

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

Die Public Access-Anwendung von extraglottischen Atemwegshilfen während der  
Laienreanimation  
Vergleich unterschiedlicher extraglottischer Atemwegshilfen am Phantom

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

Vorgelegt von

Stephanie Christine Krappitz  
aus Bonn

Mainz, 2021

Wissenschaftlicher Vorstand: -

1. Gutachter: -

2. Gutachter: -

Tag der Promotion: 12. Juli 2022

Gewidmet meiner Familie

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>6</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>8</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>9</b>
<b>1 EINLEITUNG/ZIEL DER DISSERTATION.....</b>	<b>10</b>
1.1 ZIELSTELLUNG DER ARBEIT.....	11
<b>2 LITERATURDISKUSSION.....</b>	<b>13</b>
2.1 LEITLINIEN UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUR REANIMATION.....	13
2.1.1 BASISMAßNAHMEN ZUR WIEDERBELEBUNG ERWACHSENER.....	13
2.1.2 ERWEITERTE REANIMATIONSMAßNAHMEN FÜR ERWACHSENE.....	15
2.1.3 ATEMWEGSMANAGEMENT UND BEATMUNG WÄHREND DER REANIMATION.....	17
2.2 METHODEN DES ATEMWEGSMANAGEMENTS UND DER BEATMUNG.....	19
2.2.1 PASSIVE BEATMUNG.....	19
2.2.2 MUND-ZU-MUND-/ MUND-ZU-NASE-BEATMUNG.....	20
2.2.3 BEUTEL-MASKENBEATMUNG.....	21
2.2.4 ENDOTRACHEALE INTUBATION.....	22
2.2.5 EXTRAGLOTTISCHE ATEMWEGSHILFE.....	24
2.3 AUSBILDUNGSTECHNIKEN DER ERSTEN-HILFE & HERZ-LUNGEN-WIEDERBELEBUNG.....	34
2.3.1 AKTUELLE KONZEPTE UND PROJEKTE.....	35
2.3.2 EVIDENZ ZU TRAININGSMETHODEN & IMPLEMENTIERUNG.....	37
2.3.3 PATIENTENSIMULATION.....	39
<b>3 MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>43</b>
3.1 UNTERSUCHUNGSABLAUF UND DATENERFASSUNG.....	43
3.2 STATISTIK.....	45
<b>4 ERGEBNISSE.....</b>	<b>47</b>
4.1 DESKRIPTIVE STATISTIK.....	47
4.2 PLATZIERUNGSZEITEN.....	48
4.2.1 PLATZIERUNGSZEIT DIFFERENZIERT NACH DEVICE UND MEDIZINISCHER AUSBILDUNG.....	49
4.3 ANWENDUNGSERFOLG.....	50
4.4 PLATZIERUNGSPROBLEME.....	52
4.5 BEWERTUNG DES HILFSMITTELS (SUBJEKTIVEN HANDHABUNG / BEREITSCHAFT DIE ANWENDUNG VON EGAS ZU ERLERNEN).....	54
<b>5 DISKUSSION.....</b>	<b>55</b>
<b>6 ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>64</b>
<b>8 LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>65</b>
<b>8 ANHANG.....</b>	<b>75</b>

**9 DANKSAGUNG.....77**

**10 TABELLARISCHER LEBENSLAUF ..... FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.**

## Abkürzungsverzeichnis

ACRM	anesthesia crisis resource management
AHA	American Heart Association
ALS	advanced life support
AED	Automatisch Externer Defibrillator
AWS	PENTAX Airway Scope
BDA	Bund Deutscher Anästhesisten
BAGEH	Bundesarbeitsgemeinschaft Erste Hilfe
BMV	Beutel-Masken-Beatmung
BLS	Basic Life Support
CPR	Cardiopulmonale Reanimation/ Herz-Lungen-Wiederbelebung
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie & Intensivmedizin
DL	direkte Laryngoskopie
EGA	extraglottische Atemwegshilfe
EKG	Elektrokardiogramm
EMTS	emergency medical technicians
ERC	European Resuscitation Council
ETI	Endotracheal intubation
GCS	Glasgow Coma Scale
GRC	German Resuscitation Council
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
LMA	Larynxmaske
LT	Larynxtubus
LTS-D	Larynx-Tubus Suction Disposable
MCL	Macintosh Laryngoskop
NEF	Notarzteinsatzfahrzeug
OHCA	out-of-hospital cardiac arrest
OLP	Oropharyngealer Verschlussdruck (oropharyngeal leakpressure)
OSCE	Objective Structured Clinical Examination
ROSC	return of spontaneous circulation
SBT	simulationsbasiertes Training

SGA

Supraglottische Atemwegshilfe

TAVI

transcatheter aortic valve implantation/

Transkatheter Aortenklappenimplanation

VL

Videolaryngoskopie

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - explorative Datenanalyse und Signifikanz aller getesteten EGA.....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Tabelle 2 – spezifische Probleme bei der Platzierung, differenziert nach EGA .....	53
Tabelle 3 – Aufschlüsselung i-Gel®- Studien.....	57

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - VBM – Larynx-tubus modifiziert nach <a href="https://www.vbm-medical.de/produkte/airwaymanagement/larynx-tubus-lts-d/">https://www.vbm-medical.de/produkte/airwaymanagement/larynx-tubus-lts-d/</a> .....	25
Abbildung 2: - Ambu® AuraOnce™ Einweglarynxmaske modifiziert nach <a href="https://www.ambu.de/atemwegsmanagement/larynxmasken/produkt/ambu/auraonce-disposable-laryngeal-mask">https://www.ambu.de/atemwegsmanagement/larynxmasken/produkt/ambu/auraonce-disposable-laryngeal-mask</a> .....	27
Abbildung 3 - Position der i-Gel® nach Einführung modifiziert nach <a href="https://de.intersurgical.com/info/igel">https://de.intersurgical.com/info/igel</a> .....	29
Abbildung 4 - Eigenschaften i-Gel modifiziert nach <a href="https://de.intersurgical.com/produkte/atemwegsmanagement/i-gel-supraglottische-ate">https://de.intersurgical.com/produkte/atemwegsmanagement/i-gel-supraglottische-ate</a> .....	31
Abbildung 5 - Anleitung zur Beatmung mit Larynxmaske (Schälte, et al., 2016).....	34
Abbildung 6 - medizinische Berufsausbildung der Probanden (n=146).....	47
Abbildung 7 - letzter Besuch eines Erste-Hilfe-Kurses.....	48
Abbildung 8 - Boxplot - Platzierungszeiten der EGA, differenziert nach medizinischer Ausbildung.....	50
Abbildung 9 - Anwendungserfolg pro Durchgang, differenziert nach EGA.....	51
Abbildung 10 - notwendige Lagekorrekturen, differenziert nach EGA.....	51
Abbildung 11 - Platzierungsprobleme gesamt, differenziert nach EGA.....	52
Abbildung 12 - subjektive Bewertung der jeweiligen EGA.....	54
Abbildung 13 - Beispielfragebogen zur Datenerhebung – Beispielfragebogen zur Datenerhebung.....	74

## 1 Einleitung der Dissertation

In der heutigen Moderne, einer vom medizinischen Fortschritt geprägten Zeit, gibt es in nahezu sämtlichen Bereichen der Medizin Möglichkeiten, mit vermeintlich einfachen Methoden eine Optimierung von Wirkung und Ergebnis zu erreichen. Insbesondere bei der Ersten Hilfe gibt es, trotz verpflichtender Lehrgangsteilnahmen wie z.B. beim Erwerb des Führerscheins, erhebliches Verbesserungspotential. Gerade bei der Laienreanimation zeigt sich die fehlende Übung und Erfahrung sowie die Unsicherheit der Anwender im Notfall aktiv tätig zu werden. Dies führt dazu, dass der außerklinische Herz-Kreislauf-Stillstand auch zu Beginn des 21. Jahrhunderts noch immer zu den häufigsten Todesursachen mit potentiell reversiblen Ursachen zu zählen ist (Mozaffarian et al, 2016).

In den Jahren 2014 bis 2017 betrug in Deutschland die durchschnittliche Zeit bis zum Eintreffen des ersten Rettungsfahrzeugs 6 Minuten und 40 Sekunden (Fischer, et al, 2018). Selbst ein Jahr später konnte laut dem öffentlichen Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters 2018 diese Zeit nicht verkürzt werden, sondern betrug 6 Minuten und 54 Sekunden. Bei einer Hypoxietoleranz des Gehirns von unter 5 Minuten (Hick & Hick, 1997) wird deutlich, dass alleine durch gut geschulte Rettungsdienstmitarbeiter und Notärzte keine signifikante Verbesserung des Outcomes des außerklinischen Herzstillstands erreicht werden kann. Hierzu sind die ersten Minuten nach dem Herz-Kreislauf-Stillstand zu entscheidend. Dieser Zeitraum wird jedoch situationsbedingt fast ausschließlich durch Laienhelfer oder auch Firstresponder abgedeckt, sodass an dieser Stelle am ehesten mit einer Optimierung des Wiederbelebungsprozesses zu rechnen ist. Die Überlebensrate der Patienten könnte durch die Laienreanimation verdoppelt, wenn nicht gar vervierfacht werden (Van Hoeyweghan, et al, 1993). Wie initial geschrieben gilt es also den Fokus auf die Laienreanimation zu legen und hier nach Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen, um das angesprochene Outcome erreichen zu können. Auf Grund einer erhöhten Anzahl von öffentlich wirksamen Aktionen und Kampagnen, welche durch die Regierung oder auch andere Institutionen (GRC, ERC) ins Leben gerufen wurden, konnte die Quote der Laienreanimation von 30,6 % (2014) auf 38 % (2017) gesteigert werden (Fischer, et al, 2018). Dieses Niveau liegt jedoch deutlich unter dem Wert, der in vielen anderen europäischen Nationen erreicht werden kann. Ein Vorreiter ist hierbei Schweden. Hier wurde von Stromsoe et al in einer Arbeit aus dem Jahr 2011 ein Schnitt von 63% durchgeführten Laienreanimationen nachgewiesen (Stromsoe, et al., 2011).

Es wurden bereits viele Arbeiten zu möglichen Verbesserungsansätzen publiziert und dabei herausgefunden, dass eine Implementierung von Wiederbelebungsunterricht an den Schulen als zielführend erachtet werden kann. Die praktische Schulung der Reanimation sollte jährlich wiederholt werden (wie u.a. bei Polizei und Bundeswehr), um Ängste abzubauen sowie eine

sichere Handhabung zu vermitteln und zwar unabhängig von der Lehrmethode, der personellen und der materiellen Ausstattung (Lukas, et al., 2013).

## 1.1 Zielstellung der Arbeit

Doch welches Wissen genau soll dem Laien vermittelt werden? Reicht die reine Thoraxkompression oder ist auch schon in den ersten Minuten die Beatmung von Bedeutung? Die Leitlinie des German Resuscitation Council (GRC), äußert sich in der hierzu 2015 veröffentlichten Leitlinie sehr klar: „Bei Patienten im Kreislaufstillstand sollen in jedem Fall Thoraxkompressionen durchgeführt werden. Notfallzeugen, die dazu ausgebildet und in der Lage sind, eine Atemspende durchzuführen, sollen Herzdruckmassage und Atemspende kombinieren“ (Monsieurs, et al., 2015). Auch in der aktuellen Leitlinie ist dies, wenn auch in etwas anderer Formulierung, wiederzufinden: „Beginnen Sie mit CPR bei jeder Person, die nicht reagiert bzw. nicht normal atmet. (...) Beginnen Sie mit den Thoraxkompressionen so früh wie möglich. (...) Wechseln Sie zwischen 30 Kompressionen und 2 Atemspenden. Wenn Sie nicht in der Lage sind zu beatmen, führen Sie die Thoraxkompressionen kontinuierlich durch.“ (Dirks, et al., 2021). Für die Telefonreanimation wird die Anleitung von Thoraxkompressionen ohne Beatmung empfohlen (Monsieurs, et al., 2015), (Dirks, et al., 2021). Die 2020 veröffentlichte EuReCa TWO Studie unterstreicht jedoch die Bedeutung der frühzeitigen Beatmung bei der Laien-CPR, denn hier überlebten 18 % der Patienten, wenn die Reanimation mit Beatmungen durchgeführt wurde gegenüber 14% mit alleinigen Thoraxkompressionen. In der Vergangenheit wurde vermehrt geprüft, warum Laienhelfer vor der Reanimation zurückschrecken. Hierfür gibt es eine Vielzahl an Gründen. So werden Ekel und Angst vor Infektionserkrankungen, Panik oder auch Angst etwas falsch zu machen genannt (Swor, et al., 2006). Gerade diese Angst bezüglich der Beatmung zu nehmen, könnte in Zukunft durch extraglottische Atemwegshilfen (EGA) erreicht werden, da diese in der Regel einfach zu platzieren sind. Auch den positiven Aspekt des Infektionsschutzes und die Vermeidung von Ekel würde somit abgedeckt werden, da kein direkter Mund zu Mund oder Mund zu Nase Kontakt mehr notwendig ist.

Welche der verschiedenen auf dem Markt erhältlichen EGAs hierzu am besten geeignet sind, ist Gegenstand dieser Arbeit.

Als Hauptfragestellung wurde die Zeit bis zur ersten suffizienten Beatmung gewertet. In den Nebenfragestellungen wurde weiterhin geprüft, ob bestimmte Probleme bei einer EGA besonders häufig oder besonders selten auftraten, um schlussendlich eine Aussage darüber

machen zu können, ob der Einsatz von EGAs bei der Laienreanimation lohnenswert ist und wenn ja, welche der drei Untersuchungsobjekte bevorzugt werden sollte.

## 2 Literaturdiskussion

### 2.1 Leitlinien und Handlungsempfehlungen zur Reanimation

Die letzte Aktualisierung der Leitlinien zur Reanimation des European Resuscitation Council, basierend auf dem ILCOR (International Liaison Committee on Resuscitation) Consensus on Science and Treatment Recommendations, erfolgte erst im März 2021 und hat daher erst seit Kurzem seine Gültigkeit. Die Leitlinie 2021 löst damit jene von 2015 ab. Die zentralen Aussagen der Leitlinie haben sich hierbei im Großen und Ganzen nicht geändert. Aussagen und Handlungsempfehlungen wurden mit mehr Evidenz hinterlegt, einige Bereiche mehr in den Fokus gerückt und die Optik geändert. So wird verstärkt auf Konzepte und Systeme eingegangen, die die Einbindung der Bevölkerung und die Bedeutung der Laienreanimation hervorheben. „Leben Retten“ auf Social Media und Smart-Phone Apps, die Telefonreanimation sowie die Ausbildung werden weiter konkretisiert bzw. mehr in den Fokus gestellt/gerückt. Auch die Optik ist nun gekennzeichnet durch fünf wichtige Fakten pro Kapitel, um schnell die relevanten Inhalte zu erfassen. Die fünf Kernaussagen für den Bereich „Systeme, die Leben retten“ sind: „Bewusstsein der Laienreanimation und des Defibrillators erhöhen“, „Technologie nutzen, um Communities einzubinden“, „Kids Save Lives“, „Cardiac Arrest Zentren“ und die „Telefonreanimation“.

Es gilt nach wie vor: „Fest und schnell drücken, ohne Pausen, Beatmen, wenn möglich auch durch Laien,...“(Dirks, et al., 2021).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Leitlinie 2021 sehr plakativ gestaltet ist und in Bezug auf Optik und Einprägsamkeit große Schwerpunkte setzt. Die Leitlinie aus dem Jahr 2015 geht weiter in die Tiefe. Für diese Arbeit werden daher beide Leitlinien zitiert.

In beiden Leitlinien wird von der sogenannten Überlebenskette gesprochen, die sich aus vier einzelnen Gliedern zusammensetzt und damit die wichtigen Schritte der Reanimation zusammenfasst.

#### 2.1.1 Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener

Das erste Glied der Überlebenskette bezieht sich auf das frühe Erkennen des Herz-Kreislauf-Stillstandes und des Absetzens des Notrufs. Der Rettungsdienst bzw. das Eintreffen des ersten Rettungsfahrzeugs betrug nach Daten des Deutschen Reanimationsregisters der Jahre 2014-2017 im Mittel 6 Minuten 40 Sekunden. Dies ist genau der Zeitraum, der durch den Ersthelfer/Notfallzeugen überbrückt werden muss (Fischer, et al, 2018). Dabei wird der Interaktion zwischen Leitstelle und Notfallzeugen eine besondere Bedeutung beigemessen. Der

Leitstellendisponent sollte, wenn möglich, frühzeitig zur Telefonreanimation anleiten sowie den nächsten AED lokalisieren. Dies ist jedoch nur möglich, wenn der Notfallzeuge entsprechend geschult ist und den Zustand des kollabierten Patienten beurteilen kann. Zur Feststellung der Notwendigkeit der Herz-Lungen-Wiederbelebung (CPR) wird die Atmung und die Reaktion des Patienten herangezogen. Ist beides nicht vorhanden, muss unverzüglich mit der CPR begonnen werden.

Dies leitet über zum nächsten Kettenglied, nämlich der frühen Wiederbelebung durch den Notfallzeugen. Hierbei wird besonderes Augenmerk auf die Thoraxkompressionen gelegt. Bei einem Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand sollte man sich in jedem Fall für eine hochwertige Thoraxkompression entscheiden. Dabei ist sowohl auf die ausreichende Drucktiefe (5-6cm) als auch auf die vollständige Entlastung zu achten. Die Frequenz bleibt dabei stets bei 100- 120 Kompressionen pro Minute. Die Thoraxkompressionen sollen nur minimal unterbrochen werden, um z.B. die Atemspende von 1s durchzuführen. Das Verhältnis von Thoraxkompression zu Atemspende bleibt beim Erwachsenen auch weiterhin im Verhältnis 30:2. Es wird auch weiterhin für einen, in der CPR geübten, Laien empfohlen, Thoraxkompressionen und Atemspenden durchzuführen, da „wir nicht davon überzeugt sind, dass eine Wiederbelebung alleine durch Thoraxkompressionen einer Standardwiederbelebung gleichwertig ist,...“, auch wenn es hierzu Studien mit niedriger Evidenz gibt, die eine andere Vorgehensweise, nämlich die Reanimation ohne Beatmung, als gleichwertig zur Reanimation mit Beatmung sehen (Holmberg, et al.,2001), (Ho, et al., 2018). Handelt es sich hingegen um einen unausgebildeten Helfer, wird der Leitstellendisponent nur zur Herzdruckmassage anleiten.

Teil drei der Überlebenskette zeichnet sich durch eine frühe Defibrillation aus. So konnte in Studien nachgewiesen werden, dass bei einer frühzeitigen Defibrillation die Überlebensrate deutlich erhöht wird (Blom, et al., 2014). Zur Defibrillation besteht prinzipiell die Möglichkeit dies mit einem manuellen Defibrillator, einem halbautomatischen oder automatischen Defibrillator durchzuführen. Ärzte verwenden den manuellen Defibrillator, da hierbei der EKG-Rhythmus durch den Anwender analysiert und entsprechend des angezeigten Rhythmus gehandelt werden muss. Dies ist allerdings eine medizinische Leistung, die vom Laien nicht erwartet werden kann. Für diese Helfer gibt es den AED (Automatisierter Externer Defibrillator), der vieler Orts an öffentlichen Plätzen oder auch hausintern durch Bund, Kommunen und andere Träger installiert wurde. Dieser gleicht nach Aufkleben der Klebeelektroden („Pads“) den beim Patienten vorhanden EKG-Rhythmus mit einer Reihe an eingespeicherten Rhythmen ab und erkennt darüber hinaus, ob eine Defibrillation notwendig ist. Die für die Schockgabe notwendige Energie wird durch den AED ermittelt und bereitgestellt. Auch wenn der Name AED ein

komplett automatisiertes Handeln suggeriert, so sind die in Deutschland verwendeten AEDs lediglich halbautomatisierte Defibrillatoren, da die Schockabgabe durch das Drücken einer Schocktaste weiterhin durch den Ersthelfer erfolgen muss und nicht automatisch erfolgt.

Der in der Überlebenskette enthaltene BLS-AED-Algorithmus setzt sich also wie folgt zusammen:

Zeigt der Patient keine Reaktion und keine normale Atmung, ist unverzüglich der Notruf abzusetzen, dann mit 30 Thoraxkompressionen zu beginnen, gefolgt von 2 Beatmungen. Dies ist zu wiederholen, bis Hilfe eintrifft, immer im Verhältnis 30:2, oder ein AED vorhanden ist. Dann folgt das schnelle Einschalten des Geräts und das Folgen der Anweisung des Defibrillators.

Zu den frühen erweiterten Maßnahmen und damit zum vierten Glied der Überlebenskette zählen unter anderem das Atemwegsmanagement, die Medikamentengabe und die Behandlung der reversiblen Ursachen des Herzkreislaufstillstands: Hypoxie, Hypovolämie, Hypo- oder Hyperkaliämie, Hypo- oder Hyperthermie, Herzbeuteltamponade, Intoxikation, Thrombose (kardial oder pulmonal) und Spannungspneumothorax. Die Durchführung dieser Maßnahmen wird von professionellen Helfern, also präklinisch von Notarzt und Rettungsdienstpersonal, erwartet. Des Weiteren wird auch für professionelle Helfer die Durchführung von suffizienten Basismaßnahmen wie u.a. Einhalten einer guten Kompressionstiefe und -frequenz, Nutzung der richtigen Handposition sowie eine möglichst geringe No-Flow-Zeit betont.

Zusätzlich werden nun unter einem eigenen Absatz die Postreanimationsmaßnahmen zusammengefasst. So wird die Wichtigkeit der Herzkatheteruntersuchung und des Transports zu einem Cardiac Arrest Zentrum nach außerklinischer Reanimation hervorgehoben, das Temperaturmanagement mit mehreren Optionen dargestellt, die multimodale Prognoseerstellung und die Rehabilitation bei überlebter CPR thematisiert sowie gegebenenfalls der Abbruch der Lebenserhaltenden Therapie und die Organspende (Dirks, et al., 2021).

## 2.1.2 Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene

Unter den „erweiterten Maßnahmen“ werden eine Reihe von zusätzlichen Maßnahmen und Informationen verstanden, die im Rahmen der Reanimation ihre Anwendung finden oder der Erläuterung bereits bekannter Maßnahmen dienen. So wird innerhalb der Leitlinie u.a. auf folgende Punkte eingegangen: Die Prävention des innerklinischen und außerklinischen Kreislaufstillstands, die Behandlung des innerklinischen Kreislaufstillstands und die präklinische Reanimation/ der Kreislaufstillstand außerhalb des Krankenhauses, der Algorithmus zur

Advanced-Life-Support-Behandlung oder auch das Atemwegsmanagement und die Beatmung.

Als Ergänzung wird bei der präklinischen Reanimation darauf eingegangen, dass zum einen die Anwendung und Beschaffung eines Defibrillators die Reanimation nicht verzögern darf, zum anderen, dass beim Vorhandensein eines Defibrillators dieser auch schnellstmöglich zum Einsatz kommen sollte.

Der Unterpunkt „Algorithmus zur Advanced Life Support Behandlung“ hingegen wird in der Leitlinie sehr ausführlich behandelt, wobei Herzkreislaufstillstände mit einer besonderen Ursache und die damit verbundenen abweichenden Verhaltensweisen zusätzlich thematisiert werden.

Neben der genauen Erklärung des Algorithmus wird immer wieder die Wichtigkeit der Basismaßnahmen angesprochen, da Studien gezeigt haben, dass diese einen Überlebensvorteil bringen. ALS hingegen führt insgesamt zwar zu einer Steigerung der ROSC-Quote, aber nicht mit einem besseren funktionellen Outcome (Kurz, et al., 2018). Am ALS Algorithmus wird dennoch weiterhin festgehalten, auch wenn einige Maßnahmen insgesamt von sekundärer Bedeutung zu sein scheinen.

Der ALS-Algorithmus unterscheidet sich initial nicht von den Basismaßnahmen, auch hier wird der Patient auf eine normale Reaktion und eine normale Atmung hin untersucht. Ist beides nicht vorhanden, so folgt als nächstes die CPR im Verhältnis von 30:2 Thoraxkompressionen zu Beatmungen. Im Anschluss jedoch wird nicht ein AED genutzt, um den EKG-Rhythmus zu analysieren, sondern ein manueller Defibrillator. Der professionelle Helfer entscheidet nun, ob ein defibrillierbarer Rhythmus vorliegt oder nicht und handelt entsprechend.

Erst wenn diese Maßnahmen suffizient angewendet werden, sollte unter anderem an ein erweitertes Atemwegsmanagement gedacht werden. Hier wird die endotracheale Intubation weiterhin als Goldstandard für den professionellen Helfer beschrieben, wenn dieser in der Technik gut ausgebildet und in der Anwendung erfahren ist. Die Thoraxkompressionen dürfen zur Intubation maximal für einen Zeitraum von fünf Sekunden unterbrochen werden. Sollte die Intubation nicht möglich sein, kann diese nach Aussage des GRC auch auf den Zeitpunkt nach dem ROSC verschoben werden. Bei erfolgreicher Intubation ist nun ein Wechsel des 30:2-Algorithmus vorgesehen. Die Beatmung wird nun kontinuierlich mit einer Frequenz von 10 Beatmungen pro Minute durchgeführt. Die Thoraxkompressionen erfolgen ebenfalls ohne Pause, allerdings weiterhin mit einer Frequenz von 100-120/min. Sollten keine in der endotrachealen Intubation erfahrenen Helfer zur Verfügung stehen, kann stattdessen eine extraglottische Atemwegshilfe z.B. Larynx-tubus, Larynxmaske oder i-Gel®-Larynxmaske zum Einsatz kommen. Bei korrekter Platzierung und möglicher Beatmung wird der gleiche

Algorithmus angewendet wie bei der endotrachealen Intubation. Nur wenn die EGA eine starke Undichtigkeit aufweist, bleibt der Algorithmus bei 30:2.

Sowohl für BLS als auch ALS gilt neueren Studien zufolge, dass die Reanimation beendet werden soll, wenn kein Spontankreislauf wiederhergestellt werden kann (return of spontaneous circulation; ROSC), kein elektrischer Schock gegeben werden muss und es kein durch den Rettungsdienst beobachteter Herzkreislaufstillstand war (Morrison, et al.; 2009).

Sollte dies der Fall sein und es zum Kreislauftod gekommen sein, wird noch kurz die unkontrollierte Organspende bei etablierten Strukturen und die Nachbesprechung der Rettungskräfte thematisiert. (Dirks, et al.,2021)

### 2.1.3 Atemwegsmanagement und Beatmung während der Reanimation

Insgesamt gibt es eine Vielzahl an möglichen Methoden für das Atemwegsmanagement während der Reanimation, abhängig von der Phase der Reanimation, den Patientenfaktoren und den Fertigkeiten des Helfers. Das ILCOR empfiehlt zur Beatmung während der Reanimation entweder eine Beutel-Masken-Beatmung oder eine invasive Atemwegssicherung. Zu Letzterer zählen die EGA oder die endotracheale Intubation (Callaway, et al., 2015). In der Praxis kommen während einer CPR schrittweise verschiedenste Methoden zur Anwendung. So könnte im Rahmen des BLS initial eine Reanimation mit Thoraxkompressionen stattfinden, welche durch eine Mund-zu-Mund Beatmung supplementiert wird. Im Rahmen des ALS würde auch eine Beutel-Masken-Beatmung folgen (bis das Material für das erweiterte Atemwegsmanagement vorbereitet ist), um dann in eine Beatmung mittels extraglottischer Atemwegshilfe oder Endotrachealtubus überzugehen. Spätestens im Rahmen des ROSC schließt sich häufig eine endotracheale Intubation aufgrund weiterhin vorhandener Bewusstlosigkeit bzw. einer niedrigen GCS (Glasgow Coma Scale) (Deakin, et al.,2018) an. Sie ermöglicht daraufhin einen kontrollierten Transport und die weitere Versorgung im Herzkatheterlabor oder auf einer Intensivstation (Newell, et al.,2018).

Das optimale Atemwegsmanagement während des out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) ist allerdings bis heute nicht geklärt. In der neuen Leitlinie des GRC aus dem Jahr 2021 werden zu den Atemwegen und zur Beatmung nur zwei Aussagen getroffen. Zum einen wird gefordert, dass mit dem Basismanagement der Beatmung begonnen werden und diese dann schrittweise intensiviert werden soll. Zum anderen sind erweiterte Atemwegstechniken nur durch einen Ersthelfer durchzuführen, der mit einer großen Wahrscheinlichkeit einen Intubationserfolg verzeichnen kann. Als Intubationserfolg ist dabei eine große

Intubationserfahrung, die bei zwei Intubationsversuchen einen Erfolg von über 95% verspricht, zu sehen (Dirks, et al., 2021).

Die meisten Leitlinien und Empfehlungen basieren auf Beobachtungsstudien, Registeranalysen und Expertenconsensus. So gibt es insgesamt eine zunehmende Anzahl an Studien, die die unterschiedlichsten Formen des Atemwegsmanagements miteinander vergleichen und dabei ebenfalls zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Häufig werden hierbei BLS mit ALS Methoden verglichen, allerdings mit verschiedenen Endpunkten, um die Frage zu erörtern, ob ein erweitertes Atemwegsmanagement in Bezug auf die suffiziente Oxygenierung notwendig ist. Eine Meta-Analyse aus dem Jahr 2014 zeigt hier ein schlechteres Überleben von Patienten, bei denen ALS-Atemwegsmanagement angewendet wurde, im Gegensatz zu BLS. Die Autoren mutmaßen allerdings ein Bias aufgrund der Indikationsstellung zur Anwendung von ALS-Maßnahmen (Fouche, et al., 2014). Zwei Jahre später wurden in einer Arbeit einer Arbeitsgruppe aus Korea ebenfalls BLS-Maßnahmen und ALS-Maßnahmen miteinander verglichen, im Speziellen die Maskenbeatmung mit der endotrachealen Intubation bzw. der Anwendung einer extraglottischen Atemwegshilfe. Als Hauptfragestellung wurde das neurologische Outcome gewählt und dabei mit einer OR von 1405 in der Gruppe der endotrachealen Intubation ein signifikant besseres neurologisches Outcome in der koreanischen Bevölkerung nachgewiesen (Kang, et al., 2016). Zum gleichen Ergebnis kommt auch eine Studie aus dem Jahr 2018, ebenfalls aus dem asiatischen Raum. Hier wurde der Effekt einer erfolgreichen Intubation außerhalb des Krankenhauses auf das Patientenoutcome nach OHCA in Taipei evaluiert. Das Eintreten des ROSC (aOR 1,91), Überleben bis zur Entlassung (aOR 1,98) sowie das neurologische Outcome (aOR 1,44) waren nach Intubation über alle Subgruppen hinweg deutlich besser (Chiang, et al., 2018). Dies widerspricht den Daten von Kurz et al ebenfalls aus dem 2018. (Kurz, et al., 2018)

Neben dem Vergleich der Beatmungsmaßnahmen des BLS und des ALS gibt es einige Untersuchungen innerhalb des Atemwegsmanagements des Advanced Life Support. Ältere Daten einer Metaanalyse aus dem Jahr 2015 belegen hierbei einen signifikanten Unterschied zwischen der EGA und der endotrachealen Intubation (ETI) im Hinblick auf ein Erreichen des ROSC, ein Überleben bis zur Krankenhauseinweisung und ein Gesamtüberleben ohne neurologische Defizite für die ETI. Die sich hieraus ableitende Empfehlung wäre also eine Bevorzugung der Intubation, auch wenn die genauen Hintergründe für diese Empfehlung in der Studie nur vermutet werden können. Die Autoren nennen folgende mögliche Nachteile/Komplikationen einer EGA gegenüber einer ETI: Aspiration, Pneumothorax, obere Atemwegsblutungen, Verletzungen des Ösophagus, oropharyngeale Leckagen, subkutane Emphyseme, Zungenödeme, Trachealverletzungen und das Mediastinalemphysem.

Außerdem sei der Atemweg nach Einlage einer EGA nicht sicher, da das Device immer noch verrutschen könne. Diese seien trotz der komplizierteren Einlage eines Endotrachealtubus mögliche Gründe für das schlechte Outcome bei Patienten mit einer EGA-Versorgung. (Benoit, et al., 2015)

Eine weitere große Studie, die hierzu durchgeführt wurde, ist der „AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial“. Diese Multicenter Studie aus England wurde von 2015-2017 durchgeführt und endete mit den notwendigen Nachuntersuchungen 2018. Hierbei wurden insgesamt 9296 Patienten eingeschlossen. Trotz dieser hohen Fallzahl konnte kein signifikanter Unterschied im Outcome (nach 30 Tagen oder bei der Entlassung) bezüglich des Einflusses der Methode zur Atemwegssicherung (extraglottische Atemwegshilfe oder endotracheale Intubation) festgestellt werden. Auch bei der Rate an Aufstoßen und Aspirationen gab es keinen signifikanten Unterschied (Benger, et al., 2018). Eine weitere Metaanalyse, ebenfalls aus 2018, bestätigt die AIRWAYS-2 Ergebnisse. Hier gab es ebenfalls keinen signifikanten Unterschied bei Überleben und neurologischem Outcome, auch wenn eine signifikante Zunahme an ROSC bei der Intubation verzeichnet wurde. Nach dieser Metaanalyse bringt die Intubation möglicherweise nur während der Nutzung von mechanischen Thoraxkompressionensystemen einen Überlebensvorteil. (White, et al., 2018)

## 2.2 Methoden des Atemwegsmanagements und der Beatmung

Wie bereits erwähnt gibt es eine Vielzahl an Methoden zur Atemwegssicherung, die während der Reanimation angewandt werden können. Keine dieser Methoden kann für alle außerhalb des Krankenhauses möglichen Situationen als Goldstandard bezeichnet werden, auch wenn insgesamt weiterhin sowohl in der Anästhesie als auch im Rettungsdienst die endotracheale Intubation als Goldstandard des Atemwegsmanagements für Fachpersonal angestrebt werden sollte (Timmermann, et al., 2019).

### 2.2.1 Passive Beatmung

Diese Methode der Beatmung wird in den europäischen oder deutschen Leitlinien nicht beschrieben und soll hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt werden. In der 2015 veröffentlichten Leitlinie der American Heart Association (AHA) wird im Rahmen einer Aktualisierung zur Beatmung eine Studie vorgestellt, die passive Beatmung mittels eines Oropharynealtubus (Guedel Tubus) und high-flow Sauerstoff Applikation über eine Gesichtsmaske im Rahmen der Reanimation im Vergleich zur reinen Beutel-Masken-Beatmung untersuchte. Diese Methode der Beatmung soll mit einem verbesserten Überleben

sowie einem günstigen neurologischem Outcome assoziiert sein. Bei der Studie wurden nur beobachtete Herzstillstände mit Kammerflimmern oder einer Pulslosen Ventrikularen Tachykardie eingeschlossen, sodass hier fraglich bleibt, ob das bessere Outcome wirklich auf diese passive Beatmung zurückzuführen ist oder auf eine möglicherweise verringerte No-Flow Time, da die Beatmung nicht im Vordergrund der CPR stand. (Bobrow, et al., 2009) Die AHA empfiehlt keine standardmäßige Durchführung dieses Verfahrens. Nur Rettungsdienst Systeme, die diese Technik bereits nutzen, könnten dies in Ausnahmefällen weiterhin anwenden (Kleinmann, et al., 2015).

## 2.2.2 Mund-zu-Mund-/ Mund-zu-Nase-Beatmung

Die Mund-zu-Mund-/ Mund-zu-Nase-Beatmung ist die einfachste zur Verfügung stehende Beatmung, sowohl für den Laienhelfer als auch für das Fachpersonal, da diese immer verfügbar ist. Diese wird jedoch häufig nicht durchgeführt, da überhaupt die Laienreanimation nur in 38 Prozent der Fälle durchgeführt wird. Zu den Gründen hierfür gibt es unterschiedliche Aussagen und Studien. Insgesamt konnten zwei Studien identifiziert werden, die sich hiermit befassen. Für eine Studie aus dem Jahr 1995 wurden Fragebögen an die Verteilerliste des University Heart Center in Tucson verschickt, also an Probanden ohne aktuelle Realerfahrung und stellten diesen Verhaltensfragen zu vorgegebenen Szenarios. Dabei zeigte sich, dass 82% starke und mäßige Bedenken in Bezug auf die Krankheitsübertragung hatten (Locke, et al., 1995). Die Studie von Swor et al aus dem Jahr 2006, bei der Laien zu der von ihnen durchgeführten Reanimationen befragt wurden, widerspricht diesen Daten. Hier sind nicht wie angenommen Ekel (1,4%) oder Angst vor Infektionen der Grund (0%), dass die Mund-zu-Mund-Beatmung nicht durchgeführt wird, sondern Panik (37,5%), die Angst bei der Reanimation etwas falsch zu machen (9,1%) oder die Angst den Patienten zu verletzen (1,1%). Lediglich 1,1% der Befragten verweigerten grundsätzlich die Mund-zu-Mund-Beatmung. (Swor, et al., 2006) Dies zeigt, dass die Mund-zu-Mund-Beatmung weiterhin gelehrt und stärker trainiert werden sollte, wie insgesamt die Reanimation.

Ob diese Bewertung insbesondere nach der Corona-Pandemie so bestehen bleibt ist fraglich. Möglicherweise wird der Ekel und die Angst vor Infektionen wieder steigen. Dies müsste allerdings noch durch Studien belegt werden.

In der GRC Leitlinie wird die Mund-zu-Mund Beatmung im BLS-Algorithmus für trainierte Laien empfohlen, für Untrainierte werden nur Thoraxkompressionen empfohlen. Auch im ALS Algorithmus findet sich die Mund-zu-Mund-Beatmung nur wieder, wenn keine Atemwegshilfen oder Beatmungsgeräte zur Verfügung stehen.

Unabhängig vom BLS oder ALS Algorithmus sind nach 30 Thoraxkompressionen zwei Beatmungen vorgesehen, jeweils mit einer maximalen Dauer von 1 Sekunde. Dabei ist der Hals zu überstrecken und das Kinn während der Beatmung angehoben zu halten. Der Laienhelfer soll bei der Durchführung der Atemspende normal einatmen und auf eine gute Abdichtung um den Mund sowie das Zusammendrücken der Nasenflügel achten. Findet hingegen eine Mund-zu-Nasen-Beatmung statt ist dies andersherum zu beachten, eine gute Abdichtung der Nase und ein geschlossen halten des Mundes. Sofern sich dabei der Brustkorb hebt und senkt wird dies als effektive Beatmung bezeichnet.

### 2.2.3 Beutel-Maskenbeatmung

Eine weitere Beatmungsmöglichkeit, bei der nun auch Hilfsmittel notwendig sind, ist die Beutel-Maskenbeatmung (BMV). Die einfachste Variante der Maskenbeatmung ist die Verwendung einer Taschenmaske. Diese werden von verschiedenen Herstellern angeboten und können nicht nur für eine Mund-zu-Mund-Beatmung verwendet werden, um das Gesicht des Patienten nicht direkt berühren zu müssen, sondern haben zum großen Teil auch einen Anschluss für einen Beatmungsbeutel.

Die eigentliche Maske bei der Beutel-Maskenbeatmung bezieht sich allerdings auf die Verwendung einer Gesichtsmaske in Kombination mit einem Beatmungsbeutel, der auch je nach Verfügbarkeit an eine Sauerstoffflasche angeschlossen werden kann, um eine Beatmung mit 100 % Sauerstoff zu ermöglichen. Sowohl Taschen- als auch Gesichtsmaske können nach Leitlinie um eine orale Atemwegshilfe wie den Guedeltubus ergänzt werden, um den Atemweg offen zu halten und so eine bessere, möglicherweise effizientere Beatmung zu ermöglichen.

In einer Studie aus dem Jahr 2017 wurde die Anwendung eines Larynxtubus (LT) mit der Beutelmaskenbeatmung durch nicht-ärztliches Rettungsdienstpersonal miteinander verglichen. Dabei wurde festgestellt, dass emergency medical technicians (EMTs) (dt. Rettungssanitäter) im Training den Larynxtubus bevorzugen, es allerdings bei der Anwendung im Ernstfall keinen Unterschied in Wirksamkeit und Beatmungssicherheit oder Outcome gab. (Fiala, et al., 2017) Fiala et al rechtfertigen damit die weitere Unterrichtung der Beutelmaskenbeatmung während der Ausbildung zum Rettungssanitäter. Diese Studie verdeutlicht beziehungsweise unterstreicht die Wichtigkeit der Beatmung an sich und nicht das gewählte Mittel.

Die Maskenbeatmung wird präklinisch häufig durchgeführt, ist jedoch durch klinische Unerfahrenheit sowie mangelndes Training bei Notärzten und Rettungsdienstpersonal oft insuffizient (Timmermann, et al., 2019). Die fehlerhafte Durchführung führt zum häufig

angeführten Nachteil der Beutel-Masken-Beatmung, der Aspiration (Stone, et al., 1998). Dies ist unter anderem die Begründung dafür, schnellstmöglich auf einen gesicherten Atemweg während der CPR umzuschwenken. Lupton et al konnten dies in einer im Jahr 2020 veröffentlichten Studie jedoch widerlegen. Die Aspirationsraten bei ETI sowie Beutelmaskenbeatmung waren hier ähnlich. (Lupton, et al., 2020)

#### 2.2.4 Endotracheale Intubation

Wie bereits erwähnt gilt auch nach der aktuellen Leitlinie für das präklinische Atemwegsmanagement die endotracheale Intubation weiterhin als Goldstandard zur invasiven Sicherung des Atemwegs. Die ETI sollte allerdings nur durch den geübten Anwender durchgeführt werden. Um als „geübt“ für eine präklinische Intubation zu gelten sollten mindestens 100 ETI unter Anleitung und 10 Wiederholungen pro Jahr durchgeführt worden sein. (Timmermann, et al., 2019). Vergleicht man dies mit den Kriterien der Bundesländer in Deutschland für die Fachkunde Rettungsmedizin oder auch der Zusatzbezeichnung Notfallmedizin, so wird deutlich, dass diese Anforderungen hier nicht verlangt werden und diese zudem außer durch in der Anästhesie tätige Ärzte nicht erreicht werden. In einer Metaanalyse von Lossius et al wird ebenfalls darauf hingewiesen, dass sich das Rettungsdienstpersonal aufgrund mangelnder Übung und damit auch schlechteren Erfolgsquoten gegenüber Ärzten während der präklinischen Intubation, insbesondere wenn Muskelrelaxantien angewendet oder eine RSI durchgeführt wird, frühzeitig über andere Möglichkeiten des Airwaymanagements informieren und diese anwenden sollte (Lossius, et al., 2012). Dennoch bietet die ETI einige potentielle Vorteile gegenüber anderen Formen der Atemwegssicherung. Die ETI bietet die Möglichkeit zur Applikation von höheren inspiratorischen und positiven endexpiratorischen Beatmungsdrücken, weist regelhaft eine niedrigere Leckage auf, resultiert in einer geringeren Insufflation von Luft in den Magen, bietet die Möglichkeit zur trachealen und bronchialen Absaugung sowie einen effektiven Aspirationsschutz. Sie wird daher häufig auch von Personal mit weniger Erfahrung, während der CPR angewandt, obwohl selbst erfahrene, als Notarzt tätige Anästhesisten 15% der prähospitalen ETI als schwierig einstufen und damit die Wahrscheinlichkeit von Komplikationen, während der ETI steigt (Timmermann, et al., 2019). Sollten sogar mehrere Versuche für die Intubation benötigt werden, sinkt die Chance für die Wiederherstellung des ROSC (Kim J. , et al., 2014). Der ERC schreibt, dass die Intubation nicht zur Verzögerung der anderen Reanimationsmaßnahmen, wie der Defibrillation oder der Thoraxkompressionen, führen darf. Eine Unterbrechung der Thoraxkompression von maximal

5 Sekunden ist tolerabel, besser wäre es jedoch, die Thoraxkompressionen überhaupt nicht zu unterbrechen und währenddessen zu laryngoskopieren und zu intubieren.

Über die Jahre hinweg bleibt die Studienlage dennoch sehr kontrovers. Wie bereits in vorherigen Abschnitten erwähnt, gibt es Studien, die belegen, dass eine Intubation besser sei als eine EGA (McMullan, et al., 2014), (Benoit, et al., 2015), (Bernhard, et al., 2018), (Sulzgruber, et al., 2018), (Piegeler, et al., 2016). Diese Studien bilden den größten Anteil und wurden auch in der Leitlinie für präklinisches Atemwegsmanagement mit als Grundlage für die Empfehlung zur präklinischen Intubation herangezogen. Es mehren sich allerdings auch die Studien, die genau das Gegenteil belegen. So die bereits erwähnte AIRWAYS-2 Studie oder eine Studie von Wang et al. ebenfalls aus dem Jahr 2018 (Wang, et al., 2018).

Welcher Fakt allerdings auf jeden Fall bleibt, ist, dass das Outcome des Patienten mit zunehmenden Intubationsversuchen schlechter wird (Kim, et al., 2014) und daher auch Alternativen erwogen werden müssen, um den Atemweg zu sichern und Beatmungen während der Reanimation durchzuführen.

Eine mögliche Abhilfe für das Problem des Fehlintubierens könnte die Videolaryngoskopie (VL) sein. Hierzu sind bis 2018 32 Studien veröffentlicht worden, wie Arulkumaran et al in ihrer Metaanalyse zeigen. In den folgenden Jahren kamen lediglich zwei dazu, die die präklinische Videolaryngoskopie untersuchten. Nach Analyse der 32 Studien mit 15.064 Notfallintubationen kamen die Autoren zu folgenden Ergebnissen: Im Intensivbereich unterschied sich die Rate der erfolgreichen First-Pass-Intubation signifikant zwischen der VL und der direkten Laryngoskopie (DL). In der Notaufnahme und präklinisch gab es keine signifikanten Unterschiede, ebenso wenig wie bei Trauma oder Reanimation. Bei Ungeübten oder Berufsanfängern war die Rate an erfolgreichen Intubationen mit einem Videolaryngoskop deutlich erhöht (OR 1,95;  $P < 0,001$ ), dies legte sich wiederum bei erfahrenen Kollegen. Zudem kam es zu deutlich weniger Fehlintubation in den Ösophagus. (Arulkumaran, et al., 2018) Die Vorteile, die die VL bietet, wurden bereits in der Leitlinie Präklinisches Atemwegsmanagement als ausschlaggebend bewertet, um präklinisch eine Videolaryngoskopie anstelle der direkten Laryngoskopie zu empfehlen (Timmermann, et al., 2019). In Rheinland-Pfalz beispielsweise ist jedes Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) mit einem Videolaryngoskop ausgestattet. Die Wahl des Herstellers und des Modells bleibt hierbei den Leistungserbringern im Rettungsdienst überlassen, da hier keine eindeutige wissenschaftliche Empfehlung für ein Modell gegeben werden kann (Cavus, et al., 2018) und häufig wirtschaftliche Überlegungen den Ausschlag geben.

## 2.2.5 Extraglottische Atemwegshilfe

Unter dem Begriff der extraglottischen Atemwegshilfen, häufig auch supraglottische Atemwegshilfen (SGA) genannt, versteht man alle Ventilationshilfen, die proximal der Epiglottis, im Hypopharynx platziert werden können, um so eine Beatmung zu ermöglichen. Sie werden mittlerweile sowohl innerklinisch als auch präklinisch eingesetzt. Hierbei können zwei große Gruppen unterscheiden werden: zum einen die Larynx tuben und zum anderen die Larynxmasken. Beide können in eine erste, zweite und dritte Generation unterteilt werden, wobei sich bei der zweiten Generation eine zusätzliche Möglichkeit zur Einlage einer Magensonde bzw. eine Absaugmöglichkeit findet. Dies ist von großer Wichtigkeit, da die Magenüberblähung ein mögliches Problem bei der Beatmung mit EGAs darstellt, welches in Folge die suffiziente Beatmung verhindert. Die Aspiration von saurem Mageninhalt kann zu einem Mendelson-Syndrom führen und lebensbedrohlich sein (Schalk, et al., 2014). Diese Komplikation kann durch die Verwendung von EGA der zweiten Generation reduziert werden. Bei der dritten Generation, auch Intubationslarynxmaske oder Intubationslarynx tubus genannt, kann ein Trachealtubus über die EGA platziert werden.

Mittlerweile wird die Verwendung von EGAs der zweiten Generation empfohlen (Timmermann, et al., 2019). Ähnlich der ETI wird auch hier eine dokumentierte Mindestanzahl an durchgeführten EGA-Platzierungen empfohlen, um eine gewisse Anwendungssicherheit gewährleisten zu können. Mit nur 45 eingelegten EGA unter Anleitung und im Anschluss mindestens drei Wiederholungen pro Jahr sind es jedoch deutlich weniger Anwendungen als bei der Intubation. Die in der Leitlinie sowie in der fachlichen Abstimmung der invasiven Maßnahmen im Rahmen der Umsetzung des Notfallsanitätärgesetzes genannte Anzahl (Lechleuthner, 2014) stützt sich dabei auf eine Studie aus dem Jahr 2013, in der nachgewiesen werden konnte, dass anästhesiologische Erstjahresweiterbildungsassistenten nach Einlage von 40 LMA eine 86% Erfolgsquote hatten gegenüber einer 72%-igen Erfolgsquote bei der ersten Einlage (Mohr, et al., 2013). 2020 wurde eine ähnliche Studie mit Assistenzärzten wiederholt, auch hier konnte eine Erfolgsquote von über 90% bei 14 von 15 Teilnehmern bei mehr als 21 Versuchen gezeigt werden. Mit zunehmender Anzahl an Durchführungen wird die Insertionszeit immer kürzer. Bei über 31 Versuchen lag diese nur noch bei 26s (Nakanishi, et al., 2020). Insgesamt nimmt die Erfolgsrate mit der Anzahl der Wiederholungen zu (Mohr, et al., 2013). Aufgrund der notwendigen realistischen Durchführbarkeit einigte man sich daher auf die genannten 45 Durchführungen.

### 2.2.5.1 Larynxtubus

Der Larynxtubus stellt eine Variante der EGA dar. Er wurde 1999 entwickelt (Agrò, et al., 1999) und wird in Deutschland aktuell durch die Firma VBM Medizintechnik GmbH vertrieben. Es stehen mehrere Varianten zur Verfügung. Früher auch als Mehrwegprodukt erhältlich, ist er heute als Einwegvariante zu kaufen. Er zeichnet sich durch das blinde Einführen in den Hypopharynx und eine anschließende Cuffblockung durch eine Farbkodierte Spritze aus. Der neuste 2. Generations-Larynxtubus der Fa. VBM ist der LTS-D (Larynx-Tubus Suction Disposable). Nach Angaben der Firma soll sich dieser neue LT durch verschiedene Größen für alle Altersklassen, vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen, klare Farbtöne gegen Verwechselungen, einfacheres Einführen durch eine Biegung von 60°, dünnere Cuffs und mehr Raum im Hypopharynx durch eine Neugestaltung der Ventilationsebene auszeichnen (VBM Medizintechnik GmbH, 2020) (Abbildung 1).

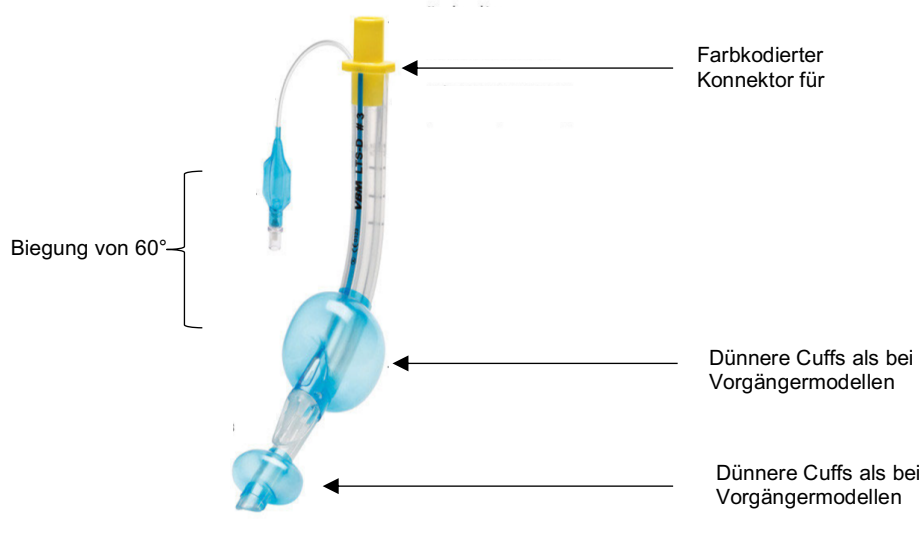


Abbildung 1 - VBM – Larynxtubus  
modifiziert nach <https://www.vbm-medical.de/produkte/airwaymanagement/larynx-tubus-lts-d/>

Auch wenn der Larynxtubus insgesamt durch Rettungsdienstfachpersonal und Pflegekräfte als einfach zu platzieren beschrieben wird – 80,1% - 90% Erfolgsrate beim ersten Versuch (Kette, et al., 2005), (Martin-Gill, et al., 2015), (Bernhard, et al., 2015), (Kriege, et al., 2017) - und in vielen Leitlinien empfohlen wird, gibt es dennoch einige mögliche Probleme, die bei der Anwendung auftreten können und damit zum Misserfolg der Ventilation des Patienten beitragen. Insgesamt beruhen die Empfehlungen hauptsächlich auf Studien am Phantom (Timmermann, 2011). Sowohl in den wenigen prospektiven Studien als auch in Case Reports wird von Überinflationen der Cuffs berichtet, selbst bei genauer Anwendung und Luftmenge wie durch den Hersteller

empfohlen. So wurden hier Drücke zwischen 105 cmH<sub>2</sub>O und 120 cmH<sub>2</sub>O gemessen, für eine leakagefreie Beatmung genügten jedoch 60 cmH<sub>2</sub>O (Kriege, et al., 2017). Um dieses Problem und die damit einhergehenden Schädigungen der Atemwege zu minimieren wird auch beim Larynxtrubus die Cuffdruckmessung nach Anlage empfohlen (Bernhard, et al.,2014). Eine neuere Studie am Phantom aus dem Jahr 2020 nimmt sich erneut der Wirksamkeit von Beatmungen durch Ungeübte an. Um die Wirksamkeit zu beurteilen wurden der Beatmungsdruck und das Tidalvolumen als Parameter gewählt. So konnte hier gezeigt werden, dass die Beatmungsdrücke des LT im Median bei 30cmH<sub>2</sub>O und das Tidalvolumen bei 387ml lagen. Die Autoren empfehlen daher ungeübten Anwendern den LT für Notfallbeatmungen in Betracht zu ziehen (Hart, et al.,2020).

Eine weitere Studie weist unabhängig von möglichen Problemen auf einen großen Vorteil des LT gegenüber der ETI hin. Gahan et al zeigten in ihrer Studie, dass es im retrospektiven Vergleich zwischen ETI und LT häufiger bei Verwendung des LT zu einer erfolgreichen Beatmung kam. Dies wurde entweder durch Auskultation, verbesserte oder normale Werte der Pulsoximetrie oder den Nachweis von endtidalem CO<sub>2</sub> bestätigt. Zusätzlich zeigte sich, dass Patienten in der LT-Gruppe bei einem OHCA häufiger einem erweiterten Atemwegsmanagement (LT) zugeführt wurden. Insbesondere wenn es sich um einen schwierigen Atemweg handelte, führte der LT häufiger zum Beatmungserfolg, selbst wenn hierfür mehrere Versuche benötigt wurden. (Gahan, et al.,2011)

#### 2.2.5.2 Larynxmaske

Die Larynxmaske wurde 1981 von A.I.J. Brain entwickelt, um die Problematik des kleiner werdenden Volumens der Trachea durch das Einführen eines Endotrachealtubus, zu umgehen oder wie Brain in seinem 1983 im British Journal of Anesthesia erschienenen Beitrag schrieb: „In engineering terms, this solution to the problem of forming a gas-tight junction between two tubes is rather un- satisfactory, since it necessarily involves a degree of constriction at the point of junction unless the outer tube is itself expanded to compensate.“ (Brain, 1983) Während die Larynxmaske anfangs eher behelfsmäßig aus einem schräg angeschnittenen Tubus und einer pädiatrischen Dentalmaske gefertigt wurde, erfuhr sie im Laufe der Jahre verschiedene Modifikationen und Weiterentwicklungen. Heute ist sie von verschiedenen Herstellern (z.B. Ambu®, Teleflex® oder Intersurgical®) in unterschiedlichsten Varianten erhältlich. Eine besondere Form der Larynxmaske ist die Intubationslarynxmaske (3. Generation LMA), über die, wie der Name sagt, eine Intubation mit einem Endotrachealtubus möglich ist.

Anders als der Larynxtubus verfügt die Larynxmaske über einen ovalen Körper beispielsweise aus Silikon, der von einem aufblasbaren oder thermoelastischen Cuff gesäumt wird und sich an einen Beatmungsschlauch anschließt. Auch sie wird blind eingeführt und die Spitze kommt im Ösophagus zum Liegen. Die Innenseite des Körpers liegt der Trachea zugewandt und ermöglicht durch die Öffnung im Schlauch die Beatmung. (Abbildung 2)

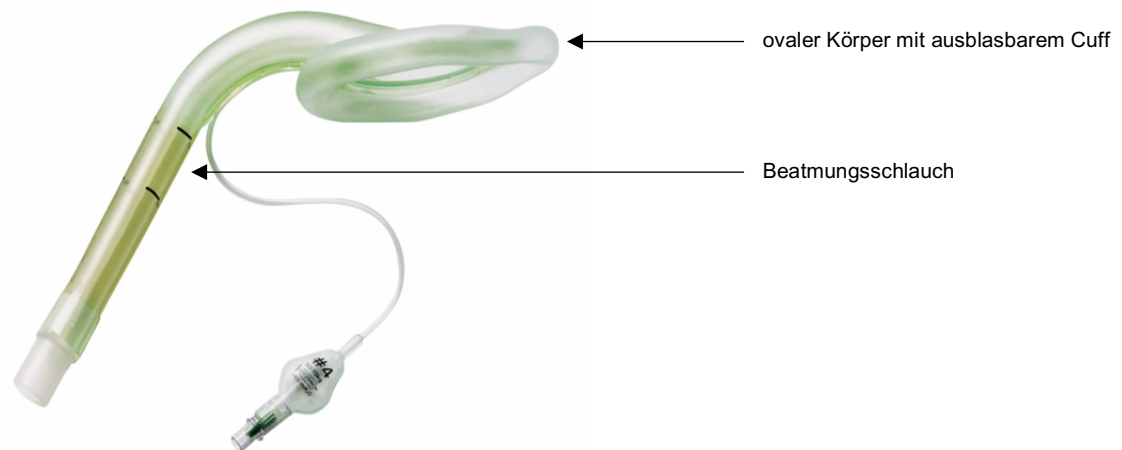


Abbildung 2 - Ambu® AuraOnce™ Einweglarynxmaske modifiziert nach <https://www.ambu.de/atemwegsmanagement/larynxmasken/produkt/ambu/auraonce-disposable-laryngeal-mask>

Die Larynxmaske ist in Deutschland seit 1991 für Narkosen zugelassen und eine weitere Möglichkeit der Atemwegssicherung. Sie kann anstatt der Beatmung über eine Gesichtsmaske, einer Trachealkanüle oder eines Endotrachealtubus angewendet werden. Die Risiken der ETI, wie die notwendige Muskelrelaxation – im Sinne einer möglichen cannot intubate cannot ventilate Situation – kann umgangen werden. Vorteil ist ebenfalls die vereinfachte Spontanatmung im Rahmen des Aufwachens aus einer Narkose, da hier eine LMA sehr gut toleriert wird. Insbesondere bei kurzen Eingriffen, im ambulanten Bereich oder auch als Alternative bei einem schwierigen Atemweg eignet sich die LMA. Unabhängig von der Art der LMA stellen diese „hinsichtlich Platzierbarkeit, Platzierungszeiten und Atemwegsmorbidität vergleichbar gut geeignete Verfahren dar“ (Heuer, et al., 2009). Im Hinblick auf Dichtigkeit sollten die LMA-ProSeal™ und die Ambu AuraOnce™ gegenüber der LMA-Classic™ und der i-gel™ präferiert werden. (Heuer, et al., 2009). Mittlerweile werden die Masken aber nicht nur in den soeben beschriebenen Bereichen eingesetzt. Es liegen zahlreiche Berichte über den erfolgreichen Einsatz bei zunehmend komplexeren Eingriffen, so beim Transkatheter-Aortenklappenersatz (TAVI) (Azad, et al., 2020), in der Schilddrüsenchirurgie (Kotsovolis, et al., 2019), (Gong, et al., 2020) oder bei laparoskopischen Eingriffen (Nevešćanin, et al., 2020) vor.

Eine Ausweitung des möglichen geeigneten Patientenlientels wird aktuell geprüft, so zum Beispiel im POLMA-EP Trial aus China. Hierbei sollen die Effektivität und die pulmonalen Komplikationen bei der Anwendung an Patienten im Alter über 70 Jahre geprüft werden. Zum Zeitpunkt der Niederschrift stehen die Ergebnisse noch aus (Zhu, et al., 2019).

Auch für den präklinischen Bereich gibt es Untersuchungen, die die Verwendung von Larynxmasken befürworten. Insbesondere im Bereich der Kindernotfallmedizin gibt es die interdisziplinär konsentierete Stellungnahme aus 2016, dass bei Kindern unter 10kg eine LMA mit Drainagekanal bevorzugt anzuwenden ist. Dazu müsse die Anwendung allerdings, wie bereits erwähnt, stetig geschult und entsprechendes Material vorgehalten werden. (Hoffmann, et al., 2016)

Für die Reanimation gibt es weiterhin kontroverse Daten. Einige Autoren sehen keinen Nutzen in der Verwendung der LMA (Calheiros & Charco-Mora, 2020), während andere die Vorteile der LMA belegen (Doerges, et al., 1999), (Deakin C. D., 1996), (Pennant & Walker, 1992). Weitere Studien mit unterschiedlichen Probanden bestätigen die gute Anwendbarkeit der LMA während einer Reanimation beispielsweise durch Krankenschwestern. (Cierniak, et al., 2018) Insgesamt sind Weiterentwicklungen im Bereich der LMA noch nicht abgeschlossen. So entwickelte die Firma „medcom Flow“ eine Videolarynxmaske, die nach eigenen Angaben eine gleichzeitige Ventilation und Intubation unter kontinuierlicher Visualisierung ermöglicht (medcom flow, 2020). Nach ersten Daten ist diese neue Variante insbesondere für übergewichtige Patienten geeignet (Gómez-Rios, et al., 2020).

### 2.2.5.3 i-Gel<sup>®</sup>-Larynxmaske

Die i-Gel<sup>®</sup>-Larynxmaske ist wie alle weiteren erwähnten Larynxmasken eine Maske der zweiten Generation. Sie wurde 2007 von der Fa. Intersurgical eingeführt und ist bis heute Gegenstand vieler unterschiedlichster wissenschaftlicher Untersuchungen. Allein in der durch den Hersteller zur Verfügung gestellten Bibliografie aus 2017 sind 224 Studien aufgeführt. Im Gegensatz zu anderen gebräuchlichen Larynxmasken ist die innovativste Besonderheit der i-Gel<sup>®</sup> das thermoplastische Elastomer anstelle eines aufblasbaren Cuffs. Die der pharyngealen, laryngealen und perilaryngealen Anatomie nachempfundene Struktur sowie das weiche gelartige Material ermöglichen bei Körpertemperatur eine Abdichtung des Larynx (Abbildung 3). Der Arbeitsschritt des Cuff-Blockens entfällt und ermöglicht so, nach Aussage des Herstellers, eine Einführung in unter 5 Sekunden. Die Festigkeit und die Resilienz des thermoplastischen Materials ändert sich von Raumtemperatur zu Körpertemperatur, die i-Gel<sup>®</sup> wird weicher. Dies ist allerdings so gering, dass in der klinischen Anwendung daraus kein

Nachteil entsteht (Dingley, et al.,2018). Sogar ganz im Gegenteil, durch neuere Studien wird hier ein Vorteil gegenüber anderen EGAs gesehen. Martin et al konnten im Januar 2020 zeigen, dass bei Erhöhung der Temperatur (von 10°C bis zu 50°C) sowohl in vitro als auch in vivo das Volumen sowie das Gewicht signifikant zu nimmt, während die Dichte signifikant sinkt. Dies könnten laut Autoren Gründe für die Funktionsweise des thermoplastischen Elastomers und den besseren Sitz der Maske 10 min nach Einlage gegenüber dem Moment der Insertion sein. (Martin, et al., 2020)

Weitere Eigenschaften bzw. Vorteile sind laut Fa. Intersurgical der 15mm Konnektor, der eine Verbindung zu Standard-Gänsegurgeln oder anderen Verbindungen ermöglicht, ein supplementärer Sauerstoff-Port, durch den die passive Zufuhr von Sauerstoff während der CPR möglich ist sowie ein integrierter Beißkeil, ein breiter Stabilisator zur Erleichterung der Einführung sowie ein Epiglottisblocker, der dazu beitragen soll, ein Herunterklappen der Epiglottis und eine damit resultierende Atemwegsobstruktionen zu verhindern. Die i-Gel® hat, wie alle EGA der zweiten Generation, einen gastrischen Kanal, über den eine Magensonde eingeführt werden kann und eine

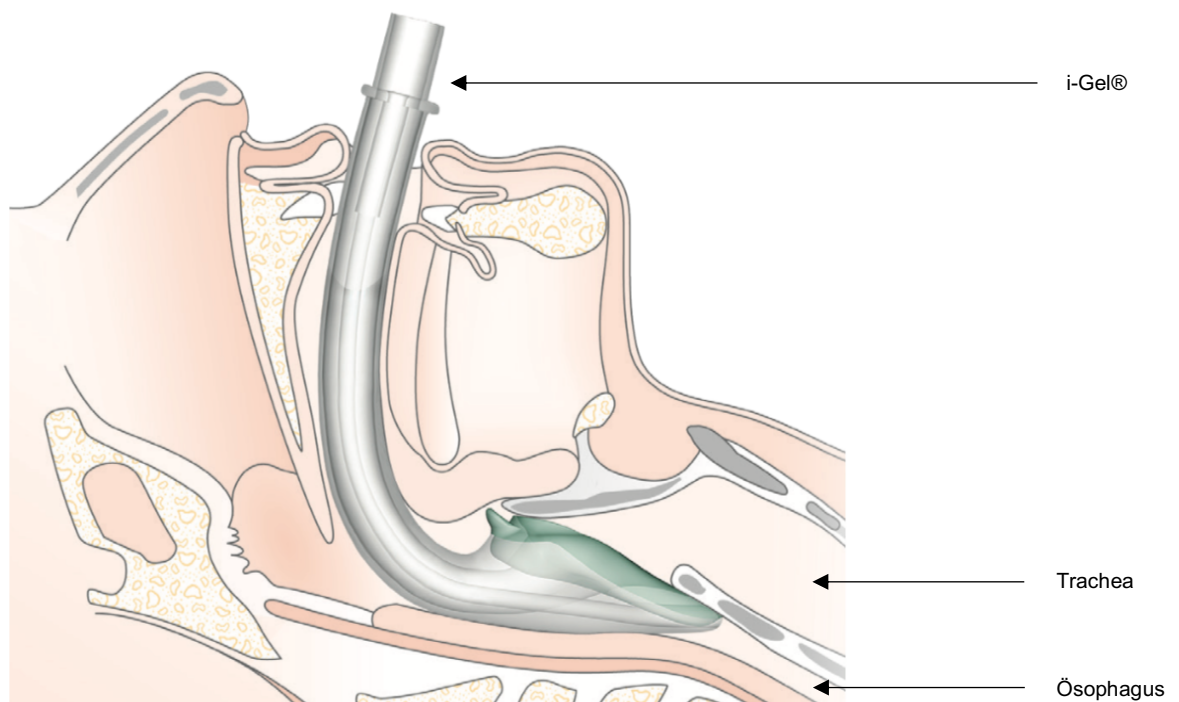


Abbildung 3 - Position der i-Gel® nach Einführung modifiziert nach <https://de.intersurgical.com/info/igel>

Führungsleitlinie zur richtigen Positionierung bzw. zur Feststellung der richtigen Einführtiefe. Sie ist in verschiedenen Größen erhältlich und kann daher bei Patienten vom Neugeborenenalter (2-5kg) bis zum Erwachsenen (90+kg) angewandt werden (Abbildung 4). Zu beachten ist hier allerdings, dass einige der durch die Firma genannten Vorteile keine Vorteile oder Alleinstellungsmerkmale gegenüber anderen LMAs sind. So haben andere Hersteller ebenfalls einen 15mm Konnektor, einen gastrischen Kanal und neuere Produkte ebenfalls einen Epiglottisblocker.

Die i-Gel® ist nicht nur in ihrer Doppelschalenverpackung erhältlich, sondern auch als fertiges i-gel® O<sub>2</sub> Resus Pack, welches bereits fast alles (ohne Beatmungsbeutel) enthält, was in einer präklinischen Notfallsituation benötigt werden könnte. Es enthält die i-Gel® Larynxmaske, eine Tüte Gleitmittel, ein Fixierband sowie einen Absaugkatheter 12CH. Dies könnte insbesondere für die in dieser Arbeit untersuchte Anwendung von Bedeutung sein.

Ein systematisches Review mit Metaanalyse aus 2017 konnte zeigen, dass die i-Gel® insbesondere durch ungeübte Anwender am Phantom schneller eingeführt werden konnte als die LMA classic, die LMA Fastrach, die LMA Proseal, die LMA Unique, der Larynxtubus sowie der Combi- und easytube. Keine schnellere Geschwindigkeit bis zur Einführung der LMA konnte im Vergleich mit der LMA Supreme, der aura-i sowie der air-Q festgestellt werden. Dennoch wird hier nicht von einer klinischen Relevanz ausgegangen, da die zugrunde liegenden Daten methodisch zu unterschiedlich vom Aufbau her seien (An, et al., 2017).

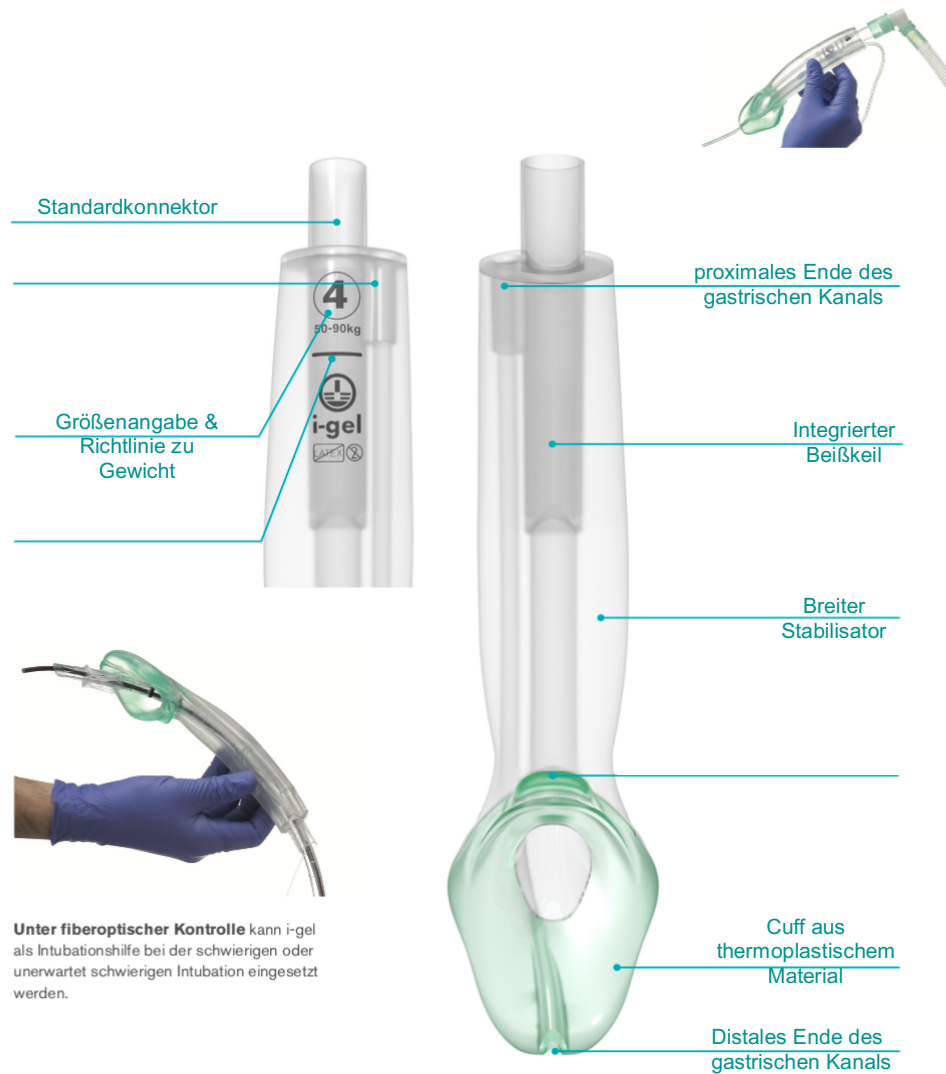


Abbildung 4 – Eigenschaften i-Gel modifiziert nach <https://de.intersurgical.com/produkte/atemwegsmanagement/i-gel-supraglottische-ate>

Eine Seltenheit bei den verschiedenen Studien im Bereich der Atemwegssicherung, nämlich die Testung am Phantom und am narkotisierten Patienten ist aus dem Jahr 2008. Hierbei wurde auch die Insertionszeit und die Anzahl der benötigten Versuche bis zur möglichen Ventilation durch drei Gruppen, alle ungeübte Anwender, bestehend aus Medizinstudenten, Ärzten aus verschiedenen Fachbereichen außerhalb der Anästhesie und andere in Gesundheitsberufen tätigen Personen, getestet. Die Ergebnisse sprechen deutlich für eine Verwendung der i-Gel®. So wurden 88% der i-Gel® im ersten Versuch korrekt platziert und dies in einer mittleren Zeit von 14 Sekunden (Range 7-45s), spätestens nach drei Versuchen lag die Erfolgsquote bei 100%, der mittlere Atemwegsverschlussdruck lag bei 20 cmH<sub>2</sub>O (Wharton, et al., 2008). Dieses Ergebnis konnte 2019 in einer weiteren Studie bestätigt werden. Malik et al. untersuchten die Zeiten bis zur erfolgreichen Einlage der i-Gel® im Vergleich zur Proseal LMA®, die Zahl der Intubationsversuche, die Qualität der Beatmung während der Narkose, hämodynamische Parameter wie Herzfrequenz und Blutdruck, Änderungen der Sauerstoffsättigung sowie die Inzidenz von Atemwegsverletzungen und Magenüberblähungen. Dabei kamen sie zum Ergebnis, dass die i-Gel® gegenüber der Proseal LMA® bei vergleichbarer Dichtigkeit schneller platziert werden konnte und eine bessere hämodynamische Stabilität gegeben war gegenüber der Proseal LMA®. (Malik, et al., 2019)

Insbesondere im Bereich der Pädiatrie ist die i-Gel® Gegenstand vieler Untersuchungen. Ein Review von Smith & Bailey fasst hierbei einige Ergebnisse zusammen. So wurde als häufiger Endpunkt verschiedenster Studien der oropharyngeale Verschlussdruck (OLP) gewählt. Bei acht der 14 ausgewählten Studien konnte eine signifikante Überlegenheit der i-Gel® (Größe 1-2,5) gegenüber anderen LMAs gezeigt werden, in fünf gab es keinen Unterschied und in lediglich einer Studie wurde ein signifikant niedrigerer OLP für die i-Gel® gemessen. Die Vergleichsobjekte dabei waren die LMA Supreme®, die ProSeal®, die LMA Classic® und die AuraOnce®. Weitere untersuchte Endpunkte waren die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch, die Platzierungszeit, eine gute fiberoptische Sicht durch die i-Gel® und damit einhergehende Assoziation zu einer guten Beatmung sowie die Möglichkeit eine Magensonde zu platzieren. Insgesamt lag die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch über 90% mit einer mittleren Platzierungszeit von 10-19s. Anzumerken ist, dass die i-Gel® hierbei von trainierten Fachärzten angewandt wurde und nicht von Laien. Die mitbetrachtete Studie von Abukawa et al., in der Assistenzärzte die i-Gel® platzieren sollten, zeigt hingegen eine mittlere Platzierungszeit von 23s, dafür aber eine mit 94% höhere Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch (Abukawa, et al., 2012). Insgesamt schlussfolgern die Autoren des Reviews, dass die i-Gel® mindestens äquivalent zu anderen LMAs in der Nutzung bei Kindern ist sowie

möglicherweise einen höheren OLP und eine bessere fiberoptische Sicht auf die Glottis ermöglicht. (Smith & Bailey, 2015)

In der Annahme, dass die Ambu AuraGain als neue Entwicklung der i-Gel® in der Pädiatrie überlegen sei, wurde dies 2019 untersucht. Diese Annahme musste verworfen werden, denn sowohl im Hinblick auf den OLP, die Platzierungszeit als auch die Verletzungsrate schnitt die i-Gel® signifikant besser ab (Mihara, et al., 2019).

Nicht nur in der Pädiatrie auch in einigen anderen Bereichen bzw. an besonderen Patientengruppen wird geforscht. Die i-Gel® eignet sich unter anderem für die Beatmung bei übergewichtigen Patienten ( BMI > 30kg/ m<sup>2</sup>) (Prabha, et al., 2018), bei laparoskopischen Operationen mit angelegtem Pneumoperitoneum in Trendelenburg Lagerung (Lai, et al., 2017) oder auch bei Operationen in Bauchlage (Taxak, et al., 2015). 2015 untersuchten Taxak et al. hierzu 40 Patienten mit einem ASA-Status von I oder II zwischen dem 16. Und 60. Lebensjahr. Die Patienten lagerten sich dabei präoperativ selbst in Bauchlage, wurden in Bauchlage entweder mit einer ProSeal LMA oder einer i-Gel® intubiert und nach der Operation auch in Bauchlage extubiert. Die durchschnittliche Intubationszeit bei der i-Gel® lag dabei bei 13,1s +/- 2,24s und war damit gegenüber der ProSeal signifikant schneller. Die Platzierung beider LMAs gelang in 16 bzw. 17 Fällen im ersten Versuch. Lediglich hinsichtlich des Verschlussdrucks schnitt die ProSeal besser ab. Dieser lag bei 36 ± 6.22 cm H<sub>2</sub>O im Vergleich zu 25.4 ± 3.21 cm H<sub>2</sub>O bei der i-Gel®. Unabhängig von der eingesetzten EGA traten keine Nebenwirkungen wie Hypoxie, Hyperkapnie, Verschiebung der LMA, Regurgitation oder Mageninsufflation auf. Kein Patient musste umintubiert und mit einem Tubus versorgt werden.

Bielski et al. Untersuchten in ihrer 2019 erschienen Studie die i-Gel®, die Air-Q Intubationslarynxmaske sowie die Ambu AuraGain Einweglarynxmaske in drei verschiedenen pädiatrischen Atemwegsszenarien am Phantom: 1. Bei normalem Atemweg ohne Thoraxkompressionen, 2. Bei normalem Atemweg unter kontinuierlichen Thoraxkompressionen durch das CORPULS CPR System sowie 3. Bei schwierigem Atemweg unter kontinuierlicher Thoraxkompression, ebenfalls durch das CORPULS CPR System. Als Probanden wurden hierbei 160 in der Anwendung von EGAs unerfahrene Ärzte gewählt. In allen untersuchten Endpunkten: Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch, Gesamtintubationserfolgsrate, Zeit bis zur Platzierung der EGA, Zeit bis zur Beatmung, sowie der Leichtigkeit der Handhabung, schnitt die i-Gel® deutlich besser, zum Teil auch signifikant besser als die Vergleichsobjekte ab. Die Empfehlung der Autoren ist daher eine Anwendung der i-Gel® unter Reanimationsbedingungen bei Kindern durch unerfahrene Ärzte, wenn die first-line-Therapie, nämlich die Maskenbeatmung, nicht erfolgreich ist. (Bielski, et al., 2019)

Eine ähnliche Studie, in der allerdings eine herkömmliche LMA, die i-Gel<sup>®</sup>, das PENTAX Airway Scope (AWS), und das Macintosh Laryngoskop (MCL) miteinander verglichen wurden, wurde 2015 im American Journal of Emergency Medicine veröffentlicht. Das Studiendesign sah dabei wie folgt aus: 38 untrainierte Helfer, die keine Erfahrung mit der Anwendung der Atemwegshilfen hatten, sollten während Thoraxkompressionen an einer Erste-Hilfe-Simulationspuppe diese mit einem der vier zur Verfügung stehenden Hilfen intubieren. Dabei wurde entweder ein normaler Atemweg oder ein schwieriger Atemweg simuliert. Auch hier konnte gezeigt werden, dass die Intubation mit der i-Gel<sup>®</sup> allen anderen Devices bzgl. der Insertionszeit und der Einfachheit der Handhabung überlegen war. Am Schlechtesten schnitt bei den Anfängern die herkömmliche Intubation mit dem MCL ab. (Lee, et al., 2015)

Ein anderer präklinischen Ansatz wurde von Schälte et al. gewählt. Hierbei diente die i-Gel<sup>®</sup> lediglich zur modifizierten Mund-zu-Mund-Beatmung durch Laien. Die 100 Teilnehmer der Studie erhielten vor Ort eine kurze Anleitung zur Handhabung (Abbildung 5)



Abbildung 5 - Anleitung zur Beatmung mit Larynxmaske (Schälte, et al., 2016)

79% der Teilnehmer konnten die Puppe effektiv beatmen. In 90% der Fälle wurde die i-Gel<sup>®</sup> korrekt platziert. Es zeigte sich insgesamt eine signifikante Reduktion des Widerwillens der Probanden in der Durchführung der Beatmung durch diese neugeschaffene Möglichkeit der Beatmung sowie eine signifikante Reduktion der Insertionsdauer, wenn in der Vergangenheit bereits ein BLS-Kurs absolviert wurde. (Schälte, et al., 2016)

### 2.3 Ausbildungstechniken der Ersten-Hilfe & Herz-Lungen-Wiederbelebung

Eine Laienreanimation kann die Überlebensrate verdoppeln bis vervierfachen (Hoeyweghen, et al., 1993), (Holmberg, et al., 2000). Der GRC drückt dies ebenfalls in den ersten Seiten seiner

neuen Leitlinie aus mit den Worten: „Wir sind überzeugt, dass der entscheidende Weg zu größerem Erfolg und zu mehr Überleben nicht primär über Medikamente und Geräte, sondern ganz klar und eindeutig über mehr ausgebildete Ersthelfer, intelligente Alarmierungssysteme für Ersthelfer und eine deutliche Zunahme der Laienreanimation führt“ (Dirks, et al., 2021). Insgesamt gibt es hierzu eine Vielzahl an Angeboten, die alle das Ziel haben, die Laienreanimationsquote zu erhöhen, da nach wie vor die Laienreanimationsrate in Deutschland zu niedrig ist. Es sterben jährlich ca. 17 Millionen Menschen weltweit an ischämischen Herzkrankheiten. 2019 waren es 66 532 Deutsche, dies gilt es zu verhindern wann immer möglich (DeStatis - Statistisches Bundesamt, 2019). In den folgenden drei Abschnitten werden die aktuellen Projekte und die Evidenz zu den verschiedenen Trainingsmethoden vorgestellt sowie die Bedeutung der Patientensimulation erläutert. Einige dieser Projekte wie der „European Restart a Heart Day“ oder der „World restart a heart Day“ und Kids save lives wurden hierzu dieses Jahr in die Leitlinie des ERC aufgenommen. (Dirks, et al., 2021)

### 2.3.1 Aktuelle Konzepte und Projekte

Im deutschen sowie internationalen Raum gibt es eine Vielzahl an Projekten, um die Erste-Hilfe und hier insbesondere die Reanimation in das Bewusstsein der Menschen zu rücken, auf die niedrige Rate an Laienreanimation aufmerksam zu machen und diese durch geeignetes Training zu steigern. Die Projekte und Aktionen werden häufig durch Hilfsorganisationen, den ADAC, den Deutschen Rat für Wiederbelebung oder ERC sowie einige Krankenhäuser und Schulen geleitet.

Ein sehr bekanntes Projekt ist „die Woche der Wiederbelebung“, welche in Deutschland unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Gesundheit steht und durch BDA, DGAI, die Deutsche Stiftung Anästhesiologie und den GRC initiiert wurde. Sie findet jedes Jahr an verschiedenen Standorten in Deutschland statt. Dabei wird sowohl Informationsmaterial zur Wiederbelebung verteilt als auch zur Wiederbelebung an Phantomen angeleitet. Dies wird meist durch Ärzte, Rettungsdienstpersonal oder auch Studenten durchgeführt. Ziel der Aufklärungskampagne ist es, die Bereitschaft und Fähigkeit zur Hilfeleistung im Notfall zu erhöhen (Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council (GRC) e.V., 2019). Eine weitere Initiative ist der immer am 16. Oktober eines Jahres stattfindende „World Restart a Heart“-Tag, der mit Unterstützung des GRC unter dem Dach des ILCOR initiiert wurde, nachdem 50 % der Abgeordneten des Europaparlaments eine Deklaration zur Implementierung einer „European cardiac arrest awareness week“ unterzeichnet hatten. Einrichtungen, Organisationen oder Unternehmen können um diesen Tag herum Aktionen

zum Thema Wiederbelebung durchführen, um so möglichst viele Menschen zu schulen. Insbesondere im Jahr 2020 wurde aufgrund der COVID-19-Pandemie zu vielen digitalen Wiederbelebungstrainings, Online-Schulungen oder anderen digitalen Veranstaltungen und Kursen aufgerufen. Die dabei entstanden Fotos und Videos, die auf der GRC Homepage und in den sozialen Medien veröffentlicht wurden und so ebenfalls das Interesse und die Bereitschaft zur Ersten-Hilfe zu steigern. (German Resuscitation Council, 2020) Im Jahr 2021 soll nun der Fokus auf persönliche Erlebnisse und Geschichten im Rahmen einer (erfolgreichen) Reanimation gelegt werden und gezeigt wird, wie einfach Wiederbelebung sein kann (German Resuscitation Council, 2021).

Einige weitere Projekte im deutschsprachigen Raum zielen auf Schüler als Multiplikatoren und Lebensretter ab. So gab es zum Beispiel 2010 das Projekt „Retten macht Schule“, bei welchem in Mecklenburg-Vorpommern die Reanimation für 10 000 Schüler der 7. Klasse als Pflichtfach etabliert wurde. Die 7. Klasse wurde hier gewählt, da Kinder in diesem Alter fähig waren sowohl die Theorie zu verstehen als auch die Praxis suffizient anzuwenden. Des Weiteren besteht nach der Jahrgangsstufe 9 keine Schulpflicht mehr, sodass viele die Schüler von diesem Ausbildungsprogramm nicht mehr erfasst würden. (Rücker, 2010).

2009 wurden durch den Verein Minisanitäter e.V. über 400 Schüler an Kölner Schulen in einem Wiederbelebungskurs für Kids ausgebildet (miniSANITÄTER®, 2009). Das Berliner Jugendrotkreuz bietet ebenfalls Erste-Hilfe Unterrichte an Grundschulen und weiterführenden Schulen an (Berliner Jugendrotkreuz, 2020). Ein ähnliches Format wurde 2007 durch Medizinstudenten gewählt. In einer hier durchgeführten Studie konnte gezeigt werden, dass ein durch Medizinstudenten durchgeführter BLS bei Schülern zwischen dem 14. und 16. Lebensjahr, als Voraussetzung für das Bestehen des eigenen Notfallmedizinkurses, einem konventionellen Unterricht überlegen war, auch wenn der BLS durch Medizinstudenten weniger theoretische Information enthielt. (Breckwoldt, et al., 2007)

2014, in der 395. Sitzung der Kultusminister, wurde nach Vorstellung der „Initiative Pflichtunterricht Wiederbelebung in ganz Deutschland“ durch DGAI, GRC, Stiftung Deutsche Anästhesiologie und des Rostocker Simulationsanlage und Notfallausbildungszentrums, beschlossen, dass alle Kinder ab der siebten Klasse an deutschen Schulen für zwei Stunden die Wiederbelebung von bewusstlosen Menschen trainieren sollen, die Lehrkräfte sollen entsprechend geschult werden. (Pieper, 2014) Dieses Vorhaben läuft bis jetzt allerdings nur sehr schleppend an und wurde daher als zu verbesserndes Ziel unter dem Titel „Kids Save Lives“ in die Leitlinie 2021 aufgenommen. So sollen alle Schulkinder jedes Jahr Wiederbelebungunterricht erhalten und als Hausaufgabe/Erfolgskontrolle 10 weitere Personen unterrichten. (Dirks, et al., 2021)

Im internationalen Raum, wie etwa in Norwegen oder Großbritannien, finden sich vergleichbare Projekte und Studien (Lorem, et al., 2008), (Jones, et al., 2007). Bereits 2011 forderte die American Heart Association (AHA) ein verpflichtendes Wiederbelebungstraining an amerikanischen Schulen (Cave, et al., 2011).

### 2.3.2 Evidenz zu Trainingsmethoden & Implementierung

Zur Trainingsmethodik und Implementierung existieren verschiedene Ansätze. So gibt es Themenwochen, wie die bereits angesprochene Woche der Wiederbelebung, Reanimation als Schulfach oder auch verschiedenste nationale und internationale Projekte. Diese werden zum Teil durch Lehrer oder Rettungsfachpersonal, zum Teil aber auch durch Medizinstudenten oder Ärzte durchgeführt, wobei neben der Theorie und Praxis die Selbstinstruktion ebenfalls eine Rolle spielt. Auch in Bezug auf die Zeitintervalle gibt es von vierteljährlich über halbjährlich bis hin zu jährlich durchgeführten Veranstaltungen verschiedene Ansätze. Bei allen Ansätzen zum Erlernen und Festigen des Wissens über Laienreanimation sowie deren praktischer Umsetzung stellt sich die Frage nach deren Effektivität und Evidenz. Wer sollte was bei wem und mit welchem Material ausbilden, um als übergeordnetes Ziel die Häufigkeit und Qualität der Laienreanimation zu steigern?

Insgesamt hat sich gezeigt, dass es zielführend ist einerseits möglichst früh mit dem Erlernen der CPR anzufangen, jedoch andererseits nicht zu früh, da die körperliche Kraft häufig noch nicht gegeben ist. Erst ab einem Alter von 13-14 Jahren konnten 45% der getesteten Schüler bei Erwachsenen eine ausreichende Tiefe der Thoraxkompressionen erreichen und waren damit einer durch Erwachsene durchgeführte Thoraxkompression vergleichbar. Bei jüngeren Kindern lag die Erfolgsquote nur bei 19%. (Jones, et al., 2007). Kinder jüngeren Alters können jedoch unterstützende Maßnahmen ergreifen, wie die Atmung oder das Bewusstsein zu prüfen oder den Notruf absetzen, wenn sie regelmäßig trainiert werden (Bollig, et al., 2009).

Als Intervall zur Auffrischung der Herz-Lungen-Wiederbelebung werden zwei Stunden pro Jahr schon ab dem 12. Lebensjahr durch den GRC empfohlen (German Resuscitation Council, 2020). Dies stützt sich unter anderem auf die Studie von Bohn et al. aus dem Jahr 2012 (Bohn, et al., 2012).

Als Lehrpersonal eignet sich eine Vielzahl an Berufsgruppen und jede einzelne hat ihre Vorteile, ohne dass signifikante Unterschiede in der Ergebnisqualität beschrieben werden können. Lehrer können z.B. nach einem 60-minütigen CPR-Update Erste-Hilfe-Kurse erfolgreich leiten (Bohn, et al., 2012). Ärzte können ebenso wie Rettungsdienstfachpersonal nach dem „Train-the-trainer“-Ansatz gut eingesetzt werden (Toner, et al., 2007), (Breckwoldt, et al., 2007).

Auch der Ansatz der Selbstinstruktion kann verfolgt werden. So wurde 7. Klässlern in Norwegen ein Selbstanleitungskit, bestehend aus einem 30-minütigem Lehrfilm und einer aufblasbaren Beatmungspuppe, nach Hause mitgegeben und geprüft, wie viele Menschen dadurch zum Üben der Reanimation animiert wurden. Es konnte gezeigt werden, dass 54 876 Schüler der 7. Klasse und 119 758 Erwachsene trainiert wurden. Im anschließenden Skill-Test war jedoch das Ergebnis der Erwachsenen signifikant schlechter als das der Kinder, mit Ausnahme der Tiefe der Thoraxkompressionen. (Lorenz, et al., 2008) In einer weiteren Studie aus 2010 wurde gezeigt, dass Personen die mit einem DVD-Manikin-Set und Oberstufenschülern als Instruktoren ausgebildet wurden, eine HLW nach den ERC Leitlinien durchführen konnten. (Lorenz, et al., 2010)

Auch moderne Medien könnten ein Gewinn für die Ausbildung im Bereich der Reanimation sein. So wurde 2013 in einer Studie zwischen 36 High School Schülern aus Schweden und den USA eine e-learning Methode untersucht. Hierbei wurde Software so umgestaltet, dass eine seriöse Plattform zum Trainieren von Notfällen entstand. Zur Evaluation wurde ein Fragebogen ausgefüllt, in dem die Selbstwirksamkeit und die eigene Konzentration bewertet wurden. Der Effekt wurde nach 6 Monaten ebenfalls reevaluiert. Es konnte dabei eine signifikante Korrelation zwischen Selbstwirksamkeit und Konzentration festgestellt werden. Alle Teilnehmer waren von dieser Art des Lernens angetan, Teamwork in einer Reanimationssituation konnte zufriedenstellend geübt werden. (Creutzfeldt, et al., 2013) Zu anderen Ergebnissen aus dem Bereich e-learning kamen hingegen Studien aus dem Jahr 2016 und 2017. Obwohl das theoretische Wissen über Notfälle und die Reanimation zunahm konnte keine erhöhte Bereitschaft zur Ersten Hilfe oder eine Verbesserung der praktischen Fertigkeiten festgestellt werden. Dennoch bleibt als positiver Fakt erhalten, dass durch e-learning Programme die Flexibilität des Lernens erhöht wird (Iserbyt, 2016), (Nord, et al., 2017). Zu den inhaltlichen Aspekten des Trainings gibt es lediglich zwei Punkte, die kurze Erwähnung finden sollen: zum einen das Curriculum und zum anderen der AED. Seit 2014 gibt es ein durch den GRC und die Bundesarbeitsgemeinschaft Erste Hilfe (BAGEH) erarbeitetes Ausbildungscurriculum für den Reanimationsunterricht in Deutschland, der auf der Internetseite des GRC heruntergeladen und verwendet werden kann (German Resuscitation Council, 2014). Ebenfalls ist es möglich unter anderem auf der Internetseite [schuelerrettenleben.de](http://schuelerrettenleben.de) sowohl kostenloses als auch kostenpflichtiges Unterrichtsmaterial für den Erste Hilfe Unterricht herunterzuladen. (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V., 2020) Um selbst in jungen Jahren erfolgreich einen AED anzuwenden bedarf es erstaunlich wenig Übung. Eine Studie von Gundry et al aus dem Jahr 1999 zeigte bereits, dass die Zeit vom Erkennen der Situation bis zur Abgabe des ersten Schocks zwischen ausgebildetem Personal

und nichtausgebildeten Sechstklässlern sich nur wenig unterschied. Die Kinder benötigten im Schnitt 90 +/- 14 Sekunden und die professionellen Helfer 67 +/- 10 Sekunden, wobei die Elektroden durch alle Testpersonen richtig positioniert wurden. Die Autoren schlagen daher ein moderates Training der Anwendung des AED vor. (Gundry, et al., 1999)

Ähnliche Ergebnisse konnten Lawson und March 2002 darstellen. In der durchgeführten Studie wurde Drittklässlern lediglich gezeigt, wie die Elektroden des AED anzubringen sind und anschließend die Zeit bis zur ersten Schockabgabe gemessen, die Zeiten waren hier 59,3 +/- 13,6 Sekunden. Wurde zusätzlich noch ein kurzes Training von zwei Minuten durchgeführt, verkürzte sich die Zeit bis zur ersten Schockabgabe auf 35,2 +/- 6 Sekunden. (Lawson & March, 2002) Insgesamt scheinen bereits kleine Kinder eine Affinität zur Anwendung von elektrischem Gerät und Medien wie Smartphones oder PCs zu haben (Feierabend, Rathgeb, & Reutter, 2019). So fiel Kindern die Benutzung des AED so leicht wie die einer Fernbedienung (Lawson & March, 2002). Dies verdeutlicht das Potential im Umgang mit einem AED und der Durchführung einer Reanimation, welches noch ausgeschöpft werden könnte.

### 2.3.3 Patientensimulation

Die Simulationstechnik ist bereits seit 1915/16 bekannt und wurde initial in der Flugtechnik eingesetzt. Ziel dabei war insbesondere die Kosten für die Ausbildung von Privatpiloten zu reduzieren. Im Laufe des letzten Jahrhunderts wurde die Simulation stets weiterentwickelt, so konnten und können ganze Flüge simuliert werden, besondere Flugmuster und Prozeduren trainiert und Piloten sowie Besatzungsmitglieder auf Notfälle oder mögliche Komplikationen vorbereitet werden. (ProFlight GmbH, 2019)

Die Patientensimulation hingegen ist ein wenig jünger. Als Beginn der medizinischen Patientensimulation wird klassischerweise der 1961 entwickelte „Sim One“ und die dazu 1969 veröffentlichte Studie gesehen (Abrahamson, et al., 1969). Leider war die Stichprobe der Studie nur sehr klein, sodass keine Signifikanz festgestellt werden konnte und das Konzept der Simulation erst in den 1980ern wieder aufgegriffen wurde. Möglich machten dies sowohl der Wandel in der pädagogischen Konzeption des klinischen Lehrer-Schüler-Verhältnisses als auch der technische Fortschritt mit der Entwicklung von PCs. Dadurch wurde u.a. die Simulation von Patientenphysiologie oder auch Pharmakodynamik möglich. (St. Pierre & Breuer, 2018). Heutzutage erlaubt die Simulation eine Vielzahl verschiedener Möglichkeiten. So ist das Trainieren von einzelnen technischen Fertigkeiten wie der HLW, der Intubation, der Koniotomie und dem Anlegen eines peripheren oder zentralen Zugangs möglich. Darüber hinaus ist aber auch die technisch wesentlich komplexere Simulation von ganzen Szenarien

mit der sogenannten „Full-Scale-Simulation“ abbildbar. Dabei können beliebige Szenarien, wie z.B. die Einleitung einer Narkose, geübt werden. Während die Skills-Labs den Schwerpunkt auf einzelne Fähigkeiten legen, werden in der Full-Scale-Simulation vor allem nichttechnische Fähigkeiten, auch „Human Factors“ genannt, geübt. Hier steht die Teaminteraktion, die Kommunikation oder das Ressourcenmanagement im Vordergrund. (Graf & Grube, Kosten-Nutzen-Relation der Anästhesiesimulation, 2004). Das Prinzip des crisis resource management (CRM) wurde hierzu ebenfalls aus dem Simulationsbasiertem Training (SBT) der Flugindustrie an die Medizin insbesondere an die Anästhesie adaptiert und wird nun als ACRM (anesthesia crisis resource management) unterrichtet. Neben Teamwork wird der Fokus auf die Entscheidungsfindung gelegt. Die dazu eingespielten Szenarios werden per Video mitverfolgt und im Anschluss nachbesprochen. (Bilotta, et al., 2013) Insbesondere dem Debriefing kommt hier eine herausgehobene Rolle zu. Es dient dazu aus den gemachten Fehlern zu lernen und Dinge, die während des Szenarios ggf. nicht klar waren, zu erfassen.

Um den verschiedenen Ausbildungszielen und Trainingsschwerpunkten gerecht zu werden, sind sowohl high-fidelity Manikins mit großer Realitätsnähe als auch low-fidelity Manikins mit geringerer Realitätsnähe verfügbar. Das ERC empfiehlt die Verwendung von high-fidelity-Simulationspuppen in Zentren, wenn die finanziellen Ressourcen vorhanden sind. Sollte dies nicht der Fall sein, sind auch die low-Fidelity Simulationspuppen als Standardreanimationspuppen für alle Niveaus der CPR-Kurse adäquat. (Greif, et al., 2015) Auch in der Leitlinie des GRC wird die Verwendung von Simulationspuppen befürwortet, da dies das kontextbezogene Lernen im Rahmen der Reanimation erleichtert (Dirks, et al., 2021). Ob die Simulation wirklich zu einem verbesserten Lernen beiträgt, wurde an 44-Medizinstudenten im Praktischen Jahr an der Uni Frankfurt untersucht. 22 Studenten wurden hierzu im Bereich BLS, ACLS und ATLS mit Simulation unterrichtet und 22 ohne Simulation. Dabei konnte im Abschlusstest, hier als OSCE (Objective Structured Clinical Examination) durchgeführt, eine signifikant bessere Leistung bei den Studenten aufgezeigt werden, die ein Simulationsbasiertes Training (SBT) genossen hatten (Ruessler, et al., 2010). Ähnliches zeigt eine Studie aus dem 2010. Es wurde das Weaning von Bypass-Patienten durch Assistenzärzte der Anästhesie entweder mit SBT oder durch ein interaktives Seminar unterrichtet. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in beiden Posttests sowohl nach zwei wie nach fünf Wochen (14.3 +/- 0.41 vs. 11.8 +/- 0.41,  $P < 0.001$ ; 14.1 +/- 0.41 vs. 11.7 +/- 0.41,  $P < 0.001$ ). (Bruppacher, et al., 2010)

Durch die Simulation kann in kürzerer Zeit mehr Wissen suffizient vermittelt werden und damit eines der Grundsätze der Medizin „primum nil nocere“ (zuerst -einmal- nicht schaden) erreicht werden (McGaghie, et al., 2011). Durch die Simulation können Berufsanfänger, aber auch in

ihrer Ausbildung fortgeschrittene Ärzte im Rahmen des lebenslangen Lernens in einer stressfreien Umgebung verschiedenste Techniken inklusive invasiver oder neuer Techniken erlernen, ohne dabei einen Patienten zu gefährden (Lussi, et al., 2014), (Long, 2005). Die Simulation hat daher einen positiven Einfluss auf die Patientensicherheit und auf die Ergebnisqualität des Gesundheitssystems (Scalese, et al., 2008).

Bei allen positiven Effekten der Patientensimulation mit high und low-fidelity Simulationspuppen gibt es auch Limitationen, die beachtet werden sollten.

Zum einen sind die high-fidelity-Systeme und die benötigte Ausstattung des Simulationsraumes u.a. mit Videotechnik sehr teuer. Von der DGAI werden die Kosten auf ca. 220 000 Euro beziffert, für die Ausstattung eines ganzen Simulationszentrums werden mindestens 550 000 Euro gefordert (Graf & Grube, 2004). Zum anderen wird nach wie vor kontrovers diskutiert, ob sich die Ergebnisse einer Manikin-Studie überhaupt direkt auf den Menschen übertragen lassen.

Die aktuell verfügbaren Simulationspuppen entsprechen nur in sehr geringem Maß der Anatomie des Menschen, wie in Studien mithilfe von CT-Untersuchungen gezeigt werden konnte (Schalk, et al., 2015). Eines der Hauptprobleme ist dabei die Darstellung des Ösophagus, da dieser meist nur als starre Röhre nachgebildet wird, obwohl beim Menschen der Eingang der Speiseröhre in Rückenlage keine Eröffnungsfläche bietet. Durch die Darstellung am Phantom ist die richtige Positionierung einer EGA oder eine endotracheale Intubation zu stark vereinfacht. (Schalk, et al., 2018) (Rai & Popat, 2010) Des Weiteren werden patientenbezogene Faktoren wie der Würgereflex oder das männliche Geschlecht nicht ausreichend simuliert. Dabei konnte gezeigt werden, dass eben diese Faktoren mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit des Misserfolgs bei der Einlage einer LMA assoziiert sind. (Martin-Gill, et al., 2015). Russo et al geben aufgrund ihrer Studie die Empfehlung ab, dass die nicht direkte Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Manikin-Studien bei der Erstellung von Leit- und Richtlinien mit in Betracht gezogen werden soll. Manikin-Studien sollten lediglich als Anhaltspunkt dienen. (Russo, et al., 2013)

Eine ältere Studie aus dem Jahr 2004 kommt hingegen zu anderen Ergebnissen. Dazu wurden 50 Studenten als Studienteilnehmer gewählt, die alle kurz vor Beginn der Studie an einem ACLS-Kurs teilgenommen hatten. Zu Beginn der Studie waren die Atemwegsmanagement-Skills dennoch eher gering. Durch Hands-On Training am Simulator und zusätzliches Debriefing wurden die Skills bis zur perfekten Ausführung geübt. In den auf das Training folgenden 10 Monaten konnte eine signifikante Verbesserung des Airwaymanagements am realen Patienten beobachtet werden. Aus diesem Grund wird durch die Autoren der Studie die

Übertragbarkeit von Ergebnissen an Phantomen auf Menschen als realistisch erachtet (Mayo, et al., 2004).

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Untersuchungsablauf und Datenerfassung

Im Rahmen der „Woche der Wiederbelebung“ des BDA und der DGAI konnten Besucher eines Koblenzer Einkaufszentrums in den Maßnahmen des BLS und der AED-Anwendung geschult werden. Hierzu wurde ein Stand durch die Mitarbeiter des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz betrieben, die selbst alle in der Klinik X – Anästhesie und Intensivmedizin des Bundeswehrzentralkrankenhauses - tätig sind und zum Zeitpunkt der Untersuchung auch als Notarzt arbeiteten. Zusätzlich zu den Schulungsangeboten konnten die Passanten auf freiwilliger Basis an dem hier beschriebenen Studienvorhaben teilnehmen. Die Einwilligung der Probanden erfolgte schriftlich.

Mittels permutierter Blockrandomisierung wurden die insgesamt 160 Teilnehmer einer von drei Versuchsgruppen zugeordnet, welche sich in der zu verwendenden Atemwegshilfe unterschieden. Vor Beginn der Testung erfolgte durch die Studienmitarbeiter eine kurze Anwendungsdemonstration. Im Anschluss wurde der Platzierungsversuch am Modell (AmbuMan Advanced®, Ambu GmbH, Bad Nauheim, Deutschland) durchgeführt und die Platzierungszeit bis zur ersten suffizienten Beatmung durch das Studienpersonal mit einer Stoppuhr dokumentiert (primärer Endpunkt). Die Platzierungszeit wurde ab dem Zeitpunkt des Aufnehmens der EGA bis zur ersten suffizienten Beatmung mittels Beatmungsbeutel (Ambu SPUR II®, Ambu GmbH, Bad Nauheim, Deutschland) gemessen. Ein Platzierungsversuch galt als erfolgreich, wenn die Anwendung der EGA mit einer suffizienten Beatmung endete. Es durften mehrere Lagekorrekturen pro Platzierungsversuch durchgeführt werden. Das komplette Entfernen der EGA und ein neues Einführen wurde hingegen als nächster Versuch gewertet. In diesem Fall wurde die Platzierungszeit des zweiten oder dritten Durchgangs gemessen. Insgesamt waren maximal drei Platzierungsversuche möglich. Eine Zeitvorgabe wurde den Teilnehmern nicht gemacht.

Im Anschluss an die praktische Durchführung der EGA Platzierung wurde durch die Probanden noch ein standardisierter Fragebogen mit den empirischen Daten sowie die subjektiven Einschätzungen und Bewertungen der jeweiligen EGA mit einem Mitglied des Studienteams beantwortet.

Folgende Daten wurden zusätzlich erfasst:

- Empirische Daten: Geschlecht, Vorhandensein einer medizinischen Ausbildung, Zeitpunkt des letzten Erste-Hilfe-Kurses
- Mögliche Probleme bei der Platzierung der jeweiligen EGA
  - Reibungswiderstand am Phantom
  - Cuff nicht (ausreichend) geblockt
  - LT nicht tief genug eingeführt
  - Größe des LT falsch gewählt
  - Nebenluft
  - Keine Beatmung möglich
  - Sonstiges
- Subjektive Einschätzung der Handhabung des Hilfsmittels
- Subjektive Einschätzung, ob die Handhabung des getesteten Hilfsmittels im Erste-Hilfe-Kurs gelehrt werden sollte

Probanden mit einer medizinischen Ausbildung wurden in dieser Studie nicht ausgeschlossen, da es auch in einer realen Reanimationssituation durchaus vorkommen kann, dass der Ersthelfer medizinisch gebildet ist.

Als Phantom wurde der AmbuMan Advanced® der Firma Ambu GmbH, Bad Nauheim, Deutschland gewählt. Dieser High Fidelity Simulator kann für ein Szenariotraining im weitesten Sinne genutzt werden. Airway-Management, Defibrillation, Schrittmacheraktivität, EKG Simulation, Training von Zugangstechniken oder auch Mageninsufflation sind möglich. In diesem Fall wurde jedoch kein Szenario mit möglichen Komplikationen geübt, sondern der reine Platzierungsvorgang der EGA demonstriert bzw. durch die Probanden durchgeführt.

Als extraglottische Atemwegshilfen wurden die i-Gel®-Larynxmaske der Firma Intersurgical (Wokingham, Großbritannien), die Larynxmaske Aura Once der Firma Ambu (Ballerup, Dänemark) und der Larynx-tubus LTS-D der Firma VBM Medizintechnik GmbH (Sulz am Neckar, Deutschland) verwendet.

Als Größen standen jeweils die Größe #4 und #5 zur Auswahl.

Als Beatmungsbeutel wurde ein Erwachsenen- Beatmungsbeutel (Ambu® SPUR II, Ambu GmbH, Bad Nauheim, Deutschland) verwendet.

## 3.2 Statistik

Die Daten wurden elektronisch anhand einer Excel-Tabelle (Microsoft Corporation, Redmond, Washington State, USA) initial erfasst und mit der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) ausgewertet. Dabei erfolgte stets eine Rücksprache mit dem betreuenden Statistiker des Instituts für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik, Abteilung für Biometrie und Bioinformatik der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz. Balkendiagramme wurden zusätzlich mit Excel für Mac Version 16.40 erstellt.

Bereits vor Durchführung der permutierten blockrandomisierten prospektiven Studie wurde die Anzahl der Probanden für eine statistische Power von 80% (entsprechend  $\beta$ -Fehler 0,2) und einem Signifikanzniveau von 0,05 adaptiert.

Die Randomisierung der Probanden zur entsprechenden EGA erfolgte nach schriftlicher Einwilligung zur Studienteilnahme anhand der vorliegenden Randomisierungsliste.

Als Nullhypothese wurde angenommen, dass kein Unterschied in der Platzierungszeit der einzelnen EGA besteht. Diese Daten wurden mittels Kolmogorov-Smirnoff-Test auf eine Normalverteilung hin untersucht. Da dies jedoch nicht bestätigt werden konnte, erfolgte die Untersuchung der Signifikanz mit nicht-parametrischen Testverfahren, namentlich dem Mann-Whitney U-Test beim Vergleich von zwei Gruppen sowie des Kruskal-Wallis Tests bei mehr als zwei verglichenen Gruppen. Für die stetige Variable der Platzierungszeit wurden weiterhin Median, Minimum, Maximum und Interquartilsbereich ermittelt.

Zur deskriptiven Analyse wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten der untersuchten epidemiologischen Daten wie Geschlecht, medizinische Ausbildung und ein absolvierter Erste-Hilfe-Kurs erfasst.

Die Nebenfragestellungen wurden, da es sich hierbei um voneinander unabhängige Stichproben handelt, durch Anwenden des  $\chi^2$ -Tests untersucht.

Als Nebenfragestellungen wurden folgende Annahmen zugrunde gelegt:

- Es gibt Unterschiede im Anwendungserfolg zwischen den EGAs.
- Es gibt Unterschiede in der Art und Häufigkeit der Platzierungsprobleme.
- Es gibt ein Problem, welches sich über alle EGAs darstellt.
- Es gibt Unterschiede in der subjektiven Handhabung der EGAs.
- Es gibt Unterschiede in Bezug auf die Bereitschaft die Anwendung von EGAs zu erlernen.

Die kategorialen Variablen konnten dabei durch prozentuale Anteile und absolute Häufigkeiten charakterisiert werden.

Da während der Studie festgestellt wurde, dass mehr Probanden als ursprünglich angenommen eine medizinische Vorausbildung genossen hatten, wurde post-hoc eine weitere Nebenfragestellung formuliert:

- Es gibt keine Unterschiede in der Platzierungszeit der verschiedenen EGAs zwischen Laien-Ersthelfern mit und ohne medizinische Vorausbildung.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Statistik

An der durchgeführten Studie nahmen insgesamt  $n = 160$  Probanden teil, davon waren 75 (47%) männlich und 83 (52%) weiblich, bei zwei Personen fehlte die Eintragung des Geschlechts.

Insgesamt machten 146 Probanden Angaben zu ihrem beruflichen Hintergrund.

Mehr als zwei Drittel (75%) der Probanden hatten keine medizinische Berufsausbildung. Von denen mit medizinischer Vorausbildung war sowohl der innerklinische als auch präklinische Bereich vertreten (Abbildung 6).

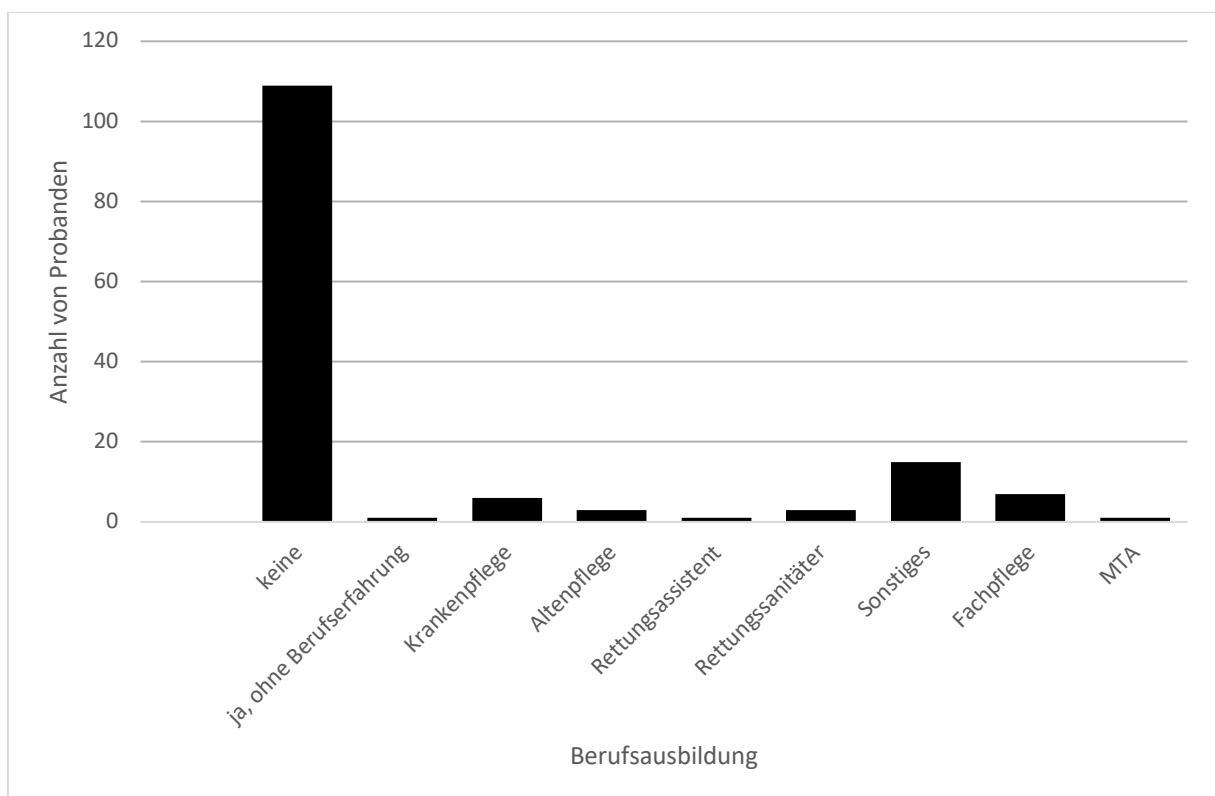


Abbildung 6 - medizinische Berufsausbildung der Probanden ( $n=146$ )

Ebenfalls erfasst wurde der letzte Erste-Hilfe-Kurs, den die Probanden absolviert hatten. Hierbei zeigte sich, dass 55 Probanden (35,5%) den letzten Kurs in den letzten 5 Jahren absolvierten. Eine ebenfalls sehr große Zahl an Probanden hatten nie einen Erste-Hilfe-Kurs besucht oder dieser lag schon mehr als 20 Jahre zurück (Abbildung 7).

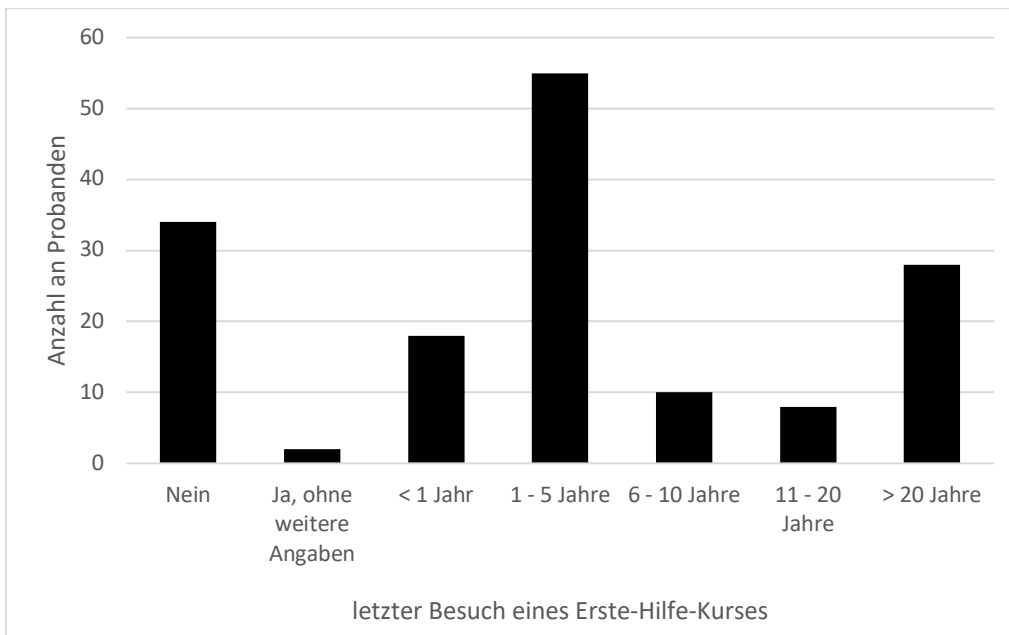


Abbildung 7 - letzter Besuch eines Erste-Hilfe-Kurses

## 4.2 Platzierungszeiten

Die Platzierungszeit wurde ab dem Zeitpunkt des Aufnehmens des EGA bis zur ersten suffizienten Beatmung mittels Beatmungsbeutel gemessen, dabei reichten die Zeiten unabhängig vom eingesetzten EGA von 5 bis 119 Sekunden. Differenziert nach der verwendeten extraglottischen Atemwegshilfe konnte ein signifikanter Unterschied zwischen i-Gel®-Larynxmaske und LMA ( $p < 0.001$ ) sowie zwischen i-Gel®-Larynxmaske und LT ( $p < 0.001$ ) festgestellt werden.

Die i-Gel®-Larynxmaske wurde wesentlich schneller platziert. Hier lag die Minstdauer für die Platzierung bei 5 Sekunden und die maximale Dauer bei 40 Sekunden.

	Mindest-Dauer (in Sek.)	Maximale Dauer (in Sek.)	Median (in Sek.)	p-Wert
LT (n=55)	14	119	28	LT - LMA 0,65
				LT- i-Gel® < 0,001
LMA (n=51)	12	86	26	LMA – LT 0,65
				LMA - i-Gel® < 0,001
i-Gel® (n=53)	5	40	11	i-Gel® - LT < 0,001
				i-Gel® - LMA < 0,001

*Tabelle 1 - explorative Datenanalyse und Signifikanz aller getesteten EGA*

#### 4.2.1 Platzierungszeit differenziert nach Device und medizinischer Ausbildung

Bei der großen Anzahl an Probanden mit medizinischer Berufsausbildung (n = 37) stellte sich im Anschluss an die Datenerhebung die Frage, ob dies gegebenenfalls einen Einfluss auf die Platzierungszeit der jeweiligen EGA hat. Ein Unterschied in der Platzierungszeit aufgrund einer medizinischen Ausbildung konnte dabei nicht bestätigt werden (Abbildung 8).

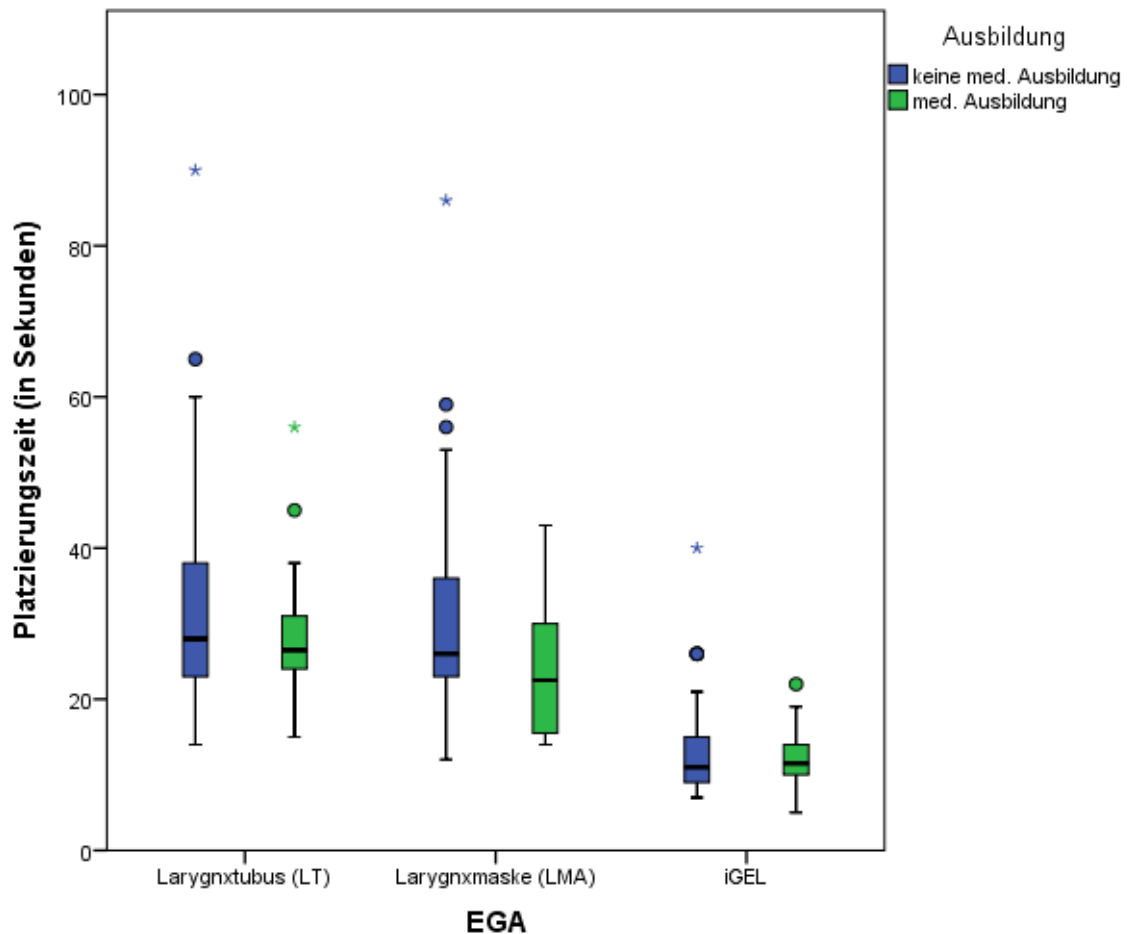


Abbildung 8 -Boxplot - Platzierungszeiten der EGA, differenziert nach medizinischer Ausbildung

### 4.3 Anwendungserfolg

Unabhängig von der Zeit, die notwendig war um eine der EGA zu platzieren, wurde auch der gesamte Anwendungserfolg getestet, also wie viele Durchgänge und Lagekorrekturen insgesamt pro EGA notwendig waren.

Bei allen drei Hilfsmitteln war der erste Durchgang zur Platzierung der EGA in der Mehrzahl der Fälle erfolgreich. Die Ersterfolgsquote lag bei 67% der LT-Anwender (n=51), 68% der LMA- (n=50) und 80% der i-Gel<sup>®</sup>-Anwender (n=51). Die restlichen Probanden benötigten einen zweiten oder dritten Versuch (Abbildung 9).

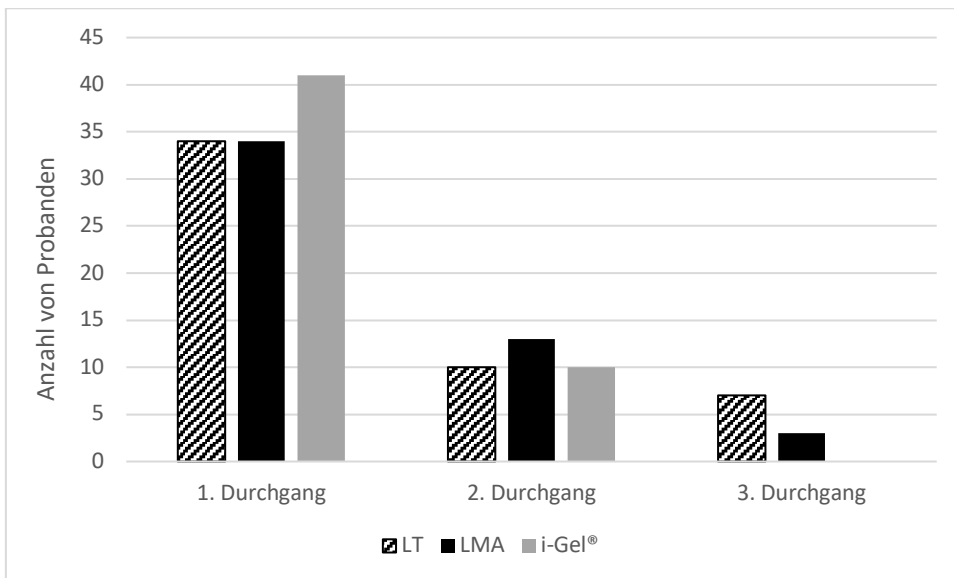


Abbildung 9 - Anwendungserfolg pro Durchgang, differenziert nach EGA

Neben der Anzahl an Durchgängen wurde die Anzahl an Lagekorrekturen bis zur erfolgreichen Beatmung analysiert und geprüft ob hier möglicherweise ein Unterschied zwischen den EGAs festzustellen ist.

Die Mehrzahl der Probanden führten unabhängig vom verwendeten Hilfsmittel keine Lagekorrekturen durch. Mehr als zwei Lagekorrekturen waren nur von einem Probanden bei der Verwendung des LT notwendig (Abbildung 10).

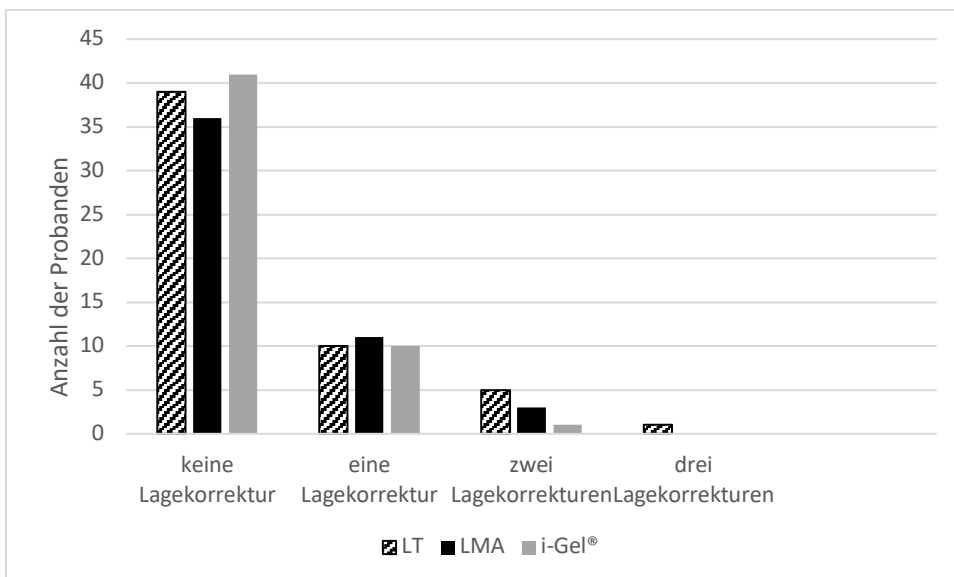


Abbildung 10 - notwendige Lagekorrekturen, differenziert nach EGA

Insgesamt zeigte sich hier kein statistisch auffälliger Unterschied in Bezug auf die Anzahl der benötigten Versuche bis zur ersten suffizienten Beatmung ( $p = 0.07$ ) bzw. in Bezug auf die Anzahl der benötigten Lagekorrekturen ( $p = 0.58$ ; (Abbildung 9).

## 4.4 Platzierungsprobleme

Insgesamt traten Probleme in 34% (n=159) der Fälle auf.

Bei den verschiedenen EGAs gaben die Probanden hierzu unterschiedliche Häufigkeiten an, 41,5% (i-Gel®), 23,5% (LMA) und 38% (LT), die jedoch nicht statistisch auffällig waren ( $p = 0.12$ ) (Abbildung 11).

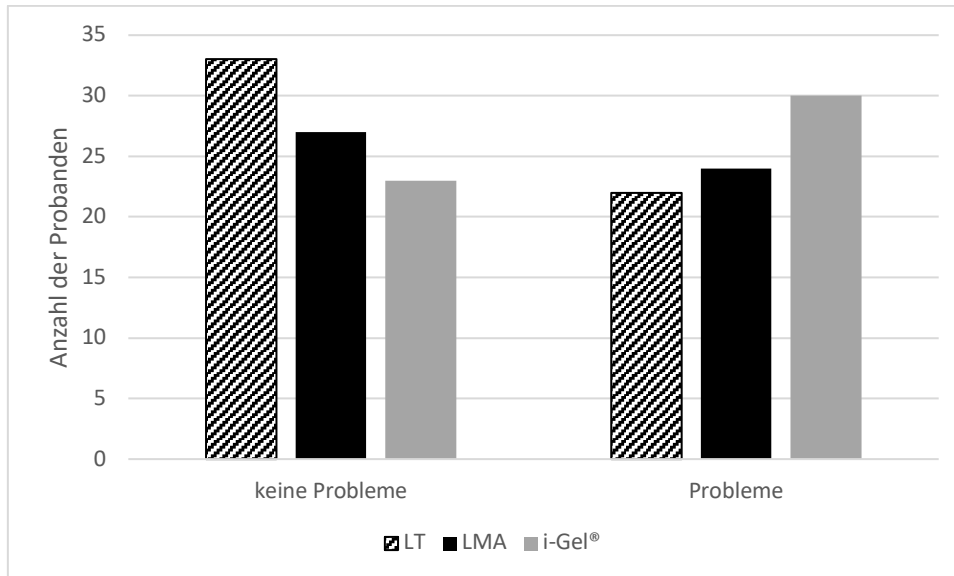


Abbildung 11 - Platzierungsprobleme gesamt, differenziert nach EGA

Um ein nur bei einem Device wiederholt auftretendes Problem zu identifizieren, wurden die Platzierungsprobleme weiter spezifiziert:

- Reibungswiderstand
- Cuffblockung (Cuff nicht ausreichend geblockt)
- Einführtiefe (Device nicht tief genug eingeführt)
- Größenauswahl (Devicegröße falsch gewählt)
- Nebenluft
- Sonstige Probleme

„n“ der einzelnen Devices stellt die Gesamtheit der Probleme dar. Da Mehrfachnennungen möglich waren ist „n“ der EGAs nicht gleich der Summe aller Einzelprobleme.

	Reibungs- widerstand		Cuff- blockung		Einführtiefe		Größen- auswahl		Neben- luft		Sonstiges	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
LT (n=22)	0	0%	6	27%	4	18%	0	0%	0	0%	12	55%
LMA (n=24)	13	54%	8	33%	10	42%	0	0	14	58%	7	29%
i-Gel® (n=30)	8	27%	1	3%	11	37%	1	3%	24	80%	1	3%

Tabelle 2 - spezifische Probleme bei der Platzierung, differenziert nach EGA

Als Zusammenfassung der Ergebnisse der Tabelle kann festgehalten werden, dass es einen auffälligen Unterschied ( $p < 0.001$ ) beim Reibungswiderstand gibt. So scheint der Reibungswiderstand nur beim Larynx-tubus kein Problem darzustellen.

Die Cuffblockung stellt bei der i-Gel®-Larynxmaske, im Gegensatz zu den anderen Devices, ( $p = 0.04$ ) kein Problem dar. Der Cuff der i-Gel®-Larynxmaske muss allerdings auch nicht separat geblockt werden.

Es gibt einen deutlichen Unterschied ( $p < 0.001$ ) zwischen den EGAs in Bezug auf die Nebenluft. Beim Larynx-tubus scheint dies kein Problem zu sein, im Gegensatz zur Larynxmaske oder der i-Gel®.

Es scheint bei allen EGAs noch einige wenige, nicht im Speziellen erfasste Probleme zu geben, die sich allerdings nicht deutlich für eine EGA darstellen.

Ein einzelnes Problem, welches bei allen EGAs gleich häufig auftrat, wie ursprünglich in der Nebenfragestellung angenommen, zeigte sich nicht.

## 4.5 Bewertung des Hilfsmittels (subjektiven Handhabung / Bereitschaft die Anwendung von EGAs zu erlernen)

Die Handhabung Hilfsmittel wurde mit Hilfe einer nominalen Einteilung bewertet. Gemäß der Einteilung

- (1) Leicht
- (2) Eher leicht
- (3) Neutral
- (4) Eher schwierig
- (5) Schwierig

empfand keiner der Probanden unabhängig vom verwendeten Device die Handhabung als „eher schwierig“ oder „schwierig“.

Es konnte dabei kein statistisch auffälliger Unterschied ( $p = 0.17$ ) zwischen den drei EGAs festgestellt werden. Über 80% der Anwender empfanden das Handling ihrer jeweiligen EGA als leicht (LT 81%, LMA 82%, i- Gel® 92%).

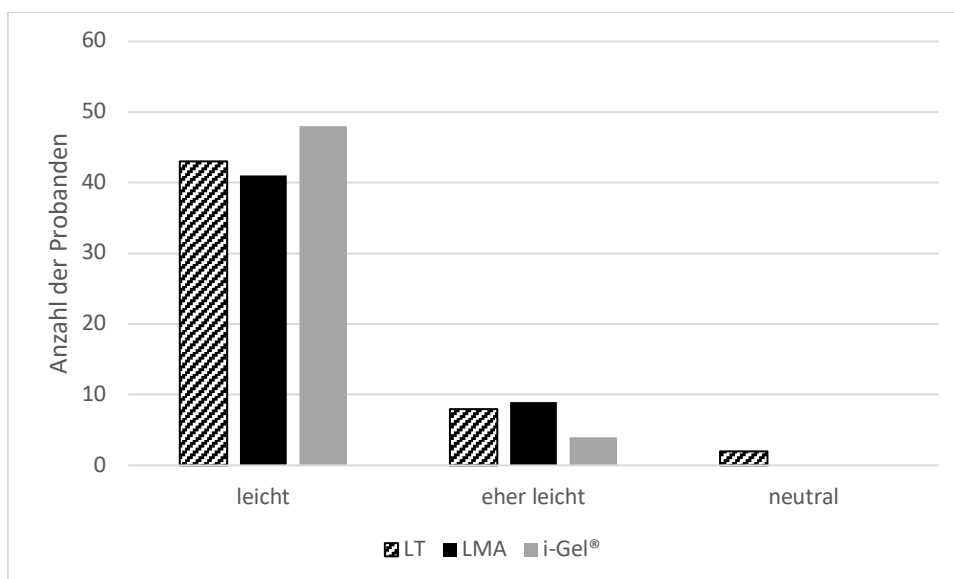


Abbildung 12 - subjektive Bewertung der jeweiligen EGA

Die letzte Frage des Fragebogens zielte ebenfalls auf die subjektive Bewertung der Teilnehmer ab. Resultierend aus der „Leichtigkeit“ der Anwendung wurde nun eruiert, ob die Teilnehmer auch bereit wären diese Beatmungstechnik mit Hilfe einer extraglottischen Atemwegshilfe in künftigen Erste-Hilfe-Kursen zu erlernen. Hier zeigte sich ein statistischer Unterschied für die LMA ( $p = 0,01$ ). Während 100% der Probanden sowohl die Anwendung des LT als auch der i- Gel®-Larynxmaske erlernen würden, lehnten dies bei der LMA 8% ( $n=4$ ) ab.

## 5 Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden erstmals drei weit verbreitete EGA im Hinblick auf die Atemwegssicherung durch unerfahrene Laien untersucht. Es konnte dabei gezeigt werden, dass es bei der Platzierungszeit einen signifikanten Unterschied zwischen der i-Gel® und LMA/LT zugunsten der i-Gel® gibt.

Diese Ergebnisse decken sich zum großen Teil mit den Angaben in der Literatur, auch wenn häufig eine direkte Vergleichbarkeit nicht gegeben ist, da die Platzierungszeit in der Vergangenheit nicht einheitlich definiert wurde. In dieser Studie wurde als Platzierungszeit die Zeit vom Aufnehmen der EGA bis zur erfolgreichen Beatmung gewählt, um einen möglichst realistischen Zeitrahmen darzustellen und Definitionsfehler bei der Übertragung auf Patienten zu vermeiden.

Seit 2008 wurde die i-Gel® wiederholt mit verschiedensten Atemwegsdevices verglichen – durch (Wharton, et al., 2008), (Abukawa, et al., 2012), (Lee, et al., 2015), (Taxak, et al., 2015), (An, et al., 2017), (Malik, et al., 2019) (Mihara, et al., 2019) und (Bielski, et al., 2019). Alle Studiengruppen kamen zu dem Ergebnis, dass die i-Gel® hinsichtlich der Platzierungszeit gegenüber anderen Atemwegsdevices zu bevorzugen ist.

Lediglich eine Studie aus dem Jahr 2014 von de Montblanc kommt zu dem Schluss, dass die Einführungszeit der i-Gel® im Vergleich zu Larynxmasken der ersten Generation zwar geringer, jedoch im Vergleich zur zweiten Generation länger ist (de Montblanc, et al., 2014).

	N Gesamt	Studien- teilnehmer	Studiendesign	Platzierungszeit (von- bis)	Ergebnisse
Wharton et al. 2008	90	Unerfahrenes medizinisches Personal	Phantomstudie/ narkotisierte Pat./ i-Gel®	Aufnahme i-Gel® bis erfolgreiche Beatmung	Über 80% erfolgreiche Platzierung im Erstversuch; Median 14s/17,5s
Abukawa et al. 2012	70	Erfahrene Assistenzärzte für Pädiatrie	Narkotisierte Kinder/ i-Gel®	Aufnahme i-Gel® bis Erscheinen von endtidalem CO <sub>2</sub>	Über 90% erfolgreiche Platzierung im Erstversuch;
Lee et al 2015	38	Unerfahrenes Personal während der Reanimation, normaler und schwieriger Atemweg	Phantomstudie Vergleich LMA, i- Gel®, PENTAX Airway Scope, Macintosh Laryngoskop	Aufnahme i-Gel® bis erste erfolgreiche Beatmung mit einem Beatmungsbeutel	Normaler Atemweg Platzierungszeit (Median): i-Gel® 8,8s LMA16,1s AWS 30,6 MCL 35s Schwieriger Atemweg (Median):

Taxak et al 2015	40	Keine Aussage, vermutlich der Anästhesist	Vergleich ProSeal-LMA, i-Gel® an narkotisierten Patienten in Bauchlage	Aufnahme der EGA bis Herstellen eines effektiven Atemwegs	LMA erfolgreiche Platzierung im Erstversuch: 80% Platzierungszeit: 21,8 +/- 2,70s i-Gel® erfolgreiche Platzierung im Erstversuch: 85% Platzierungszeit: 13,1 +/- 2,24s  (p < 0,05)
An et al 2017	14 Studien	Review	Phantomstudien LMA Classic, LMA Fastrach, LMA Proseal, LMA Unique, LT, Combitube, Easytube, LMA Supreme, aura-l, aur-Q i-Gel®	unterschiedlich	Platzierungszeit bei der i-Gel signifikant kürzer als LMA Classic, LMA Fastrach, LMA Proseal, LMA Unique, LT, Combitube, Easytube
Malik et al 2019	60	Keine Aussage, vermutlich der Anästhesist	Narkotisierte Patienten / Vergleich LMA Proseal/ i-Gel®	Einlage der LMA-Proseal/ i-Gel® bis zum Aufblasen des Cuffs	Platzierungszeit i-Gel® 13,52 +/- 1,06s LMA-Proseal 19,43s +/- 1,56s (p < 0,05)
Mihara et al 2019	100	Keine Aussage, vermutlich der Anästhesist	Narkotisierte Kinder / AuraGain, i-Gel®	Entfernung der Gesichtsmaske bis Erscheinen von endtidalem CO <sub>2</sub>	Platzierungszeit i-Gel® 17,1s AuraGain 21,3s (p < 0,001)
Bielski et al 2019	116	Unerfahrene Ärzte – 30min Theorieunterricht	Phantomstudie (ped.) / i-Gel®, AirQ, AuraGain/normaler Atemweg, normaler Atemweg mit kontinuierlicher CPR, schwieriger Atemweg mit kontinuierlicher Corpuls CPR	Aufnahme der SGA bis Aufblasen des Cuffs	Erfolgreiche Platzierung im Erstversuch (einfacher Atemweg): i-Gel® 85,3%, Air-Q 71,6%, AuraGain 76,7% , p < 0,05 zwischen i-Gel®/Air-Q; i-Gel® und AuraGain/ i-Gel®; Platzierungszeit 9,5s/16,5s/15s Für weitere Szenarios ähnliche Ergebnisse

De Montblanc 2014	31 Studien	Review	Klinische Studien/ i-Gel® und verschiedenste LMA	unterschiedlich	Platzierungszeit i-Gel® -1,46s Reduktion gegenüber 1. Generation LMA, nicht gegenüber 2. Generation LMA; Kein signifikanter Unterschied
-------------------------	---------------	--------	---	-----------------	--

Tabelle 3 – Aufschlüsselung iGel®-Studien

Man sieht jedoch insbesondere in Tabelle 3 wie heterogen die Studien sind. Das Patientenkollektiv schwankt dabei sehr stark (von 13 Probanden bis 116). Von Kindern über Erwachsene bis hin zu Phantomstudien schwanken ebenfalls die Untersuchten sowie die Vorausbildung der Probanden. Es fällt allein aus diesem Blickpunkt schon schwer sich auf andere Autoren zu berufen oder Daten zu vergleichen. Ein weiterer bereits angesprochener Punkt sind die unterschiedlichen Messzeiträume für die Platzierungszeit.

Der Anspruch dieser Studie war also, unter anderem diese beiden Probleme lösen und Daten zu generieren, die eine größere Aussagekraft haben und sich an der Realität orientieren.

Dies wurde zum einen mit einem großen Kollektiv an Probanden sowie den gewählten Start- und Endpunkten für die Platzierungszeit erreicht. Die wenigsten Studien betrachten den Laien als Denjenigen, der die Maske einlegt. Dies, im Zusammenspiel mit den unterschiedlichen Endpunkten der Platzierungszeit, könnte erklären, warum insgesamt die in dieser Arbeit erhobenen Platzierungszeiten länger sind. Dennoch liegen diese für die i-Gel®, mit einer Range von 5 Sekunden bis max. 40 Sekunden durch den ungeübten Laien, in einem guten Bereich.

Diese Erkenntnis könnte für die Laienreanimation relevant sein und genutzt werden. Zum aktuellen Zeitpunkt sieht die Leitlinie vor, dass Laienhelfer Thoraxkompressionen und Atemspenden durchführen, auch wenn es Daten mit niedriger Evidenz gibt, die eine Reanimation mit und ohne Beatmung als gleichwertig erachten (Holmberg, et al., 2001), (Ho, et al., 2018). Die Zahlen zur Laienreanimation sind in Deutschland mit 38% im Vergleich zu anderen europäischen Ländern allerdings schlecht (Fischer, et al., 2018). Den Grund hierfür untersuchte Swor 2006, unter anderem zählten hierzu Ekel sowie Angst vor Infektionskrankheiten. Mit dem präklinischen Einsatz der i-Gel® durch Laien könnte es hier zu einer Besserung kommen, denn es wäre kein direkter Kontakt zu Mund und Nase der Patienten zur Beatmung notwendig. Insbesondere in der aktuellen Pandemie könnten sich die EGA als besonders nützlich erweisen. Seit über einem Jahr bestimmt die Covid-19-Pandemie unser aller Leben. Mund-Nasenschutz, Abstandsgesetze, Desinfektionsmaßnahmen sind in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Und dennoch darf die Erste-Hilfe und hierbei die Reanimation nicht vergessen werden. Maßnahmen der Infektionsschutzes insbesondere zur Verhinderung

von Atemwegsinfekten werden wohl auch in Zukunft weiter eine Rolle in der Gesellschaft spielen, selbst wenn diese Pandemie vorbei ist. Ein weiterer Grund also die EGA vermehrt einzusetzen. So muss kein Ersthelfer bei einer Atemspende direkten Kontakt mit dem Patienten haben und kann sich selbst als auch den Patienten mit einem einfachen Mittel schützen.

Diese Einschätzung passt ebenfalls zu den Beobachtungen von (Schälte, et al., 2016) in der durch die Verwendung einer EGA der Widerwillen der Probanden zur Durchführung der Beatmung signifikant gesenkt wurde.

Die Zeit bis zum Eintreffen des Rettungsfahrzeugs könnte mit dem Anwenden der i-Gel® und einer guten Herzdruckmassage im Rahmen der Laienreanimation überbrückt werden und dem Patienten ein besseres Outcome ermöglichen. Insgesamt wird für die Anwendung von EGA, wie bereits erwähnt, eine Mindestanzahl von 45 unter Anleitung empfohlen, davon mindestens drei Wiederholungen pro Jahr (Lechleuthner, 2014). Ob dies für den Laien realistisch umzusetzen ist, scheint jedoch fraglich.

Dennoch muss sich, insbesondere im Bereich der Laienreanimation, auch die Frage nach einer möglichen Alternative gestellt werden. Aus Sicht dieser Studie ist die Anwendung von EGA in der Präklinik sinnvoll, sofern diese dem Laien auch zur Verfügung gestellt werden.

Es ist eindeutig, dass eine endotracheale Intubation nur von Fachpersonal angewandt werden soll und darf. Auch hier wurde schon in der Literatur bereits darauf hingewiesen, dass selbst für den erfahrenen Rettungsdienstmitarbeiter eine Intubation ein Problem darstellen kann, insbesondere wenn es um die zusätzliche Anwendung von Medikamenten geht. (Lossius, et al., 2012). Auch ist die dokumentierte Mindestanzahl für EGA deutlich niedriger als für die ETI und damit aus praktischen Gesichtspunkten schon einfacher zu gewährleisten.

Die Intubation ist und bleibt vorerst der Goldstandard, doch leider nur für ein kleines Klientel an Anwendern. Für alle anderen sind Alternativen zu bevorzugen.

Für Laien sind die Optionen also wie folgt:

1. Keine Beatmung
2. Mund-zu-Mund-Beatmung/Mund-zu-Nase-Beatmung
3. Beutel-Maskenbeatmung
4. (oder extraglottische Atemwegshilfen).

Zudem gibt es noch den 2016 durch Schälte et al. gewählten Ansatz der „verbesserten Mund-zu-Maskenbeatmung“. Auch dies könnte eine Möglichkeit für die Zukunft sein, da er durch die Verwendung der i-Gel® zu einer Reduktion der Insertionszeit führt. Das Erlernen der Anwendung des Beatmungsbeckens für Laien allerdings entfällt ebenfalls.

Insbesondere in ländlichen Regionen, in denen zum Teil, je nach Infrastruktur und Witterungsbedingungen, viel Zeit vergeht, bis ein Rettungsmittel vor Ort ist, sollte darüber

nachgedacht werden, ob an AED-Standorten EGA zur Verfügung gestellt werden können. Qualifizierten Ersthelfern würde man so die Möglichkeit geben, diese anzuwenden. Wie häufig in der Medizin müssen dabei Kosten und Nutzen abgewogen werden. Die vorliegende Untersuchung zeigt eindeutig, dass Laien nach einer vorherigen Anleitung durchaus in der Lage sind eine i-Gel® anzuwenden und so stellt sich als nächste Frage, wie die i-Gel® zur Verfügung gestellt werden könnte. Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es aus meiner Sicht nur eine Möglichkeit der Umsetzung und zwar die bereits an öffentlichen Orten ausgebrachten AEDs durch ein „Beatmungspäckchen“ zu ergänzen. Dies hätte den Vorteil, dass zumindest für Reanimation an öffentlichen Orten keine weiteren neuen Wege verinnerlicht werden müssten und kein Missbrauch der i-Gel® stattfinden könnte, da die meisten Geräte gesichert sind. Die Kosten der i-Gel® könnten vom gleichen Träger wie dem des AED übernommen werden. Für das bereits erwähnte i-Gel®<sup>o2</sup> Resus Pack der Firma Intersurgical liegen die Kosten zwischen 15 Euro und 17 Euro. Einen Einwegbeatmungsbeutel kann bereits ab 16 Euro käuflich erworben werden und bei einer Haltbarkeit von ca. 5 Jahren kann auch nicht von zu hohen Kosten für die Gemeinden und anderen Träger der AED gesprochen werden, eher im Gegenteil – im Vergleich zu den Anschaffungskosten für einen AED (ca. 1500 Euro). Mit dieser Lösung würden nur die Herzkreislaufstillstände an öffentlichen Orten abgedeckt werden, die Empfehlung ein Medizinprodukt wie das i-Gel®<sup>o2</sup> Resus Pack zuhause vorrätig zu haben, kann nicht gegeben werden.

In der durchgeführten Studie konnten 80% der i-Gel®-Anwender das Device im ersten Versuch platzieren. Die anderen 20% hatten demzufolge Probleme bei der Anwendung im ersten Versuch, die als potentielle Verzögerung in der Realversorgung beim Patienten gewertet werden könnte. Als führende Probleme zeigten sich für die i-Gel® der Reibungswiderstand mit 27%, die Einführtiefe mit 37% und die Nebenluft mit 80%. Die Probleme können dabei nicht immer zu 100% vom Phantom auf den Menschen übertragen werden und zeigen damit eine der Limitationen einer Manikin-Studie auf. Der Reibungswiderstand wird sich wahrscheinlich beim Menschen nicht in dieser Art als Problem darstellen, da der Rachen des Menschen in der Regel durch den Speichel feucht gehalten wird. Dies kann am Phantom nur leidlich durch künstliches Gleitgel oder Wasser nachgeahmt werden. Die Nebenluft ist ebenfalls ein größtenteils am Phantom vorkommendes Problem. Das thermoplastische Elastomer, welches bei der i-Gel® die Besonderheit darstellt, kann am Phantom nicht wirken, da es hier gegenüber der Umgebung in der Regel keinen ausreichenden Temperatur- und Feuchtigkeitsunterschied gibt. Eine Parallele kann allerdings für den Augenblick der Insertion gezogen werden, denn auch hier kann es am Menschen zu „Nebenluft“ kommen, da das Elastomer um die 10 min benötigt, bis sich die i-Gel® den anatomischen Strukturen anpasst (Martin, et al., 2020). Fraglich

dabei ist, ob ein Laie dieses Problem überhaupt kennen würde, insbesondere in einer psychischen und physischen Ausnahmesituation wie einer Reanimation, und entsprechend eine Neueinlage der i-Gel® erwägen würde. Außerdem konnte im Rahmen dieser Arbeit nicht geklärt werden, inwiefern Aspirationsschutz in dieser Zeit besteht.

Die nicht ausreichende Einführtiefe ist ein Problem, das sich in unterschiedlicher Häufigkeit, aber dennoch über alle EGA darstellt. Obwohl sich auf allen Devices eine Markierung befindet, die sich nach Einlage auf Höhe der Zähne befinden soll, scheint dies in einer Stresssituation nicht ausreichend wahrgenommen zu werden, um die EGA richtig zu positionieren. Dieses bestätigen, insbesondere für die LMA, Daten aus dem Jahr 2012, in denen als Hauptproblem, mit 40,7% bei der Insertion, die Einführtiefe genannt wurde. 2012 versuchte man sich dies mit zwei Thesen zu erklären: Zum einen mit der Friktion zwischen Manikin und EGA und dem damit einhergehenden, unerwartet hohen Kraftaufwand zur Einlage der LMA. Zum anderen seien die Landmarken sowohl am Phantom als auch an der EGA für Laien nicht unbedingt selbsterklärend oder selbstverständlich. (Schälte, et al., 2012). Diese Thesen scheinen logisch und können durch die aktuelle Studie nicht widerlegt, sondern eher untermauert werden. Nachdem dieses Problem wiederholt erkannt wurde, scheint es nur eine praktische Lösung zu geben: Da eine Verbesserung oder Änderung der Manikins in dieser Hinsicht wenig wahrscheinlich scheint, kann nur versucht werden, den Laien besser zu schulen.

In Erste-Hilfe-Kursen und anderen Reanimationsschulungsangeboten sollte hier ein Schwerpunkt gebildet werden, wenn es um die Thematik der Beatmung geht. Die Bedeutung der Markierungen auf den EGA sollte thematisiert werden und der einzelne Teilnehmer sich stetig fortbilden. Durch die häufige Wiederholung bestünde die Chance dieses Problem zu minimieren und damit eine bessere Beatmung mit EGA durchzuführen. Auch wenn jedem hier klar sein muss, dass häufig eine kontinuierliche Fortbildung ohne „Zwang“ schwierig ist. Nur jemandem, dem die Bedeutung der Ersten-Hilfe bewusst ist, wird dies freiwillig machen.

Ein Problem, welches sich nicht bei der i-Gel® darstellte, ist die Cuffblockung. Auch hier werden bei LT und LMA entweder farblich codierte Spritzen zur genauen Luftmenge verwendet oder Vorgaben zur Milliliterzahl gemacht, um den Cuff in genau dem richtigen Maße zu blocken. So sollen Nebenluft oder Schäden bzw. Ödeme an der pharyngealen oder laryngealen Muskosa vermieden werden, die ansonsten zur Atemwegsobstruktion führen könnten (Bernhard, et al., 2014), (Michalek, et al., 2015), (Schalk, et al., 2015), (Subramanian, et al., 2016). Mit Fehlerraten bei der Cuffblockung von 27% beim LT und 33% bei der LMA wird deutlich, dass dies jedoch in der Praxis nur eingeschränkt funktioniert, da ca. jeder dritte Proband hierbei Probleme hatte. Die 3%, welche als Probanden mit dem i-Gel® Probleme hatten, werden als Unverständnis des individuellen Teilnehmers beim Beantworten der Fragen gewertet. Hier

kommt der Vorteil der i-Gel® sehr klar zur Geltung, denn diese EGA hat keinen Cuff, der geblockt werden kann, es kann also weder zu viel noch zu wenig Luft zur Inflation appliziert werden. Der Schritt der Cuffblockung muss im Vorfeld der Anwendung nicht erklärt werden, nimmt kein Anteil der Platzierungszeit in Anspruch und ist somit auch keine potentielle Fehlerquelle.

Ein weiteres Problem in Bezug auf den Cuff der LMA ist das mögliche Umschlagen an der Spitze. Bei dieser Fehllage der LMA ist eine Beatmung zwar möglich, aber die Atemwegsmorbidität kann erhöht sein, es herrscht dabei ebenfalls kein ausreichender Aspirationsschutz (Timmermann & Cremer, 2014). Dies entfällt bei der i-Gel® ebenfalls.

Einige der genannten Probleme lassen sich, wie bereits angedeutet, nicht eins zu eins auf den Menschen übertragen und verdeutlichen die Limitationen dieser Studie und damit auch insgesamt die der Phantomstudien. Diese Art der Studie wurde in der Vergangenheit bereits viel kritisiert, eine Alternative gibt es häufig dennoch nicht. Die Studie hätte mit diesem Studiendesign nur schwer am Menschen durchgeführt werden können. Dies wäre ethisch nicht vertretbar (Rai & Popat, 2010). Die vorliegende Studie zeigt, selbst wenn an der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Menschen gezweifelt wird, mögliche Probleme sowie weiteren Forschungs- bzw. Handlungsbedarf auf.

Eine Möglichkeit, die man als weiteres Studiendesign in Erwägung ziehen könnte, um die Daten dieser Phantomstudie zumindest im Hinblick auf die Platzierungszeit und mögliche Probleme der i-Gel® zu verifizieren, wäre die Insertion der i-Gel® durch Laien an bereits narkotisierten Patienten in einem Krankenhaus im OP, kurz vor einer realen Operation. Hierzu müsste selbstverständlich ein Ethikantrag gestellt werden und alle Patienten dieser Vorgehensweise zustimmen.

Das optimale Atemwegsmanagement während eines OHCA ist bis heute nicht geklärt, auch wenn insgesamt die endotracheale Intubation weiterhin als Goldstandard angesehen wird (Timmermann, et al., 2019). Diesen Goldstandard wird der Laie allerdings nie erreichen können, da er weder in ausreichender Anzahl hierauf geschult werden kann noch über die notwendige Ausrüstung verfügt, ganz unabhängig von rechtlichen Aspekten. Benoit et al beschrieben 2015 mögliche Nachteile einer SGA/EGA gegenüber einer ETI wie Aspiration, Pneumothorax, subkutane Emphyseme, Zungenödeme, Trachealverletzungen und obere Atemwegsblutungen. Diese Nachteile können in einer Manikin-Studie leider nicht überprüft und somit auch nicht widerlegt werden. Für den Laien stellt sich allerdings überhaupt nicht die Frage, ob ETI oder EGA, da zum aktuellen Zeitpunkt beides nicht verfügbar ist. Es stellt sich viel mehr die Frage, ob Mund-zu-Mund-Beatmung, Beutel-Maskenbeatmung oder EGA genutzt werden soll. Die Empfehlung des ILCOR lautet hierbei Beutel-Masken-Beatmung oder

die invasive Beatmung. Eine gute Beutelmaskenbeatmung muss ähnlich geübt werden wie alle anderen Beatmungsmöglichkeiten. Mögliche Komplikationen dabei sind, durch zu hohe applizierte Drücke ausgelöst, das Barotrauma der Lunge, Erbrechen und Aspiration (Stone, et al., 1998). Für eine gute Beutel-Maskenbeatmung sollte der Helfer am Kopf positioniert sein, der Kopf rekliniert, und die Maske mit dem C-Griff dicht auf dem Gesicht sitzen (bei Barträgern häufig erschwert) (Bucher, et al., 2020) und das applizierte Volumen pro Beatmung nicht mehr als 7ml/kg KG betragen (Rathgeber, 2010). Alle diese Dinge zu beachten ist selbst für erfahrene Anwender in der Klinik und Präklinik nicht immer einwandfrei durchführbar (Timmermann, et al., 2019) und stellt Laien vor eine noch größere Herausforderung. 2020 wurde die Beutelmaskenbeatmung mit einem LT in Bezug auf das durchschnittliche applizierte Volumen hin untersucht. Bei der Beutel-Masken-Beatmung betrug dies lediglich 194 ml im Gegensatz zum LT mit 387ml. Auch hier empfehlen die Autoren die EGA, in diesem Falle den LT gegenüber der BMV. (Hart, et al., 2020).

Ein weiterer Aspekt der indirekt mit der Beatmung einhergeht, aber eine gute Ergänzung zum Reanimationsmanagement geben könnte, ist die Verwendung eines endtialen CO<sub>2</sub>-Detektors, der zwischen EGA und Beatmungsbeutel gesteckt wird, wie z.B. den EasyCap® II der Fa. Nellcor (Dublin, Irland). Sollte sich die Anwendung und das zur Verfügung stellen eines „Beatmungspäckchens“ etablieren, könnte dieses noch um ein Einmalkapnometer ergänzt werden. Dieses wechselt je nach Menge des zurückströmenden CO<sub>2</sub> die Farbe und gibt so dem Benutzer einen Hinweis auf die Qualität der Reanimation und ist möglicherweise ein Indikator für das Vorliegen eines ROSC (Monsieurs, et al., 2015). Das Einmalprodukt kostet nach aktuellem Stand ca. sechs Euro und ist damit, wie die anderen Produkte auch, für kleine Gemeinden erschwinglich. Es sollte allerdings, wenn es dem „Beatmungspäckchen“ beigefügt wird, nicht durch den „normalen“ Laien verwendet werden, sondern nur von medizinischem Fachpersonal, welches zufällig als Ersthelfer zur Verfügung steht.

In der Studie zeigte sich eine hohe Akzeptanz der Teilnehmer in Bezug auf die eingesetzten EGA ebenso wie die Befürwortung der Ausbildung von EGA in Ersthelferkursen. Die ersten formellen Ersthilfekurse gibt es seit dem 19. Jahrhundert und gehen auf den preußischen Militärarzt Friedrich von Esmarch zurück. Esmarch legte der Vorsitzenden des Roten Kreuzes 1885 nahe, sich im Samariterdienst unterweisen zu lassen (Türk, 1889). Seitdem ist viel Zeit vergangen, dennoch ist der Erste-Hilfe-Kurs nur in einigen Bereichen etabliert. In Deutschland ist der Erste-Hilfe-Kurs sowohl für den Führerschein vorgeschrieben als auch Voraussetzung zur Teilnahme am Ersten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung (Physikum). Auch Betriebe müssen ab einer bestimmten Größe in der Ersten-Hilfe ausgebildetes Personal vorhalten. Doch unabhängig von der Pflicht besteht für jeden die Möglichkeit sich in der Freizeit bei einem Erste-

Hilfe-Kurs anzumelden und sein Wissen aufzufrischen. Dies geschieht allerdings zu selten, wie auch die Befragung in dieser Studie wieder aufgezeigt hat. Bei über der Hälfte der Probanden war der letzte Erste-Hilfe-Kurs mindestens ein Jahr her und 34 Probanden (21%) hatten noch nie einen Kurs besucht. Hier besteht also massiver Nachholbedarf. Das GRC gibt mit der neuen Leitlinie den in Erste-Hilfe-Kursen zu vermittelnden Inhalt sehr genau vor. Hier werden die Themenbereiche ‚medizinische Notfälle‘ und ‚Traumata‘ unterschieden. Aus Sicht der Autorin könnte hier ebenfalls das Lernen der Anwendung einer EGA mit aufgenommen werden. Aufgrund der in dieser Studie untersuchten Platzierungszeit und der Probleme bei der Anwendung wird hierfür die i- Gel<sup>®</sup> favorisiert. Aus Sicht der Anwender gab es hier allerdings zwischen den Devices keine signifikanten Unterschiede. Insgesamt würden über 80% der Anwender die Handhabung als leicht bezeichnen, wenige als „eher leicht oder als neutral“. Dies untermauert die Forderung, Laien an der i- Gel<sup>®</sup> oder zumindest an einer EGA als Alternative zur Mund-zu-Mund- oder Beutelmaskenbeatmung auszubilden.

## 6 Zusammenfassung

**Hintergrund:** Extraglottische Atemwege (EGA) sind eine etablierte Methode der Atemwegssicherung, sowohl in der prähospitalen Medizin als auch im klinischen Umfeld. Die endotracheale Intubation ist der Goldstandard, jedoch bieten EGA Vorteile in Bezug auf die schnellere Erlernbarkeit der Anwendung.

**Ziele:** In der vorliegenden Studie wurde untersucht, ob sich die Zeit bis zur ersten suffizienten Beatmung bei drei untersuchten extraglottischen Atemwegen, angewendet durch medizinische Laien an einem Manikin, signifikant unterscheidet.

**Material und Methoden:** 160 Besucher eines Einkaufszentrums wurden nach permittierender Blockrandomisierung einer der drei EGA zugeordnet. Primärer Endpunkt der vorliegenden Studie war die benötigte Platzierungszeit bis zur ersten suffizienten Beatmung.

**Ergebnisse:** Die Platzierung der iGel-Larynxmaske gelang den Teilnehmern im Median nach 11 Sekunden, wohingegen die Zeitspanne bis zur ersten suffizienten Beatmung mittels klassischer Larynxmaske (LMA; 26 s), respektive Larynxtrachealtubus (LT; 28 s) im Median deutlich länger war. Damit war die Zeitersparnis bei der Anwendung der iGel im Vergleich zu LT und LMA jeweils signifikant größer ( $p < 0,001$ ), wohingegen sich die Zeiten zwischen LT und LMA nicht signifikant unterschieden ( $p 0,65$ ).

**Schlussfolgerung:** Die Ergebnisse zeigen, dass Laien in der Lage sind, verschiedene extraglottische Atemwege nach einer kurzen Lernphase erfolgreich am Phantom anzuwenden. Die iGel-Larynxmaske konnte in unserem Setting mit der höchsten Erfolgsrate und höchsten Geschwindigkeit platziert werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- Abrahamson, S., Denson, J., & Wolf, R. (1969). Effectiveness of a simulator in training anesthesiology residents. *Journal of Medical Education*, 44, S. 515-519.
- Abukawa, Y., Hiroki, K., & Ozaki, M. (2012). Initial experience of the i-gel supraglottic airway by residents in pediatric patients. *Journal of Anesthesia*(26), S. 357-61.
- Agrò, F., Cataldo, R., Alfano, A., & Galli, B. (August 1999). A New Prototype for Airway Management in an Emergency: The Laryngeal Tube. *Resuscitation*, 41(3), S. 284-286.
- An, J., Nam, S., Lee, J., Lee, J., Yoo, H., Lee, H., & Kim, M.-S. (Januar 2017). Comparison of the I-Gel and Other Supraglottic Airways in Adult Manikin Studies: Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine (Baltimore)*, 96(1), S. e5801.
- Arulkumaran, N., Lowe, J., Ions, R., Mendoza, M., Bennett, V., & Dunser, M. W. (April 2018). Videolaryngoscopy Versus Direct Laryngoscopy for Emergency Orotracheal Intubation Outside the Operating Room: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Br J Anaesth*, 120(4), S. 712-724.
- Azad, S., Cobey, F., Price, L., Schumann, R., & Shapeton, A. (Mai 2020). Supraglottic Airway Use for Transfemoral-Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, S. 1-7.
- Benger, J., Kirby, K., Black, S., Brett, S., Clout, M., Lazaroo, M., . . . Rogers, C. (August 2018). Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 320(8), S. 779-791.
- Benoit, J., Gerecht, R., Steuerwald, M., & McMullan, J. (August 2015). Endotracheal Intubation Versus Supraglottic Airway Placement in Out-Of-Hospital Cardiac Arrest: A Meta-Analysis. *Resuscitation*(93), S. 20-26.
- Berliner Jugendrotkreuz. (2020). *jrk-berlin.de*. Von [jrk-berlin.de](https://www.jrk-berlin.de/themenfelder/erste-hilfe/erste-hilfe-kurse-an-schulen/): <https://www.jrk-berlin.de/themenfelder/erste-hilfe/erste-hilfe-kurse-an-schulen/> abgerufen
- Bernhard, M., Behrens, N., Wnent, J., Seewald, S., Brenner, S., Jantzen, T., . . . Fischer, M. (Februar 2018). Out-of-hospital Airway Management During Manual Compression or Automated Chest Compression Devices : A Registry-Based Analysis. *Anaesthesist*, 67(2), S. 109-117.
- Bernhard, M., Beres, W., Timmermann, A., & Gries, A. (2014). Prehospital airway management using the laryngeal tube: An emergency department point of view. *Anaesthesist*(63), S. 589 - 596.
- Bernhard, M., Beres, W., Timmermann, A., Stepan, R., Greim, C.-A., Kaisers, U. X., & Gries, A. (Juli 2014). Prehospital Airway Management Using the Laryngeal Tube. An Emergency Department Point of View. *Anaesthesist*, 63(7), S. 589-596.
- Bernhard, M., Gries, A., Ramshorn-Zimmer, A., Wenzel, V., & Hossfeld, B. (2016). Insertion Success of the Laryngeal Tube in Emergency Airway Management. *Biomed Res Int.*, 2016(3619159).
- Bielski, A., Smereka, J., Madziala, M., Golik, D., & Szarpak, L. (Juni 2019). Comparison of blind intubation with different supraglottic airway devices by inexperienced physicians in several airway scenarios: a manikin study. *Eur J Pediatr*, 178(6), S. 871-882.
- Bilotta, F. F., Werner, S., Bergese, S., & Rosa, G. (7. November 2013). Impact and Implementation of Simulation-Based Training for Safety. *ScientificWorldJournal*.

- Blom, M., Beesems, S., Homma, P., Zijlstra, J., Hulleman, M., van Hoeijen, D., . . . Koster, R. (2014). Improved Survival after out-of-hospital cardiac arrest and use of automated external defibrillators. *Circulation* (130), S. 1868-1875.
- Bobrow, B., Ewy, G., Clark, L., Chikani, V., Berg, R., Sanders, A., . . . Kern, K. (November 2009). Passive oxygen insufflation is superior to bag-valve-mask ventilation for witnessed ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med*, 54(5), S. 656-662.
- Bohn, A., Van Aken, H., Möllhoff, T., Wienzek, H., Kimmeyer, P., Wild, E., . . . Weber, T. (Mai 2012). Teaching resuscitation in schools: annual tuition by trained teachers is effective starting at age 10. A four-year prospective cohort study. *Resuscitation*, 83(5), S. 619-625.
- Bollig, G., Wahl, H., & Svendsen, M. (Juni 2009). Primary school children are able to perform basic life-saving first aid measures. *Resuscitation*, 80(6), S. 689-692.
- Brain, A. (August 1983). The Laryngeal Mask--A New Concept in Airway Management. *Br J Anaesth*, 55(8), S. 081-805.
- Breckwoldt, J., Beetz, D., Schnitzer, L., Waskow, C., Arntz, H.-R., & Weimann, J. (Juli 2007). Medical students teaching basic life support to school children as a required element of medical education: a randomised controlled study comparing three different approaches to fifth year medical training in emergency medicine. *Resuscitation*, 74(1), S. 158-165.
- Bruppacher, H., Alam, S., LeBlanc, V., Latter, D., Naik, V., Savoldelli, G., . . . Joo, H. (April 2010). Simulation-based training improves physicians' performance in patient care in high-stakes clinical setting of cardiac surgery. *Anesthesiology*, 112(4), S. 985-992.
- Bucher, T., Vashisht, R., Ladd, M., & Cooper, J. (Jan 2020). Bag Mask Ventilation. *StatPearls*.
- Calheiros, J., & Charco-Mora, P. (3. März 2020). Effectiveness of Different Supralottic Airways During Resuscitation Manoeuvres. A Systematic Review. *Rev Esp Anestiol Reanim.*, S0034-9356(20), S. 30018-9.
- Callaway, C., Soar, J., Aibiki, M., Böttiger, B., Brooks, S., Deakin, C., . . . Witt, J. (Oktober 2015). Part 4: Advanced life support: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation*, 95, S. e71 - e120.
- Cave, D., AufderHeide, T., Beenson, J., Ellison, A., Gregory, A., Hazinski, M., . . . Schexnayder, S. (2011). Importance and implementation of training in cardiopulmonary resuscitation and automated external defibrillation in schools: A science advisory from the American Heart Association. *Circulation*, 123, S. 691-706.
- Cavus, E., Janssen, S., Reifferscheid, F., Caliebe, A., Callies, A., von der Heyden, M., . . . Doerges, V. (Mai 2018). Videolaryngoscopy for Physician-Based, Prehospital Emergency Intubation: A Prospective, Randomized, Multicenter Comparison of Different Blade Types Using A.P. Advance, C-MAC System, and KingVision. *Anesth Anal*, 126(5), S. 1565-1574.
- Chiang, W., Hsieh, M.-J., Chu, H.-L., Chen, A., Wen, S.-Y., Yang, W.-S. C.-C., . . . Ma, M.-M. (März 2018). The Effect of Successful Intubation on Patient Outcomes After Out-of-Hospital Cardiac Arrest in Taipei. *Annals of Emergency Medicine*, 71(3), S. 387-396.
- Cierniak, M., Maksymowicz, M., Borkowska, N., & Gaszyński, T. (25. Mai 2018). Comparison of Ventilation Effectiveness of the Bag Valve Mask and the LMA Air-Q SP in Nurses During Simulated CPR. *Pol Merkur Lekarski*, 44(263), S. 223-226.

- Council, G. R. (November 2014). *German Resuscitation Council - Deutscher Rat für Wiederbelebung*. Von German Resuscitation Council - Deutscher Rat für Wiederbelebung: <https://www.grc-org.de/wissenschaft/grc-ausbildungcurriculare> abgerufen
- Creutzfeldt, J., Hedmann, L., Heinrichs, L., Youngblood, P., & Felländer-Tsai, L. (14. Januar 2013). Cardiopulmonary resuscitation training in high school using avatars in virtual worlds: an international feasibility study. *J Med Internet Res*, 15(1).
- D, M., EJ, B., AS, G., DK, A., MJ, B., M, C., . . . DJ, M. (26. Januar 2016). Executive summary: heart disease and stroke statistics – 2016 update: a report from the American Heart Association. (A. H. Committee, & S. S. Subcommittee, Hrsg.) 133(4), S. 447-454.
- Deakin, C. D. (Dezember 1996). Prehospital Management of the Traumatized Airway. *Eur J ermg Med*, 3(4), S. 233-243.
- Deakin, C., Fothergill, R., Moore, F., Watson, L., & Whitebread, M. (July 2014). Level of Consciousness on Admission to a Heart Attack Centre Is a Predictor of Survival From Out-Of-Hospital Cardiac Arrest. *Resuscitation Volume 85 Issue 7*, 85(7), S. 905-909.
- DeStatis - Statistisches Bundesamt. (2019). Von <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=previous&levelindex=1&step=1&titel=Ergebnis&levelid=1610803477846&acceptscookies=false#abreadcrumb> abgerufen
- Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (2020). *schuelerrettenleben.de*. Von [schuelerrettenleben.de](https://www.schuelerrettenleben.de): <https://www.schuelerrettenleben.de/unterrichtsmaterial.html> abgerufen
- Deutscher Rat für Wiederbelebung – German Resuscitation Council (GRC) e.V. (2019). *German Resuscitation Council*. Von German Resuscitation Council: <https://www.grc-org.de/projekte/18-2-heldkannjeder-Das-Einmaleins-der-Wiederbelebung> abgerufen
- Dingley, J., Stephenson, J., Allender, V., Dawson, S., & Williams, D. (Juli 2018). Changes in Hardness and Resilience of I-Gel™ Cuffs With Temperature: A Benchtop Study. *Anaesthesia*, 73(7), S. 856-862.
- Dirks, B., & al., e. (25. März 2021). Reanimation 2021 - Leitlinien kompakt. Von German Resuscitation Council - Deutscher Rat für Wiederbelebung: <https://www.grc-org.de/wissenschaft/leitlinien> abgerufen
- Doerges, V., Sauer, C., Ocker, Wenzel, V., & Schmucker, P. (Juni 1999). Airway Management During Cardiopulmonary Resuscitation--A Comparative Study of Bag-Valve-Mask, Laryngeal Mask Airway and Combitube in a Bench Model. *Resuscitation*, 41(1), S. 63-69.
- Feierabend, S., Rathgeb, T., & Reutter, T. (Mai 2019). *KIM 2018 Kindheit, Internet, Medien Basisuntersuchung zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland*. Von [http://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2018/KIM-Studie\\_2018\\_web.pdf](http://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2018/KIM-Studie_2018_web.pdf) abgerufen
- Fiala, A., Lederer, W., Neumayr, A., Egger, T., Neururer, S., Toferer, E., . . . Paal, P. (26. Oktober 2017). EMT-led Laryngeal Tube vs. Face-Mask Ventilation During Cardiopulmonary Resuscitation - A Multicenter Prospective Randomized Trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 25(1), S. 104.
- Fischer M, S. S.-T. (November 2018). Außerklinische Reanimationen im Deutschen Reanimationsregister - eine Übersicht der Jahre 2014 bis 2017. *Anästh Intensivmed*(59), S. 679-682.

- Fouche, P., Simpson, P., Bendall, J., Thomas, R., Cone, D., & Doi, S. (Apr-Jun 2014). Airways in Out-Of-Hospital Cardiac Arrest: Systematic Review and Meta-Analysis. *Prehosp Emerg Care*, 18(2), S. 244 - 256.
- Gahan, K., Studnek, J., & Vandeventer, S. (Dezember 2011). King LT-D Use by Urban Basic Life Support First Responders as the Primary Airway Device for Out-Of-Hospital Cardiac Arrest. *Resuscitation*, 82(12), S. 1525-1528.
- German Resuscitation Council. (November 2014). *German Resuscitation Council - Detuscher Rat für Wiederbelebung*. Von German Resuscitation Council - Detuscher Rat für Wiederbelebung: [https://www.grc-org.de/downloads/GRC-BAGEH-Curriculum\\_fuer\\_Schuelerausbildung2012\\_kommentiert2014.pdf](https://www.grc-org.de/downloads/GRC-BAGEH-Curriculum_fuer_Schuelerausbildung2012_kommentiert2014.pdf) abgerufen
- German Resuscitation Council. (2020). *grc-org.de*. Von grc-org.de: <https://www.grc-org.de/projekte/10-2-World-Restart-a-Heart-worldrestartaheart-Jeder-auf-der-Welt-kann-ein-Leben-retten> abgerufen
- German Resuscitation Council. (2021). Von German Resuscitation Council: <https://www.grc-org.de/arbeitsgruppen-projekte/10-1-World-Restart-a-Heart-Day-WRAH> abgerufen
- Gong, Y., Wang, J., Xu, X., Li, J., Song, R., & Yi, J. (Januar 2020). Performance of Air Seal of Flexible Reinforced Laryngeal Mask Airway in Thyroid Surgery Compared With Endotracheal Tube: A Randomized Controlled Trial. *Anesth Analg*, 130(1), S. 217-223.
- Graf, B., & Grube, C. (2004). Kosten-Nutzen-Relation der Anästhesiesimulation. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*(39), S. 237-240.
- Greif, R., Lockey, A., Conaghan, P., Lippert, A., De Vries, W., & Monsieurs, K. (2015). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015 Section 10. Education and implementation of resuscitation. *Resuscitation*(95), S. 288-301.
- Gómez-Rios, M., Casans-Francés, R., Freire-Vila, E., Sastra, J., López, T., & Garzón, J. (Mai 2020). A prospective evaluation of the Totaltrack video laryngeal mask in paralyzed, anesthetized obese patients. *Journal of Clinical Anesthesia*(61).
- Gundry, J., Comess, K., DeRook, F., Jorgenson, D., & Bardy, G. (19. Oktober 1999). Comparison of naive sixth-grade children with trained professionals in the use of an automated external defibrillator. *Circulation*, 100(16), S. 1703-1707.
- Hart, D., Driver, B., Kartha, G., Reardon, R., & Miner, J. (16. April 2020). Efficacy of Laryngeal Tube Versus Bag Mask Ventilation by Inexperienced Providers. *West J Emerg Med*, 21(3), S. 688-693.
- Heuer, J., Stiller, M., Rathgeber, J., Eich, C., Züchner, K., Bauer, M., & Timmermann, A. (09. August 2009). Evaluation der neuen Kehlkopfmasken Ambu AuraOnce™ und Intersurgical i-gel™. *Der Anaesthetist*(58), S. 813-820.
- Hick, C., & Hick, A. (1997). Physiologie Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog 1. In C. Hick, & H. A., *Physiologie: Kurzlehrbuch zum Gegenstandskatalog 1 mit Einarbeitung der wichtigsten Prüfungsfakten 2., überarb. Aufl.* (S. 394). Stuttgart; Jena; Lübeck; Ulm: G. Fischer.
- Ho, A. M.-H., Mizubuti, G., & Wan, S. (Januar 2018). Improving the Success Rate of Chest Compression-Only CPR by Untrained Bystanders in Adult Out-of-Hospital Cardiac Arrest: Maintaining Airway Patency May Be the Way Forward. *Anesthesia & Analgesia*, 126(1), S. 351-353.
- Hoeyweghen, R. J., Bossaert, L. L., Mullie, A., Calle, P., Martens, P., & Buylaert, W. A. (August 1993). Quality and efficiency of bystander CPR. Belgian Cerebral Resuscitation Study Group. *Resuscitation*, 26(1), S. 47-52.

- Hoffmann, F., Keil, J., Urban, P., Eich, C., Hoffmann, F., Schiele, A., . . . Nicolai, T. (Juni 2016). Interdisziplinär konsentierete Stellungnahme: Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegshilfen in der Kindernotfallmedizin – Larynxmaske ist State-of-the-art. *Anästh Intensivmed*(57), S. 377-386.
- Holmberg, M., Holmberg, S., & Herlitz, J. (September 2000). Effect of bystander cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Resuscitation*, 47(1), S. 59-70.
- Holmberg, M., Holmberg, S., Herlitz, J., & Arrest, R. S. (März 2001). Factors modifying the effect of bystander cardiopulmonary resuscitation on survival in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden. *Eur Heart J*, 22(6), S. 511-9.
- Iserbyt, P. (2016). The effect of Basic Life Support (BLS) education on secondary school students' willingness to and reasons not to perform BLS in real life. *Acta Cardiol.*, 71(5), S. 519-526.
- Jones, I., Whitfield, R., Colquhoun, M., Chamberlain, D., Vetter, N., & Newcombe, R. (9. Juni 2007). At what age can schoolchildren provide effective chest compressions? An observational study from the Heartstart UK schools training programme. *BMJ*, 334(7605), S. 1201.
- Kang, K., Kim, T., Ro, Y., Kim, Y., Song, K., & Shin, S. (Februar 2016). Prehospital Endotracheal Intubation and Survival After Out-Of-Hospital Cardiac Arrest: Results From the Korean Nationwide Registry. *Am J Emerg Med*, 34(2), S. 128-132.
- Kette, F., Reffo, I., Giordani, G., Buzzi, F., Borean, V., Cimarosti, R., . . . Tararan, S. (Juli 2005). The Use of Laryngeal Tube by Nurses in Out-Of-Hospital Emergencies: Preliminary Experience. *Resuscitation*, 66(1), S. 21-25.
- Kim, J., Kim, K., Kim, T., Rhee, J. E., Jo, Y. H., Hyuk, L. J., . . . Hwang, S. S. (Mai 2014). The clinical significance of a failed initial intubation attempt during emergency department resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation*, 85(5), S. 623-627.
- Kleinmann, M., Brennan, E., Goldberger, Z., Swor, R., Terry, M., Bobrow, B., . . . Rea, T. (3. November 2015). Part 5: Adult Basic Life Support and Cardiopulmonary Resuscitation Quality 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*(132), S. S414-S435.
- Kotsovolis, G., Pliakos, I., Pandis, S., Gkinas, D., & Papavramidis, T. (November 2019). Comparison Between the Protector™ Laryngeal Mask Airway and the Endotracheal Tube for Minimally Invasive Thyroid and Parathyroid Surgery. *World J Surg*, 43(11), S. 2822-2828.
- Kriege, M., Alflen, C., Eisel, J., Ott, T., Piepho, T., & Noppens, R. (2. Februar 2017). Evaluation of the Optimal Cuff Volume and Cuff Pressure of the Revised Laryngeal Tube "LTS-D" in Surgical Patients. *BMC Anesthesiol*, 17(1), S. 19.
- Kurz, M., Schmicker, R., Leroux, B., Nichol, G., Aufderheide, T., Cheskes, S., . . . Wang, H. (Juli 2018). Advanced vs. Basic Life Support in the Treatment of Out-of-Hospital Cardiopulmonary Arrest in the Resuscitation Outcomes Consortium. *Resuscitation*, 128, S. 132-137.
- Lai, C.-J., Liu, C.-M., Wu, C.-Y., Tsai, F.-F., Tseng, P.-H., & Fan, S.-Z. (6. Januar 2017). I-Gel Is a Suitable Alternative to Endotracheal Tubes in the Laparoscopic Pneumoperitoneum and Trendelenburg Position. *BMC Anesthesiol*, 17(1), S. 3.
- Lawson, L., & March, J. (Juli-September 2002). Automated external defibrillation by very young, untrained children. *Prehosp Emerg Care*, 6(3), S. 295-298.

- Lechleuthner, A. (März 2014). Der Pyramidenprozess – die fachliche Abstimmung der invasiven Maßnahmen im Rahmen der Umsetzung des Notfallsanitätäergesetzes. *Der Notarzt*, 30(03), S. 112-117.
- Lee, D., Kang, M., Kim, Y., Lee, J., Cho, K., Kim, Y., . . . Hwang, S. (Mai 2015). *Performance of intubation with 4 different airway devices by unskilled rescuers: manikin study*, 33(5), S. 691-696.
- Locke, C., Berg, R., Sanders, A., Davis, M., Milander, M., Kern, K., & Ewy, G. (8. Mai 1995). Bystander Cardiopulmonary Resuscitation. Concerns about mouth-to-mouth contact. *Arch Intern Med.*, 155, S. 938-943.
- Long, R. (März 2005). Using simulation to teach resuscitation: an important patient safety tool. *Crit Care Nurs Clin North Am*, 17(1), S. 1-8.
- Lozem, T., Palm, A., & Wik, L. (Oktober 2008). Impact of a self-instruction CPR kit on 7th graders' and adults' skills and CPR performance. *Resuscitation*, 79(1), S. 103-108.
- Lozem, T., Steen, P., & Wik, L. (Januar 2010). High school students as ambassadors of CPR--a model for reaching the most appropriate target population? *Resuscitation*, 81(1), S. 78-81.
- Lossius, H., Røislien, J., & Lockey, D. (11. Februar 2012). Patient Safety in Pre-Hospital Emergency Tracheal Intubation: A Comprehensive Meta-Analysis of the Intubation Success Rates of EMS Providers. *Crit Care*, 16(1), S. R24.
- Lukas, R.-P., Bohn, A., Möllhoff, T., & Van Aken, H. (2013). Laienreanimation Reanimation als Schulfach "Was Hänchen nicht lernt...". *AINS*(48), S. 552-556.
- Lupton, J., Schmicker, R., Stephens, S., Carlson, J., Callaway, C., Herren, H., . . . Hansen, M. (Mai 2020). Outcomes With the Use of Bag-Valve-Mask Ventilation During Out-of-hospital Cardiac Arrest in the Pragmatic Airway Resuscitation Trial. *Acad Emerg Med*, 27(5), S. 366-374.
- Lussi, C., Grapengeter, M., & Schüttler, J. (28. Mai 2014). Simulatortraining in der Anästhesie Möglichkeiten und Stellenwert. *Der Anaesthetist*(48), S. 433-438.
- Malik, A., Prasad, M., Phutela, I., & Shahid, R. (16. Dezember 2019). Comparison of clinical performance of i-gel with LMA-proseal in elective surgeries: A prospective randomized study. *International Journal of Medical Anesthesiology*, 3(1), 23-29.
- Martin, C., Piekarski, F., Mutlak, H., Schalk, R., Dubinski, D., Zacharowski, K., & Raimann, F. (05. Februar 2020). Influence of temperature on volume, weight and density changes of i-gel masks. *Anaesthesiol Intensive Ther*, 52(2), 119-125.
- Martin-Gill, C., Prunty, H., Ritter, S., Carlson, J., & Guyette, F. (Januar 2015). Risk factors for unsuccessful prehospital laryngeal tube placement. *Resuscitation*(86), S. 25-30.
- Martin-Gill, C., Prunty, H., Ritter, S., JN, C., & FX, G. (Januar 2015). Risk Factors for Unsuccessful Prehospital Laryngeal Tube Placement. (86), S. 25-30.
- Mayo, P., Hackney, J., Mueck, J., Ribaud, V., & Schneider, R. (Dezember 2004). Achieving house staff competence in emergency airway management: results of a teaching program using a computerized patient simulator. *Crit Care Med*, 32(12), S. 2422-2427.
- McGaghie, W., Issenberg, S., Cohen, E., Barsuk, J., & Wayne, D. (Juni 2011). Does simulation-based medical education with deliberate practice yield better results than traditional clinical education? A meta-analytic comparative review of the evidence. *Acad Med*, 86(6), S. 706-711.

- McMullan, J., Gerecht, R., Bonomo, J., Robb, R., McNally, B., Donnelly, J., . . . Group, C. S. (Mai 2014). Airway Management and Out-Of-Hospital Cardiac Arrest Outcome in the CARES Registry. *Resuscitation*, 85(5), S. 617-622.
- medcom flow. (2020). [www.medcomflow.com](http://www.medcomflow.com). Von <http://www.medcomflow.com/producto/totaltrack-vlm-video-laryngeal-mask/> abgerufen
- Michalek, P., Donaldson, W., Eliska, V., & Hakl, M. (2015). *Complications Associated with the Use of Supraglottic Airway Devices in Perioperative Medicine*. Von BioMed Research International: <https://doi.org/10.1155/2015/746560> abgerufen
- Mihara, Z., Nakayama, R., Ka, L., & Goto, T. (Jun 2019). Comparison of the Clinical Performance of I-Gel and Ambu AuraGain in Children: A Randomised Noninferiority Clinical Trial. *Eur J Anaesthesiol*, 36(6), S. 411-417.
- miniSANITÄTER®. (2009). [minisanitaeter.de](http://www.minisanitaeter.de). Von [minisanitaeter.de](http://www.minisanitaeter.de): <http://www.minisanitaeter.de/projekte4.html> abgerufen
- Mohr, S., Weigand, M., Hofer, S., Martin, E., Gries, A., Walther, A., & Bernhard, M. (Juni 2013). Developing the Skill of Laryngeal Mask Insertion: Prospective Single Center Study. *Anaesthesist*, 62(6), S. 447-452.
- Monsiers, N. B. (17. November 2015). Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council. *Notfall Rettungsmed* 18, S. 655-747.
- Monsieurs, K., Nolan, J. B., Greif, R., Maconochie, I., Nikolaou, N., Perkins, G.-D., . . . Zideman, D. (17. November 2015). Kurzdarstellung Kapitel 1 der Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council. *Notfall Rettungsmed*(18), S. 688 - 695.
- Montblanc de, J., Ruscio, L., Mazoit, J., & Benhamou, D. (October 2014). A systematic review and meta-analysis of the i-gel vs laryngeal mask airway in adults. *Anaesthesia*, 69(10), 1151-1162.
- Morrison, L., Verbeek, P., Zhan, C., Kiss, A., & Alian, K. (März 2009). Validation of a universal prehospital termination of resuscitation clinical prediction rule for advanced and basic life support providers. *Resuscitation*, 80(3), S. 324-328.
- Nakanishi, T., Sakamoto, S., Yoshimura, M., & Toriumi, T. (23. Mai 2020). A Learning Curve of LMA® ProSeal™ Insertion: A Prospective Analysis of Cumulative Sum Method. *J Anesth*, S. Online vor Druck: doi: 10.1007/s00540-020-02790-y.
- Neveščanin, A., Vickov, J., Elezović Baloević, S., & Pogorelić, Z. (Januar 2020). Laryngeal Mask Airway Versus Tracheal Intubation for Laparoscopic Hernia Repair in Children: Analysis of Respiratory Complications. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 30(1), S. 76-80.
- Newell, C., Grier, S., & Soar, J. (August 2018). Airway and ventilation management during cardiopulmonary resuscitation and after successful resuscitation. *Critical Care*(22), S. Article Nr. 190.
- Nord, A., Svensson, L., Claesson, A., Herlitz, J., Hult, H., Kreitz-Sandberg, S., & Nilsson, L. (12. September 2017). The effect of a national web course "Help-Brain-Heart" as a supplemental learning tool before CPR training: a cluster randomised trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.*, 25(1).
- Pennant, J. H., & Walker, M. B. (April 1992). Comparison of the Endotracheal Tube and Laryngeal Mask in Airway Management by Paramedical Personnel. *Anesth Analg*, 74(4), S. 531-534.
- Piegeler, T., Roessler, B., Goliasch, G., Fischer, H., Schlaepfer, M., Lang, S., & Ruetzler, K. (Mai 2016). Evaluation of six different airway devices regarding regurgitation and pulmonary aspiration during cardio-pulmonary resuscitation (CPR) - A human cadaver pilot study. *Resuscitation*(102), S. 70-74.

- Pieper, L. (30. Juni 2014). *Bund Deutscher Anästhesisten*. Von <https://www.bda.de/docman/alle-dokumente-fuer-suchindex/oeffentlich/aktuelles-1/993-offizielles-schreiben-kmk-pdf/file.html> abgerufen
- Prabha, R., Raman, R., Khan, M. P., Kaushal, D., Siddiqui, A. K., & Abbas, H. (Oktober-Dezember 2018). Comparison of I-gel for General Anesthesia in Obese and Nonobese Patients. *Saudi J Anaesth*, 12(4), S. 535-539.
- ProFlight GmbH. (2019). *proflight.com*. Von [proflight.com](https://www.proflight.com/de/flugsimulator/historie.php): <https://www.proflight.com/de/flugsimulator/historie.php> abgerufen
- Rücker, G. (2010). Wiederbelebungsunterricht bei Schülern: Ab der siebten Klasse sinnvoll. *Deutsches Ärzteblatt*, 107(11), S. A 492-3.
- Rai, M. R., & Popat, M. T. (22. November 2010). Evaluation of airway equipment: man or manikin? *Anaesthesia*, 66(1), S. 1-3.
- Rathgeber, J. (2010). *Grundlagen der maschinellen Beatmung*. Stuttgart: Thieme.
- Ruesseler, M., Weinlich, M., Müller, M., Byhahn, C., Marzi, I., & Walcher, F. (October 2010). Simulation training improves ability to manage medical emergencies. *Emerg Med J*, 27(10), S. 734-738.
- Russo, S., Bollinger, M., Strack, M., Crozier, T., Bauer, M., & Heuer, J. (November 2013). Transfer of airway skills from manikin training to patient: success of ventilation with facemask or LMA-Supreme(TM) by medical students. *Anaesthesia*, 68(11), S. 1124-1131.
- Scalese, R., Obeso, V., & Issenberg, S. (Januar 2008). Simulation technology for skills training and competency assessment in medical education. *J gen Intern Med*, 23(Suppl 1), S. 46-49.
- Schälte, G., Bomhard, L.-T., Rossaint, R., Coburn, M., Stoppe, C., Zoremba, N., & Rieg, A. (12. Mai 2016). Layperson mouth-to-mask ventilation using a modified I-gel laryngeal mask after brief onsite instruction: a manikin-based feasibility trial. *BMJ Open*, 6(5).
- Schälte, G., Stoppe, C., Rossaint, R., Gilles, L., Heuser, M., Rex, S., . . . Rieg, A. (27. März 2012). Does a 4 diagram manual enable laypersons to operate the laryngeal mask supreme®? A pilot study in the manikin. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, 20(21).
- Schalk, R., Byhahn, C., Klüner, C., & Bernhard, M. (2018). Anwendung des Larynx-tubus in der Notfallmedizin – Komplikationen und Fallstricke. *Notarzt*(34), S. 124-131.
- Schalk, R., Eichler, K., Bergold, M. N., Weber, C. F., Zacharowski, K., Meininger, D., . . . Mutlak, H. (Juli 2015). A radiographic comparison of human airway anatomy and airway manikins--Implications for manikin-based testing of artificial airways. *Resuscitation*(92), S. 129-136.
- Schalk, R., Seeger, F., Mutlak, H., Schweigkofler, U., Zacharowski, K., Peter, N., & Byhahn, C. (November 2014). Complications Associated With the Prehospital Use of Laryngeal Tubes--A Systematic Analysis of Risk Factors and Strategies for Prevention. *Resuscitation*, 85(11), S. 1629-16932.
- Smith, P., & Bailey, C. (Januar 2015). A Performance Comparison of the Paediatric I-Gel With Other Supraglottic Airway Devices. *Anaesthesia*, 70(1), S. 84-92.
- St. Pierre, M., & Breuer, G. (2018). *Simulation in der Medizin*. Berlin: Springer-Verlag GmbH.
- Stone, B., Chantler, P., & Baskett, P. (Juli 1998). The Incidence of Regurgitation During Cardiopulmonary Resuscitation: A Comparison Between the Bag Valve Mask and Laryngeal Mask Airway. *Resuscitation*, 38(1), S. 3-6.
- Stromsoe, A., Svensson, L., Claesson, A., Lindkvist, J., Lundström, A., & Herlitz, J. (2011). Association between population density and reported incidence,

- characteristics and outcome after out-of-hospital cardiac arrest in Sweden. (82), 1307-1313.
- Subramanian, A., Garcia-Marcinkiewicz, A., Brown, D., Brown, M., & Diedrich, D. (2016). Definitive airway management of patients presenting with a pre-hospital King LT(S)-D laryngeal tube airway: a historical cohort study. *Can J Anesth.*, 63(3), S. 275 - 282.
- Sulzgruber, P., Datler, P., Sterz, F., Poppe, M., Lobmeyr, E., Keferböck, M., . . . van Tulder, R. (August 2018). The Impact of Airway Strategy on the Patient Outcome After Out-Of-Hospital Cardiac Arrest: A Propensity Score Matched Analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 7(5), S. 423-431.
- Swor, R., Khan, I., Domeier, R., Honeycutt, L., Chu, K., & Compton, S. (Juni 2006). CPR training and CPR performance: do CPR-trained bystanders perform CPR? *Acad Emerg Med*, 13(6), S. 596-601.
- Swor, R., Khan, I., Domeier, R., Honeycutt, L., Chu, K., & Compton, S. (Jun 2006). CPR training and CPR performance: do CPR-trained bystanders perform CPR? *Acad Emerg Med*, 13(6), S. 596-601.
- Türk, E. (02. August 1889). Krankenpflegerinnen auf dem Lande. *Lübeckische Blätter*, 41(32), S. 399 - 400.
- Taxak, S., Gopinath, A., Saini, S., Bansal, T., Ahlawat, M., & Bala, M. (Oktober-Dezember 2015). A prospective study to evaluate and compare laryngeal mask airway ProSeal and i-gel airway in the prone position. *Saudi J Anaesth*, 9(4), S. 446-450.
- Timmermann, A. (Dezember 2011). Supraglottic Airways in Difficult Airway Management: Successes, Failures, Use and Misuse. *Anaesthesia*, 66(Suppl 2), S. 45-56.
- Timmermann, A., & Cremer, S. (Mai 2014). *Larynxmasken – Indikationen und Kontraindikationen*. Von A&I Online: <https://www.ai-online.info/abstracts/pdf/dacAbstracts/2014/2014-xxx-RCxxx.pdf> abgerufen
- Timmermann, A., Böttiger, B., Byhahn, C., Döriges, V., Eich, C., Gräsner, J., . . . Bernhard, M. (Februar 2019). *AWMF Online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin*. Von [www.awmf.org](http://www.awmf.org): [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/001-040l\\_S1\\_Praehospitales-Atemwegsmanagement\\_2019-03\\_1.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-040l_S1_Praehospitales-Atemwegsmanagement_2019-03_1.pdf) abgerufen
- Toner, P., Connolly, M., Laverty, L., McGrath, P., Connolly, D., & McCluskey, D. R. (Oktober 2007). Teaching basic life support to school children using medical students and teachers in a 'peer-training' model--results of the 'ABC for life' programme. *Resuscitation*, 75(1), S. 169-175.
- Van Hoeyweghan, B. M. (August 1993). Quality and efficiency of bystander CPR. *Resuscitation*, 26(1), S. 47-52.
- VBM Medizintechnik GmbH. (2020). *VBM Medical*. Von <https://www.vbm-medical.de/produkte/airway-management/larynx-tuben/> abgerufen
- Wang, H., Schmicker, R., Daya, M., Stephens, S., Idris, A., Carlson, J., . . . G, N. (28. August 2018). Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 320(8), S. 769-778.
- Wharton, N., Gibbison, B., Gabbott, D., Haslam, G., Muchatuta, N., & Cook, T. (September 2008). I-gel Insertion by Novices in Manikins and Patient. *Anaesthesia*, 63(9), S. 991-995.
- White, L., Melhiush, T., Holyoak, R., Ryan, T., Kempton, H., & Vlok, R. (2298-2306. Dezember 2018). Advanced Airway Management in Out of Hospital Cardiac Arrest: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Emerg Med*, 36(12).

Zhu, L., Shi, X., Yin, S., Yin, J., Zhu, Z., Gao, X., . . . Yang, L. (20. Mai 2019). Effectiveness and pulmonary complications of perioperative laryngeal mask airway used in elderly patients (POLMA-EP trial): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*.

# 8 Anhang



Datum: 22.03.

Datenerfassung

lfd. Nummer: 160  
13

## Anwendung verschiedener SGA durch ungeübte Laien – Ist eine Public Access-Anwendung grundsätzlich möglich?

### I. Angaben zur Person

Geschlecht:  männlich  weiblich

Besitzen Sie eine medizinische Ausbildung?  nein  ja, folgende: \_\_\_\_\_

Haben Sie schon einmal einen Erste-Hilfe-Kurs (z.B. zum Führerscheinwerb) besucht?

nein

ja

wenn ja, wie lange liegt diese Ausbildung zurück? 2a

### II. versuchsbezogene Daten

LT

LMA

iGel

#### I. Primäre Zielvariable

##### Erfolgreiche Platzierung des Larynx tubus:

1. Durchgang:  ja  nein

2. Durchgang:  ja  nein

3. Durchgang:  ja  nein

##### Zeit bis zur erfolgreichen Beatmung:

1. Durchgang: 32 Sekunden Device: \_\_\_\_\_

2. Durchgang: \_\_\_\_\_ Sekunden Device: \_\_\_\_\_

3. Durchgang: \_\_\_\_\_ Sekunden Device: \_\_\_\_\_

##### Lagekorrekturen bis zur erfolgreichen Beatmung:

1. Durchgang:  1  2  3  > 3

2. Durchgang:  1  2  3  > 3

3. Durchgang:  1  2  3  > 3

#### Probleme bei der Platzierung:

Reibungswiderstand am Phantom  
Cuff nicht (ausreichend) geblockt  
LT nicht tief genug eingeführt  
Größe des LT falsch gewählt  
Nebenluft  
Keine Beatmung möglich  
Sonstiges (s.u.)

Sonstige Probleme: (Freitext)

Datum: 19.03.

lfd. Nummer: 2

Datenerfassung

Wie empfanden Sie die Handhabung des Hilfsmittels ( Gesamteindruck des Vorganges von der Vorbereitung bis zur korrekten Beatmung)?

LT:  leicht     eher leicht     neutral     eher schwierig     schwierig

LMA:  leicht     eher leicht     neutral     eher schwierig     schwierig

iGel:  leicht     eher leicht     neutral     eher schwierig     schwierig

Sollte die Handhabung eines der Hilfsmittel im Rahmen von Erste-Hilfe-Kursen gelehrt werden?

ja     nein

Wenn ja, welches: \_\_\_\_\_

Abbildung 13 - Beispielfragebogen zur Datenerhebung – Beispielfragebogen zur Datenerhebung

## 9 Danksagung

Meinem Doktorvater möchte ich für die Möglichkeit danken unter diesem Thema zu promovieren sowie die hilfsbereite Begleitung während der gesamten Zeit.

Mein größter Dank gilt meinem Betreuer, der mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand, mich immer unterstützte, wenn ich Hilfe benötigte und mir Tipps gab, wenn ich nicht weiterwusste. In sämtlichen Belangen, inhaltlicher oder formeller Art, wusste er mir stets zu helfen.

Außerdem gilt mein Dank dem Statistiker des IMBEI für seine gute und geduldige Beratung, trotz bereits erfolgter Pensionierung während der Erstellung meiner Arbeit.

Darüber hinaus möchte ich meiner Familie ganz besonders danken, die es schaffte, mich immer wieder zu motivieren und mir auch in schwierigen Momenten Zeit und Raum gaben die Arbeit zu vervollständigen. Insbesondere meine Schwiegermutter möchte ich erwähnen, die sich häufig, während ich schreibe oder rechne, mit einer Engelsgeduld um meinen Sohn kümmerte und mir so den Rücken freihielt.

