1975, Doyle 2004].

1.5 Vergleich zwischen Videolaryngoskopen

Eine mögliche Alternative zur klassischen und schwer zu erlernenden Intubation mittels direkter Laryngoskopie ist die indirekte Laryngoskopie mittels Videolaryngoskop. Diese Technik stellt laut geltender S1-Leitlinie insbesondere für den unerwartet schwierigen Atemweg die wichtigste Rückfallebene zur direkten Laryngoskopie dar [Piepho, Cavus et al. 2015]. In diesem Marktsegment haben sich vier Hersteller behaupten können.

Tabelle 2 Videolaryngoskope

	Airtraq®	C-MAC®	GlideScope®	McGrath® Series 5	McGrath® Mac
Vertrieb in Deutschland	B + P Beatmungsprodukte GmbH	Karl Storz GmbH	Verathon Medical	The Surgical Company GmbH	The Surgical Company GmbH
Einmalartikel	Ganzes Gerät	Keine	AVL single use: Einmalspatel	Einmalspatel	Einmalspatel
Antibeslag-System	Optik erwärmt	Optik erwärmt	Optik erwärmt	Nein	Antibeslag aufgetragen
Sicht	Über Linsen und Prismen	Videochip mit separatem Monitor am Griff optional PM	Videochip mit separatem Monitor	Videochip mit Monitor am Griff	Videochip mit Monitor am Griff
Tubusführung	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Aufzeichnung am Gerät	Nein	Gerätetypabhängig	Gerätetypabhängig	Nein	Nein
Stromversorgung	Batterie	Akku	Akku	Batterie	Batterie
Kosten	54 €	C-MAC: 4046 €	AVL single use: 8900 €	McGrath® Series 5: 5200 €	McGrath® MAC: 1500 €
		3er MacIntosh-Spatel: 2075 €	Ranger: 8900 €	Einwegspatel: 11 €	Einwegspatel : 5 €
		d-Blade: 2940 €	Einmalspatel: 25 €		
		C-MAC PM: 3153 €			

[Pirlich, Piepho et al. 2012]

Das Airtraq[®]-System der Firma Prodol Meditec (S.A. Guecho, Vizcaya, Spanien) besteht aus zwei Komponenten. Der Spatel mit Führungsschiene und Kanal für die Optik ist als Einmalartikel zu verwenden. Das Okular befindet sich mit Batteriefach am proximalen Ende und die Optik mit Antibeschlagsystem und Beleuchtung



Abbildung 6 Airtraq[®] Prodol Meditec©

am distalen Ende. Die Optik besteht aus mehreren Prismen, Spiegeln und Linsen, welche ein Bild im Okular erzeugen. Der Führungskanal ist an die anatomische Form der Atemwege angepasst. Als ergänzendes Gerät steht ein Kamerasystem zur Verfügung, welches auf dem Okular befestigt werden kann und kabellos an einen Monitor überträgt. Es werden Spatel in sieben unterschiedlichen Größen hergestellt. Diese beinhalten ebenfalls Spatel für die nasotracheale sowie für die Doppellumentubus-Intubation. Bei der Intubation mittels Airtraq[®] wird der Spatel samt dem in den Führungskanal eingelegten Tubus ohne Führungsstab mittig in den Mund des Patienten eingeführt. Beim langsamen Vorschieben des Spatels wird in das Okular geblickt und die Stimmbänder werden mittig eingestellt. Dann wird der Tubus innerhalb des Führungskanals vorgeschoben. Liegt der Tubus zufriedenstellend, wird dieser zur Seite aus dem Führungskanal herausgezogen und der Spatel kann aus dem Mund entfernt werden. Aufgrund der sich deutlich von der klassischen Intubation unterscheidenden Technik sowie der zusätzlichen möglichen Fehlerquellen beim Entfernen des Spatels wurde dieses Gerät nicht für diese Studie ausgewählt [Lange, Frommer et al. 2009].

Das C-Mac[®]-Intubationssystem der Firma Karl Storz (Tuttlingen, Deutschland) besteht aus einem separaten Monitor (7“ Bilddiagonale), einer Griff-Spatel- Kombination, einem Elektro-Modul, welches die Technik für Kamera und Beleuchtung beinhaltet, sowie entsprechenden Kabeln zur Verbindung zwischen Monitor und Griff. Es stehen drei verschiedenen Größen an Macintosh-Spateln zur Verfügung: in den Größen 2- 4 sowie ein Spatel mit einer stärkeren Krümmung, der des GlideScope[®] ähnlich. An der Spitze des jeweiligen Spatels befinden sich das Ende des

Lichtleiters sowie die Kamera. Das Elektro-Modul lässt sich von den Spatel-Griff-Kombinationen trennen, so dass diese separat gereinigt werden können. Als zusätzliches Modul steht ein Aufsteck-Monitor zur Verfügung, der auf dem Ende des Griffes befestigt wird und so den externen Monitor ersetzt. Die Intubation mittels C-Mac[®] ist vergleichbar mit der Macintosh-Intubation und den damit verbundenen Risiken. Der Vorteil besteht in einer besseren Orientierung durch die an der Spatelspitze befindliche Kamera. Cavus et al. haben dieses Gerät bereits mit Erfolg getestet, wobei sich feststellen ließ, dass hier zur optimalen Einstellung des Larynx nach wie vor eine externe Manipulation im Sinne eines BURP-Manövers vonnöten ist [Cavus, Kieckhaefer et al. 2010, Knill 1993].

Das von Matt McGrath entwickelte McGrath[®] Series 5 der Firma Aircraft Medical (Edinburgh, Großbritannien) setzt sich aus drei Bestandteilen zusammen: der Griff mit einem Fach für eine AA-Batterie und dem in zwei Achsen schwenkbaren Bildschirm (1,7“ Bilddiagonale), dem in drei Stufen verstellbaren Edelstahlspatel mit Lichtleiter und Kamera sowie dem auf diesen



Abbildung 8 C-MAC[®] KARL STORZ GmbH ©



Abbildung 7 McGrath[®] Series 5 Aircraft Medical ©

Spatel aufzusetzenden Kunststoffspatel mit einer dem GlideScope® ähnlichen Krümmung. Durch die Verstellbarkeit des Spatels muss das Instrument zum Verändern der Spatellänge nicht demontiert werden. Die Intubation erfolgt analog der des GlideScope®, welche unten im Text beschrieben wird. Ray et al. untersuchten den Erfolg unerfahrener Probanden bei der Intubation eines Phantoms mittels McGrath® Series 5 im Vergleich zum Macintosh-Spatel. Hier wurde festgestellt, dass in der Videolaryngoskopie-Gruppe höhere Intubationserfolge erzielt wurden als in der Vergleichsgruppe [Ray, Billington et al. 2009]. Das zweite von der Firma Aircraft Medical hergestellte Videolaryngoskop, das McGrath® Mac, ist dem Series 5 sehr ähnlich. Sie unterscheiden sich in der Form des Griffs, der Art des innenliegenden Spatels und der Größe des Spatels.

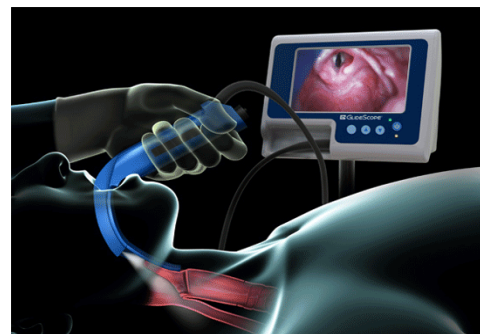
Bei dieser Untersuchung kam das GlideScope® GVL zum Einsatz. Das GlideScope® wurde in Kanada von John A. Pacey und der Firma Saturn Biomedical Systems (Burnaby, BC, Canada) entwickelt. Es handelt sich um ein mobiles Videolaryngoskop mit einem um 60° gebogenen Spatel. In diesen Spatel ist eine High-Resolution-Kamera integriert, mit der man während der Intubation über einen angeschlossenen Monitor eine indirekte Sicht auf die Glottis erhält. Der Vorteil durch den so konzipierten Spatel ist hier der „look around the corner“-Blick auf die Glottis. Diese 60°-Biegung des Spatels stimmt annähernd mit der anatomischen Ausrichtung der oro-pharyngeal-laryngeal-Achse in Neutralposition des Kopfes überein. Für den innerklinischen Gebrauch werden die Varianten AVL und GVL empfohlen, für die präklinische Situation wurde das GlideScope® Ranger entwickelt. Das AVL-System besteht ähnlich wie bei dem McGrath® und dem Airtraq® aus einem technischen Innenleben sowie sechs (0, 1, 2, 2.5, 3, 4) verschiedenen, darauf aufzusetzenden Spateln. Die Monitorgröße beträgt 6,5“.



Abbildung 9 GlideScope® GVL Verathon Inc.©

Das GVL-System ist eine nicht voneinander zu trennende Einheit aus Kamera, Lichtquelle und Spatel. Es existieren vier Spatelgrößen für dieses System (2-5). Die Bildschirmgröße beträgt hier 7“. Zur Intubation mittels Videolaryngoskopie empfehlen Kill et al. folgendes Vorgehen:

- Tubus in der gewohnten Größe mit Führungsstab vorbereiten, dabei Krümmung um 60° im vorderen Drittel
- Monitor in günstiger Sichtposition aufstellen oder halten lassen
- Mit Blick auf den Monitor entlang der Mittelachse der Zunge in die Tiefe gleiten, bis Epiglottis und Kehlkopfeingang sichtbar werden, hier ggfs Druck auf Kehlkopf durch Assistenzperson
- Mit Blick auf den Mund Tubus von rechts in den Mund einführen
- Mit Blick auf den Monitor Tubus in Kehlkopfeingang einführen; je nach Starre des Führungsstabs kann es notwendig sein, gleichzeitig den Führungsstab zurückzuziehen
- Tubus blocken, dessen Lage zusätzlich visuell, auskultatorisch und kapnografisch überprüfen [Kill, Dersch et al. 2012].



**Abbildung 10 Typischer Blick mit
GlideScope® Verathon Inc©**

Das GlideScope® ist auf den notarztbesetzten Einsatzfahrzeugen in Mittelhessen bereits im präklinischen Alltag in Gebrauch.

2 Fragestellung

Die aufgrund der vielfältigen Verletzungsmöglichkeiten schwierig zu erlernende Fähigkeit der sicheren Macintosh-Intubation erfordert ein hohes Maß an Übung und Routine [Stewart, Paris et al. 1984, Bernhard, Mohr et al. 2012]. Bernhard et al. haben in ihrer Untersuchung an 21 Ärzten in Weiterbildung zum Anästhesisten festgestellt, dass eine Erfahrung von nahezu 200 Intubationen nötig ist, um eine Steigerung der Erfolgsrate von 82% auf 92% zu erreichen [Bernhard, Mohr et al. 2012]. Diese Routine durch Übung ist bei präklinischem Personal schwer zu erzielen, da eine Intubation nur in wenigen Einsätzen vonnöten ist [Nolan 2001].

Heutzutage stehen als Rückfallebene in vielen Rettungsdienstbereichen vor allem supraglottische Atemwegshilfen wie der Larynxtubus oder die Larynxmaske zur Verfügung. Trotz allem ist die endotracheale Intubation der Goldstandard der Atemwegssicherung, da kein anderes Hilfsmittel einen vergleichbaren Aspirationsschutz bietet [Wang, Szydlo et al. 2012].

In den Situationen, in denen präklinisch eine Indikation zur Intubation gegeben ist, sollte für den Patienten das geringstmögliche Risiko durch die Maßnahme bestehen. Die Macintosh-Intubation erwies sich in vielen Fällen, bei denen die Maßnahme von ungeübtem Personal durchgeführt wurde, durch unerkannte Fehllage des Tubus als traumatisch oder gar tödlich [Katz and Falk 2001, Timmermann, Russo et al. 2007].

Daher sollte über eine alternative Technik der Platzierung des Endotrachealtubus durch ungeübtes Personal nachgedacht werden. Es stellt sich die Frage, ob die endotracheale Intubation mittels indirekter Laryngoskopie für Personal in der Ausbildung leichter zu erlernen ist, die korrekte Tubusplatzierung mit hinreichender Sicherheit ermöglichen kann und ob sich hierdurch ein erhöhtes Sicherheitsgefühl bei ungeübtem Personal erreichen lässt [You, Park et al. 2009].

Hier haben Kill et al. eine Musterplanung für die Praxis entworfen, die an die gegebenen Bedingungen des jeweiligen Arbeitsplatzes und die personellen Ressourcen Situation anpassbar ist [Kill and Kratz 2010].

Tabelle 3 [Kill and Kratz 2010]

Verfahrensschritt	Methode
Geplantes Verfahren	Konventionelle (direkte Laryngoskopie) endotracheale Intubation unter Analgosedierung
Rückfallebene 1	Videolaryngoskopie
Rückfallebene 2	Koniotomie
Notfallventilationshilfe	Larynxmasken

Die oben aufgeführte Rückfallebene 1 eines unerwartet schwierigen Atemwegs wird von Sakles et al. bestätigt. Sie stellten fest, dass bei einem erfolglosen ersten Versuch der Intubation mittels direkter Laryngoskopie ein zweiter Versuch mittels Videolaryngoskopie in 82% der Fälle erfolgreich war. Im Vergleich hierzu waren 61% der Fälle bei einem zweiten Versuch mittels direkter Laryngoskopie erfolgreich [Sakles, Mosier et al. 2015]. Die oben aufgeführten Verfahrensschritte finden sich außerdem in den aktuell geltenden S1-Leitlinien zur Atemwegssicherung der AWMF [Piepho, Cavus et al. 2015].

In dieser Studie soll gezeigt werden, ob selbst Teilnehmer ohne jegliche Intubationserfahrung in der Lage sein können, mit Hilfe des GlideScopes® die Atemwege schneller, effektiver, weniger traumatisch und mit einem größeren Selbstvertrauen zu sichern als mittels der klassischen Macintosh-Intubation.

3 Methoden

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterium: Als Probanden wurden volljährige Personen ohne Erfahrung in der Atemwegssicherung gewählt. Es musste ein schriftliches Einverständnis zur Teilnahme und zur Erhebung personenbezogener Daten vorliegen.

Ausschlusskriterium: Von der Studie ausgeschlossen wurden Personen mit jedweder praktischen Intubationserfahrung oder die bereits eine Einführung in die Intubation erhalten haben.

3.2 Versuchsaufbau

Das Projekt wurde zuvor der Unabhängigen Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Universität Marburg vorgelegt. Das positive Ethikvotum erfolgte am 31.08.2011 unter der Voraussetzung der strengen Anonymisierung der Probanden in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki. Die Fallzahlbestimmung erfolgte in Abhängigkeit zur logistischen Regression. Nach Hosmer et al. ist eine Stichprobenzahl größer 100 und eine Beobachtungsgröße pro abhängiger Variable größer 25 nötig, um eine signifikante Aussage zu treffen [Hosmer and Lemeshow 2000]. Von einer Gruppe Rettungsassistentenschüler, die keine Erfahrung in der Durchführung einer Intubation besaßen, wurde eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an dem Versuch eingeholt. Die Probanden wurden per Losverfahren randomisiert und der Macintosh- (Kontroll-Gruppe) sowie der GlideScope[®]-Gruppe (Test-Gruppe) zugeteilt. Jeder Gruppe wurden 18 Teilnehmer zugewiesen. Aus Gründen der Vergleichbarkeit war vorgesehen, die Intubationen an baugleichen Airway-Trainern der Firma Laerdal durchzuführen.

Beiden Gruppen wurde nun ein Lehrvideo vorgespielt, in dem die jeweilige Intubationstechnik erklärt wurde.

Außerdem durften sie sich mit den Geräten sowie mit dem Airway-Trainer vertraut machen, ohne diese jedoch zu intubieren oder zu laryngoskopieren. Die gesamte Vorbereitungszeit betrug max. 30 min.

Jeder Teilnehmer absolvierte mit dem jeweiligen Gerät je zehn Versuche am Stück. Das Material zur Intubation wurde vor jedem Versuch von den Versuchsleitern



Abbildung 11 Airway Management Trainer® Laerdal Medical GmbH ©

vorbereitet und kontrolliert, um identische Ausgangsbedingungen zu schaffen.

Es wurde das GlideScope®-GVL sowie ein Macintosh-Spatel der Größe 4 und ein 7-mm-Tubus mit Cuff verwendet. Als Führungsstab kam in der Macintosh-Gruppe ein Mandrin Ch 6, in der GlideScope®-Gruppe der von dem Hersteller empfohlene starre Mandrin GlideRite® zur Anwendung. Das Übungsobjekt war ein Laerdal Airway Management Trainer®. Das Modell verfügt über ein akustisches Signal, das aktiviert wird, sobald die obere Zahnreihe mit zu viel Druck belastet wird. Für jeden Intubationsversuch standen den Probanden 90 Sekunden zur Verfügung.

Als primärer Endpunkt wurde die korrekte tracheale Tubuslage nach Abschluss des Intubationsvorganges festgelegt. Ein Auffüllen des Cuffs mit Luft wurde nicht gefordert. Die Intubationszeit wurde wie folgt definiert: Aufnahme des Laryngoskops bis zum verbalen Stoppzeichen des Probanden.

Als weitere Endpunkte wurden intubationsbezogene und psychosoziale Daten erhoben.

Die intubationsbezogenen Daten definieren sich wie folgt:

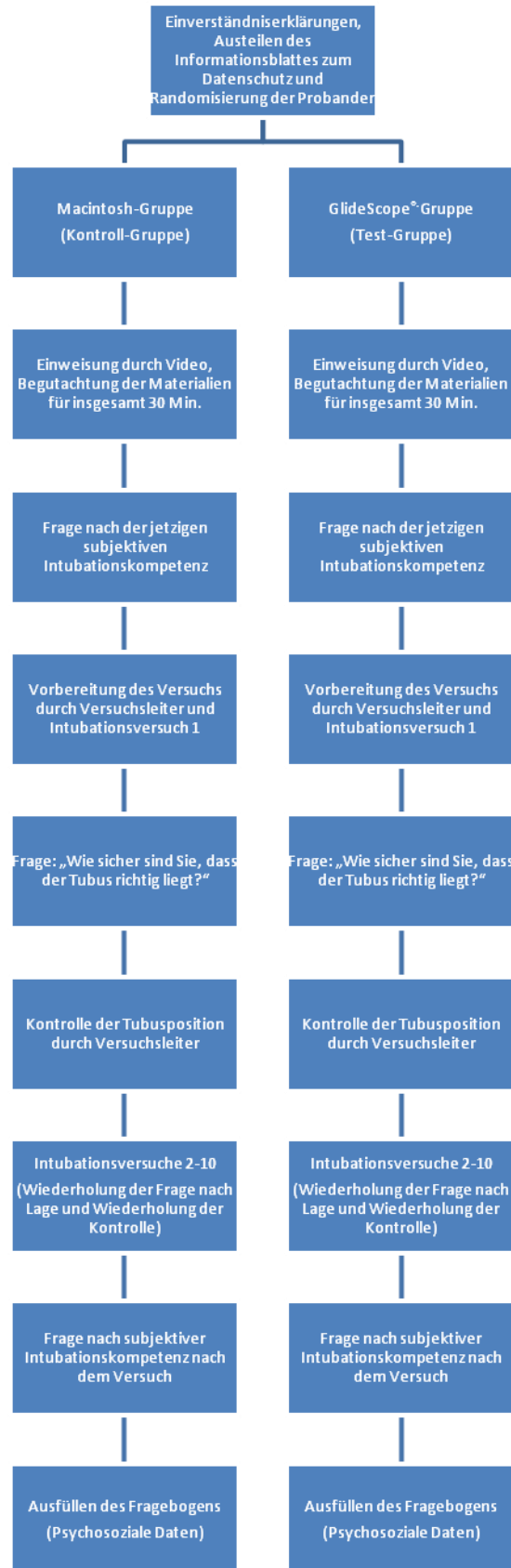
1. Endobronchiale Tubuslage
2. Ösophageale Intubation
3. Intubationsdauer in Sekunden
4. Zahntrauma

Diese Kriterien wurden durch den Testleiter nach jeder Intubation mittels Laryngoskopie und Ventilation der Puppe überprüft.

Zusätzlich zu oben genannten intubationsbezogenen Endpunkten wurden folgende psychosozialen Daten erfasst:

- Die Einschätzung der der korrekten **Tubuslage** durch eine standardisierte Frage nach jedem Intubationsversuch (1 = liegt sicher falsch; 10 = liegt sicher richtig).
- Die subjektive **Intubationskompetenz** vor und nach 10 Versuchen (1 = sehr unsicher; 10 = sehr sicher).
- Geschlecht
- Alter
- Häufigkeit des Umgangs mit **Videospielen** (1 = sehr wenig; 10 = sehr viel)
- Der subjektive Nutzen des **Lehrvideos** (1 = nicht hilfreich; 10 = sehr hilfreich)
- Der subjektive Grad handwerklicher **Geschicklichkeit** (1 = äußerst niedrig; 10 = sehr hoch)
- Die subjektive Tendenz zu **Vorsicht** im allgemeinen Handeln (1 = sehr vorsichtig; 10 = draufgängerisch/unvorsichtig)

3.2.1 Versuchsdurchführung



3.3 Statistische Auswertung

Zur statistischen Auswertung des primären Endpunktes wurde die binäre logistische Regression gewählt. Hier wurde getestet, ob nur die Wahl der Methode (Macintosh/GlideScope[®]) oder auch das Lehrvideo und die psychosozialen Faktoren einen Einfluss auf das Intubationsergebnis hatten. Die abhängige Variable war in diesem Fall die erfolgreiche Intubation. Die unabhängigen Variablen waren:

- Art des Gerätes (Macintosh; GlideScope[®])
- „Als wie hilfreich empfanden Sie das Lehrvideo?“ (1 = nicht hilfreich; 10 = sehr hilfreich)
- „Halten Sie sich für einen vorsichtigen Menschen?“ (1 = sehr vorsichtig; 10 = draufgängerisch/unvorsichtig)
- „Haben Sie in den letzten 5 Jahren Videospiele gespielt?“ (1 = sehr wenig; 10 = sehr viel)
- „Halten Sie sich für einen handwerklich geschickten Menschen?“ (1 = trifft überhaupt nicht zu; 10 = trifft voll zu)

Die Wahl der statistischen Mittel erfolgte in freundlicher Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie (IMBE) der Universität Marburg. Die Berechnungen wurden mithilfe von SPSS 21.0 (© IBM) durchgeführt. Die Grafiken wurden mit Excel 2010 (© Microsoft) erstellt.

Von einem signifikanten Ergebnis wird bei einem Wert $p \leq 0,05$ gesprochen.

Zum Nachweis, dass kein signifikanter Unterschied des Alters und der Geschlechtsverteilung der Probanden vorliegt, wurde ein zweiseitiger T-Test verwendet. Die psychosozialen Daten wurden durch einen Fragebogen, welcher im Anhang zu finden ist, erhoben.

Die Überprüfung dieser Faktoren wurde durch nicht-parametrische Tests vorgenommen. Um Verbindungen zwischen den Gruppen zu erkennen, wurde der Mann-Whitney-U-Test für nicht verbundene Stichproben verwendet. Für die Untersuchung innerhalb der Gruppen wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben genutzt [Siegel 1985].

Die verschiedenen intubationsbezogenen Daten (Zahntrauma, ösophageale Intubation, falsche Tiefe) wurden auf einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen mittels Chi-Quadrat-Test untersucht.

4 Ergebnisse

4.1 Probandenkollektiv

Es wurden 36 Probanden in die Studie eingeschlossen. Alle Probanden befanden sich in der Ausbildung zum Rettungsassistenten und haben bis zum Zeitpunkt des Versuches noch nicht an dem Unterrichtsabschnitt Atemwegsmanagement teilgenommen. Die Alters- und Geschlechterverteilung ist in Abbildung 12 dargestellt. Innerhalb der Gruppen betrug die Geschlechterverteilung (männlich/weiblich) 1 zu 1 in der Testgruppe (GlideScope®), in der Kontrollgruppe (Macintosh) 1 zu 1,6. Die Altersverteilung unterschied sich im Mittelwert um 0,72 Jahre. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen konnte weder für die Geschlechterverteilung noch für die Altersverteilung festgestellt werden (siehe Tabelle 4).

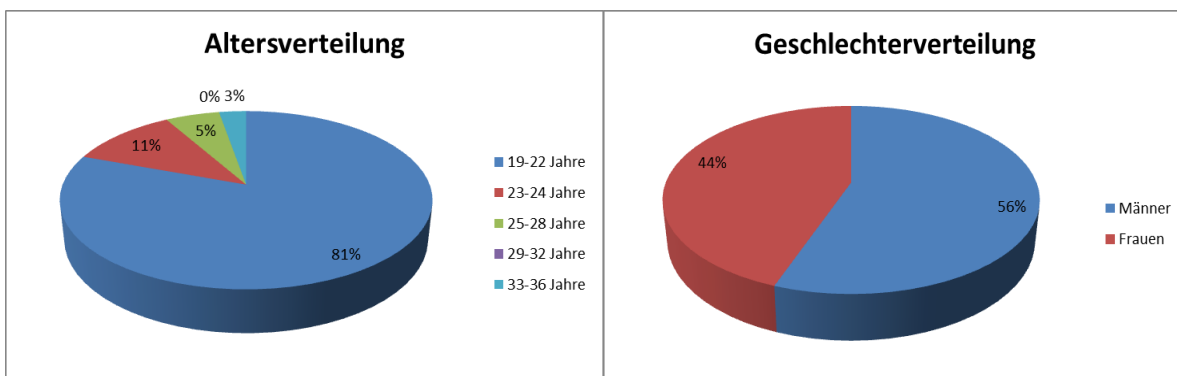


Abbildung 12 Alters- und Geschlechterverteilung

Tabelle 4 Demographische Charakteristika des Probandenkollektivs

Parameter	Macintosh	GlideScope®	Zweiseitiger T-Test (p-Wert)
Gruppe	18	18	
Geschlecht (m/w)	11/7	9/9	0,609043395
Alter mittel ± SD/Bereich	22±3/(20-33)	21±2/(19-28)	0,678150151

4.2 Intubationserfolg

4.2.1 Intubationsmethode (Macintosh vs Glidescope®)

Zunächst wurde die Gesamtheit aller durchgeführten Intubationsversuche mittels logistischer Regression statistisch untersucht. Hier konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Wahl der Methode (Macintosh vs Glidescope®) den Intubationserfolg statistisch signifikant zugunsten des Glidescope® erhöht (Tabelle 5). Als erfolgreich wurden hier diejenigen Intubationsversuche gewertet, bei denen der Tubus innerhalb der geforderten Zeit ohne Zahntrauma korrekt tracheal platziert werden konnte (Abbildung 13).

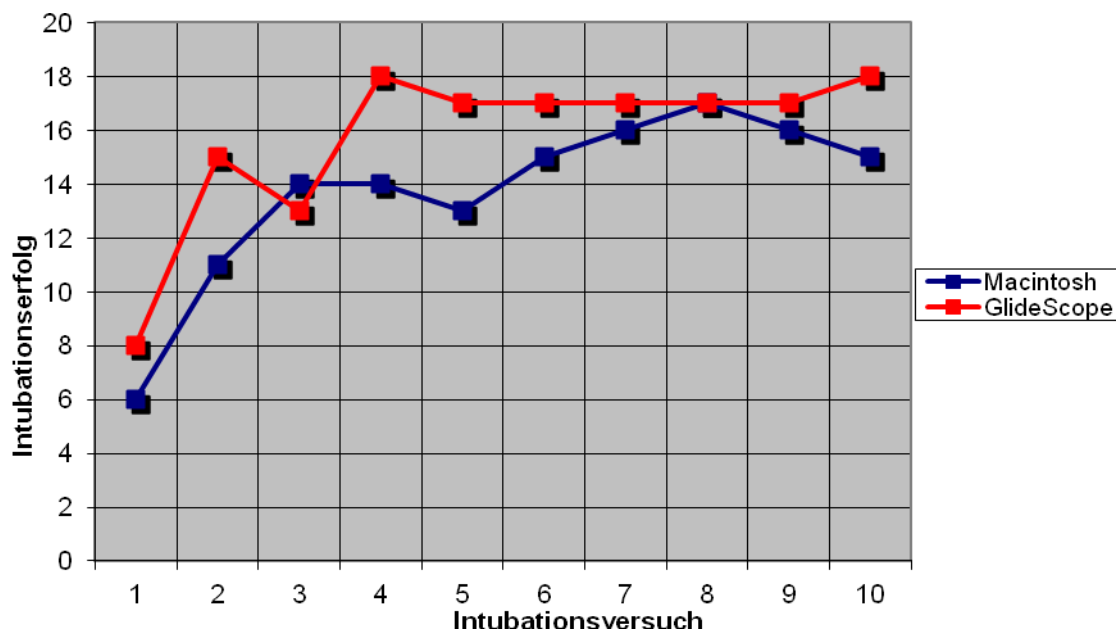


Abbildung 13 Intubationserfolg Tubus tracheal, atraumatisch

Die statistische Analyse mittels logistischer Regression hinsichtlich der Faktoren Lehrvideo, Vorsichtsempfinden des Probanden, Häufigkeit des Videospiegels sowie subjektives Geschicklichkeitsgefühl konnte keinen signifikanten Einfluss dieser Parameter auf den Intubationserfolg nachweisen (Tabelle 5).

Tabelle 5 Erfolg Log. Regression (Lehrvideo, Vorsichtsempfinden, Videospiele, Geschick)

	Regressionskoeffizient	Standardfehler	Signifikanz (P-Wert)
Macintosh/GlideScope®	1,752	0,482	0,001
Lehrvideo	-0,08	0,124	0,519
Vorsichtsempfinden	-0,01	0,115	0,929
Videospiel	-0,009	0,019	0,89
Geschick	0,163	0,094	0,083

4.2.2 Fehlintubation

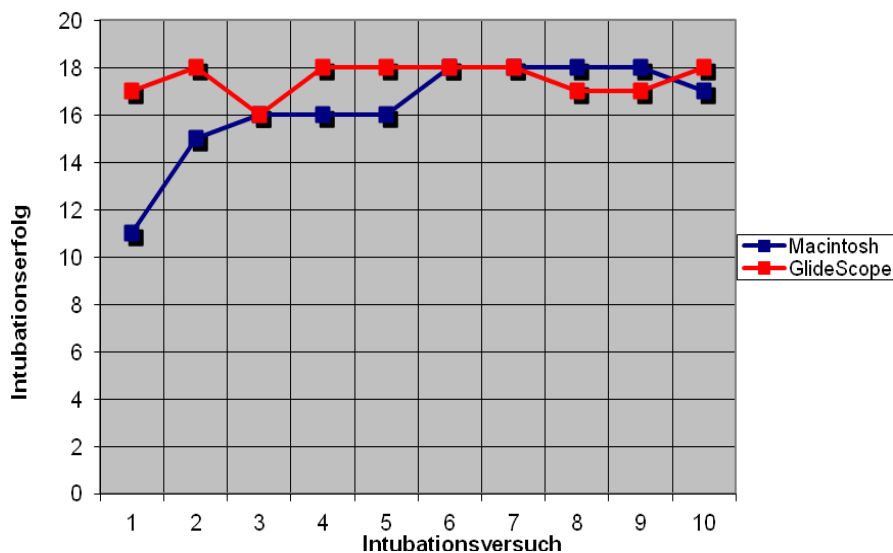
Eine weitere statistische Signifikanz zeigte sich in der Inzidenz der ösophagealen Intubation (Tabelle 6): Diese war in der GS-Gruppe nicht zu verzeichnen, in der Mac-Gruppe dagegen in 9,4% der Versuche.

Tabelle 6 Gründe der Fehlintubation

	Macintosh	GlideScope®	Chi ² -Test (p-Wert)
Zahntrauma	37/180	31/180	0,77
Ösophagus	17/180	0/180	<0,001
Tiefe	26/180	5/180	0,038
Zeit	0/180	4/180	<0,001

Die statistische Untersuchung der in Tabelle 6 genannten Zielparmeter erfolgte mittels Chi-Quadrat-Test. Hier ergab sich wie oben genannt für die ösophageale Intubation, die falsche Tubustiefe und die Überschreitung der 90s-Grenze ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen, nicht jedoch für das Kriterium des Zahntraumas. Bei dem Charakteristikum „Tiefe“ wurde sowohl eine nicht ausreichende Tiefe (Cuff oberhalb oder auf Höhe der Plica vocalis) als auch die endobronchiale Intubation eingeschlossen (vgl. Abbildung 14).

Abbildung 14 Tubus tracheal oder endobronchial, mit Zahntrauma



4.2.3 Lernkurve

Für eine detaillierte Betrachtung der Lernkurven in beiden Versuchsgruppen wurden nun die Versuche 1-3, 4-7 und 8-10 jeder Versuchsreihe gruppiert statistisch untersucht. Zielkriterium hierbei war die korrekte tracheale Tubuslage mit und ohne Inkaufnahme eines Zahntraumas während der Intubation (Ergebnisse in Tabelle 7).

Abbildung 15 illustriert diese Analyse:

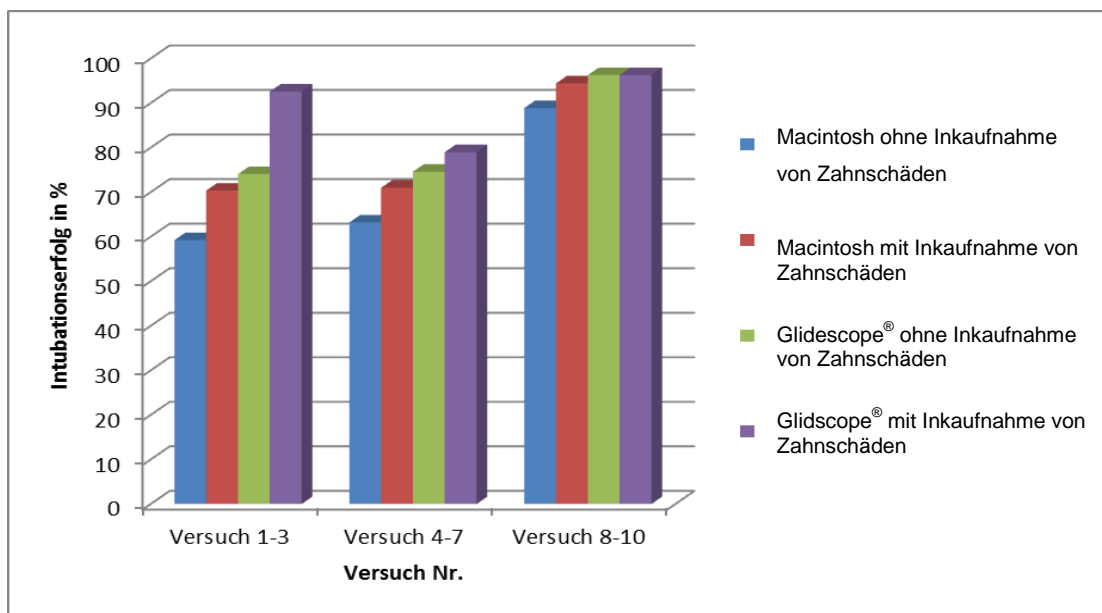


Abbildung 15 Relativer Intubationserfolg

Die statistische Untersuchung zwischen den Gruppen (Macintosh vs. Glidescope®) wurde mittels Mann-Whitney-U-Test durchgeführt, die Auswertung innerhalb der Versuchsgruppen mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. Im Vergleich zwischen den Versuchsgruppen zeigte sich bereits in den ersten drei Intubationsversuchen unter Inkaufnahme eines Zahntraumas ein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten der Glidescope®-Intubation.

Die gruppeninterne Auswertung, d.h. die Analyse der ersten und letzten drei Versuche innerhalb einer Versuchsgruppe, ergab ohne die Inkaufnahme von Zahnschäden sowohl für die Test- wie auch für die Vergleichsgruppe eine statistisch signifikante Lernkurve.

Wurden Zahnschäden inkaufgenommen, war dies lediglich für die Macintosh-Gruppe zu beobachten.

Tabelle 7 Intubationserfolg mit und ohne Berücksichtigung des Zahntraumas

Erfolgreiche Versuche/Relativ	Macintosh	GlideScope®	Mann-Whitney-U-Test (p-Wert)
Versuch 1-3 ohne Inkaufnahme eines Zahntraumas	32/59%	35/64%	0,554
Versuch 8-10 ohne Inkaufnahme eines Zahntraumas	48/89%	52/96%	0,144
Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (p-Wert)	<0,001	<0,001	
Versuch 1-3 mit Inkaufnahme eines Zahntraumas	38/70%	50/92%	0,003
Versuch 8-10 mit Inkaufnahme eines Zahntraumas	51/94%	52/96%	0,649
Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (p-Wert)	0,002	0,414	

4.3 Intubationszeiten

Bei jedem der pro Proband 10 Intubationsversuche wurde mittels einer Stoppuhr die Zeit gemessen, die der jeweilige Proband benötigte. Der Verlauf der Mittelwerte der Intubationszeiten pro Versuch wird in Abbildung 16 dargestellt.

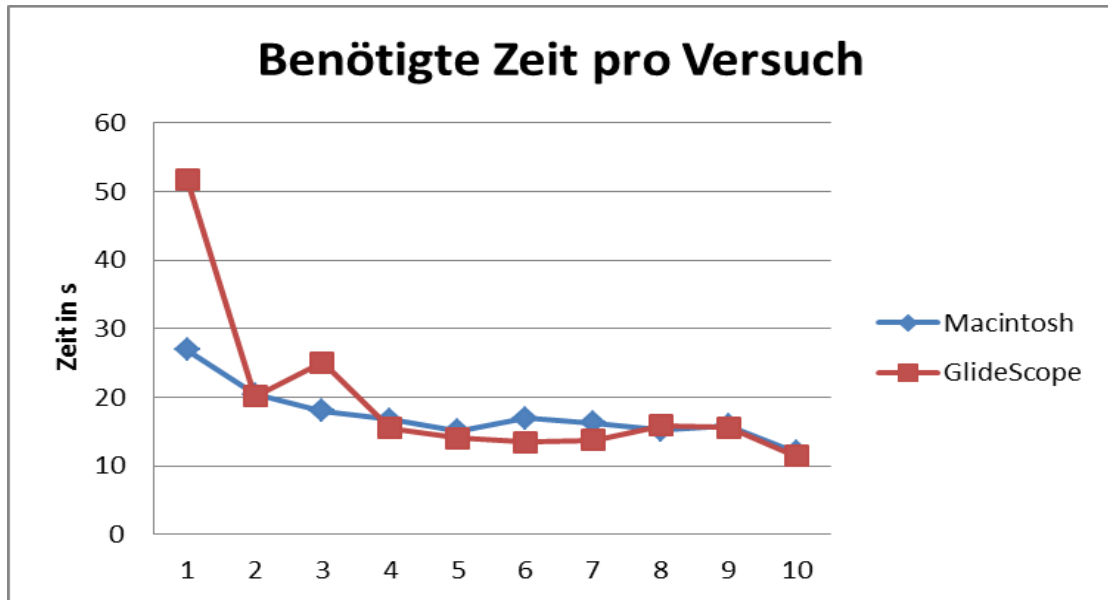


Abbildung 16 Benötigte Zeit pro Versuch im Mittel

In Abbildung 17 (Seite 41) werden die Intubationszeiten der Vergleichsgruppe und der Testgruppe im Vergleich mittels Boxplot dargestellt.

Die Analyse der Intubationszeiten mittels Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test verbundener Stichproben ergab folgende Ergebnisse (Tabelle 8):

Im Vergleich der Mittelwerte der ersten drei Versuche mit den Mittelwerten der letzten drei Versuche der jeweiligen Gruppe ergab sich ein signifikanter Unterschied der Zeiten innerhalb der Gruppen, jedoch kein Unterschied im Gruppenvergleich.

Tabelle 8 Intubationszeiten

Gruppe	Versuch 1-3 Median 25./75.Perzentile [s]	Versuch 8-10 Median 25./75.Perzentile [s]	Wilcoxon- Vorzeichen-Rang- Test(p-Wert)
Macintosh	17 13/ 28	10 9/13	0,006
GlideScope®	20 13/39	9 6/14	0,001
Mann-Whitney-U- Test (p-Wert)	0,174	0,177	

Tabelle 9 zeigt die Intubationszeiten in Bezug auf die erfolgreichen bzw. nicht erfolgreichen Versuche. Signifikante Unterschiede werden sowohl bei dem Vergleich der Misserfolge zwischen den getesteten Gruppen beobachtet, wie auch im gruppeninternen Vergleich der GlideScope®-Probanden.

Tabelle 9 Zeiten nach Erfolg und Misserfolg

Gruppe	Erfolgreiche Versuche Median 25./75.Perzentile [s]	Misserfolge Median 25./75.Perzentile [s]	Wilcoxon- Vorzeichen-Rang- Test (p-Wert)
Macintosh	12 9/15	23 14,35/31,7	0,990
GlideScope®	11,5 8/17,25	64 19,25/85,5	0,046
Mann-Whitney-U- Test (p-Wert)	0,484	0,001	

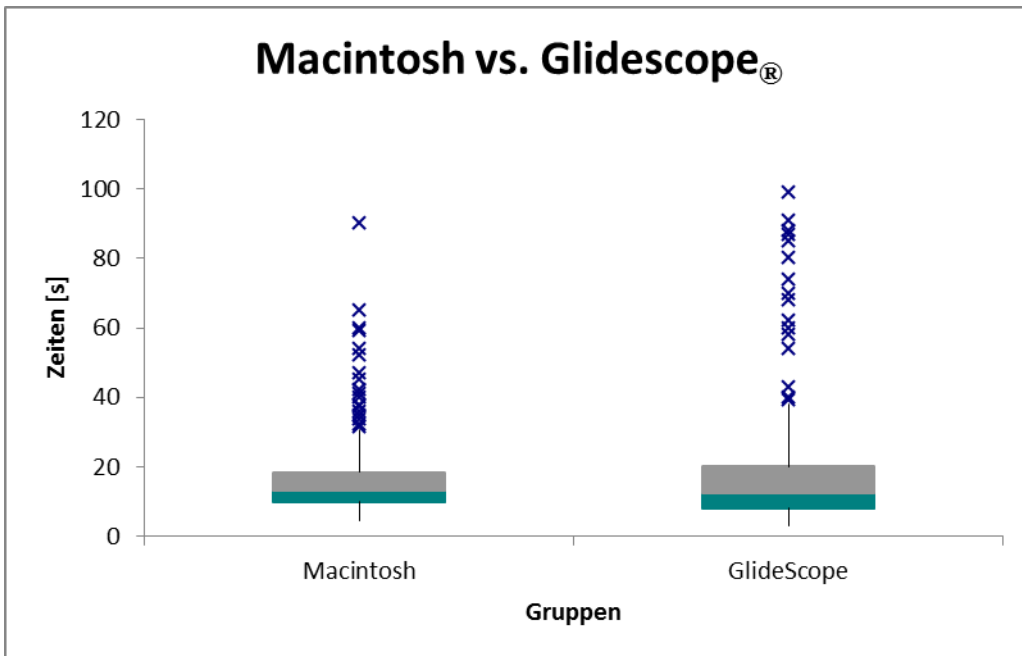


Abbildung 17 Macintosh- und Glidescope®-Zeiten im Vergleich

4.4 Psychosoziale Faktoren

Die psychosozialen Eigenschaften der Probanden (Geschicklichkeitsempfinden [Geschick], Tendenz zur Vorsicht [Vorsicht], Nutzen des Lehrvideos [Lehrvideo], Häufigkeit des Videospieles [Videospiele]) sind in Tabelle 10 dargestellt. Diese wurden mittels eines Fragebogens nach Abschluss der Versuchsreihe erhoben. Die Antwort auf die Fragen sind ordinal skaliert (1 = min.; 10 = max.). Signifikante Unterschiede der untersuchten Persönlichkeitseigenschaften zwischen den Versuchsgruppen konnten nach Analyse mittels Mann-Whitney-U-Test für nicht-verbundene Stichproben nicht festgestellt werden.

Tabelle 10 Psychosoziale Daten

Parameter	Macintosh	GlideScope®	Mann-Whitney-U-Test (p-Wert)
Geschick	8	7	0,11
Median 25./75.Perzentile	6,25/9	5,25/7	
Vorsicht	5	5,5	0,66
Median 25./75.Perzentile	4/6	5/7	
Lehrvideo	7	8	0,47
Median 25./75.Perzentile	6/8	6/9	
Videospiel	4	2,5	0,18
Median 25./75.Perzentile	1,25/7,5	1/5	

Nach jeder Intubation wurden die Probanden befragt, wie sicher sie sich seien, dass der Tubus korrekt platziert wurde. Nach den statistischen Tests ergab sich zwischen den Versuchsgruppen ein signifikanter Unterschied für diesen Parameter zugunsten der Glidescope®-Gruppe (Tabelle 11). Es zeigte sich jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen der subjektiv korrekten Tubuslage und dem tatsächlichen Intubationserfolg.

Tabelle 11 Einschätzung der korrekten Tubuslage

	Macintosh	GlideScope®	Mann-Whitney-U-Test (p-Wert)
Sicherheit	8	10	<0,001
Median	5/9	9/10	
25./75.Perzentile			
Erfolg (pro Proband)	8	9	0,003
Median	7/9	8/9,75	
25./75.Perzentile			
Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test Test (p-Wert)	0,397	0,413	

Die Ergebnisse der vor und nach der Versuchsreihe gestellten Frage nach dem Sicherheitsgefühl bei der Intubation sind in Tabelle 12 als subjektive Intubationskompetenz dargestellt und in Abbildung 18 grafisch aufgearbeitet. Hier zeigte sich für beide Versuchsgruppen ein signifikanter Zuwachs an subjektiver Intubationskompetenz im zeitlichen Verlauf. Die statistische Analyse erfolgte hier mittels des nicht-parametrischen Tests für verbundene Stichproben. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Macintosh/GlideScope®) sowohl vor als auch nach der Versuchsreihe wurde mittels des U-Tests ausgeschlossen.

Tabelle 12 Subjektive Intubationskompetenz

Methoden	Vor Versuch	Nach Versuch	Wilcoxon- Vorzeichen- Rang-Test Test (p-Wert)
Macintosh	2,5	7,5	0,000089
Median 25./75.Perzentile	2/3,75	7/8	
GlideScope®	3	9	0,000096
Median 25./75.Perzentile	2/3,75	7/9	
Mann-Whitney- U-Test (p-Wert)	0,52	0,06	

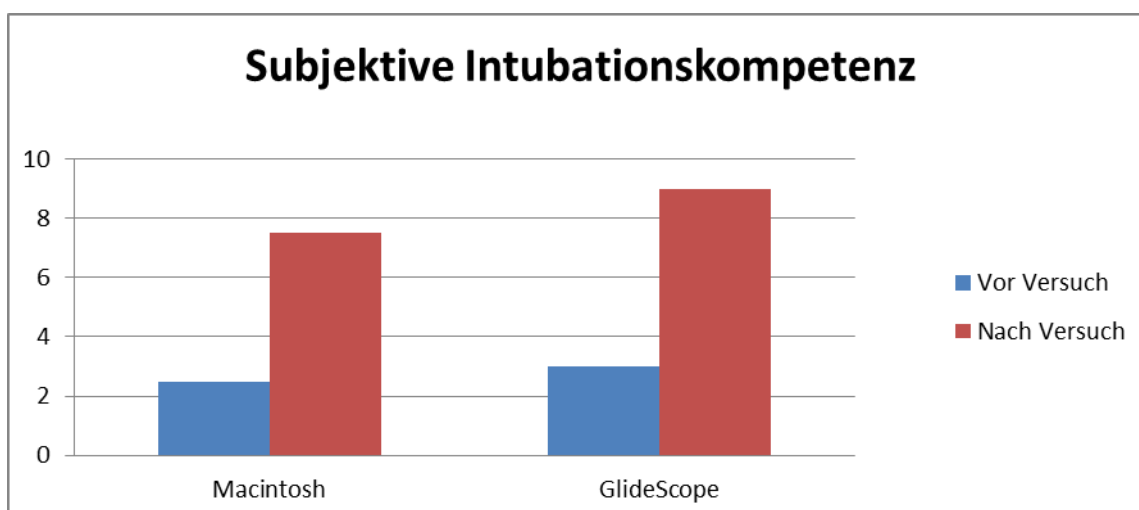


Abbildung 18 Subjektive Intubationskompetenz

5 Diskussion

5.1 Bewertung der Ergebnisse

Diese Arbeit untersucht, ob die Videolaryngoskopie mittels GlideScope® eine höhere objektive und subjektive Intubationssicherheit bei ungeübten Personen bietet als die klassische Macintosh-Intubation. Hierbei wurden auch psychosoziale Faktoren beachtet, welche sich möglicherweise auf ein Intubationsergebnis auswirken können.

Es wurde festgestellt, dass in der objektiven Sicherheit (gemessen an dem Intubationserfolg) ein signifikanter Vorteil für die Testgruppe (GlideScope®) besteht (siehe Tabelle 5). In der subjektiven Intubationskompetenz (in dem Fragebogen nach dem Training erhoben) fand sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Es konnte gezeigt werden, dass das Auftreten der lebensbedrohlichen Komplikation einer ösophagealen Intubation in der Testgruppe signifikant geringer war als in der Kontrollgruppe.

5.1.1 Intubationserfolg

Der Intubationserfolg wurde mit und ohne Berücksichtigung des Zahntraumas untersucht. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere während der ersten drei Versuche und unter Inkaufnahme eines Zahntraumas die Gruppe des GlideScopes® einen signifikant höheren Intubationserfolg im Vergleich zur Macintosh-Gruppe vorweisen konnte (Tabelle 7). Da bei nichtärztlichem Rettungsfachpersonal davon ausgegangen werden muss, dass in dem überwiegenden Teil der Fälle keine ausreichende Übung der endotrachealen Intubation vorliegt, kann angenommen werden, dass die ersten drei Intubationen während dieses Versuches am ehesten die Realität im rettungsdienstlichen Alltag widerspiegeln. Bei den letzten drei Versuchen besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen, weder mit noch ohne Berücksichtigung des Zahntraumas. Die Lernkurve der GlideScope®-Gruppe verläuft auf hohem Niveau, allerdings ohne statistisch relevante Veränderung.

Die Kurve der Macintosh-Gruppe hingegen zeigt einen signifikanten Erfolgszuwachs, sowohl mit wie auch ohne Berücksichtigung eines Zahntraumas. Hieraus lässt sich schließen, dass die klassische Intubation lediglich nach einiger Übung einen ähnlich hohen Sicherheitsgrad erreicht wie die Intubation mittels des GlideScopes®.

Durch die logistische Regressionsanalyse wurde der Einfluss des zur Vorbereitung gezeigten Lehrvideos, des eigenen Geschicklichkeitsempfindens, des Vorsichtsempfindens und der Häufigkeit des Videospieldkonsums auf den Erfolg der Intubation untersucht (Tabelle 5). Das Lehrvideo zur jeweiligen Intubationsmethode wäre bei einem signifikanten Einfluss auf den Intubationserfolg als systemischer Störfaktor zu werten gewesen – es zeigte sich hier jedoch kein Zusammenhang zwischen Vorbereitungsvideo und späterer Tubuslage.

Das persönliche Vorsichtsempfinden, die Häufigkeit des Videospieldkonsums sowie das eigene Geschicklichkeitsempfinden wären bei signifikanten Werten ebenfalls als Bias in der Analyse des Zielkriteriums Intubationsmethode in Frage gekommen. Es konnte allerdings auch hier gezeigt werden, dass keiner dieser Faktoren einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Intubationserfolg hatte. Daraus ergibt sich, dass unabhängig von den erfassten Persönlichkeitsmerkmalen auf Seiten der Probanden der Intubationserfolg tatsächlich von der Wahl der Methode abhing.

5.1.2 Intubationszeiten

Die für die Intubation benötigte Zeit wurde bei jeder Intubation durch den Versuchsleiter gemessen. Hierbei spielte der Erfolg der Intubation keine Rolle. Wie in Abbildung 16 dargestellt, verlaufen die Intubationszeiten für beide Versuchsgruppen weitgehend parallel. Analysiert man die Zeiten ohne Berücksichtigung des Erfolges, lässt sich feststellen, dass sowohl in der Test- wie auch in der Vergleichsgruppe die Intubationszeit zwischen den ersten und den letzten drei Versuchen signifikant abnimmt. Ein Unterschied zwischen den Versuchsgruppen besteht nach einer Analyse unter diesen Gesichtspunkten nicht (Tabelle 8, Seite 40).

Nach diesen Ergebnissen kann man davon ausgehen, dass bei gleichbleibenden Voraussetzungen bei beiden Techniken nach einer kurzen Übungsphase ein Fortschritt in Bezug auf die Geschwindigkeit der Intubation erzielt werden kann. Lim et al. Haben in ihrer Versuchsreihe jedoch zeigen können, dass bei steigendem Schwierigkeitsgrad der Intubation ein Intubationszeitunterschied zugunsten der GlideScope®-Gruppe entsteht [Lim, Lim et al. 2004]. Vergleicht man die Zeiten aller erfolgreichen und aller nicht erfolgreichen Intubationen in Bezug auf ihre Gruppe (Tabelle 9), fällt auf, dass eine signifikant längere Intubationszeit der GlideScope®-Gruppe mit einem negativen Intubationsausgang verbunden ist. Vergleicht man in der Macintosh-Gruppe die Zeiten zwischen Erfolg und Misserfolg, so lässt sich kein statistisch signifikanter Unterschied feststellen. In beiden Gruppen wurde eine erfolgreiche Intubation ähnlich schnell durchgeführt bei allerdings signifikant höherem Intubationserfolg in der GlideScope®-Gruppe. Hussmann et al. stellten bei einer Analyse von 600 mittelschwer traumatisierten Patienten fest, dass die Dauer bis zum Eintreffen in eine Klinik durch eine Intubation signifikant verlängert wird. Desweiteren wurde festgestellt, dass bei diesen Patienten ein erhöhtes Auftreten von septischen Reaktionen sowie Multiorganversagen in der Folge zu beobachten war [Hussmann, Lefering et al. 2011]. Betrachtet man diese Daten, stellt eine Zunahme der Intubationsgeschwindigkeit und damit ein schnellerer Transport in die Klinik ein Qualitätsmerkmal und eine Verbesserung der Patientenversorgung im präklinischen Bereich dar. Das Nutzen der Videolaryngoskopie mittels GlideScope® hat unter den vorliegenden Versuchsbedingungen ermöglicht, eine höhere Patientenzahl ohne Zeitverlust korrekt zu intubieren als mittels Macintosh-Intubation, was zumindest die Annahme rechtfertigt, auch unter Realbedingungen diese Verbesserung erreichen zu können.

5.1.3 Gründe der Fehlintubation

Die möglichen Gründe für eine Fehlintubation – Zahntrauma, ösophageale Intubation, Intubationstiefe, Zeitüberschreitung – sind in Tabelle 6 mit der jeweiligen Häufigkeit ihres Auftretens während des Versuchs dargestellt. Betrachtet man die statistisch signifikanten Unterschiede beim Auftreten der Fehlintubationen, so fällt auf, dass bei der einzigen bei Nichterkennen potentiell lebensbedrohlichen Komplikation, der ösophagealen Intubation, ein klarer Unterschied zugunsten der Testgruppe besteht. Ein anderer signifikanter Unterschied besteht bei dem Überschreiten der Intubationsdauer. Hier zeigt sich die klassische Macintosh-Technik überlegen. Die möglichen Gründe hierfür sind in der indirekten Laryngoskopie zu suchen. Der stärker gekrümmte Spatel sowie das Betrachten des Monitors, ohne die den Spatel führende Hand zu sehen, erfordert ein erhöhtes Maß an Hand-Auge-Koordination gegenüber der klassischen Intubation mittels Macintosh-Spatel. Vergleicht man nun die Ergebnisse der Testgruppe in den Tabellen der Erfolgszahlen der ersten drei und letzten drei Versuche ohne Inkaufnahme des Zahntraumas (Tabelle 7) mit den Intubationszeiten der Testgruppe in Tabelle 8, so ist davon auszugehen, dass ein geringe Anzahl an Übungsversuchen die Handhabung des GlideScopes® schnell verbessert.

Zahntrauma und Intubationstiefe als Ursachen für eine Fehlintubation zeigten keinen statistisch relevanten Unterschied zwischen den Versuchsgruppen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich hier das Risiko für eine Fehlintubation vergleichbar verhält. Allerdings fällt dabei auf, dass sich bei dem Parameter Intubationstiefe ein deutlicher, wenn auch nicht signifikanter Unterschied zugunsten der Testgruppe zeigt.

5.2 Diskussion der Ergebnisse im Kontext der Literatur

Der Vergleich zwischen Laryngoskopen und im Besonderen zwischen GlideScope® und Macintosh ist in der Literatur bereits von vielen Seiten beleuchtet worden. Es entwickelten sich im Laufe der Zeit Schwerpunkte in der Untersuchung des GlideScope® bzw. der Videolaryngoskopie im Allgemeinen [Cooper, Pacey et al. 2005].

- Vorteil bei schwierigem Atemweg bei Erwachsenen und Kindern [Cooper 2003, Armstrong, John et al. 2010, Breckwoldt, Klemstein et al. 2011]
- Intubation während einer laufenden Reanimation [Kill, Dersch et al. 2012, Park, Baek et al. 2013, Astin and Cook 2015, Lee, Han et al. 2015, Park, Kim et al. 2015]
- Intubation bei HWS-Immobilisation [Agrò, Barzoi et al. 2003, Cuchillo and Rodríguez 2005, Bathory, Frascarolo et al. 2009, Kill, Risse et al. 2013]
- Training mittels Videolaryngoskopie [Berg, Beamis et al. 2009, Berg, Vincent et al. 2009, Nouruzi-Sedeh, Schumann et al. 2009, Sakles, Mosier et al. 2014]
- Prähospitales Atemwegsmanagement [Lim and Goh 2009, Wayne and McDonnell 2010, Fu-Shan Xue 2011]

In der hier durchgeführten Studie ist der Schwerpunkt auf ungeübte Probanden gelegt worden.

Das Kollektiv der Probanden wurde aus dem Ausbildungsbereich der prähospitalen Notfallversorgung bezogen. Dieses spezielle Umfeld ist besonders interessant, da hier das ärztliche wie das nicht-ärztliche Personal häufig wenig Erfahrung mit der Sicherung der Atemwege mittels Intubation besitzt und hierdurch eine potentielle Gefährdung der Patienten entsteht [Timmermann, Russo et al. 2007, Deakin, Clarke et al. 2010]. Die für den präklinischen Einsatz entwickelten Modelle des GlideScopes® sind durch ihre Größe und Robustheit dementsprechend gut geeignet, in den präklinischen Alltag integriert zu werden [Lim and Goh 2009]. Sie erleichtern die Intubation insbesondere in Situationen wie dem Szenario der eingeklemmten Person, in denen eine direkte Laryngoskopie nicht möglich wäre [Nakstad and Sandberg 2009].

Das Erlernen der klassischen Intubation ist eine zeitaufwendige und personalintensive Unterrichtseinheit mit zweifelhaftem Erfolg [Deakin, Clarke et al. 2010, Bernhard, Mohr et al. 2012]. Um die klassische Intubation sicher zu erlernen, bedarf es nicht nur einer 1-zu-1-Anleitung während der ersten Intubationen, sondern auch regelmäßiger Übung, um die Fähigkeit nicht zu verlieren. Insbesondere Situationen schwieriger Atemwege verlangen auch erfahrenen Anästhesisten häufig ein hohes Maß an Geschicklichkeit ab. Es wäre dementsprechend wünschenswert, dass Personal, welches ohnehin an einem Mangel an Erfahrung leidet, die bestmöglichen Voraussetzungen zum Etablieren eines sicheren Atemwegs zur Verfügung gestellt wird.

In der Literatur wurde häufig auf den Nutzen des GlideScopes[®] hingewiesen [Cooper 2003, Benjamin, Boon et al. 2006, Rope, Loughnan et al. 2008, Fu-Shan Xue 2011]. Lim et al. haben Medizinstudenten mit schwierigen Atemwegen konfrontiert und sie selbst wählen lassen, ob sie mittels klassischen Macintosh-Spatels oder mit Hilfe des GlideScopes[®] intubieren. Es zeigte sich, dass die Intubationszeiten mittels GlideScope[®] deutlich kürzer ausfielen und der Intubationserfolg deutlich höher war als bei der Macintosh-Intubation [Lim, Lim et al. 2004]. Ähnliches haben Narang et al. mit Ärzten in Weiterbildung getestet, indem sie diese an einem Simulator mit drei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden mit je einem Gerät intubieren ließen. Die Studie verdeutlichte, dass sich für das geübte Personal bei einem „einfachen“ Atemweg die Macintosh-Intubation überlegen zeigte. Bei der Intubation des schwierigen Atemwegs (simuliertes Zungenödem) erwies sich das GlideScope[®] hingegen als sichereres Instrument [Narang, Oldeg et al. 2009]. Sakles et al. untersuchten Ärzte in einer Notaufnahme über einen Zeitraum von 7 Jahren. Sie konnten zeigen, dass die Fähigkeit der erfolgreichen Intubation beim ersten Versuch der Intubation sich lediglich bei Nutzung des Videolaryngoskops verbesserte. Eine Verbesserung der erfolgreichen Intubationen im ersten Versuch mittels direkter Laryngoskopie war hingegen nicht zu beobachten [Sakles, Mosier et al. 2014]. Verlagert man den Schauplatz des Trainings aus dem Simulator und dem OP, in dem lediglich Phantome beziehungsweise in der Regel elektive, nüchterne Patienten zu behandeln sind, in den Alltag der Notfallversorgung, in dem immer von einem schwierigen Atemweg und Nichtnüchternheit ausgegangen werden muss, so erkennt man relativ schnell, wo die Problematik des präklinischen Atemwegmanagements beginnt: bei der Ausbildung.

Die Videolaryngoskopie im Ausbildungsbereich bietet gleich zweierlei Vorteile im Vergleich zur klassischen Macintosh-Intubation:

1. Lehrer und Schüler sehen dasselbe.
2. Die Intubation ist erleichtert.

Diese These wurde von Weiss et al. in einer Intubationstrainingsstudie an n=85 Kindern im Alter von 0-10 Jahren bestätigt [Weiss, Schwarz et al. 2001]. Die Problematik der Macintosh-Intubation, bei der die anleitende Person nicht sieht, was der Lernende sieht, erübrigt sich hierdurch und verbessert die Lehrsituation erheblich.

Die Situation einer kardiopulmonalen Reanimation setzt alle Beteiligten unter einen erheblichen Druck. Daher ist insbesondere diese Situation auch für geübtes Personal, innerklinisch wie auch prähospital, mit einer hohen Belastung verbunden. Die Patienten müssen immer als nicht nüchtern angesehen werden, des Weiteren übt die Herzdruckmassage einen relevanten Druck auf den Magen aus. Mit zunehmender Dauer des Herzkreislaufstillstandes nimmt zusätzlich der ösophageale Verschlussdruck von ca. 20 cmH₂O auf ca. 5-6 cmH₂O ab [Bowman, Menegazzi et al. 1995], so dass ein Aufsteigen von Mageninhalt sehr wahrscheinlich ist. Diese Faktoren führen zu einem deutlich erhöhten Aspirationsrisiko was eine zügige Intubation zum Aspirationsschutz nötig macht. Park et al. haben Ärzte ohne Erfahrung in der Intubation bei innerklinischer kardiopulmonaler Reanimation über einen Zeitraum von zwei Jahren beobachtet. Hierbei haben sie die erfolgreichen jeweils ersten Versuche der Intubation mittels direkter und indirekter Laryngoskopie verglichen. Sie stellten fest, dass Intubationen mittels indirekter Laryngoskopie in 91,8% der Fälle erfolgreich waren, in der Gruppe der direkten Laryngoskopie in lediglich 55,9% [Park, Kim et al. 2015]. Park et al. konnten in einer früheren Studie außerdem zeigen, dass die Erfahrung im Umgang mit dem Videolaryngoskop keinen signifikanten Unterschied im Erfolg oder der Dauer der Intubation während einer Reanimation nach sich zog [Park, Baek et al. 2013].

Die schonende Intubation durch möglichst geringe Manipulation der Halswirbelsäule ist besonders bei polytraumatisierten Patienten essentiell, da bei diesen davon ausgegangen werden muss, dass eine Verletzung der Halswirbelsäule besteht [Berne, Velmahos et al. 1999]. Bei der orotrachealen Intubation nach Macintosh bedarf es auch bei erfahrenerm Personal einer nicht unerheblichen Reklination. Kill et al. sowie Turkstra et al. stellten fest, dass die Bewegung der Halswirbelsäule bei der Intubation mittels GlideScope® signifikant reduziert werden konnte [Turkstra, Craen et al. 2005, Kill, Risse et al. 2013]. Bathory setzte bereits voraus, dass die Patienten eine Halswirbelsäulen-Immobilisation trugen, jedoch noch nicht intubiert waren. Diese Situation erschwert dem Ausführenden die Maßnahme der Macintosh-Intubation erheblich.

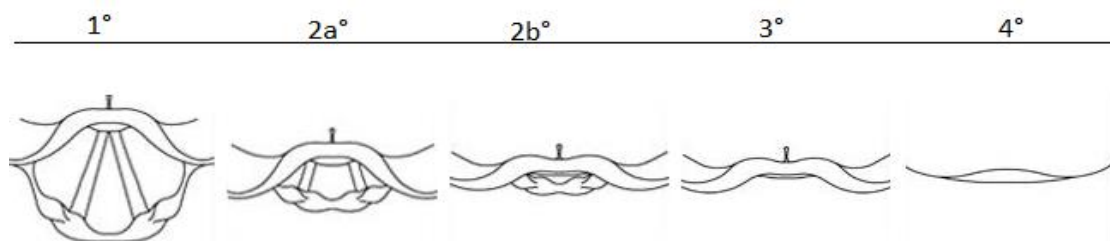


Abbildung 19 Modifizierte Cormack-Lehane-Klassifikation nach Yentis und Lee (Cormack and Lehane 1984, Yentis and Lee 1998)

Es wurden in diesem Fall die Cormack-Lehane-Grade [Cormack and Lehane 1984, Yentis and Lee 1998] (Beschreibung der Sicht auf die Glottis bei Laryngoskopie, siehe Abbildung 19) verglichen, die sich bei der klassischen Intubation zwischen 3 und 4 befanden, bei der Nutzung des GlideScope® im Durchschnitt bei 2a [Bathory, Frascarolo et al. 2009]. Diese deutlich verbesserte Sicht auf die Glottis bietet eine erheblich höhere Sicherheit bei der Intubation.

Die Intubationszeiten in der vorliegenden Studie zeigten eine signifikante Verbesserung im Vergleich zwischen den ersten drei und den letzten drei Versuchen in beiden Versuchsgruppen (Macintosh $p=0,006$; GlideScope[®] $p=0,001$). Ein Unterschied zwischen den Gruppen ließ sich nicht feststellen. Ayoub et al. ließen unerfahrene Medizinstudenten, nachdem sie an einem Phantom trainieren konnten, reale Patienten intubieren. Hier stellte sich heraus, dass die Intubationszeiten in der GlideScope[®]-Gruppe im Vergleich zu denen in der Macintosh-Gruppe signifikant kürzer ($p=0,006$) waren [Ayoub, Kanazi et al. 2010]. Lim et al. verglichen das GlideScope[®] mit der Macintosh Technik an einem Simulator, welcher die Intubationsschwierigkeit variieren kann. Sie ließen 20 Anästhesisten in verschiedenen Schwierigkeitsgraden intubieren. Es zeigte sich, dass die Intubationszeiten im „einfachen“ Szenario in der Macintosh-Gruppe kürzer waren (mittlere Intubationszeit: Macintosh=12,7s/GlideScope[®]=19s), wohingegen in den schwierigen Atemwegsszenarien das GlideScope[®] überlegen war (mittlere Intubationszeit: Macintosh=70,5s/ GlideScope[®]=23,5s) [Lim, Lim et al. 2004]. Armstrong et al. zeigten in einer Studie an Kindern mit bekanntem schwierigem Atemweg, dass sich in diesem Fall die Intubationszeit nicht signifikant von der der klassischen Macintosh-Intubation unterscheidet ($p=0,5$), jedoch die Sichtbarkeit der Glottis deutlich verbessert ($p=0,003$) [Armstrong, John et al. 2010].

Diese Studie konnte einen signifikant höheren Intubationserfolg in der GlideScope[®]-Gruppe nachweisen. Dieses Ergebnis konnte unter anderem von Nouruzi-Sedeh et al. in der Vergangenheit bestätigt werden [Nouruzi-Sedeh, Schumann et al. 2009]. Ein Surrogatparameter für eine voraussichtlich erfolgreiche Intubation ist die oben beschriebene Cormack-Lehane-Klassifikation. So beschrieben Sun et al. 2005 in einem Versuch, in dem je 100 Patienten mittels GlideScope[®] bzw. Macintosh-Spatel intubiert wurden, dass die Sicht nach Cormack-Lehane in der GlideScope[®]-Gruppe deutlich besser ($p<0,001$) war als in der Vergleichsgruppe [Sun, Warriner et al. 2005].

5.3 Methodenkritik

5.3.1 Führungsstab

Die Unterscheidung zwischen der Versuchsgruppe und der Testgruppe beinhaltete außer der Wahl der Methode ebenfalls die Art des Führungsstabes. Es konnte von Turkstra gezeigt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied macht, ob ein biegsamer Führungsstab mit einem Winkel von 90° für die Intubation mittels GlideScope[®] genutzt wird oder der vom Hersteller empfohlene starre GlideRite[®] (Abbildung 20), der ebenfalls eine Krümmung von 90° aufweist [Turkstra, Harle et al. 2007]. Jones et al. beschrieben, dass eine 90° -Krümmung des Führungsstabes im Vergleich zu einer Krümmung von 60° (entspricht der Krümmung des GlideScope[®]-Spatels) einen Vorteil bei der Intubation mittels GlideScope[®] erbringt [Jones, Turkstra et al. 2007]. Die stärkere Krümmung trägt dem ebenfalls gebogenen Spatel des GlideScopes[®] Rechnung bzw. dem Winkel, den der Tubus im Verhältnis zur Spatelspitze beim Eintreten zwischen die Stimmbänder einnehmen muss. Neben der Krümmung des Führungsstabes spielt auch das „Aufziehen“ des Tubus auf den Führungsstab eine Rolle. Hier wird zwischen dem so genannten „reverse loading“ (Biegen des Führungsstabes innerhalb des Tubus, entgegen der natürlichen Flexur des Tubus) im Vergleich zu einem „standard loading“ (Biegung des Führungsstabes innerhalb des Tubus, in Richtung der Flexur des Tubus) unterschieden. Dow et al. zeigten wie auch Jones et al., dass sich die Spitze des Tubus bei Herausziehen des Führungsstabes aus dem Tubus beim „reverse loading“ in Richtung der Trachea Verlaufsrichtung neigt, wohingegen beim „standard loading“ die Spitze des Tubus zur Trachealwand zeigt. Dementsprechend lässt sich ein Tubus leichter vorschieben, nachdem der Führungsstab entfernt wurde, wenn der Tubus nach dem Prinzip des „reverse loading“ auf den Führungsstab aufgebracht wurde [Dow and Parsons 2007, Jones, Turkstra et al. 2007]. Nimmt man also an, dass der Erfolg durch die Wahl eines stärker gebogenen Führungsstabes verbessert wird, so würde das Ergebnis dieser Untersuchung vermutlich weiter zugunsten der Versuchsgruppe verschoben werden.

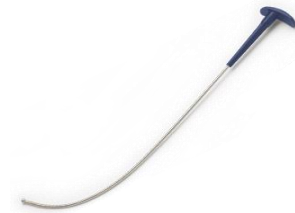


Abbildung 20 GlideRite[®]
Führungsstab Verathon
Inc©

5.3.2 Intubationstrainer

Die Ausbildung an Phantomen bzw. Simulatoren ist in vielen Bereichen des Trainings von hochqualifiziertem Personal etabliert, um etwaige Gefährdungen für reale Personen so gering wie möglich zu halten. Vor allem im Bereich des Trainings von medizinischem Personal hält das Üben an Phantomen stetig Einzug. Eine Vorreiterrolle in der Ausbildung an Simulatoren nimmt seit jeher die Luftfahrt ein. Viele Standards, die sich in der Luftfahrt etabliert haben, finden ihren Weg in die moderne Medizin. Hiervon sind insbesondere medizinische Fachbereiche wie Anästhesie und Notfallmedizin betroffen [Timmermann, Eich et al. 2007]. Diese Fachbereiche benötigen ähnlich wie die Luftfahrt ein kontinuierliches Aufmerksamkeitsniveau bei relativ niedrigem Handlungsniveau, um etwaige Gefahren früh zu erkennen. Die hier entstehenden Komplikationen können, ähnlich denen in der Luftfahrt, schnell zu fatalen Folgen führen. Daher ist ein hohes Maß an Übung für Situationen nötig, die in der Realität glücklicherweise selten vorkommen, um eine ausreichende Routine entwickeln und diese Situationen somit meistern zu können. Da, wie bereits erwähnt, diese kritischen Situationen im Alltag selten auftreten und dadurch selten geübt werden können, ist ein Training an Simulatoren bzw. Phantomen die nächstliegende Lösung.

Die Auswahl an Simulatoren bzw. Phantomen ist außerordentlich groß. Zunächst sollte man zwischen Phantomen, die lediglich der Übung einer bestimmten Fähigkeit oder eines bestimmten Themenkomplexes dienen (zum Beispiel Atemwegstrainer) und Simulatoren, die in der Lage sind, eine Vielzahl an komplexen Szenarien zu simulieren und dynamisch zu reagieren, unterscheiden.

Für Simulatoren stellt Schaefer folgende Anforderungen [Schaefer 2004]:

1. Simulation einer großen Bandbreite an häufigen und seltenen klinischen Atemwegsszenarien
2. Anwendbarkeit der verschiedenen Atemwegstechniken
3. Regulation durch den Instruktor, Möglichkeit der Selbstkontrolle durch den Anwender
4. klinisches Feedback über die Situation des Patienten
5. einfache Handhabung durch den Instruktor
6. mobiler Einsatz in verschiedenen klinischen und außerklinischen Bereichen
7. niedrige Kosten in Anschaffung und Unterhaltung

Jedoch sind auch den technisch hoch gerüsteten Simulatoren Grenzen gesetzt. Schebesta et al. untersuchten 2012 die Vergleichbarkeit der anatomischen Gegebenheiten des Simulators mit denen der Realität und stellten fest, dass keines der untersuchten Modelle der realen Anatomie ausreichend nahe kam [Schebesta, Hüpfel et al. 2012]. Hieraus ergibt sich, dass eine alleinige Übung an Phantomen bzw. Simulatoren für eine umfassende Ausbildung nicht ausreichend sein kann. Daher schrieb Timmermann et al. bereits 2005, dass ein Simulator-Training die klinische Ausbildung nicht ersetzen könne, aber zu einer höheren Patientensicherheit beitrage [Timmermann, Eich et al. 2005]. Nouruzi et al. stellten 2009 fest, dass Personal, das ausschließlich an Phantomen bzw. Simulatoren geübt hatte, mittels GlideScope® eine deutlich höhere Erfolgsrate bei der Intubation realer Patienten erreichte (GlideScope® 93% vs. Macintosh 51%) – bei deutlich kürzerer Intubationszeit (GlideScope® 63s vs. Macintosh 89s) [Nouruzi-Sedeh, Schumann et al. 2009]. Ist also nicht die Möglichkeit gegeben, Personal umfassend klinisch auszubilden, sollte eine Intubation mittels Videolaryngoskop bevorzugt werden. Das in dieser Studie eingesetzte Phantom (Laerdal Airway Management Trainer®) ist, wie der Name schon verrät, lediglich ein Airway Trainer ohne die Möglichkeit der Veränderung der Atemwege. Die spezielle Technik der Kinder- bzw. Säuglingsintubation ließ sich mit diesem Modell nicht abbilden. Zu diesem Zweck existieren Phantome, welche die speziellen Gegebenheiten eines kindlichen Atemwegs nachzustellen vermögen.

Durch das Nutzen ein und desselben Modells für alle Versuche ergibt sich die Vergleichbarkeit der Versuchsgruppen. Jedoch ist kritisch anzumerken, dass dieses standardisierte Modell, wie oben angeführt, für erfahrene Kräfte die Realität nur unzureichend abzubilden vermag. Es ist allerdings durchaus geeignet, erste Erfahrungen beim Atemwegsmanagement zu sammeln und grundsätzliche Fähigkeiten zu erlernen. Für die hier genutzten Zwecke eines standardisierten Vergleichs zweier Gruppen völlig Unerfahrener eignete sich dieses Modell aus folgenden Gründen gut:

- verhältnismäßig geringe Kosten und damit Verfügbarkeit mehrerer Modelle
- unkomplizierter Transport durch kleines Packmaß und wenig Technik
- ausreichende Darstellung des menschlichen Atemwegs

5.3.2.1 Simulation von Komplikationen

Die häufigsten Komplikationen, wie Zahntraumata [Warner, Benenfeld et al. 1999], ösophageale Intubation [Caplan, Posner et al. 1990], unzureichende Ventilation [Caplan, Posner et al. 1990] durch falsche Tubustiefe, welche durch eine Intubation entstehen können, konnten durch den Intubationstrainer dargestellt werden und wurden in die Studie eingeschlossen. Es werden jedoch darüber hinaus in der Literatur einzelne Fälle von Verletzungen in Zusammenhang mit der Intubation durch das GlideScope[®] beschrieben, die durch den hier verwendeten Intubationstrainer nicht zu simulieren sind. Die Verletzung des weichen Gaumens [Chin, Arango et al. 2007, Cross, Cytryn et al. 2007, Vincent, Wimberly et al. 2007, Leong, Lim et al. 2008, Amundson and Weingarten 2013] und die Perforation des Arcus palatoglossus [Malik and Frogel 2007] lassen sich aufgrund des Materials des Intubationstrainers nicht nachstellen. Die Gründe für diese Verletzungen werden von Dupanovic beim Einführen des Tubus in die Mundhöhle in Zusammenhang mit der Nutzung des starren Führungsstabes gesehen [Dupanovic 2010].

Hier beschreibt Dupanovic einen „blind spot“, in dem der Nutzer weder durch den Mund noch über die Kamera die Spitze des Tubus sehen kann. Jedoch lässt sich das Risiko für einen solchen Zwischenfall durch achtsames Verhalten während des Einführens des Spatels in die Mundhöhle sowie des Tubus erheblich verringern. Hierbei sollte jeweils die Aufmerksamkeit auf der Mundhöhle liegen, bis die Spitze des Spatels bzw. des Tubus nicht mehr durch die Mundöffnung zu sehen sind. Ist dies der Fall, sollte der Intubierende mit dem Blick zum Monitor die Sichtkontrolle über Spatel und Tubusspitze fortsetzen. Der Tubus sollte mit seiner Spitze entlang dem Spatel geführt und nicht gegen Widerstand weitergeschoben werden. Sobald die Spitze des Tubus auf dem Monitor zu erkennen ist, kann der Tubus zwischen den Stimmbändern hindurchgeführt und der Führungsstab herausgezogen werden [Dupanovic 2010]. Bei keiner der genannten Fallbeschreibungen kam es weder während der Intubation noch im klinischen Verlauf zu einer lebensbedrohlichen Situation. Aufgrund des unverhältnismäßigen Mehraufwandes, der für die Herstellung eines entsprechenden Simulationsgerätes nötig wäre sowie angesichts der verhältnismäßig geringen Anzahl dieser Art der Verletzungen im Oropharynx wurde dieses Risiko im Rahmen dieser Studie außer acht gelassen.

5.3.3 Personelle Problematik

Die rettungsdienstliche Ausbildung ist seit vielen Jahren einem stetigen Wandel unterworfen. Der Ausbildung wurde lediglich ein gesetzlicher Rahmen gegeben, welcher besagt: „Die Ausbildung soll entsprechend der Aufgabenstellung des Berufs als Helfer des Arztes insbesondere dazu befähigen, am Notfallort bis zur Übernahme der Behandlung durch den Arzt lebensrettende Maßnahmen bei Notfallpatienten durchzuführen, die Transportfähigkeit solcher Patienten herzustellen, die lebenswichtigen Körperfunktionen während des Transports zum Krankenhaus zu beobachten und aufrechtzuerhalten sowie kranke, verletzte und sonstige hilfsbedürftige Personen, auch soweit sie nicht Notfallpatienten sind, unter sachgerechter Betreuung zu befördern (Ausbildungsziel)“ [Abschnitt II § 3 Gesetz über den Beruf der Rettungsassistentin und des Rettungsassistenten]. Hiermit ließ der Gesetzgeber den Ausbildungsstätten einen breiten Handlungsspielraum, um den Entwicklungen der Medizin fortwährend Rechnung tragen zu können. Allerdings kann dies auch zu großen Qualitätsunterschieden in der Ausbildung führen. Durch die enge Zusammenarbeit des DRK-Rettungsdienstes und des Bildungszentrums der DRK-Rettungsdienst Mittelhessen gGmbH mit dem Zentrum für Notfallmedizin des Universitätsklinikums Marburg befindet sich die Ausbildung des hiesigen Rettungsdienstes auf höchstem Niveau.

Der Stand der Ausbildung der untersuchten Probanden vom DRK-Bildungszentrum Mittelhessen befand sich zum Zeitpunkt des Versuchs vor dem curricularen Teil des Atemwegsmanagements. Hier stellt sich nun die Frage, ob die Probanden ein Abbild der Grundgesamtheit darstellen. Zieht man als Gesamtheit alle ausgebildeten Rettungsassistent/innen in Deutschland heran, so unterscheidet sich deren Durchschnittsalter um ca. minus 10 Jahre von der untersuchten Stichprobe [Stumpf 2011]. Definiert man die Grundgesamtheit als alle in Deutschland in der Ausbildung befindlichen Rettungsassistentenschüler, so entspräche die hier untersuchte Stichprobe in ihrer Altersstruktur in etwa den meisten der 113 Rettungsdienstschulen in Deutschland [www.skverlag.de, abgerufen am: 11.01.2013].

Die Versuchsleiter der Studie waren, bedingt durch das Studiendesign, nicht verblindet und sind dadurch einem entsprechenden Bias unterworfen. Jedoch sind die von den Versuchsleitern erhobenen Daten bis auf die Intubationszeiten nicht beeinflussbar.

5.3.4 Erfolgskriterien

Die Definition der erfolgreichen Intubation als korrekte tracheale Tubuslage in dieser Untersuchung ist umfangreicher, als in der Literatur bisher beschrieben. Malik und Ray definierten den Intubationserfolg jeweils lediglich als das Platzieren des Tubus innerhalb des subglottischen Respirationstraktes, unabhängig von der Tiefe. Zahntraumata erfassten beide, wie auch in dieser Studie geschehen, als zusätzlichen Endpunkt unabhängig vom Erfolg [Malik, Hassett et al. 2009, Ray, Billington et al. 2009]. Da eine zu tiefe Intubation mit endobronchialer Tubuslage in der Regel mit dem Leben vereinbar ist, erscheint dieses Vorgehen nachvollziehbar. Es stellt sich hier jedoch die folgende Frage: Ist lediglich das Retten des Menschenlebens von Belang unter Inkaufnahme von anderen, wenn auch im Verhältnis geringeren Schäden oder ist es anzustreben, nicht nur das Leben des Patienten zu retten, sondern seiner Grundkrankheit auch keinen weiteren Schaden hinzuzufügen? Beauchamp und Childress postulierten vier Handlungskriterien, die bei der Behandlung eine Hilfestellung geben sollen, die ethisch richtige Entscheidung zu treffen [Beauchamp and Childress 1994]:

- Respekt vor der Autonomie des Patienten
- Nicht-Schaden
- Fürsorge, Hilfeleistung
- Gleichheit und Gerechtigkeit

In einer australischen Studie wurde untersucht, ob diese vier Prinzipien tatsächlich bewusst zur Entscheidungshilfe herangezogen wurden. Es wurde festgestellt, dass die meisten Teilnehmer der Studie dies zumindest nicht bewusst taten [Nouruzi-Sedeh, Schumann et al. 2009].

Betrachtet man diese Problematik aus juristischer Sicht, so ist bei einer Intubation durch einen Rettungsassistenten immer von einer lebensbedrohlichen Situation auszugehen, in der das Abwiegen der Rechtsgüter (lebensrettende Maßnahme, unter Umständen Inkaufnahme von Komplikationen) von Vorrang ist [§34 StGB]. Dies spiegelt sich in dem Grundsatz der Notfallmedizin wieder, alles zu tun, was das Leben des Patienten rettet, auch wenn dies bedeutet, dass dem Patienten ein anderweitiger, jedoch geringerer Schaden zugefügt wird. Dies entbindet die Handelnden moralisch jedoch nicht davon, ihre Maßnahmen so sicher wie es der Stand der Technik erlaubt zu beherrschen und damit den Patienten dem geringstmöglichen Risiko einer zusätzlichen Schädigung auszusetzen. Somit wurde in der vorliegenden Untersuchung für eine erfolgreiche Intubation die korrekte tracheale Tubuslage gefordert.

In der Auswertung der Ergebnisse zeigte sich im Vergleich der ersten drei Versuche zwischen den beiden Gruppen, dass bei Ausklammern des Zahntraumas aus den Erfolgskriterien eine signifikant höhere Erfolgsrate für die ersten drei Versuche in der GlideScope®-Gruppe besteht. Innerhalb der GlideScope®-Gruppe konnte jedoch kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den ersten drei und den letzten drei Versuchen festgestellt werden. Dies zeigt, dass besonders in den ersten Versuchen die Intubationssicherheit durch das Videolaryngoskop deutlich höher ist als mittels Macintosh-Spatel. Die Resultate aller Versuche der Macintosh-Gruppe und der letzten drei Versuche beider Gruppen zeigten im Vergleich zur Einbeziehung des Zahntraumas ein ähnliches Verhalten.

5.3.5 Psychosoziale Fragen

Die psychosozialen Fragen, die am Anfang bzw. am Ende des Versuchs gestellt worden sind, zeigen, welche weiteren Faktoren auf den Intubationserfolg Einfluss haben können. Fragen dieser Art unterliegen Einflussfaktoren, welche bereits in den 1950er Jahren von Cronbach und Guilford beschrieben worden sind [Guilford 1974, Cronbach 1993]. Allen Fragen ist die Subjektivität und die damit einhergehende vermeintliche Fehleinschätzung der eigenen Person gemein. Insbesondere gilt dies bei den Fragen nach der Vorsicht bzw. dem Risikoverhalten und der Intubationssicherheit. Dies führt zu einer erschwerten Vergleichbarkeit der Daten zwischen den Probanden. Diese Faktoren bedingen das ordinale Skalen-Niveau der Antwortmöglichkeiten, welches eine Abstandsdefinition zwischen den Messwerten verbietet. Die hier verwendete Skala (1-10) gibt die Möglichkeit der Antwortverzerrung durch die „Tendenz zur Mitte“, welche bei mehrstufigen Skalen entstehen kann. Hier neigen die Probanden dazu, eher einen Wert im mittleren Bereich zu wählen.

Da Geschicklichkeit gemeinhin als positives Attribut gilt, besteht hier die Möglichkeit der Verzerrung durch „soziale Erwünschtheit“. Es besteht das Risiko, die Angaben zum Positiven zu verändern, um so ein besseres Bild von sich zu erzeugen. Auch der Retrospektioneffekt kann in diesem Fall auftreten: Wenn die Versuche als besonders gelungen empfunden wurden, könnte der Proband einen höheren Wert angeben, als er es vor dem Versuch getan hätte. Ebenso könnte dies auch den gegenteiligen Effekt haben, wenn der Proband das Gefühl hatte, der Versuch sei missglückt. Ähnliches gilt für die Frage nach dem subjektiven Nutzen des Lehrvideos. Sollte ein Proband aus persönlichen Gründen wenig Erfolg bei den Intubationen gehabt haben, könnte er dies als mangelnde Vorbereitung durch das Video deuten und dadurch dem Video eine schlechtere Wertung geben. Auch die Selbstbewertung der Intubationskompetenz nach den Versuchen kann dem Retrospektiveffekt unterlegen sein. Je nachdem, ob ein Proband besonders gut oder besonders schlecht abgeschnitten hat, kann dies seine Entscheidung zusätzlich beeinflussen.

Rosser untersuchte, ob sich das Videospilverhalten auf die Laparoskopie-Fähigkeit von Chirurgen ausüben würde und fand eine Korrelation zwischen dem erhöhten Videospilverhalten und der Geschicklichkeit bei der Laparoskopie [Rosser, Lynch et al. 2007]. Außerdem untersuchte er die Laparoskopie-Fähigkeiten nach dem „Aufwärmen“ mittels eines Videospieles vor einem laparoskopischen Eingriff [Rosser, Gentile et al. 2012]. Auch hier konnte er einen Zusammenhang nachweisen. Da auch die Laparoskopie ein Verfahren ist, in dem ein dreidimensionaler Raum auf einem zweidimensionalen Bildschirm abgebildet wird, besteht eine gewisse Ähnlichkeit zu der Intubation mittels GlideScope®. Jedoch ist auch in diesem Fall die Möglichkeit der Antwortverzerrung zu hinterfragen. Es ist festzustellen, dass hier das Geschlecht eine klare Rolle spielt. In einer Untersuchung aus den USA stellte Douglas Gentile fest, dass Jungen im Alter zwischen 8 und 18 Jahren fast doppelt so viel Zeit mit Videospieldkonsum verbringen wie Mädchen derselben Altersgruppe [Gentile 2009]. Die „soziale Erwünschtheit“ ist auch in diesem Fall ein möglicher Störfaktor. Mädchen, die sich bewusst sind, dass Videospiele eher eine Domäne der Jungen ist, könnten eine falsch-niedrige Antwort auf diese Frage geben.

Wie diese Untersuchung gezeigt hat, gibt es bei den Faktoren Geschick, Vorsicht, Videospield und Lehrvideo keinen signifikanten Unterschied zwischen der Test- und der Kontrollgruppe. Dies ermöglicht die Vergleichbarkeit des Einflusses der Intubationsmethode zwischen den Gruppen. Das nichtsignifikante Ergebnis des Einflusses des Videospieldes kann durch die zu breite Streuung der Daten entstehen. Betrachtet man den Einfluss der Faktoren auf das Ergebnis, ist zu erkennen, dass lediglich das Attribut Vorsicht im Sinne einer Verbesserung des Erfolgs bei geringerer Vorsicht von Bedeutung ist. Aufgrund der vorhergenannten Fragebogen-Problematik wäre dies in einer weiteren Untersuchung mit diesem Schwerpunkt zu klären.

6 Zusammenfassende Bewertung

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Videolaryngoskopie mittels GlideScope® mit 92% im Vergleich zu 70% erfolgreichen konventionellen Intubationen bereits in der Ausbildungsphase eine höhere Erfolgsrate liefert als die Intubation mittels Macintosh-Spatel. Insbesondere die potentiell lebensbedrohliche Komplikation der ösophagealen Intubation war mit 17 Fällen in der Macintosh-Gruppe im Vergleich zu keiner ösophagealen Intubation in der GlideScope®-Gruppe signifikant geringer zu beobachten. Ob dieses Ergebnis auch in der Praxis Bestand hat, sollte durch eine Folgeuntersuchung unter realen Bedingungen, dem rettungsdienstlichen Alltag, überprüft werden. Auch eine Nachuntersuchung der Probanden mit einer Intubationsuntersuchung im zeitlichen Intervall könnte die Nachhaltigkeit der jeweiligen Methode näher beschreiben.

Der Einfluss der psychosozialen Faktoren Vorsicht, Geschick, Lehrvideo, Videospieldkonsum erwies sich als nicht signifikant für den Erfolg der Intubation. Um den Einfluss von Persönlichkeitseigenschaften auf den Intubationserfolg genauer untersuchen zu können, wäre eine entsprechende Studie mit einer größeren Probandenzahl und aussagekräftigeren Fragebögen wünschenswert. Insbesondere ist hier die subjektive Intubationskompetenz zu erwähnen, deren Ergebnisse eine Tendenz zu höheren Werten zugunsten der Glidescope®-Gruppe erkennen lassen.

Weitere Untersuchungen mit Simulatoren, die unterschiedlich schwierige Atemwege darstellen können, sowie Versuche mit Kinderatemwegssimulatoren würden eine ähnliche angelegte Studie näher an die Realität bringen und das Training von angehendem Rettungsfachpersonal zusätzlich verbessern.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Intubationstraining mittels GlideScope® schneller einen objektiv messbaren Erfolg erzielt als mittels der klassischen Macintosh-Intubation und damit eine wertvolle Bereicherung für die Ausbildung des Rettungsdienstpersonals darstellt.

7 Anhang

7.1 Literatur

Ackermann, J. F. (1797). Versuch einer physischen Darstellung der Lebenskräfte organisierter Körper, Frankfurt a. M. u.a.

Agrò, F., et al. (2003). "Tracheal intubation using a Macintosh laryngoscope or a GlideScope in 15 patients with cervical spine immobilization." Br J Anaesth 90(5): 705–706.

Ahnefeld, F. W. (2003). "Notfallmedizin gestern." Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin, Schmerztherapie : AINS 38(4): 277–281.

Ahnefeld, F. W. and L. Brandt (2002). "Die historischen Fundamente der Notfallmedizin." Notfall & Rettungsmedizin 5(8): 607–612.

Amundson, A. W. and T. N. Weingarten (2013). "Traumatic GlideScope(®) video laryngoscopy resulting in perforation of the soft palate." Can J Anaesth 60(2): 210-211.

Armstrong, J., et al. (2010). "A comparison between the GlideScope Video Laryngoscope and direct laryngoscope in paediatric patients with difficult airways - a pilot study." Anaesthesia 65(4): 353-357.

Astin, J. and T. M. Cook (2015). "Videolaryngoscopy at cardiac arrest - the need to move from video-games to video-science." Resuscitation 89: A7-9.

Ayoub, C., et al. (2010). "Tracheal intubation following training with the GlideScope compared to direct laryngoscopy." Anaesthesia 65(7): 674-678.

Baker, D., et al. (2005). "Resuscitation great. Larrey and Percy--a tale of two barons." Resuscitation 66(3): 259–262.

Bathory, I., et al. (2009). "Evaluation of the GlideScope for tracheal intubation in patients with cervical spine immobilisation by a semi-rigid collar." Anaesthesia 64(12): 1337-1341.

Beauchamp, T. L. and J. F. Childress (1994). Principles of biomedical ethics. New York, Oxford University Press.

Benjamin, F., et al. (2006). "An evaluation of the GlideScope, a new video laryngoscope for difficult airways: a manikin study." Eur J Anaesthesiol 23(6): 517-521.

Berg, B., et al. (2009). "Remote videolaryngoscopy skills training for pre-hospital personnel." Stud Health Technol Inform 142: 31-33.

Berg, B., et al. (2009). "Videolaryngoscopy for intubation skills training of novice military airway managers." Stud Health Technol Inform 142: 34-36.

Berne, J. D., et al. (1999). "Value of complete cervical helical computed tomographic scanning in identifying cervical spine injury in the unevaluable blunt trauma patient with multiple injuries: a prospective study." J Trauma 47(5): 896-902; discussion 902-893.

Bernhard, M., et al. (2012). "Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine." Acta Anaesthesiol Scand 56(2): 164-171.

Bowman, F. P., et al. (1995). "Lower esophageal sphincter pressure during prolonged cardiac arrest and resuscitation." Ann Emerg Med 26(2): 216-219.

Breckwoldt, J., et al. (2011). "Difficult prehospital endotracheal intubation - predisposing factors in a physician based EMS." Resuscitation 82(12): 1519-1524.

Caplan, R. A., et al. (1990). "Adverse respiratory events in anesthesia: a closed claims analysis." Anesthesiology 72(5): 828-833.

Cavus, E., et al. (2010). "The C-MAC videolaryngoscope: first experiences with a new device for videolaryngoscopy-guided intubation." Anesth Analg 110(2): 473-477.

Chandler, M. (2002). "Tracheal intubation and sore throat: a mechanical explanation." Anaesthesia 57(2): 155-161.

Chin, K. J., et al. (2007). "Palatal injury associated with the GlideScope." Anaesth Intensive Care 35(3): 449-450.

Cooper, R. (2003). "Use of a new videolaryngoscope (GlideScope) in the management of a difficult airway." Can J Anaesth 50(6): 611-613.

Cooper, R. M., et al. (2005). "Early clinical experience with a new videolaryngoscope (GlideScope) in 728 patients." Can J Anaesth 52(2): 191-198.

Cormack, R. S. and J. Lehane (1984). "Difficult tracheal intubation in obstetrics." Anaesthesia 39(11): 1105-1111.

Cronbach, L. J. (1993). Essentials of psychological testing. New York [etc.], Harper and Row.

Cross, P., et al. (2007). "Perforation of the soft palate using the GlideScope videolaryngoscope." Can J Anaesth 54(7): 588-589.

Cuchillo, J. V. and M. A. Rodríguez (2005). "[Intubation with the GlideScope videolaryngoscope in a man with severe cervical spondylolisthesis]." Rev Esp Anesthesiol Reanim 52(7): 425-428.

Deakin, C. D., et al. (2010). "A critical reassessment of ambulance service airway management in prehospital care: Joint Royal Colleges Ambulance Liaison Committee

- Airway Working Group, June 2008." Emerg Med J 27(3): 226-233.
- Dow, W. A. and D. G. Parsons (2007). "'Reverse loading' to facilitate Glidescope intubation." Can J Anaesth 54(2): 161–162.
- Doyle, D. J. (2004). "Awake intubation using the GlideScope video laryngoscope: initial experience in four cases." Can J Anaesth 51(5): 520–521.
- Dupanovic, M. (2010). "Maneuvers to prevent oropharyngeal injury during orotracheal intubation with the GlideScope video laryngoscope." J Clin Anesth 22(2): 152–154.
- Dörge, V. (2009). MEMORIX AINS : Atemwegsmanagement. Stuttgart, Thieme.
- El-Ganzouri, A. R., et al. (1996). "Preoperative Airway Assessment: Predictive Value of a Multivariate Risk Index." Anesthesia & Analgesia 82(6).
- Fu-Shan Xue, M. D. (2011). "Management of Unanticipated Difficult Airway in the Prehospital Emergency Setting." Anesthesiology(115): 434–449.
- Gentile, D. (2009). "Pathological Video-Game Use Among Youth Ages 8 to 18: A National Study." Psychological Science (Wiley-Blackwell) 20(5): 594-602.
- Guilford, J. P. (1974). Persönlichkeit : Logik, Methodik u. Ergebnisse ihrer quantitativen Erforschung. Weinheim, Basel, Beltz.
- Hagberg, C., et al. (2005). "Complications of managing the airway." Best Pract Res Clin Anaesthesiol 19(4): 641-659.
- Homer, S. R. M. P. (2008). Ilias. München, C.H. Hanser.
- Hosmer, D. W. and S. Lemeshow (2000). Applied logistic regression. Chichester, Wiley.
- Hussmann, B., et al. (2011). "Prehospital intubation of the moderately injured patient: a cause of morbidity? A matched-pairs analysis of 1,200 patients from the DGU Trauma Registry." Crit Care 15(5): R207.
- Jones, P. M., et al. (2008). "A comparison of glidescope videolaryngoscopy to direct laryngoscopy for nasotracheal intubation." Anesth Analg 107(1): 144–148.
- Jones, P. M., et al. (2007). "Effect of stylet angulation and endotracheal tube camber on time to intubation with the GlideScope." Can J Anaesth 54(1): 21-27.
- Kant, I., et al. (1999). Was ist Aufklärung?: Ausgewählte kleine Schriften. Hamburg, F. Meiner Verlag.
- Katz, S. H. and J. L. Falk (2001). "Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system." Ann Emerg Med 37(1): 32-37.
- Kill, C., et al. (2012). "Videolaryngoskopie." Notf.med. up2date 7(01): 5-8.

Kill, C. and T. Kratz (2010). "Schwieriger Atemweg in der Notfall- und Intensivmedizin." Intensivmedizin und Notfallmedizin 47(7): 530-538.

Kill, C., et al. (2013). "Videolaryngoscopy with glidescope reduces cervical spine movement in patients with unsecured cervical spine." J Emerg Med 44(4): 750-756.

Knill, R. L. (1993). "Difficult laryngoscopy made easy with a "BURP"." Can J Anaesth 40(3): 279-282.

Kopman, A. F., et al. (1975). "Awake endotracheal intubation: a review of 267 cases." Anesth Analg 54(3): 323-327.

Kossendey (Abgerufen am: 11.01.2013). Liste der Rettungsdienstschulen in Deutschland.<http://www.skverlag.de/rettungsdienstschulen/liste-der-rettungsdienstschulen.html> Stumpf + Kossendey Verlag, Stumpf + Kossendey Verlag.

Kuhn, F. (1905). "Die perorale Intubation mit und ohne Druck." Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 78(4-6): 467-519.

Lange, M., et al. (2009). "Comparison of the Glidescope and Airtraq optical laryngoscopes in patients undergoing direct microlaryngoscopy." Anaesthesia 64(3): 323-328.

Larsen, R. (2006). Anästhesie: Mit 250 Tabellen. München, Jena, Elsevier, Urban und Fischer.

Larsen, R. Z. T. (2009). "Beatmung Grundlagen und Praxis."

Lee, D. H., et al. (2015). "Video laryngoscopy versus direct laryngoscopy for tracheal intubation during in-hospital cardiopulmonary resuscitation." Resuscitation 89: 195-199.

Leong, W. L., et al. (2008). "Palatopharyngeal wall perforation during Glidescope intubation." Anaesth Intensive Care 36(6): 870-874.

Lim, H. C. and S. H. Goh (2009). "Utilization of a Glidescope videolaryngoscope for orotracheal intubations in different emergency airway management settings." Eur J Emerg Med 16(2): 68-73.

Lim, Y., et al. (2004). "Ease of intubation with the GlideScope or Macintosh laryngoscope by inexperienced operators in simulated difficult airways." Can J Anaesth 51(6): 641-642.

Luckhaupt, H. and T. Brusis (1986). "[History of intubation]." Laryngol Rhinol Otol (Stuttg) 65(9): 506-510.

Macintosh, R. R. (1943). "A NEW LARYNGOSCOPE." The Lancet 241(6233): 205.

Malik, A. M. and J. K. Frogel (2007). "Anterior tonsillar pillar perforation during GlideScope video laryngoscopy." Anesth Analg 104(6): 1610-1611; discussion 1611.

Malik, M., et al. (2009). "A comparison of the Glidescope, Pentax AWS, and Macintosh laryngoscopes when used by novice personnel: a manikin study." Can J Anaesth 56(11): 802-811.

Mallampati, S. R., et al. (1985). "A clinical sign to predict difficult tracheal intubation; a prospective study." Canadian Anaesthetists' Society Journal 32(4): 429-434.

Nakstad, A. and M. Sandberg (2009). "The GlideScope Ranger video laryngoscope can be useful in airway management of entrapped patients." Acta Anaesthesiol Scand 53(10): 1257-1261.

Nanut, W. R. u. M. (2011). "Der größte praktische Humanist: Vor 130 Jahren gründete Jaromir Mundy die „Wiener Freiwillige Rettungsgesellschaft“." Ärzte Woche(49).

Narang, A. T., et al. (2009). "Comparison of intubation success of video laryngoscopy versus direct laryngoscopy in the difficult airway using high-fidelity simulation." Simul Healthc 4(3): 160–165.

Neel, S. (1968). "Army aeromedical evacuation procedures in Vietnam: implications for rural America." JAMA 204(4): 309-313.

Nolan, J. D. (2001). "Prehospital and resuscitative airway care: should the gold standard be reassessed?" Curr Opin Crit Care 7(6): 413-421.

Nouruzi-Sedeh, P., et al. (2009). "Laryngoscopy via Macintosh blade versus GlideScope: success rate and time for endotracheal intubation in untrained medical personnel." Anesthesiology 110(1): 32-37.

Park, S. O., et al. (2013). "Feasibility of the video-laryngoscope (GlideScope®) for endotracheal intubation during uninterrupted chest compressions in actual advanced life support: a clinical observational study in an urban emergency department." Resuscitation 84(9): 1233-1237.

Park, S. O., et al. (2015). "Video laryngoscopy improves the first-attempt success in endotracheal intubation during cardiopulmonary resuscitation among novice physicians." Resuscitation 89: 188-194.

Peter Sefrin, M. D. (1991). "History of Emergency Medicine in Germany." Journal of Clinica Anesthesiology(3): 245–248.

Piepho, T., et al. (2015). "[S1 guidelines on airway management]." Anaesthesist 64(11): 859-873.

Pirlich, N., et al. (2012). "[Indirect laryngoscopy/video laryngoscopy : A review of devices used in emergency and intensive care medicine in Germany]." Med Klin Intensivmed Notfmed 107(7): 521-530.

Ray, D., et al. (2009). "A comparison of McGrath and Macintosh laryngoscopes in novice users: a manikin study." Anaesthesia 64(11): 1207-1210.

Rope, T. C., et al. (2008). "Videolaryngoscopy - an answer to difficult laryngoscopy?" Eur J Anaesthesiol 25(5): 434 - 435.

Rosser, J. C., et al. (2012). "The effect of video game "warm-up" on performance of laparoscopic surgery tasks." JSL 16(1): 3-9.

Rosser, J. C., et al. (2007). "The impact of video games on training surgeons in the 21st century." Arch Surg 142(2): 181-186; discussion 186.

Sakles, J. C., et al. (2014). "Learning curves for direct laryngoscopy and GlideScope® video laryngoscopy in an emergency medicine residency." West J Emerg Med 15(7): 930-937.

Sakles, J. C., et al. (2015). "The C-MAC® video laryngoscope is superior to the direct laryngoscope for the rescue of failed first-attempt intubations in the emergency department." J Emerg Med 48(3): 280-286.

Saricicek, V., et al. (2014). "GlideScope video laryngoscopy use tracheal intubation in patients with ankylosing spondylitis: a series of four cases and literature review." J Clin Monit Comput 28(2): 169-172.

Schaefer, J. J. (2004). "Simulators and difficult airway management skills." Paediatr Anaesth 14(1): 28-37.

Schebesta, K., et al. (2012). "Degrees of reality: airway anatomy of high-fidelity human patient simulators and airway trainers." Anesthesiology 116(6): 1204-1209.

Siegel, S. (1985). Nichtparametrische statistische Methoden. Eschborn bei Frankfurt am Main, Fachbuchhandlung für Psychologie, Verl.-Abt.

Stewart, R. D., et al. (1984). "Field endotracheal intubation by paramedical personnel. Success rates and complications." Chest 85(3): 341-345.

Striebel, H. W. (2005). Anästhesie, Intensivmedizin, Notfallmedizin : für Studium und Ausbildung ; mit 61 Tabellen. Stuttgart [u.a.], Schattauer.

Stumpf, L. (2011). "Ergebnis der RETTUNGSDIENST-Gehaltsumfrage." RETTUNGSDIENST 34(Februar): 118-119.

Sun, D. A., et al. (2005). "The GlideScope Video Laryngoscope: randomized clinical trial in 200 patients." Br J Anaesth 94(3): 381-384.

Timmermann, A., et al. (2005). "[Simulation and airway management]." Anaesthesist 54(6): 582-587.

Timmermann, A., et al. (2007). "[Teaching and simulation. Methods, demands, evaluation and visions]." Anaesthesist 56(1): 53-62.

- Timmermann, A., et al. (2007). "The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians." Anesth Analg 104(3): 619-623.
- Turkstra, T. P., et al. (2005). "Cervical spine motion: a fluoroscopic comparison during intubation with lighted stylet, GlideScope, and Macintosh laryngoscope." Anesth Analg 101(3): 910-915, table of contents.
- Turkstra, T. P., et al. (2007). "The GlideScope-specific rigid stylet and standard malleable stylet are equally effective for GlideScope use." Can J Anaesth 54(11): 891–896.
- Van Aken, H. (2007). Intensivmedizin. Stuttgart, Thieme.
- Vesalius, A. (1960). De humanis corporis fabrica. Bâle, F. Hoffmann-LaRoche & cie, Société anonyme.
- Vincent, R. D., et al. (2007). "Soft palate perforation during orotracheal intubation facilitated by the GlideScope videolaryngoscope." J Clin Anesth 19(8): 619–621.
- Wang, H. E., et al. (2012). "Endotracheal intubation versus supraglottic airway insertion in out-of-hospital cardiac arrest." Resuscitation 83(9): 1061-1066.
- Warner, M. E., et al. (1999). "Perianesthetic dental injuries: frequency, outcomes, and risk factors." Anesthesiology 90(5): 1302-1305.
- Wayne, M. and M. McDonnell (2010). "Comparison of traditional versus video laryngoscopy in out-of-hospital tracheal intubation." Prehosp Emerg Care 14(2): 278-282.
- Weiss, M., et al. (2001). "Teaching and supervising tracheal intubation in paediatric patients using videolaryngoscopy." Paediatr Anaesth 11(3): 343-348.
- Wiener-Rettung-Magistratsabteilung70 (Abgerufen am 23.01.2013). Die Wiener Rettung im Wandel der Zeit. <http://www.wien.gv.at/rettung/geschichte.html>, Stadt Wien.
- Yentis, S. M. and D. J. Lee (1998). "Evaluation of an improved scoring system for the grading of direct laryngoscopy." Anaesthesia 53(11): 1041-1044.
- You, J. S., et al. (2009). "The usefulness of the GlideScope video laryngoscope in the education of conventional tracheal intubation for the novice." Emerg Med J 26(2): 109–111.

7.2 Abbildungen und Tabellen

Abbildung 1 Trendelenburg, F.: Beiträge zu den Operationen an den Luftwegen.Arch. Klin. Chir. 12 (1870) 121—133	- 10 -
Abbildung 2 Sicht bei Laryngoskopie Larsen, (2009), Beatmung Grundlagen und Praxis, Seite 101 Abb.6.2b (Larsen 2009).....	- 15 -
Abbildung 3 Mallampati Klassifikation By Jmarchn (Own work) [CC-BY-SA-3.0 (http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0) or GFDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)], via Wikimedia Commons Abgerufen am 25.06.2014	- 17 -
Abbildung 4 Korrekte Lage eines Endotracheal-Tubus http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AEndotracheal_tube_colored.png ; By PhilippN [Public domain], via Wikimedia Commons Abgerufen am 03.04.2014	- 18 -
Abbildung 5 Vergleich direkter und indirekter Laryngoskopie Pirlich N, Piepho T, Gervais H, Noppens RR (2012) [Indirect laryngoscopy/video laryngoscopy : A review of devices used in emergency and intensive care medicine in Germany]. Med Klin Intensivmed Notfmed 107:521-530.....	- 19 -
Abbildung 6 Airtraq [®] Prodol Meditec©	- 22 -
Abbildung 7 McGrath [®] Series 5 Aircraft Medical ©	- 23 -
Abbildung 8 C-MAC [®] KARL STORZ GmbH ©.....	- 23 -
Abbildung 9 GlideScope [®] GVL Verathon Inc.©	- 24 -
Abbildung 10 Typischer Blick mit GlideScope [®] Verathon Inc©	- 25 -
Abbildung 11 Airway Management Trainer [®] Laerdal Medical GmbH ©.....	- 29 -
Abbildung 12 Alters- und Geschlechtsverteilung.....	- 33 -
Abbildung 13 Intubationserfolg Tubus tracheal, atraumatisch.....	- 34 -
Abbildung 14 Tubus tracheal oder endobronchial, mit Zahntrauma	- 36 -
Abbildung 15 Relativer Intubationserfolg.....	- 37 -
Abbildung 16 Benötigte Zeit pro Versuch im Mittel.....	- 39 -
Abbildung 17 Macintosh- und GlideScope [®] -Zeiten im Vergleich	- 41 -
Abbildung 18 Subjektive Intubationskompetenz	- 44 -
Abbildung 19 Modifizierte Cormack-Lehane-Klassifikation nach Yentis und Lee (Cormack and Lehane 1984, Yentis and Lee 1998) (Nach http://copilotv1.com/blog/2011/01/09/Cormack-who Abgerufen am 14.01.2013).....	- 52 -

Abbildung 20 GlideRite® Führungsstab Verathon

Inc©http://verathon.com/portals/0/Uploads/Components/GlideRite/RigidStylet_ComponentImage_01.png Abgerufen am 03.04.2014..... - 54 -

Tabelle 1 Erstversorgung Verwundeter..... - 3 -

Tabelle 2 Videolaryngoskope - 21 -

Tabelle 3 [Kill and Kratz 2010] - 27 -

Tabelle 4 Demographische Charakteristika des Probandenkollektivs..... - 33 -

Tabelle 5 Erfolg Log. Regression (Lehrvideo, Vorsichtsempfinden, Videospiel, Geschick)..... - 35 -

Tabelle 6 Gründe der Fehlintubation - 36 -

Tabelle 7 Intubationserfolg mit und ohne Berücksichtigung des Zahntraumas - 38 -

Tabelle 8 Intubationszeiten - 40 -

Tabelle 9 Zeiten nach Erfolg und Misserfolg - 40 -

Tabelle 10 Psychosoziale Daten - 42 -

Tabelle 11 Einschätzung der korrekten Tubuslage - 43 -

Tabelle 12 Subjektive Intubationskompetenz..... - 44 -

7.3 Zusammenfassung

Gegenstand: Die endotracheale Intubation ist trotz der Verfügbarkeit supraglottischer Atemwegshilfen (SGA) unverändert Goldstandard der Atemwegsicherung in der Notfallmedizin und möglicherweise bei der Reanimation den SGA überlegen (1). Allerdings erfordert die konventionelle Intubation umfassendes Training für hohe Erfolgsraten (2,3). Videolaryngoskope verbessern häufig die Intubationsbedingungen und könnten somit den Intubationserfolg selbst bei ungeübtem Personal verbessern. Die vorliegende Arbeit untersucht die Frage, ob der Einsatz der Videolaryngoskopie bei ungeübtem Personal die Erfolgsrate der Intubation erhöhen und das Auftreten möglicher Komplikationen reduzieren kann.

Methodik: Nach positivem Ethikvotum wurden 36 Rettungsassistenten in Ausbildung ohne jede Intubationserfahrung rekrutiert. Diese wurden in 2 Gruppen à 18 Personen randomisiert und entweder in der Macintosh-Intubation (Gruppe "Mac") oder der Intubation mit GlideScope® (Gruppe "GS") mittels eines Lehrvideos ohne praktisches Training instruiert. Im Anschluss absolvierte jeder Proband zehn Intubationsversuche der zugeordneten Methode an einem Intubationstrainer (AMT, Fa. Laerdal). Erfasst wurden die Erfolgsraten sowie die für den Intubationsvorgang benötigte Zeit. Als erfolgreiche Intubation wurde die intratracheale Tubuslage nach maximal 90 Sekunden definiert. Die statistische Auswertung erfolgte mittels logistischer Regression.

Ergebnisse: Es bestand kein signifikanter Unterschied bei Geschlecht oder Alter zwischen den Test Personen ($p=0.68$ and $p=0.61$). Bei den Versuchen 1-3 waren 38/54 (70%) [Mac] und 50/54 (93%) [GS] erfolgreich, bei den Versuchen 4-7 64/72 (89%) [Mac] und 72/72 (100%) [GS], bei den Versuchen 8-10 51/54 (94%) [Mac] und 52/54 (96%) [GS]. Insgesamt waren 153/180 (85%) [Mac] und 174/180 (97%) [GS] erfolgreich. Die Intubationsmethode erwies sich als signifikanter Einflussfaktor für die erfolgreiche Intubation ($p=0,002$). Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass eine ösophageale Intubation signifikant seltener in der GlideScope®-Gruppe zu beobachten war ($p<0.001$).

Schlussfolgerung: Bei ungeübtem Personal kann durch Einsatz der Videolaryngoskopie mittels GlideScope® ein signifikant höherer Intubationserfolg am Airwaytrainer erzielt werden als mittels Macintosh-Intubation. Der regelhafte Einsatz der

Videolaryngoskopie mittels GlideScope® bei der Notfallintubation durch wenig Geübte könnte vorteilhaft sein.

Literatur: (1) Wang HE et al: Resuscitation 2012,83(9):1061-6. (2) Bernhard M et al.: Acta Anaesthesiol Scand 2012;56(2):164-71. (3) Timmermann A et al.: Anesth. Analg. 2007,104(3):619-23.

7.4 Abstract

Title: Education in emergency airway management: Can pre-hospital GlideScope® videolaryngoscopy by paramedics increase intubation success rates?

Objective: Endotracheal intubation (ET) remains the gold standard for securing the airway despite the advent of supraglottic airway devices (SGA). The main contra indication to the use of SGA is the increased risk of regurgitation(1). However, conventional ET requires extensive experience to yield high success rates (2, 3). Videolaryngoscopy often improves the preconditions for ET. The objective of this study was to investigate whether the use of GlideScope® videolaryngoscopy by persons with no prior airway management experience could increase the success rate of ET and reduce the incidence of secondary injury to the patient.

Method: Following approval by the ethic commission, 36 paramedic trainees without any previous airway management experience were recruited. Trainees with previous experience were excluded. The test persons were randomly assigned to two groups: either the “Mac” group (using Macintosh intubation blades) or the “GS” group (using GlideScope® videolaryngoscopes). Each group consisted of 18 persons who were instructed by means of a teaching video. Each test person was then allowed ten intubation attempts applying the assigned method to an airway trainer (AMT, Fa. Laerdal). The primary end-point was defined as the final position of the endotracheal tube after the test person had put down the laryngoscope. A successful intubation was defined as correct insertion of the endotracheal tube into the trachea within 90 seconds. The primary end point was statistically analyzed by binary logistic regression.

Results: There was no significant age or gender difference among the test persons ($p=0.68$ and $p=0.61$). The endotracheal tube was introduced correctly into the trachea in 153 (85%) out of 180 attempts in the „MAC“ group and in 174 (97%) out of 180 attempts in the “GS” group. Intubation attempts 1-3: In the „MAC“ group 38 (70%) out of 54 attempts were successful, in the „GS“ group 50 (93%) out of 54. Intubation attempts 4-7: In the „MAC“ group 64 (89%) out of 72 attempts were successful, in the „GS“ group 72 (100%) out of 72. Intubation attempts 8-10: In the „MAC“ group 51 (94%) out of 54 attempts were successful, in the „GS“ group 52 (96%) out of 54.

Overall, the actually chosen method of intubation proved to be a significant factor influencing the success rate of ET ($p=0.002$). Furthermore, misplacement of the endotracheal tube into the oesophagus went significantly less frequently in the “GS” group compared with the “Mac” group ($p<0.001$).

Conclusion: Persons inexperienced with airway management can achieve significantly higher intubation success rates on airway trainers by using a GlideScope® videolaryngoscope compared with a conventional Macintosh laryngoscope. Hence, the routine use of GlideScope® videolaryngoscopy in an emergency setting could prove advantageous for health care professionals especially when inexperienced.

References: (1) Wang HE et al: Resuscitation 2012;83(9):1061-6. (2) Bernhard M et al.: Acta Anaesthesiol Scand 2012;56(2):164-71. (3) Timmermann A et al.: Anesth. Analg. 2007;104(3):619-23

7.5 Fragebogen

Randomisierte Studie zur Ermittlung des Lern- und Intubationserfolgs

M G

Fragebogen Nr.

Wie sicher fühlen Sie sich bei der folgenden Durchführung der Intubation? Schätzen

Sie sich bitte auf folgender Skala ein (1= Sehr unsicher; 10=sehr sicher):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Versuch Nr.	Zeit	Erfolg/Misserfolg	Zahntrauma	Ösophagus	Tiefe	Sicherheit
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Wie hilfreich empfanden Sie das Lehrvideo (1=nicht hilfreich; 10=sehr hilfreich)?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Wie sicher fühlten Sie sich bei Durchführung der Intubation? Schätzen Sie sich bitte auf folgender Skala ein (1= Sehr unsicher; 10=sehr sicher):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Geschlecht:

Alter:

Momentane Ausbildung:

Haben sie in den letzten 5 Jahren Videospiele gespielt (1=Sehr wenig; 10=Sehr viel)?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Halten sie sich für einen handwerklich geschickten Menschen (1=Trifft überhaupt nicht zu; 10=Trifft voll zu)?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Halten Sie sich insgesamt für einen vorsichtigen Menschen? Schätzen Sie sich bitte auf folgender Skala ein (1= Sehr vorsichtig; 10=Draufgängerisch/unvorsichtig):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Vielen Dank für ihre Teilnahme!!!

7.6 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren:

Marburg: Adamkiewicz, Alter, Aumüller, Bahr, Barth, Bartsch, Basler, Bauer, Baum, Baumann, Becker, Berger, Bette, Bien, Bliemel, Cetin, Czubayko, Daut, Dodel, Donner-Banzhoff, Eilers, Elfarra, Fendrich, Feuser, Fuchs-Winkelmann, Geks, Görg, Gress, Grimm, Grundmann, Grzeschik, Hadji, Hartmann, Hasilik, Hegele, Hertl, Heverhagen, Heyse, Hofmann, Hoffmann, Horn, Hoyer, Höffken, Hundt, Kalder, Kalinowski, Kann, Kanngießer, Karakas, Kill, Kim-Berger, Kircher, Klingmüller, Klose, Köhler, König, Konrad, Koolman, Krause, Krüger, Kuhlmann, Kunsch, Kühne, Kühnert, Lang, Lemke, Leonhardt, Lill, Löffler, Lohoff, Maier, Maisch, Mandrek, Mann, Michl, Moll, Moosdorf, Mueller, Müller, Mutters, Neubauer, Neumüller, Nimsky, Oertel, Pagenstecher, Pahl, Patzer, Plant, Ramaswamy, Rausch, Reese, Renz, Richter, Röhm, Ruchholtz, Schäfer, Schmidt, Schierl, Schofer, Seitz, Sekundo, Sesterhenn, Sevinc, Skwara, Sommer, Steiniger, Strauch, Strepel, Suske, Tackenberg, Timmesfeld, Teymoortash, Vogelmeier, Voigt, Wack, Wagner, Waldegger, Waldmann, Weihe, Werner, Westermann, Wilhelm, Wulf, Wündisch, Zettl, Ziring

Gießen: Dettmeyer, Schneider

Frankenberg (Eder): Cassebaum, Schmid

7.7 Danksagung

Besonders möchte ich zunächst Herrn PD Dr. Clemens Kill herzlich danken für die Überlassung des Themas, die Motivation, die Betreuung und zahlreichen Ratschläge. Zudem danke ich Herrn Dr. Tim Jäcker für die seine Unterstützung bei der Durchführung und Abfassung der Arbeit, die bei der Überwindung mancher Hürde hilfreich war.

Meinen Eltern, meiner Frau und Freunden gilt mein Dank, mich nachhaltig motiviert zu haben. Ohne deren Unterstützung wäre weder diese Arbeit noch mein Medizinstudium zu einem Ende gekommen.