

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

Einfluss der Atemwegssicherung unter präklinischer Reanimation auf ROSC-Rate/  
Reanimationserfolg – Retrospektive Analyse aus den Datenbeständen 2011-2019

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

Vorgelegt von

Alessa Ursula Bauer  
aus Neuenbürg

Mainz, 2024

Nutzungsrechte: Namensnennung (CC-BY-4.0)

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 27. August 2025

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1 Einleitung.....	1
2 Literaturdiskussion.....	3
2.1 Grundlagen: Reanimation .....	3
2.2 Atemwegssicherung.....	5
2.2.1 Der Larynxtubus.....	7
2.2.2 Vorteile des Larynxtubus.....	9
2.2.3 Nachteile des Larynxtubus.....	11
2.2.4 Die endotracheale Intubation .....	14
2.3 Atemwegsmanagement und ROSC-Rate.....	17
2.4 Weitere Einflüsse auf ROSC- und Überlebens-Rate .....	19
3 Methoden.....	22
3.1 Zielsetzung.....	22
3.2 Fragestellung .....	22
3.3 Datenerfassung.....	22
3.4 Studiendesign .....	27
3.5 Statistische Analysen .....	28
4 Ergebnisse.....	29
4.1 Patientenkollektiv .....	30
4.2 Return of spontaneous Circulation (ROSC) .....	36
4.3 Atemwegsmanagement und ROSC-Rate.....	40
4.4 Krankenhausaufnahme .....	43
4.4.1 Subgruppenanalyse 72-Stunden Überleben .....	44
4.4.2 Subgruppenanalyse Krankenhaus Entlassung .....	45
5 Diskussion .....	46
5.1 Patientenkollektiv .....	46
5.2 Atemwegskomplikationen.....	48
5.3 Return of spontaneous Circulation (ROSC) .....	50
5.4 Krankenhausaufnahme .....	53
5.5 Limitationen.....	57
6 Zusammenfassung .....	60
7 Literaturverzeichnis.....	62
8 Anhang .....	68
9 Danksagung .....	69

## Abkürzungsverzeichnis

AED	.....	<i>Automatisierter externer Defibrillator</i>
ALS	.....	<i>Advanced Life Support</i>
BLS	.....	<i>Basic Life Support</i>
BMV	.....	<i>bag mask ventilation</i>
CL	.....	<i>Cormack und Lehane</i>
CPR	.....	<i>Kardiopulmonale Reanimation</i>
EGA	.....	<i>Extraglottische Atemwegshilfe</i>
ERC	.....	<i>European Resuscitation Council</i>
ET	.....	<i>Endotracheal-Tubus</i>
ETI	.....	<i>Endotracheale Intubation</i>
GCS	.....	<i>Glasgow Coma Scale</i>
HKS	.....	<i>HerzKreislaufstillstand</i>
KTW	.....	<i>Krankentransportwagen</i>
LM	.....	<i>Larynxmaske</i>
LT	.....	<i>Larynxtubus</i>
NEF	.....	<i>Notarzteinsatzfahrzeug</i>
ROSC	.....	<i>return of spontaneous circulation</i>
RTW	.....	<i>Rettungswagen</i>
SOP	.....	<i>Standard Operating Procedure</i>
UMM	.....	<i>Universitätsmedizin Mainz</i>
VE	.....	<i>Vorerkrankungen</i>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Advanced Life Support Algorithmus nach ERC Guidelines .....	4
Abbildung 2: VBM Larynxtubus .....	7
Abbildung 3: Larynxtubus LTS-D Firma VBM.....	7
Abbildung 4: Cormack und Lehane Grade .....	15
Abbildung 5: Entity Relationship Diagramm Access Datenbank.....	23
Abbildung 6: DIVI-Notfalleinsatzprotokoll 6.0 Vorderseite .....	25
Abbildung 7: DIVI-Notfalleinsatzprotokoll 6.0 Rückseite.....	26
Abbildung 8: Flow-Chart-Diagramm Patienten .....	29
Abbildung 9: Initiale Atemwegssicherung .....	30
Abbildung 10: Pre Emergency Status.....	31
Abbildung 11: Laienreanimation nach Einsatzjahren.....	33
Abbildung 12: Initialer Rhythmus Patientenkollektiv .....	34
Abbildung 13: Initialer Rhythmus nach Atemwegssicherung .....	34
Abbildung 14: Balkendiagramm Ursache Herzkreislaufstillstand.....	35
Abbildung 15: ROSC-Raten .....	36
Abbildung 16: Zeit bis zum ROSC Gesamtkollektiv.....	37
Abbildung 17: Boxplots bis zum ROSC .....	37
Abbildung 18: Kaplan-Meier-Ereigniszeitenanalyse .....	38
Abbildung 19: Konfidenzintervalle ROSC Initiale Atemwegssicherung .....	40
Abbildung 20: Konfidenzintervall 72-Stunden Überleben .....	44
Abbildung 21: Krankenhausentlassung der aufgenommenen Patienten .....	45
Abbildung 22: Hochrechnung Gesamtraten .....	56

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Atemwegssicherung und Vorerkrankungen .....	32
Tabelle 2: Kreuztabelle Atemwegssicherung und Ursache Herzkreislaufstillstand....	35
Tabelle 3: Kreuztabelle Atemwegskomplikationen .....	39
Tabelle 4: Regressionsmodell Gesamtkollektiv .....	42
Tabelle 5: Regressionsmodell LT und ET .....	43
Tabelle 6: ROSC aufgeschlüsselt nach Atemwegssicherung .....	68
Tabelle 7: ROSC Endotrachealtubus und Larynxtubus .....	68

## 1 Einleitung

In dieser Dissertationsarbeit wird das generische Maskulin verwendet. Die in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Die Intention, einen Menschen nach einem Herzkreislaufstillstand (HKS) wiederzubeleben, existiert bereits seit Jahrtausenden. Es gibt Hinweise, dass Ägypter schon vor über 5.000 Jahren Beatmungstechniken angewendet haben (1). Ab dem 17. Jahrhundert gab es von der direkten Herzmassage über Mund-zu-Mund-Beatmungen bis hin zu befremdlich anmutenden Reanimationstechniken eine Vielzahl an Methoden zur Wiederbelebung, dies im Speziellen in Tierversuchen (2). Man gelang zu Kenntnissen hinsichtlich der offenen direkten Herzmassage sowie dem Einsatz von Defibrillatoren (3). Erst ab den 1950-1960ern führte man Reanimationsmaßnahmen bestehend aus transthorakalen Thoraxkompressionen und Beatmung durch (3,4). Es entwickelten sich Empfehlungen zur Durchführung einer Reanimation durch die American Heart Association und das European Resuscitation Council (ERC). In regelmäßigen Abständen werden diese Empfehlungen aktualisiert. Aus den Empfehlungen dieser beiden Fachgesellschaften wurden Leitlinien und sogenannte „standard operating procedures“ (SOP) auch im deutschsprachigen Bereich erstellt. Die Relevanz und die korrekte Umsetzung der genannten Leitlinien ist daran zu erkennen, dass in Deutschland im Jahr 2019 hochgerechnet knapp 52.000 Patienten mit einem HKS außerhalb einer Klinik reanimiert wurden (5). Aufgrund der unterschiedlichen Organisation des Rettungsdienstwesens sowie einer vermuteten Unterberichterstattung in Europa sind genaue Fallzahlen schwierig zu benennen. Eine 2021 veröffentlichte europäische Studie erhob die Inzidenz eines präklinischen HKS mit 84 pro 100.000 Einwohner pro Jahr (6). Neben einer qualitativ hochwertigen Thoraxkompression ist die Beatmung und die Atemwegssicherung von entscheidender Bedeutung hinsichtlich des Outcomes des Patienten. Die Leitlinien des ERC aus dem Jahr 2021 erläutern, dass Rettungsdienstsysteme die eine „fortgeschrittene Atemwegssicherung“ einsetzen mit einer höheren Überlebensrate einhergehen (6). Die Sicherung des Atemwegs kann auf verschiedene Arten erfolgen. Grundlegend ist eine manuelle Beutel-Masken-Beatmung, ebenfalls „bag mask ventilation“ (BMV) genannt, möglich und wird zumeist direkt vom Erstversorgenden angewendet. Eine Alternative zur BMV stellen die sogenannten extraglottischen Atemwegshilfen (EGA) dar, welche aktuell eine hohe Popularität im präklinischen

Setting besitzen. Sie ermöglichen eine blinde Insertion des jeweiligen Atemwegdevices, wobei dieses nicht die Stimmbänder passiert, sondern auf Larynxebene platziert wird. Der Goldstandard der Atemwegssicherung stellt die endotracheale Intubation (ETI) dar, hierbei wird der Tubus unter direkter oder indirekter Sicht in die Trachea eingeführt. Vor allem unter den möglicherweise erschwerten Bedingungen bezüglich örtlicher, personeller oder patientenbezogener Gegebenheiten, die eine präklinische Reanimation und Intubation mit sich bringen kann, scheinen die EGAs eine einfache, gute Alternative zur ETI darzustellen. Hier wäre beispielsweise ein schwieriger Atemweg oder der erschwerte Zugang zu den Patienten, unterschiedliche Qualifikation und Erfahrung der anwesenden Personen sowie die begrenzte Zeit zur Etablierung eines sicheren Atemwegs zu nennen. Betrachtet man die aktuelle Literatur, sind sich widersprechende Studien zum Reanimationserfolg bei Verwendung von EGAs wie dem Larynxtubus (LT) zu finden (7–13). Daher wurde in der vorliegenden retrospektiven Datenanalyse der Einsatz eines LT zur Atemwegssicherung während präklinischer Reanimation mit dem Goldstandard ETI hinsichtlich vorher definierter Parameter verglichen. Hierfür wurden retrospektiv Daten des Deutschen Reanimationsregisters, aus Notarzteinsatzprotokollen und aus dem Krankenhausinformationssystem SAP aller präklinischen Reanimationen im Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen zwischen 2011 und 2019 erfasst. Dabei wurden die Einsatzdaten, Patientendaten sowie mögliche Einflussparameter erhoben. Die Hauptfragestellung der vorliegenden Arbeit lautete, ob der LT der ETI im Hinblick auf die ROSC-Rate nicht unterlegen sei. Die retrospektive Datenerfassung inkludierte einen Zeitraum von 9 Jahren und es konnte im Vergleich zu anderen Studien eine deutlich größere Studienpopulation eingeschlossen werden.

## **2 Literaturdiskussion**

### **2.1 Grundlagen: Reanimation**

Der HKS stellt eine häufige Indikation für einen Notarzteinsatz dar. Eine valide Angabe von Inzidenzen ist basierend auf der Tatsache eines sehr heterogenen europäischen und weltweiten Rettungsdienstwesens und einer unterschiedlichen Registererfassung kaum möglich. Das ERC veröffentlichte 2021 Leitlinien zum HKS, hierbei wird die Inzidenz eines präklinischen HKS durch die EuReCa ONE Studie auf 84 pro 100.000 Einwohner pro Jahr angegeben (6). Das ERC gibt in einer weiteren Publikation von 2015 an, dass sich ungefähr 500.000 HKS in Europa pro Jahr ereignen (14). Der Jahresbericht des deutschen Reanimationsregisters verzeichnete 2019, welches dem aktuellsten Jahr unserer Datenanalyse entspricht, 15.274 erfasste Herz-Kreislauf-Wiederbelebungen in 88 Rettungsdienststandorten innerhalb Deutschlands (5). Der zur Zeit dieser Veröffentlichung aktuellste erschienene Jahresbericht aus 2021 berichtet von 16.265 erfassten HKS (15). Die Gründe für einen HKS sind vielfältig, Deutschland- wie europaweit führend ist eine vermutete kardiale Ursache, wie zum Beispiel ein Myokardinfarkt. Laut dem Jahresreport des deutschen Reanimationsregisters 2019 wurde eine kardiale Ursache in 60,6% der Fälle als Grund für den Kreislaufstillstand vermutet (5). Eine andere häufige Ursache stellt die Hypoxie, also eine Sauerstoffunterversorgung des Organismus, mit vermuteten 14,2% dar und ein Trauma in 2,9% der Fälle. In knapp einem Sechstel der Fälle blieb der Grund für die kardiopulmonale Reanimation allerdings unbekannt (5).

Die kardiopulmonale Reanimation ist somit ein wichtiger Grundpfeiler in der präklinischen Patientenversorgung. Im Folgenden soll der aktuelle Reanimationsalgorithmus des ERC erläutert werden. Weiterhin soll auf Änderungen seit Beginn der analysierten Studiendaten eingegangen werden. Zu Beginn der Durchführung der vorliegenden Studie 2011 fand der vom ERC 2010 veröffentlichte Algorithmus Anwendung und wurde durch die im Jahr 2015 veröffentlichten neuen Empfehlungen des ERC aktualisiert. Diese Version des Algorithmus wurde dann in den Studienjahren ab 2015 angewendet. Ein Unterschied stellt z.B. die im Algorithmus von 2010 empfohlene maximale Dauer der Unterbrechung der Thoraxkompressionen für die Atemwegssicherung mit 10 Sekunden dar, die im Algorithmus von 2015 auf 5 Sekunden verkürzt wurde (16,17).

Grundsätzlich erfolgt eine Unterteilung der Reanimationsmaßnahmen in „Basic Life Support“ (BLS) und „Advanced Life Support“ (ALS). Die Kenntnis des BLS-Algorithmus wird allgemeingültig vorausgesetzt, da es sich hierbei um die meist als „Erste-Hilfe“ bekannten Kurse handelt, welche beispielsweise im Rahmen des Führerschein-Erwerbs nachweislich erlernt werden müssen. Beschäftigte im Gesundheitswesen oder ausgebildete Ersthelfer sollten die regelmäßige Teilnahme an ALS Kursen nachweisen können. Der zu einem Großteil der Datenerhebungszeit der vorliegenden Studie gültige ALS-Algorithmus nach ERC-Guidelines aus dem Jahr 2015 ist in Abbildung 1 dargestellt und soll anhand dieser erläutert werden.

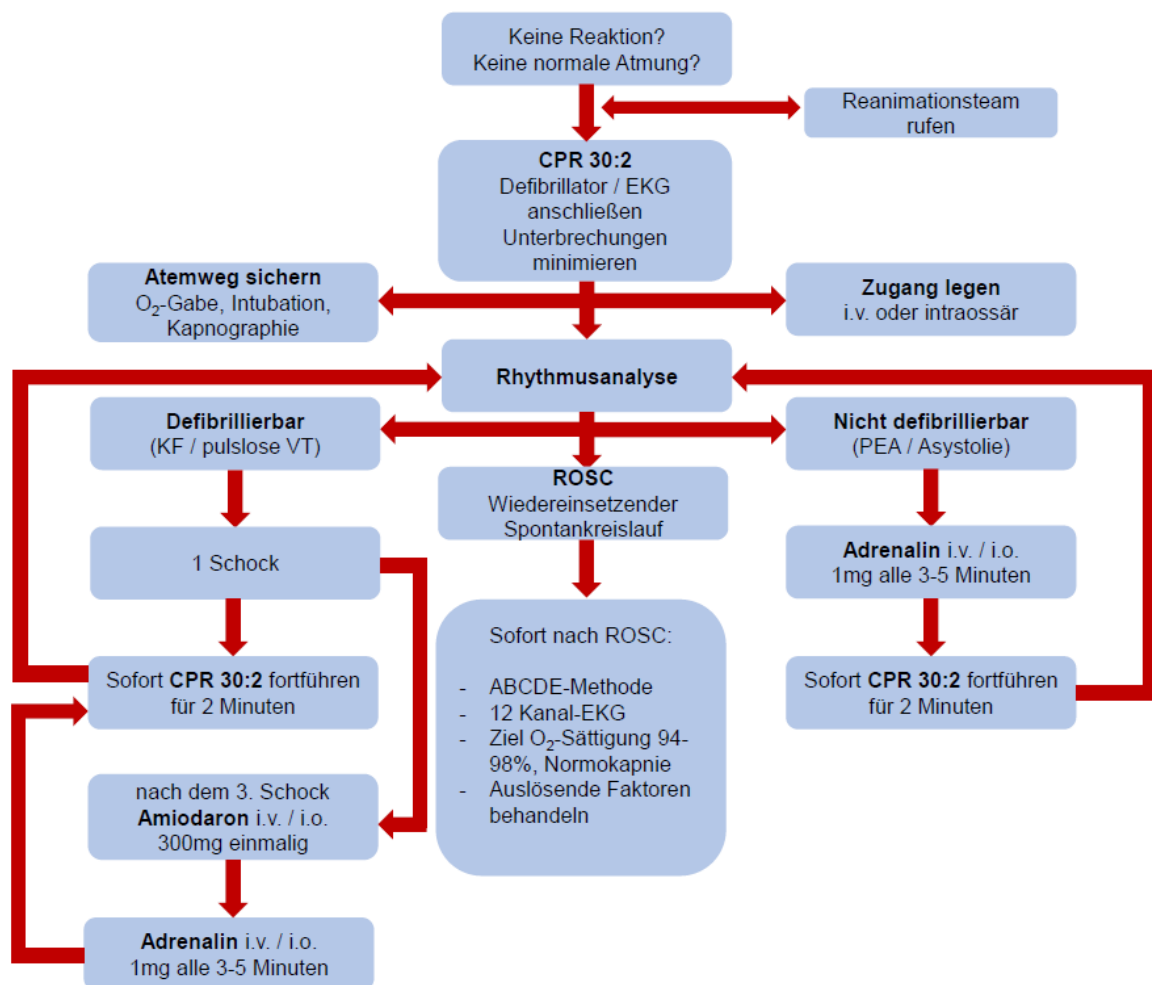


Abbildung 1: Advanced Life Support Algorithmus nach ERC Guidelines (Quelle: eigene Grafik)

Beginnend mit der Feststellung eines HKS anhand fehlender Reaktionen des Patienten und abnormaler Atmung wird die Reanimation eingeleitet. Der Begriff abnormale Atmung bezeichnet hier sowohl das Vorliegen von Schnappatmung oder ein Atemstillstand.

Der grundlegende Ablauf gliedert sich in abwechselnd 30 Thoraxkompressionen und 2 Beatmungen, Unterbrechungen sollten hierbei minimiert werden. Es werden defibrillierbare Rhythmen wie das Kammerflimmern und die pulslose ventrikuläre Tachykardie von nicht-defibrillierbaren Rhythmen wie die Asystolie oder die pulslose elektrische Aktivität unterschieden. In Abhängigkeit des vorliegenden Rhythmus wird eine Defibrillation durchgeführt oder direkt mit Thoraxkompressionen und Beatmung fortgefahren. Eine Herzrhythmusanalyse erfolgt alle 2 Minuten und es erfolgt in Abhängigkeit der Rhythmusanalyse ein Vorgehen wie im Algorithmus dargestellt. Grundsätzlich soll die Qualität der Thoraxkompressionen auf konstant hochwertigem Niveau gehalten werden, hierauf beruht die Empfehlung eines regelmäßigen Austauschs des Reanimierenden.

Während beim BLS die Beatmung einen geringen Stellenwert einnehmen, kommt ihr im ALS eine große Bedeutung zu. Dies bringt die Notwendigkeit eines adäquaten Atemwegsmanagements mit sich.

## **2.2 Atemwegssicherung**

Das Ziel der Beatmung und Atemwegssicherung ist eine ausreichende und sichere Oxygenierung des Patienten, hierfür stehen mehrere Alternativen zur Verfügung.

Als Basismaßnahme der Atemwegssicherung ist wie zu Beginn erwähnt eine manuelle Beatmung über eine Beatmungsmaske (BMV) möglich. Hierbei wird dem Patienten eine Maske über Nase und Mund gehalten, diese wird mithilfe des C-Griffs fixiert. Dieser ermöglicht sowohl einen dichten Sitz der Maske als auch eine Reklination des Kopfes und damit einhergehend die Ventilation über einen Beatmungsbeutel oder ein Beatmungsgerät. In einer Reanimationssituation wird eine BMV oftmals als primäres Verfahren eingesetzt, da sie schnell zu etablieren ist und von allen Beschäftigten im Rettungswesen beherrscht werden sollte (18). Um den Patienten suffizient beatmen und oxygenieren zu können, ist eine dicht sitzende Maske und eine Reklination des Kopfes nötig. Bei diesem Verfahren von Nachteil ist der fehlende Aspirationsschutz, da das zugeführte Atemhubvolumen sowohl in die Trachea, aber auch in den Ösophagus gelangt. Bei einer längeren Beatmungsdauer oder hohen Beatmungsdrücken kann hierdurch eine gastrale Luftinsufflation resultieren, was

wiederum eine Regurgitation mit konsekutiver Aspiration zur Folge haben könnte. Daher sollte die BMV im Verlauf gegen ein sichereres Verfahren ausgetauscht werden.

Die nächste Stufe der Atemwegssicherung stellen die EGAs dar. Hierbei handelt es sich um eine Gruppe von Atemwegdevices, welche blind eingeführt werden und oberhalb der Glottisebene zu liegen kommen. Ihre Relevanz im präklinischen Bereich steigt, wie den Daten des Deutschen Reanimationsregisters zu entnehmen ist und es zeichnet sich ein Wandel im präklinischen Atemwegsmanagement ab. Im Jahresbericht 2019 des deutschen Reanimationsregisters wurden insgesamt 32,5% der Patienten unter Reanimation unter Zuhilfenahme anderer Verfahren mit EGAs beatmet, 17,9% aller Patienten wurden ausschließlich mittels EGAs ventiliert. Bei 54,8% aller Patienten wurde eine ETI vorgenommen, der prozentuale Anteil von ETIs sinkt laut den Autoren des Berichts im Vergleich zu vergangenen Jahren (5). Die Begrifflichkeit EGA inkludiert sowohl die Larynxmaske (LM) als auch den LT. Die vorliegende Arbeit fokussiert sich auf die Anwendung des LT. Dieser wurde im Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen laut SOP auf allen Rettungsmitteln vorgehalten und konnte auch durch das nicht-ärztliche Personal zur Atemwegssicherung beim HKS angewendet werden (19). Dieses Vorgehen erfuhr im kompletten Analysezeitraum keine Änderung. Empfohlen wird allerdings, diesen möglichst zeitnah nach Eintreffen des Notarztes durch einen endotrachealen Tubus (ET) zu ersetzen (20).

Nachfolgend werden zunächst der LT inklusive seines Aufbaus und seiner Anwendung vorgestellt, weiterhin werden die Vor- und Nachteile der EGAs mit besonderem Fokus auf den LT erörtert. Der Goldstandard der Atemwegssicherung, die ETI, wird anschließend beleuchtet und ihre Verwendung im präklinischen Setting unter Reanimation eingeordnet.

## 2.2.1 Der Larynxtubus

Der Aufbau des LT ist in Abbildung 2 am Beispiel des VBM Larynxtubus gezeigt (21).

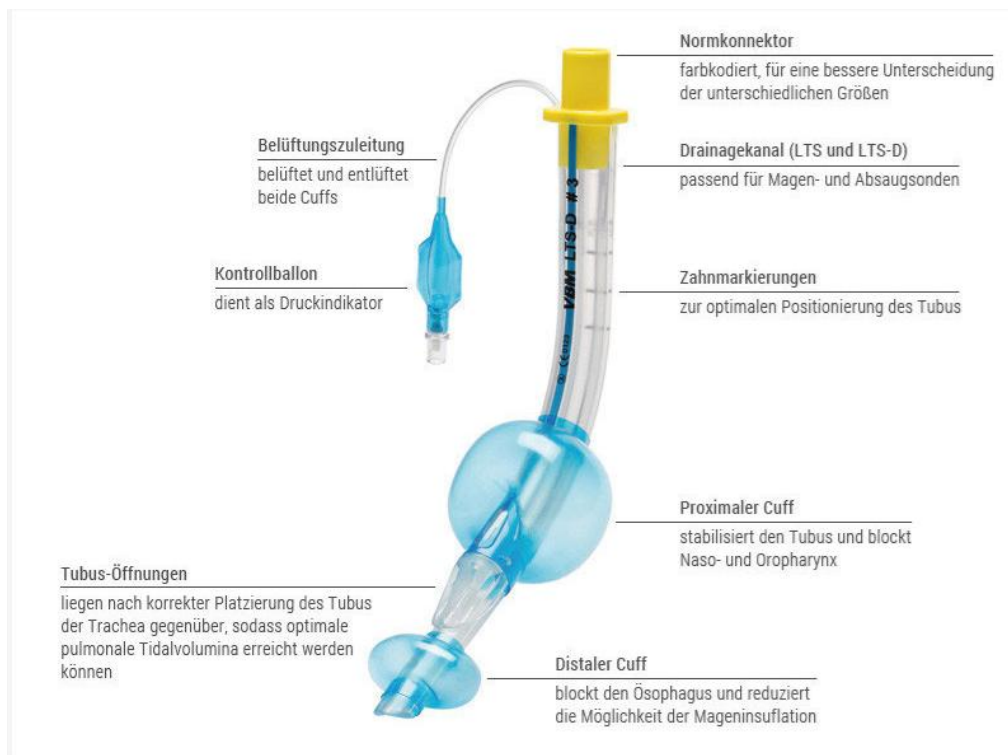


Abbildung 2: VBM Larynxtubus (Quelle: VBM Medizintechnik GmbH)

Die Bauweise des LT ermöglicht eine blinde Insertion, das distale Ende kommt am Eingang des Ösophagus zu liegen und dichtet diesen ab. Die Beatmung erfolgt über eine Öffnung im Pharynxbereich, die Abdichtung erfolgt über zwei Cuffs. Diese liegen ober- und unterhalb der Beatmungsöffnung, wobei der distale ebenfalls als Aspirationsschutz dient.



Abbildung 3: Larynxtubus LTS-D Firma VBM (Quelle: Katalog Airway Management VBM), Erläuterung: 1 = Beatmungsöffnung, 2 = Drainagekanal Magensonde, 3 = Cuff, 4 = Zahnmarkierung Einführtiefe

Am Studienort wird der LT der Firma VBM verwendet, der Aufbau und die korrekte Platzierung sind in Abbildung 3 dargestellt. Laut Herstellerangaben und Leitlinien soll der Druck innerhalb der Cuffs 60 mmHg nicht überschreiten. Generell unterscheidet man LTs erster, zweiter und dritter Generation. Der maßgebliche Unterschied zwischen den ersten beiden Generationen liegt in dem zusätzlichen gastral Drainagekanal, über den ein Absaugen und die Insertion einer Magensonde möglich ist. Die Verwendung einer Magensonde wird von Timmermann et al. anhand zwei wichtiger Gründe empfohlen. Einerseits erfolgt hierdurch eine Minimierung des gastral Drucks und somit eine Reduktion des Regurgitations- und Aspirationsrisikos (22). Andererseits kann durch mangelnde Platzierbarkeit der Magensonde eine nicht korrekte Lage des LT detektiert werden. Diese Weiterentwicklung des seit 1999 genutzten LT erhöht somit maßgeblich die Patientensicherheit. Weitere Änderungen von der ersten zur zweiten Generation beziehen sich beispielsweise auf einen modifizierten Einführwinkel und eine effektivere Ventilation durch Neugestaltung der Ventilationsebene. Weiterhin erfolgte eine Optimierung der beiden Cuffs, hierdurch wird der zur Abdichtung benötigte Druck gesenkt, dies führt zur Schonung der pharyngealen Schleimhaut (23).

Die dritte und neueste Generation des LTs iLTS-D erfuhre erneut Überarbeitungen des Designs. Der iLTS-D verfügt ebenfalls über 2 Lumina, über den zentralen Beatmungskanal besteht die Möglichkeit einer fiberoptischen Platzierung eines ET. Somit kann bei vorliegendem schwierigem Atemweg dieser Intubationslarynx-tubus blind inseriert werden, eine Ventilation erfolgen und eine ETI unter bronchoskopischer Sicht vorgenommen werden. Dies bietet Vorteile, da oftmals nach Etablierung eines Atemwegs mithilfe EGA eine Intubation erforderlich ist (24,25). Die Studienlage beschreibt einerseits hohe Erfolgsraten des iLTS-D, andererseits keine Zeitersparnis in der Verwendung im Vergleich zu anderen EGAs, sodass bisher kein eindeutiger Vorteil für den LT der 3. Generation bestätigt werden kann.

Paal et al. bezeichnet den LT in einer seiner Arbeiten als „The Beauty and the Beast“, da er einerseits Vorteile im präklinischen Setting bietet, andererseits auch mit ernst zu nehmenden Komplikationen einhergehen kann (26). Diese sollen im Folgenden näher erläutert werden.

### 2.2.2 Vorteile des Larynxtubus

Die Vorteile, auf die sich viele Studien stützen, sind deutlich: Die Insertion des LT ist einfach und schnell möglich. Mit nur wenig Training lassen sich hohe Erfolgsraten erzielen, wie unter anderem von Kette et al. und Wiese et al. dargestellt. In der von Kette et al. durchgeführten Studie konnte der LT von nicht-ärztlichem Rettungspersonal bei Patienten unter Kreislaufstillstand in 70% beim ersten Versuch und in 90% bei bis zu 2 Versuchen erfolgreich platziert werden (27). Im Hinblick auf die geringe Trainingszeit von dreimalig 2 Stunden sind dies sehr hohe Erfolgsraten, wenn auch nur 30 Patienten in die Studie aufgenommen wurden (27). Wiese et al. berichtet sogar über eine Erfolgsrate von über 90% beim ersten Versuch unter Reanimation, wovon über 95% problemlos beatmet werden konnten (28). Des Weiteren stieg die Rate an erfolgreich platzierten LTs auf 100% innerhalb des zweiten Versuchs (28). Von Klaver et al. wurden Lernkurven von Berufsanfängern in der Anästhesiologie über die Einlage von EGAs (LM und LT) bei 160 Patienten veröffentlicht. Es wird beschrieben, dass die drei Studienärzte den LT zu 68% (n = 82) im ersten Versuch korrekt eingelegt haben. Diese Erfolgsrate stieg auf 89% erfolgreiche Platzierungen bei bis zu drei Versuchen (29). Nicht nur die Erfolgsrate bei der korrekten Platzierung des LT wird von vielen Studien als sehr hoch beschrieben, sondern auch die Dauer bis zur Etablierung eines sicheren Atemwegs, also die Zeit, die für das korrekte Einlegen des LT benötigt wird, hält sich laut folgenden Studien sehr gering. Klaver et al. zeigte in seiner Studie zum Lernerfolg, dass sich die durchschnittliche Dauer des Einlegens von den ersten zu den letzten 10 Platzierungen im Median um 20 Sekunden auf 42,5 Sekunden verringerte (29). Eine Studie von Pap und van Loggerenberg mit simuliertem Einklemmungstrauma konnte zeigen, dass die Notfallsanitäter im Durchschnitt 19,4 Sekunden von LT-Insertion bis zur erfolgreichen Ventilation benötigten. Im Vergleich dazu waren es bei der ETI durchschnittlich 37,7 und 41,2 Sekunden, dies in Abhängigkeit des verwendeten Laryngoskops (30). Lediglich die Verwendung einer LM war mit 16,7 Sekunden schneller und somit vergleichbar mit der Insertion eines LT, wurde von den Studienteilnehmern jedoch auch als einfacher in der Anwendung beschrieben im Vergleich zum LT (30). Mutlak et al. untersuchte ebenfalls Erfolgsraten und Zeiten beim innerklinischen Atemwegsmanagement. Er konnte hierbei zeigen, dass in 94% der Fälle der LT im ersten Versuch korrekt platziert werden konnte, diese Zahl stieg auf 99% beim 2. Versuch an. In 99 der 106 Fälle konnte der Atemweg mithilfe des LT innerhalb von 30

Sekunden gesichert werden (31). Es ist anzumerken, dass jedoch nur insgesamt 26 der 106 Patienten während der Insertion reanimationspflichtig waren und bei 19 der 26 reanimationspflichtigen Patienten ein schwieriger Atemweg detektiert wurde (31).

Ein weiterer Vorteil ist, dass während der Insertion des LT die Thoraxkompressionen bei der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) nicht unterbrochen werden müssen. Die Unterbrechung der Thoraxkompressionen während CPR wird als No-flow-Zeit bezeichnet, hierbei sistiert der künstlich aufrecht erhaltene Blutfluss. Oftmals wird als Synonym dazu der Terminus Hands-off-Zeit verwendet, dieses Zeitintervall soll während der Reanimation so gering wie möglich gehalten werden. Wie bereits dargestellt, ist die Zeitdauer der Atemwegssicherung mittels ETI höher im Vergleich zu einer EGA. Somit erhöht sich in den meisten Fällen auch die No-flow-Zeit bei der ETI. Dies konnte in einer von Wiese et al. durchgeführte Manikin-Studie nochmals dargestellt werden, im Vergleich zur ETI mit 190,4 Sekunden betrug die gesamte No-flow Zeit beim Einsatz des LT nur 109,3 Sekunden (32). Die durchschnittliche Dauer einer erfolgreichen Platzierung wurde im Durchschnitt mit 12,8 Sekunden für den LT und 51,9 Sekunden für eine ETI angegeben. Die Erfolgsrate für den ersten Intubationsversuch betrug beim LT 98%, wohingegen sie bei einer ETI lediglich bei 72% lag (32). Es handelte sich in der genannten Studie um nicht anästhesiologisch tätige Notärzte, deren Expertise hinsichtlich der ETI geringer anzusiedeln ist im Vergleich zu Anästhesisten. Wiese et al. kommt zum Schluss, dass vor allem für die genannte Personengruppe die Verwendung des LT eine gut und sicher durchführbare und für die Patienten vorteilhafte Alternative darstellt (32). Eine weitere dazu veröffentlichte Simulations-Studie zeigte bei Rettungssanitätern in der Ausbildung ebenfalls eine kürzere Zeitdauer bis zum Beatmungsbeginn unter Verwendung des LT im Vergleich zum ET. Ebenfalls konnte eine qualitativ hochwertigere Beatmung unter Reanimation durch die Verwendung des LT anstatt einfacher BMV erreicht werden (33). Meyer et al. konnte in einer Manikin-Studie mit Medizinstudenten keine Unterschiede der No-flow-Zeit zwischen LT und BMV feststellen, ein signifikanter Anstieg des zeitlichen Anteils der Thoraxkompressionen während der Reanimation konnte hingegen gezeigt werden (34). Im weiteren Verlauf der Reanimation wurde im 1-Helfer-Szenario eine signifikante, aber klinisch irrelevante Reduktion der No-flow-Zeit unter LT sichtbar, da es bei der BMV vermutlich durch die Neuposition der Maske zu wiederholtem Zeitverlust kam (34). Diese Studien unterstreichen den primären Einsatz von EGAs vor allem für ungeübtes Personal. Auch ein systematisches Review

von 2021 konstatiert schlussendlich, dass der LT eine gute Strategie für ungeübtes Personal darstellt, die Studienlage bezüglich der Vorteile gegenüber der ETI jedoch sehr inhomogen ist (35). Hinkelbein et al. beschreibt zusammenfassend hohe Erfolgsraten bei der Insertion sowie ein höheres kurzfristiges Überleben und eine erhöhte Qualität der Thoraxkompressionen unter LT, jedoch niedrigere langfristige Überlebensraten (35).

### 2.2.3 Nachteile des Larynxtubus

Bei Durchsicht der aktuellen Literatur konnten allerdings auch Nachteile des LT aufgezeigt werden. Eine häufige Komplikation bei der Nutzung des LT sind Ödeme im Bereich des oberen Atemwegs, welche bei einer späteren Umintubation die Bedingungen hierfür erschweren können. Schalk et al. beschreibt in einer prospektiv durchgeführten Studie bei 73 von 189 Patienten eine Zungenschwellung, die unter dem präklinischen Einsatz eines LT auftrat (36). Damit ist dies in seinem Patientenkollektiv die häufigste Komplikation. Alle diese Patienten wurden direkt unter Zuhilfenahme von Videolaryngoskopen umintubiert, dies führte lediglich bei 2 Patienten zu Komplikationen. Anzumerken ist, dass die Studie alle Indikationen der präklinischen Atemwegssicherung mittels LT einschließt und sich nicht nur auf Reanimationssituationen beschränkt. Gegenstand der aktuellen Forschung ist weiterhin, ob der Einsatz von LTs das neurologische Outcome verschlechtern kann, da es durch den Cuffdruck zur Kompression der gehirnversorgenden Arterien und damit zur konsekutiven Minderversorgung der zerebralen Strukturen kommen könnte. Schalk et al. berichtet in der oben aufgeführten Studie von massiv erhöhten Cuffdrücken. Bei 156 von 189 Patienten wurde der initiale Cuffdruck gemessen, dieser lag im Median bei 100mmHg. Bei 6 Patienten betrug er über 120mmHg, dies entspricht mehr als dem doppelten des empfohlenen Cuffdrucks (36). Aggraviert wird dies in der Reanimationssituation, da zusätzlich zu dem Cuffdruck der durch die Thoraxkompressionen ausgeübte Druck auf den retropharyngealen Raum wirkt. Die Studienlage zum LT ist an dieser Stelle leider unzureichend. Auch ist anzumerken, dass die meisten der folgenden Studien vor über 10 Jahre publiziert wurden und dementsprechend keine LTs der aktuellen Generation genutzt wurden. In Japan wurden alle Patienten mit einem außerklinischen HKS zwischen 2005 und 2007 hinsichtlich ihres neurologischen Outcomes nach der Glasgow-Pittsburgh Cerebral

Performance Category untersucht. 1,14% der endotracheal intubierten Patienten wiesen ein gutes neurologisches Outcome nach einem Monat auf, wohingegen es bei Verwendung einer LM 0,98% der untersuchten Patienten waren. Auch unter Verwendung von EGAs mit zwei Cuffs, einer Gruppe von Atemwegshilfen, die den LT inkludiert, konnten lediglich 1,04% der Patienten ein gutes neurologisches Outcome erreichen (9). Das neurologische Outcome war nach Adjustierung der Confounder unter ETI signifikant besser, jedoch sind diese Ergebnisse durch ihre generell niedrigen Prozentwerte klinisch wenig relevant. Ein ausschlaggebender Punkt hierbei stellen unter anderem die generell niedrigen 1-Monats-Überlebensraten mit 4,19% in der Gruppe der endotracheal intubierten Patienten und 3,85% der mit LT oder ähnlichen EGAs beatmeten Patienten dar (9). Eine multizentrische Studie in England zwischen 2015 und 2017 zeigte im Hinblick auf das neurologische Outcome keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Nutzung von EGAs im Vergleich zur ET (37).

Im Tierversuch mit Schweinen wurde durch Segal et al. der zerebrale Blutfluss und der Perfusionsdruck in der A. carotis unter dem Einsatz von verschiedenen Atemwegshilfen unter Reanimation geprüft. Bei allen verwendeten EGAs war der zerebrale Blutfluss geringer als unter ET. Dort betrug er im Median 21 ml/min, wohingegen er beim LT lediglich 10 ml/min im Median betrug (38). Bezüglich des Perfusionsdrucks der Koronararterien oder der hirnersorgenden Gefäße konnte kein Unterschied dargelegt werden. Beachtenswert ist jedoch die geringe Fallzahl von 9 und den Einsatz von auf den menschlichen Körper zugeschnittenen Atemwegshilfen im Tierversuch. Oftmals werden LT und LM durch ihre ähnliche Funktionsweise und Lage verglichen. Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von Studien zur Untersuchung des zerebralen Blutflusses unter LT werden an dieser Stelle die entsprechenden Arbeiten zur LM miteinbezogen. Die Datenlage bei Patienten im elektiven Einsatz von LM ist allerdings auch uneindeutig. Studien berichten von einem geringeren Blutfluss in der A. carotis, während andere wiederum keine statistisch signifikante Verlagerung der Blutgefäße und keine Kompression der anatomischen Strukturen beschreiben (39,40). Beispielsweise zeigt Colbert et al. in ihrer prospektiven Studie mit 17 Patienten einen reduzierten Blutfluss im Karotissinus unter geblockten Cuff der LM (39).

Auch bei der Erfolgsrate bezüglich der Insertion eines LT unterscheiden sich viele Studien. In den Leitlinien zur Reanimation vom ERC werden diese Widersprüche ersichtlich. Es werden einerseits Studien mit hohen Erfolgsquoten beim Platzieren eines LT angeführt, andererseits aber auch Studien zitiert, welche Schwierigkeiten bei der Insertion darstellen (16). Eine von 2007 bis 2012 in drei deutschen Städten durchgeführte Fallsammlung legt in 8 Fällen die Komplikationen und Probleme des LT dar. Zum einen werden Probleme in der Bauweise und anwenderbezogene Defizite deutlich, andererseits wird von ungenügendem Monitoring berichtet. Die Zungenschwellung bedingt durch zu hohen Cuffdruck oder Atemwegstraumata durch fehlendes Anwenden des Chinlift-Manövers werden ebenfalls adressiert (41). Beim Chinlift-Manöver wird das Kinn der Patienten manuell nach kranial gezogen, was einer Atemwegsverlegung durch eine zurückfallende Zunge entgegenwirken soll. Bernhard et al. merken weiterhin an, dass oftmals die Kapnographie als Verifikation der korrekten Platzierung nicht eingesetzt wird und somit auch Komplikationen vermeidbar wären (41). Eine 2002-2010 durchgeführte Studie zweier Rettungsdienste in Norwegen berichtet bei über der Hälfte der unter Reanimation mit LT versorgten Patienten von Problemen wie beispielsweise dem Fehlen von Auskultationsgeräuschen, erschwerter Tubusplatzierung, Dislokation des LT oder Aspiration (42). Sunde et al. stellt dar, dass bei 74,4% der Patienten der LT im ersten Versuch richtig platziert wurde, insgesamt wurde eine Erfolgsrate 85,3% angegeben. Bei 46 der 347 Patienten habe die Intubation mittels LT länger als 30 Sekunden gedauert. Zusammenfassend sind die Ergebnisse der Studien vergleichbar, ebenso sind die Erfolgsraten der ETI vergleichbar mit denjenigen des LT. So entkräftet der Autor eines der Hauptargumente pro EGAs, die Erfolgsrate bei der Insertion (42). Fiala et al. konstatiert ebenfalls eine geringere Erfolgsrate von 74,3% beim ersten Einlegeversuch und stellt in ihrer vergleichenden Studie den LT und die BMV als gleichwertig dar (43). Im Training vor der Studie präferierte das Rettungsfachpersonal jedoch die Verwendung des LT im Vergleich mit der BMV. Es wird allerdings der immer noch hohe Stellenwert der BMV betont und dass der LT diese nicht komplett ersetzen könne (43). Auch eine 2016 veröffentlichte Metaanalyse von Bernhard et al. bestätigt diese Zahlen. In den 53 analysierten Studien ist der erste Versuch, den LT zu platzieren in 19,9% der Fälle misslungen, im Gesamten betrug die Misserfolgsrate 7,4%. Die Studienpopulation und der Anwendungsbereich sind allerdings in dieser Studie heterogen, dies erschwert die Vergleichbarkeit. Die 13 analysierten Studien im

präklinischen Setting ergaben bei insgesamt 1.552 Patienten eine Erfolgsrate von 78,1% beim ersten Versuch und 91,8% erfolgreiche LT-Insertionen insgesamt (44).

Konsentiert wird von allen Autoren: Erstrebenswert für die Anwender wären mehr und definierte Trainingsmöglichkeiten im Atemwegsmanagement mittels EGAs (22,41,42,45).

#### 2.2.4 Die endotracheale Intubation

Den Goldstandard eines sicheren Atemwegs stellt sowohl im klinischen als auch im präklinischen Bereich die ETI dar, da hierdurch eine sichere Ventilation und der höchste Aspirationsschutz gewährleistet ist (16,17,22,46). Bei der ETI wird mithilfe eines Laryngoskops unter indirekter oder direkter Sicht auf die Glottisebene ein Tubus in die Trachea vorgeschoben und anschließend per Cuff geblockt. Ein Vorteil ist, dass die richtige Lage des Tubus durch die Laryngoskopie direkt verifiziert werden kann und die ETI im Gegensatz zu den EGAs keine Insufflation des Magens zur Folge haben kann. Dies ist jedoch ein Verfahren, welches einerseits enormes Training zum Erlernen erfordert und andererseits regelmäßige Wiederholung, um diese Fähigkeit beizubehalten (46). Timmermann et al. beschreibt in seinen Handlungsempfehlungen, dass die minimale Anzahl der durchgeführten Intubationen 100 betragen sollte und pro Jahr weitere 10 unter Aufsicht durchzuführen sind, um die Technik sicher zu beherrschen (22). Diese Bedingungen sind vor allem für nicht-ärztliches Personal oftmals nicht gegeben.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Inzidenz des schwierigen Atemwegs im präklinischen sowie intensivmedizinischen Bereich deutlich höher ist als bei elektiven Eingriffen (47,48). Der Terminus „schwieriger Atemweg“ beschreibt Situationen, in denen die Bedingungen für eine ETI erschwert sind. Diese können unter anderem Adipositas, anatomische Anomalien der Mundhöhle und Trachea oder aber auch ein akutes Geschehen wie Schwellungen und Blutungen im Pharynxbereich sein. Die Klassifikation nach Cormack und Lehane (CL) teilt die Sichtbarkeit der anatomischen Strukturen unter Laryngoskopie in 4 Grade ein und wird in Abbildung 4 dargestellt. Je höher der CL Grad, desto weniger der Stimmritze und Epiglottis ist zu sehen und desto schwieriger gestaltet sich somit eine Intubation. Timmermann et al. führte eine prospektive Studie zur Evaluation der präklinischen Atemwegssicherung durch

Notärzte mit anästhesiologischer Erfahrung durch. Hierbei wurden signifikant höhere Inzidenzen der CL Grade III und IV festgestellt (48).

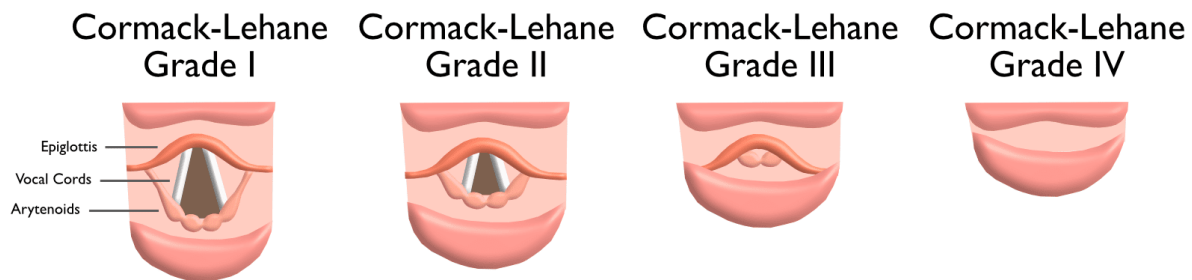


Abbildung 4: Cormack und Lehane Grade (Quelle: REBEL EM, <https://rebelem.com/rebel-cast-episode-65-optimal-order-of-drug-administration-in-rapid-sequence-intubation/cormack-lehane-1/> 17.03.2023)

Weiterhin sollte durch die Studienärzte beurteilt werden, ob sie das Atemwegsmanagement als schwierig bezeichnen würden, unter anderem anhand der Kriterien des CL Grades und der Anzahl an Intubationsversuchen. Im Vergleich zu anderen Patientengruppen wurde das Atemwegsmanagement bei Patienten unter Reanimation in 16,7% der Fälle als schwierig eingestuft (48). Im präklinischen Bereich relevant und das Atemwegsmanagement erschwerend ist außerdem der oftmals begrenzte Platz und Zugang zum Kopf des Patienten. Damit einhergehend ergeben sich vor allem im präklinischen Bereich oft höhere Komplikations- und geringere Erfolgsraten bei der Intubation. Unter anderem beschäftigte sich Wang et al. mit der Anzahl an präklinischen Intubationsversuchen. Er analysierte in einer seiner Studien die Daten von 42 Rettungsdiensten in Pennsylvania, USA über die Dauer von 18 Monaten. Hier betrug die Erfolgsrate bei 1.941 Patienten insgesamt 87,1% für eine erfolgreiche ETI. Hiervon benötigten über 30% der Anwender mehr als einen Versuch, um einen sicheren Atemweg mittels ET zu etablieren. Reduziert man die Zahlen auf reanimationspflichtige Patienten, war die Erfolgsrate beim 1. Versuch 69,9% und stieg auf 89,9% innerhalb 3 Versuche (49). Wang et al. verweist auf Veröffentlichungen von Mort et al., Dunford et al., Mizelle et al. sowie Jaeger et al., die zeigen, dass multiple Intubationsversuche mit dem Auftreten von Komplikationen wie Atemwegstraumata, Bradykardien und Hypoxämien assoziiert sind (49,50). Die Autoren empfahlen eine Limitierung auf maximal 3 Intubationsversuche (49,50).

Unter laufender Reanimation sollte eine zügige Atemwegssicherung durchgeführt werden, dies unterstreichen auch ERC Guidelines aus 2015. Während der Reanimation sollen die Thoraxkompressionen höchstens 5 Sekunden für die Tubusplatzierung unterbrochen werden (16). Hier zeigen sich bereits Änderungen der

Reanimation Guidelines, da die vorhergehende Version von 2010 eine Unterbrechung der Kompressionen von unter 10 Sekunden empfiehlt (17).

Eine weitere Studie von Wang et al. befasst sich mit der Anzahl und Dauer von Unterbrechungen durch ETI während einer Reanimation. Bei den 100 analysierten Fällen wurden die Thoraxkompressionen im Median zweimal für einen Intubationsversuch unterbrochen, die Unterbrechung für den ersten Intubationsversuch dauerte im Median 46,5 Sekunden. Insgesamt wurden die Kompressionen im Median 109,5 Sekunden pro Patient unterbrochen, in 25% der Fälle kam es im Gesamten sogar zu einer Unterbrechung von über 3 Minuten (51). Diese Zeiten überschreiten deutlich die vom ERC empfohlenen 5 Sekunden für die Unterbrechung der Thoraxkompressionen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich eine ETI unter diesen Voraussetzungen selbst für erfahrene Notärzte oftmals schwierig gestalten kann. Bei einem Großteil der präklinischen Notfalleinsätze ist außerdem das nicht-ärztliche Personal ersteintreffend und somit für die Sicherung des Atemwegs verantwortlich, was Kette et al. als einen wichtigen Grund für seine durchgeführte Studie zur präklinischen Atemwegssicherung in Italien nennt. Er beschreibt, dass in ländlichen Arealen bis zu 60 Minuten Transportzeit bis zum ärztlichen Kontakt vergehen können und sieht dies als Indikation nicht-ärztliches Rettungspersonal im Umgang mit EGAs zu schulen (27).

Es ergibt sich also die Konstellation einer hohen Inzidenz des schwierigen Atemwegs, fehlender Trainingseinheiten für Rettungspersonal, geringer Erfolgs- und hoher Komplikationsraten einer präklinischen ETI unter Reanimation. Deswegen wird bereits in den Handlungsempfehlungen von 2012 beschrieben, bei vorliegendem schwierigem Atemweg oder keiner ausreichenden Intubationserfahrung eine EGA als Mittel der Wahl zu verwenden oder als Plan B bei einem fehlgeschlagenem Intubationsversuch zu nutzen (22). Deakin et al. empfiehlt in den erweiterten Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene ebenfalls die Verwendung von EGAs, sollte kein professioneller Helfer für eine ETI zur Verfügung stehen (17). Dieser Wandel im Atemwegsmanagement zeigt sich auch im öffentlichen Jahresbericht des Deutschen Reanimationsregisters von 2019 wie bereits oben aufgeführt. Nach Vorstellung der Möglichkeiten zur Atemwegssicherung werden im Folgenden nun die Auswirkungen dieser auf die ROSC-Rate und den Reanimationserfolg beleuchtet.

### 2.3 Atemwegsmanagement und ROSC-Rate

Die vorliegende Arbeit untersucht die ROSC-Rate und den Reanimationserfolg unter Verwendung des LT, hier soll im Folgenden die diesbezügliche Studienlage dargestellt werden. Eine Metaanalyse von Benoit et al. vergleicht Studien, welche die ROSC- und Überlebensraten von Patienten unter präklinischem HKS im Hinblick auf die Wahl des Atemwegsmanagements analysierten. Circa 80% der Patienten werden entweder mit einer ETI oder einer EGA versorgt. Von 3.454 Arbeiten entsprachen 10 den für die Metaanalyse vorgegebenen Kriterien, insgesamt wurden 34.533 ETIs und 41.116 EGAs eingeschlossen. Hierbei zeigten die endotracheal intubierten Patienten ein besseres Outcome als die mit EGA versorgten Patienten. Das in Summe bessere Outcome bezieht sich hierbei auf eine höhere ROSC-Rate, das Überleben bis zur Krankenhaus-Aufnahme und den neurologischen Status bei Entlassung, die jeweils als Odds Ratio angegeben wurden. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied im Überleben bis zur Entlassung zwischen beiden Gruppen, ein ähnlicher Trend zugunsten der ETI wie bei den vorher genannten Endpunkten sei laut Autoren jedoch zu sehen (7). Limitationen der Metaanalyse stellt eine vergleichsweise kleine Anzahl eingeschlossener Studien dar, welche durch multiple Ausschlusskriterien wie beispielsweise traumatische HKS und alleinige Aufnahme von Beobachtungsstudien zustande kommt. Ein weiterer nennenswerter Aspekt ist, dass hier die EGAs eine Gruppe bilden und nicht weiter nach den einzelnen Devices wie LM oder LT aufgeschlüsselt ist (7). McMullan et al. unterstreicht ebenfalls die These, dass Patienten unter ETI ein besseres neurologisches Outcome, höhere ROSC- und Krankenhaus-Aufnahmeraten zeigten. Jedoch fließt auch hier nur die gesamte Gruppe an EGAs in die Statistik ein. Von 3.110 eingesetzten EGAs entsprachen 2.746 dem LT, 55 der LM und 309 dem Combitubus. Diese Studie, welche Daten aus dem in den USA verwendeten Reanimationsregister CARES analysierte, zeigte im Vergleich zur Metaanalyse von Benoit et al. auch höhere Krankenhaus-Entlassraten für Patienten unter ETI. In dieses Register werden jedoch lediglich HKS kardialer Genese aufgenommen, dies könnte eine Erklärung für die differierenden Ergebnisse im Vergleich zu den weiteren Studien sein (8). Die bereits zitierte Studie von Tanabe et al. zum neurologischen Outcome analysiert außerdem die 1-Monats-Überlebensrate der Reanimierten und wird aufgrund ihrer hohen Fallzahlen hier erneut aufgeführt. Hierbei zeigt sich eine Überlebensrate von 4,19% bei ETI und von 3,85% in der Gruppe der EGAs mit zwei Cuffs, sowie 3,64% bei den mit LM versorgten Patienten. Diese

spezielle Gruppe der EGAs wird von Tanabe et al. als „esophageal obturator airway“ Gruppe aufgeführt und beinhaltet den LT, den Combitubus und Devices, die als „esophageal gastric tracheal airway“ bezeichnet wurden (9). Somit schnitten die EGAs auch hier statistisch signifikant schlechter ab als eine primäre ETI. Wang et al. führte 2015-2017 eine prospektive Studie mit 27 Rettungsdiensten in den USA durch, bei der die 72-Stunden-Überlebensrate nach präklinischem HKS unter LT oder ETI im Fokus stand. Letztendlich wurden 3.000 Patienten mit einem nicht traumatischen HKS analysiert. Das 72-Stunden-Überleben stellte sich in der LT Gruppe mit 18,3% signifikant höher als in der ET Gruppe mit 15,4% dar. Weiterhin erreichten 27,9% der Patienten mit LT einen ROSC (return of spontaneous circulation), während es in der endotrachealen Intubationsgruppe nur 24,3% waren. Auch beim Krankenhaus-Überleben und gutem neurologischen Outcome schnitt die Gruppe der Patienten mit LT besser ab. Die Komplikationsraten beider Gruppen ähneln sich: Unter ETI kam es häufiger zu Misserfolg bei der Platzierung, die Erfolgsrate beim ersten Intubationsversuch betrug lediglich 51,6% während sie bei Nutzung des LT 90,3% betrug. Andererseits trat die insuffiziente Ventilation unter Verwendung des LT häufiger auf (10). Laut Autoren bleibt es letztlich unklar, warum sich ihre Ergebnisse deutlich von denen einiger Metaanalysen unterscheiden, sie nennen publication bias oder eine zügige Strategieänderung auf EGAs bei fehlgeschlagener Intubation als mögliche Gründe. Limitationen der Studie sind die generell schlechten Intubationsraten im Vergleich mit anderen Studien und die fehlende Mitanalyse von Daten zur Thoraxkompression oder Ventilation (10). Anzumerken ist, dass nicht nur der Intubationserfolg niedrig ist, sondern ebenfalls die Erfolgsrate der LT Platzierung beim ersten Versuch mit 90,3% im Vergleich zu den bereits aufgeführten Studien hoch ist. Auf der Datenlage dieser Studie wurde eine Bayessche Statistik angewendet, um die gefundenen signifikanten Unterschiede zu verifizieren. Bayessche Statistik beruht auf dem Miteinberechnen bereits veröffentlichter Daten, sodass aus alten und neuen Erkenntnissen eine verbesserte Erkenntnis gewonnen werden kann. Auch hier schnitt der LT signifikant besser ab als die ETI, wobei an dieser Stelle wieder auf die schlechten Intubationsraten hingewiesen werden sollte (52). Eine von 2008-2012 in Deutschland durchgeführte prospektive Studie befasste sich mit der Intubation mittels LT unter präklinischem HKS. Unter anderem wurden die Zeit und die Anzahl der Versuche, Daten zur Ventilation, Gründe für eine Umintubation, Probleme und auch das Auftreten eines ROSC dokumentiert. Die Ergebnisse zeigen mit 83% Erfolg beim

ersten Insertions-Versuch mit anderen Studien vergleichbare Erfolgsraten und in 82,3% der Fälle war eine adäquate Ventilation möglich. Bei 48 der 130 der Patienten konnte ein ROSC erreicht werden und 6,2% der Patienten überlebten die ersten 24 Stunden nach ROSC (12). Eine weitere in Deutschland durchgeführte Studie untersuchte retrospektiv die Krankenhausmortalität zwischen 2006 und 2014 von Patienten unter präklinischer Reanimation. Eingeschlossen wurden 48 Patienten mit LT und 160 Patienten mit ETI. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der ROSC-Rate, der Krankenhausmortalität und des 24 Stunden Überlebens. Auch nach Pseudorandomisierung, Propensity-Score-Matching und Untersuchung nur des Kollektivs mit präklinisch erreichtem ROSC konnte kein Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden (11).

Allerdings sind sich fast alle Autoren einig, dass es mehr evaluierende und vergleichende Studien sowohl prospektiv als auch retrospektiv benötigt, um eine klare Aussage über den Gewinn oder die Risiken eines LT zu treffen. Ein wichtiger Punkt in den bestehenden Studien ist vor allem die meist niedrige Fallzahl.

#### **2.4 Weitere Einflüsse auf ROSC- und Überlebens-Rate**

Betrachtet man den Einfluss des Atemwegsmanagements unter Reanimation auf die ROSC-Rate, ist die Kenntnis weiterer Einflüsse auf diese und die Überlebensrate der Patienten unabdingbar. Bereits 1997 veröffentlichte Weston et al. eine multivariate Analyse bezüglich der Einflussfaktoren auf Krankenhausaufnahme und -entlassung. Während das Alter kein Einfluss auf das Outcome nahm, zeigten Frauen höhere Einweisungs- und Entlassraten (53). Ein unbeobachteter HKS verringerte ebenfalls die Überlebensrate, wohingegen eine von Laien begonnene Reanimation sowohl die Wahrscheinlichkeit einer Krankenhausaufnahme als auch die einer Entlassung steigerte (53). Die Autoren schlussfolgerten, dass ein frühzeitiger Beginn der Reanimation mit signifikant höheren Krankenhausaufnahme- und -entlassraten einhergeht (53). Die damaligen Ergebnisse werden auch von aktuelleren Studien unterstrichen. Den Einfluss der Zeit bis zum Beginn der Reanimationsmaßnahmen auf die Überlebensraten bestätigte Hasselqvist-Ax et al. in ihrer von 1990 bis 2011 durchgeführten Studie über von Umstehenden beobachtete HKS in Schweden. In dieser Zeitperiode wurden insgesamt 30.381 HKS analysiert, die von nicht-medizinischen Anwesenden beobachtet wurden, wovon in 51,1% der Fälle eine

Laienreanimation durchgeführt wurde. Die 30-Tage-Überlebensrate der Patienten mit Laien-CPR betrug 10,5%, ohne Laien-CPR lediglich 4%. Dieser signifikante Unterschied war auch nach Adjustierung von Confoundern noch nachzuweisen, dies unterstreicht die Bedeutung einer frühen Wiederbelebung und Laienreanimation (54). Die bedeutende Rolle der Laienreanimation wird in einer weiteren schwedischen Studie dargestellt. Zwischen 1992 und 2005 erhöhte sich der Anteil der durchgeführten Laienreanimationen von 40% auf 55% bei beobachtetem HKS und von 22% auf 44% bei nicht-beobachtetem HKS (55). Nordberg et al. berichtet von höheren Überlebensraten in der laienreanimierten Patientengruppe, was auch mit der festgestellten erhöhten Wahrscheinlichkeit eines schockbaren Rhythmus zusammenhängen könnte (55). Ein möglicher Einfluss auf die Laienreanimationsrate könnte die seit 1997 angebotene telefonisch angeleitete Reanimation darstellen (55). Auch das ERC propagiert in ihrer 2015 veröffentlichten Pressemeldung eine zwei- bis dreifach erhöhte Überlebensrate unter Laienreanimation (14). Ein Modell zu Überlebenschancen anhand der Daten aus dem US-amerikanischen Reanimationsregister CARES zeigt die Bedeutung der Nutzung von automatisierten externen Defibrillatoren (AED) durch Laien neben der alleinigen Laienreanimation, welche die Überlebensrate deutlich steigern könnte (56). Der Stellenwert der Laienreanimation konnte auch durch Bürger et al. in einer 2018 veröffentlichten Studie mit Daten aus dem deutschen Reanimationsregister gezeigt werden (57).

Bereits 2005 veröffentlichten schwedische Autoren eine Studie mit 33.453 Patienten mit HKS und schlossen auf 6 Faktoren, die mit einer höheren Überlebensrate bei präklinischem HKS einhergehen. Sie benennen in absteigender Wichtigkeit Kammerflimmern als initialen Rhythmus, eine geringe Zeit bis zum Eintreffen der Rettungskräfte, einen Ort des HKS außerhalb des eigenen Zuhauses, ein beobachteter HKS, eine stattgefundene Laienreanimation und ein geringeres Alter als der Median als diejenigen Faktoren, die das Überleben positiv beeinflussen (58). Eine Analyse der serbischen Daten aus dem EuReCa Register unterstreicht wie weitere Studien ebenso, dass ein initial defibrillierbarer Rhythmus mit einem besseren Outcome einhergeht (59). Eine höhere Überlebensrate bei HKS und höhere Laienreanimationsraten können auch mit einem höherem sozioökonomischem Status assoziiert sein (60,61). Hiermit werden die multiplen Einflussfaktoren auf das Überleben bei einem HKS erneut deutlich gemacht.

Die Situation in Deutschland wird anhand der Zahlen des Jahresberichts des deutschen Reanimationsregisters aus 2019 analysiert. Dies mit dem Ziel, eine Vergleichsmöglichkeit mit den Daten unserer Studie zu ermöglichen. Der öffentliche Jahresbericht des deutschen Reanimationsregisters 2019 berichtet über eine durchschnittliche Dauer von 6 Minuten und 25 Sekunden bis zum Eintreffen des ersten Rettungsmittels (5). Im Gesamten betrug die Laienreanimationsquote 42,1%, was im Vergleich zu den Referenzstandorten aus dem Jahr 2014 eine deutliche Steigerung darstellt. Außerdem wurden 4,6% der Reanimationen durch First-Responder begonnen, welche die Zeit bis zum Eintreffen eines Rettungsmittels überbrückten (5). Somit wurde in 46,6% der Fälle eine Reanimation vor Eintreffen des Rettungsdienstes gestartet. Trotz dieser Steigerung liegt die Laienreanimationsquote in Deutschland hiermit noch unter dem europäischen Schnitt, welcher im Oktober 2014 laut EuReCa ONE Studie 47,7% betrug (13). Im Jahresbericht 2019 wurde die ROSC-Rate mit 43,5% beziffert und 11,2% aller Patienten konnten lebend aus der Klinik entlassen werden (5). Bei 21,4% der Patienten zeigte sich initial ein defibrillierbarer Rhythmus, 75,5% wiesen in der initialen Analyse einen nicht defibrillierbaren Rhythmus auf (5).

Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass neben der Art der Atemwegssicherung multiple Einflussfaktoren vorhanden sind, welche einen mehr oder weniger großen Einfluss auf den primären Reanimationserfolg und das generelle Outcome nehmen. Ebenso bleibt anzumerken, dass insbesondere im Bezug auf die Atemwegssicherung sich in den Kernaussagen differierende Publikationen zu finden sind.

### **3 Methoden**

#### **3.1 Zielsetzung**

Im Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen wird der LT auf allen Rettungsmitteln vorgehalten und findet somit bei der prähospitalen Atemwegssicherung Anwendung. In unserer über 9 Jahre durchgeführten retrospektive Analyse der Reanimationen konnten 2.000 Patienten mit entsprechend durchgeführten Wiederbelebensmaßnahmen eingeschlossen werden. In dieser Arbeit soll der LT mit der ETI im Hinblick auf die ROSC-Rate und den Reanimationserfolg verglichen werden.

#### **3.2 Fragestellung**

Somit ergibt sich folgende Hauptfragestellung dieser Arbeit:

1. Ist die primäre Verwendung des Larynxtubus bei präklinischer Reanimation dem endotrachealen Tubus nicht unterlegen im Hinblick auf die ROSC-Rate?

Weitere Nebenfragestellungen lauten:

2. Ist die primäre Verwendung des Larynxtubus bei präklinischer Reanimation dem endotrachealen Tubus nicht unterlegen im Hinblick auf das 72-Stunden-Überleben?
3. Ist die primäre Verwendung des Larynxtubus bei präklinischer Reanimation dem endotrachealen Tubus nicht unterlegen im Hinblick auf die Krankenhaus-Entlassrate?
4. Verändert sich die Rate an Komplikationen, wie zum Beispiel mehrere nötige Versuche zur Sicherung des Atemwegs in Bezug auf die Art der primär verwendeten Atemwegssicherung?

#### **3.3 Datenerfassung**

Die Datenerfassung im Rahmen dieser retrospektiven Analyse gliedert sich in drei Abschnitte.

Seit 2011 nimmt der Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen an der Datensammlung des deutschen Reanimationsregisters, welches unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Gesundheit steht, teil. Alle durchgeführten Reanimationen werden anonymisiert dokumentiert. Das Reanimationsregister stellt laut eigener

Angabe die größte überregionale Datenbank für Erhebung, Auswertung und auch Beurteilung von Reanimationen sowie innerklinischen Notfällen dar (62). Die Eingabemaske bezieht sich auf das sogenannte „Utstein-Style-Protokoll“. Besagtes Protokoll wurde von einer internationalen Arbeitsgruppe bestehend aus Mitgliedern des ERC, der „American Heart Association“, der „Heart and Stroke Foundation of Canada“ und des „Australian Resuscitation Councils“ erarbeitet und enthält Empfehlungen zur einheitlichen Datenerfassung bei einem HKS (62). Dies ermöglicht eine einheitliche Erfassung von Reanimationen in Deutschland und somit auch den Vergleich verschiedener Standorte miteinander. Am Standort Mainz erfolgt die Eingabe ins Reanimationsregister durch den diensthabenden Notarzt. Mithilfe dieses bestehenden Registers wurden alle von Januar 2011 bis Dezember 2019 durchgeführten Reanimationen gelistet und pseudonymisiert in eine dafür erstellte Microsoft Access-Datenbank übertragen. Die Access-Datenbank gliedert sich hierfür in 5 einzelne Tabellen, wie in Abbildung 5 als Entity Relationship Diagramm dargestellt.

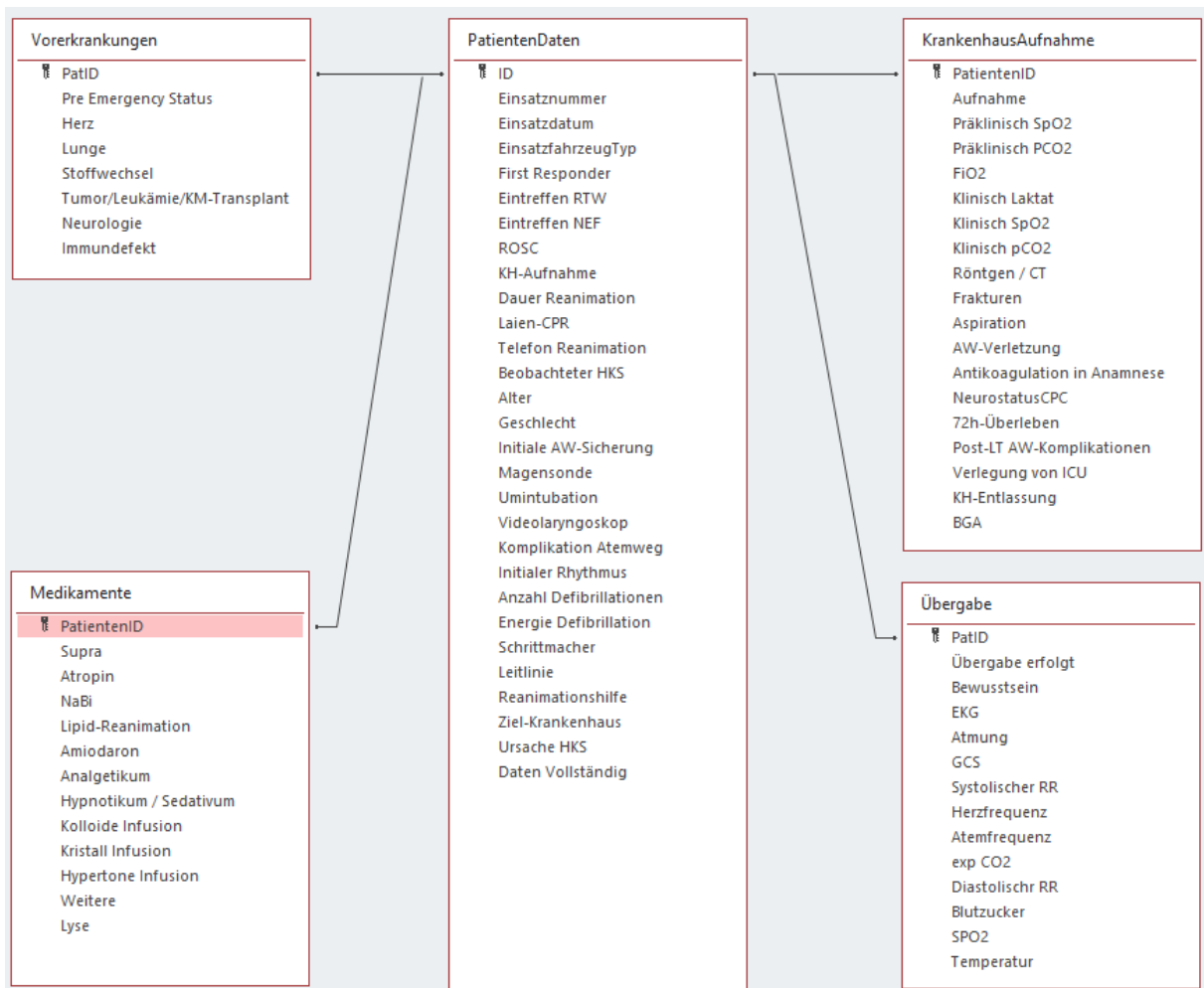


Abbildung 5: Entity Relationship Diagramm Access Datenbank

Alle Einzeltabellen sind über die Patienten-ID als Primärschlüssel mit der Tabelle Patientendaten eindeutig verknüpft. Eingegeben werden die Daten nach einer Zahlen-Kodierung, die eine unkomplizierte Übernahme in ein Statistikprogramm zulässt. Access wurde zur Datenerhebung gewählt, da es mehrere Vorteile bietet. Einerseits erlaubt die Benutzeroberfläche eine übersichtliche Eingabe, weiterhin ermöglicht Access als relationale Datenbank durch das Verknüpfen von Tabellen umfangreiche Kodierungen anzulegen. Mithilfe dieser Kodierungen sind sowohl statistische Auswertungen als auch einfache manuelle Integritätsprüfungen möglich. Darüber hinaus ermöglicht die dadurch entstehende relationale Verknüpfung der Daten schnelle Fehlererkennung und Behebung bei Eingabe und Datenprüfung. In der Tabelle Patientendaten wurden beispielsweise die Anfahrtszeiten der Rettungsmittel, die Dauer der Reanimation bis zum ROSC, zur Krankenhausaufnahme oder bis zum Zeitpunkt des Todes in Minuten hinterlegt. Weiterhin wurde erhoben, ob der HKS beobachtet war und eine Laienreanimation, eventuell als Telefonreanimation, stattfand. Neben Patientendaten wie Alter, Geschlecht und vermuteter Ursache des HKS wurden Daten hinsichtlich der Atemwegssicherung und dem Reanimationsverlauf, mögliche Komplikationen, der initiale Herzrhythmus und Anzahl der durchgeführten Defibrillationen gesammelt. Bei einer erfolgreichen Reanimation wurde das Zielkrankenhaus für die Subgruppenanalysen der Nebenfragestellungen erfasst. Die Vorerkrankungen (VE) und der Pre-Emergency Status, also der Gesundheitsstatus der Patienten vor dem HKS, wurden ebenfalls dokumentiert. Weiterhin die Menge und Art der während der Patientenversorgung verabreichten Medikamente.

Im zweiten Schritt wurden mithilfe der zugehörigen Notarzteinsatzprotokolle die eingegebenen Daten verifiziert und ergänzt. Ziel dieser Datenkontrolle war, eine erhöhte Resistenz gegenüber Eingabe- und Übertragungsfehlern zu generieren. Außerdem konnte mittels der Notarzteinsatzprotokolle Name und Geburtsdatum der Patienten in einer separaten Anonymisierungs-Datenbank erhoben werden, welche dann im dritten Schritt für die Datensammlung im Krankenhausinformationssystem benötigt wurden. Durch die Durchsicht der Notarzteinsatzprotokolle und der Anamnese konnten außerdem genauere Informationen zur Einsatzsituation erhoben werden, welche durch die standardisierte Eingabe in das Reanimationsregister eventuell unklar

blieben. Nachfolgend dargestellt in Abbildung 6 und Abbildung 7 ein Notarzteinsetzprotokoll, welches im Studienzeitraum eingesetzt wurde.

Das Protokoll ist urheberrechtlich geschützt. Unverändertes Vervielfältigen ist ungesichert. Verwertung sowie jede Änderung bedarf der Genehmigung durch die DIVI (Dachverband des Deutschen Notarztes e.V. / Dachverband des Deutschen Rettungsärztes e.V.).

**PAT-STAMMDATEN** (GGF. MIT AUFLIEBER ÜBERLEBEN / ÜBERDRUCKEN)

Name\* \_\_\_\_\_  
 Vorname\* \_\_\_\_\_  
 Geb.Dat.\* \_\_\_\_\_  Pseudonym  
 Straße \_\_\_\_\_  
 Plz, Ort \_\_\_\_\_  
 Kasse / Nr. \_\_\_\_\_  
 Vers. Nr. \_\_\_\_\_

Geschlecht  männlich  weiblich  divers BMI  ≤ 40  > 40 Alter \_\_\_\_\_ Jahre  
(Schwicht\_BMI) (Große BMI)

**NOTFALL-EINSETZPROTOKOLL VERSION 6.0**  
 EMPFEHLUNG DER DIVI 2020 (www.divi.de)

Einsatz Nr. \_\_\_\_\_  Pat./Auftr. Nr. \_\_\_\_\_ Pers Nr. \_\_\_\_\_  
 Standort \_\_\_\_\_ Leitstelle (Kfz-Kennz.) \_\_\_\_\_

**EINSETZTECHNISCHE DATEN** Beteiligt  NEF  NAW  KTW  ITH  Bergrettung  TeleNA  
 Selbstfahrer  RTW  RTH  sonst.  Wasserrettung

Einsatz-Datum \_\_\_\_\_  
 Einsatz-Ort \_\_\_\_\_ Straße oder GPS-Breitengrad \_\_\_\_\_  
 Plz \_\_\_\_\_ Ort oder GPS-Längengrad \_\_\_\_\_

Wohnung  Arztpraxis  öff. Raum  Bildungseinrichtung  z.B. Kollaps  
 Altenheim  Krankenhaus  Straße  Massenveranstaltung  vor über 24h  
 Arbeitsplatz  Geburtshaus  Schule  Sonstige  Kollaps beobachtet  
 Sportstätte  Sportstätte  Sonstige  unbefragt

Einsatz-Art  Primäreinsatz  Notarzt-Nachforderung  Anknüpfung (Einsatzort)  
 Folgeeinsatz  Sekundäreinsatz z.B. Verlegung  Anknüpfung (am Pat.)  
 Fehleinsatz  vorsorgliche Bereitstellung  vor Rettungsdienst

kein Patient  Pat. bereits abtransportiert  Abfahrt  
 abbestellt  böswillige Alarmierung  Übergabe  
 Einsatzabbruch  technische Gründe  Wetter  Sonstige  Einsatzbereit

Transportziel  Voranmeldung  Stroke Unit  Herzkatheter  Traumazentrum  Ende

Notarzt \_\_\_\_\_  
 Assistenz \_\_\_\_\_  
 RTW-Team \_\_\_\_\_

**NOTFALLGESCHEHEN, ANAMNESE, ERSTBEFUND, VORMEDIKATION, VORBEHANDLUNG**

AZ des Pat. vor dem Ereignis (entsp. ASA)  gesund  leicht eingeschränkt  deutlich eingeschränkt  
 akut lebensgefährdet  Ombilumbund  unabhängig  Pflege zuhause  Pflege in Institution

Versorgungssituation  Antikoagulationsmedikation  TZ-Aggregationshemmer  VitK-Antagonist  
 DOAK  Heparin  Sonstige  
 Ersthelfermaßnahmen (Laien)  suffizient  insuffizient  keine

First Responder  vor Ort - ggf. Uhrzeit des Eintreffens \_\_\_\_\_  
 Besiedelung mit multiresistenten Keimen (MRSA, MRSE, ESBL etc.) vorbekannt  abgedeckt  offen

**ERSTBEFUNDE - NEUROLOGIE** Zeitpunkt \_\_\_\_\_

ohne path. Befund

**Augen öffnen**  spontan (4)  auf Geräusch auf Druck (3)  getriggert (2)  nicht vorhanden (1)

**beste verbale Reaktion**  konversationsfähig orientiert (5)  verwirrt (4)  Wörter (3)  Laute (2)  keine (1)

**beste motorische Reaktion**  folgt Aufforderung (6)  lokalisiert (5)  Beugt normal (4)  Beugt abnormal (3)  Streckt (2)  keine (1)

**Glasgow Coma Scale (Summe)**  5  4  3  2  1

\* für Summierung der GCS wird nur die Wert für Extremität mit der besten motorischen Reaktion verwendet siehe www.glasgowcomascale.org

**Extremitätenbewegung**  normal (1)  leicht vermindert (2)  stark vermindert (3)

**Bewusstseinslage**  nicht beurteilbar  wach  Reakt. auf Ansprache  getriggert  Reakt. auf Schmerzreiz  bewusstlos  analgosediert / Narkose

**Neurologische Auffälligkeiten**  ohne path. Befund  nicht beurteilbar  Seitenzeichen (Pupillen, periph. Motorik)  kein Lächeln  Sprachstörung  Sehstörung  Demenz  Querschnittssymptomatik  Babinski Zeichen  Meningismus  vorbestehende neurologische Defizite  Sonstige

**Pupillenweite**  eng  mittel  weit  entrundet  links eng  mittel  weit  entrundet

**Lichtreaktion**  prompt  träge  keine  links prompt  träge  keine

**MESSWERTE INITIAL**

keine Schmerzen 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

RR \_\_\_\_\_ HF \_\_\_\_\_ BZ \_\_\_\_\_  LOW  HIGH  
 rhythmisch  arrhythmisch  mg/dl  mmol/l

AF \_\_\_\_\_ SpO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ Temp \_\_\_\_\_ etCO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_  
 bei Raumluft  unter O<sub>2</sub>-Gabe

qSOFA je 1 Punkt für GCS < 15, AF > 22, RRsys < 100 mmHg

**EKG**  Sinusrhythmus  Schrittmacherrhythmus  STEMI  Abs. Arrhythmie  Kammerflimmern  schmale QRS-Tachykardie  
 kein EKG  AV-Block II°  PEA / EMD  breite QRS-Tachykardie  
 AV-Block III°  Asystolie  SVES / VES monomorph  VES polymorph

**ATMUNG**  unauffällig  Hypone  Stridor  Hyperventilation  nicht US  Dyspnoe  Beatmung  Zyanose  Atemwegsverlegung  Schnappatmung  Spastik  Rasselgeräusche  sonstiges path. Atemmuster (Biot, Cheyne Stokes etc.)

**HAUT**  unauffällig  stehende Hautfalten  Ödeme  nicht US  pathologisch  Dekubitus  kaltschweißig  Exanthem

**PSYCHE**  unauffällig  erregt  aggressiv  verlangsamt/stuporös  nicht US  nicht beurteilbar  depressiv  ängstlich  euphorisch  wahnhaft  verwirrt  suizidal  motorisch unruhig

**ERKRANKUNGEN**  keine

**ZNS**  Schlaganfall, TIA, intrakranielle Blutung  im Lysefenster (Symptombeginn erfasst)  Krampfanfall  Status epilepticus  Meningitis / Enzephalitis  Synkope

**Herz-Kreislauf**  Akutes Koronarsyndrom  STEMI  Vorderwand  Hinterwand  Rhythmusstörung  tachy  brady  Lungenembolie  orthostatische Fehregulation  Herzinsuffizienz  Lungenödem  hypertensiver Notfall / hypertensive Krise  kardiogener Schock  Schrittmacher- / ICD-Fehlfunktion

**Atmung**  Asthma (Anfall)  Status asthmaticus  COPD (ggf. Exazerbation)  Heimbildatmung  Heimsauerstoff  Pneumonie, Bronchitis  Hyperventilationssyndrom  Aspiration  Haemoptysen

**Abdomen**  Akutes Abdomen  GI-Blutung  obere  untere  Kolik (z.B. Niere, Gallie)  Enteritis

**Psychiatrie**  Psychose, Manie, Erregungszustand  Angst, Depression  akzidentell  Intoxikation  Alkohol  Drogen  Entzug, Delir  Medikamente  Suizid(versuch)  Sonstiges  Psychosoziale Krise

**Stoffwechsel**  Hypoglykämie  Akutes Koronarsyndrom  Hyperglykämie  Exsikkose  Urämie/ANV  bek. Dialysepflichtig

**Pädiatrie**  Fieberkrampf  Pseudokrupp  SIDS / Near-SIDS

**Gynäkologie**  Schwangerschaft  drohende Geburt  präklinische Geburt  (Prä-)Eklampsie  vaginale Blutung

**Sonstige**  anaphylakt. Reaktion  I-II°  III-IV°  Hitzerschöpfung, Hitzschlag  Unterkühlung / Erfrierung  hochfieber. Infekt / Sepsis / sept. Schock  CoVid-19 / -Verdacht  Influenza  akute Lumbago  Hepatitis / HIV  soziales Problem (ohne psych. Störung)  medizinische Behandlungskomplikation

**VERLETZUNGEN** Zusammenhang mit sportlicher Aktivität  Ja  Nein  keine beruflicher Aktivität  Ja  Nein

keine leicht mittel schwer geschlossen offen  Polytrauma.

Schädel-Hirn  Gesicht  Hals  Thorax  Abdomen  Wirbelsäule  Becken  Obere Extremitäten  Untere Extremitäten  Weichteile

Verbrennung, Verbrühung \_\_\_\_\_ Grades \_\_\_\_\_ %  Unfallmechanismus  Trauma  stumpf  penetrierend  Sturz  ebenerdig  <3m  >3m  Verätzung  Verkehrsteilnehmer  Fußgänger  E-Scooter  Verschüttung  Einklemmung  Fahrrad  E-Bike u.A.  Motorrad/Sozius  Inhalationstrauma  Elektroofall  PKW-Insasse  Bus-Insasse  BeinaheErtrinken  Tauchunfall  Schlag  Schuss  haemorrhagischer Schock  Stich  Sonstige  Sonstige  Gewaltverbrechen

**ERSTDIAGNOSEN**

NACA SCORE  I (geringfügige Störung)  II (leichte Störung)  III (mäßige Störung)  Palliative Situation  
 IV (Lebensgefahr nicht auszuschließen)  V (akute Lebensgefahr)  VI (Reanimation)  VII (Tod)

Abbildung 6: DIVI-Notfalleinsatzprotokoll 6.0 Vorderseite (Quelle: DIVI, [https://www.divi.de/joomla-tools-files/docman-files/mind-notfalleinsatzprotokoll/divi-6.0\\_final\\_0\\_93\\_Final.pdf](https://www.divi.de/joomla-tools-files/docman-files/mind-notfalleinsatzprotokoll/divi-6.0_final_0_93_Final.pdf), 19.03.2024

### VERLAUFSBESCHREIBUNG

	Zeit	
Maßnahme		
RR	≥220	
	200	
HDM	180	
Defi	160	
Transport T-T	140	
Intubation	120	
Injektion bei Rea:	100	
Suprarenin	80	
Amiodaron	60	
	40	

O2 [ml/min]     SpO2 [%]     etCO2 [mmHg]

### MASSNAHMEN

**ZUGÄNGE**

<input type="checkbox"/> peripherer Zugang	Art / Ort / Größe	Anzahl
<input type="checkbox"/> bereits vorhanden		
<input type="checkbox"/> intraossäre Punktion		
<input type="checkbox"/> bereits vorhanden		
<input type="checkbox"/> Transnasal-Applikator		
<input type="checkbox"/> Sonstige		

Zugang erschwert     > 2 Versuche  
 Zugang unmöglich → Verfahrenswechsel

**ATEMWEG**

<input type="checkbox"/> Sauerstoffgabe	l/min	<input type="checkbox"/> als Präoxygenierung	
<input type="checkbox"/> Freimachen der Atemwege	<input type="checkbox"/> Absaugen	<input type="checkbox"/> Absaugpumpe	
<input type="checkbox"/> Masken-/Beutel-Beatmung	<input type="checkbox"/> unterstützend, Demand-Ventil	<input type="checkbox"/> nicht möglich	
<input type="checkbox"/> kontrolliert	<input type="checkbox"/> nicht möglich	<input type="checkbox"/> Larynxmaske	<input type="checkbox"/> Larynxtubus
<input type="checkbox"/> supraglottische Atemwegshilfe	<input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> oral	<input type="checkbox"/> nasal
<input type="checkbox"/> endotracheale Intubation	<input type="checkbox"/> Videolaryngoskop	<input type="checkbox"/> Koniotomie / chirurgischer Atemweg	<input type="checkbox"/> Trachealkanülenwechsel
<input type="checkbox"/> sonstiger Atemwegszugang	<input type="checkbox"/> Intubation erschwert	Anzahl Versuche	

**BEATMUNG**

<input type="checkbox"/> manuell	<input type="checkbox"/> kontrolliert	FIO2	AF	AMV	
<input type="checkbox"/> maschinell	<input type="checkbox"/> assistiert	PEEP	P <sub>max</sub>		
<input type="checkbox"/> NIV	<input type="checkbox"/> Notfallnarkose				

**DEFIBRILLATION**

<input type="checkbox"/> AED	Erstanwendung	<input type="checkbox"/> Laien	First Resp.	<input type="checkbox"/> Rettungsdienst	<input type="checkbox"/> Arzt
<input type="checkbox"/> Defi	<input type="checkbox"/> monophasisch	<input type="checkbox"/> biphasisch			

1. Defibrillation (Zeitpunkt)    1. ROSC (Zeitpunkt)

Anzahl Defi insgesamt    Energie<sub>max</sub>    Joule

**REANIMATION (ERGÄNZENDE ANGABEN IM KASTEN „REANIMATION / TOD / TODESFESTSTELLUNG“)**

<input type="checkbox"/> Herzdruckmassage	Beginn HDM:	
<input type="checkbox"/> Feedbacksystem	<input type="checkbox"/> mechanisches Thoraxkompressionssystem	
<input type="checkbox"/> VV-ECMO	<input type="checkbox"/> VA-ECMO	<input type="checkbox"/> REBOA
<input type="checkbox"/> Aktive Kühlung	<input type="checkbox"/> Infusion	<input type="checkbox"/> Kühlpackungen
<input type="checkbox"/> Vorab: Telefonanleitung zur Reanimation	<input type="checkbox"/> technisch	

**SONSTIGE**

<input type="checkbox"/> Spezielle Lagerung	<input type="checkbox"/> stabile Seitenlage	<input type="checkbox"/> Wärmerhalt	
<input type="checkbox"/> Zervikalstütze	<input type="checkbox"/> Schocklagerung	<input type="checkbox"/> Inkubator	
<input type="checkbox"/> Vakuumschiene	<input type="checkbox"/> Oberkörper Hochlagerung	<input type="checkbox"/> Flachlagerung	
<input type="checkbox"/> Vakuummatratze	<input type="checkbox"/> Sitzend	<input type="checkbox"/> Schauffeltrage	
<input type="checkbox"/> Spineboard	<input type="checkbox"/> Sonstige.....		

12-Kanal EKG     Funkübermittlung     externer Schrittmacher

Spritzenpumpe(n)     invasiver RR     Kardioversion

Verband     Reposition     Beckenschlinge

Thoraxdrainage re.     Thoraxdrainage li.

### MEDIKATION

keine Medikation

Wirkstoff / Handelsname / Infusion	Dosis / Dosen	Wirkstoff / Handelsname / Infusion	Dosis / Dosen

VORAB-INTERVENTIONEN DURCH RETTUNGSDIENST     Maßnahmen     Medikamente

LYTHETHERAPIE     vor Kreislaufstillstand     während Kreislaufstillstand     nach ROSC

Beginn... | | | | |

### REANIMATION / TOD / TODESFESTSTELLUNG (ERGÄNZENDE ANGABEN)

Reanimation     ROSC im Verlauf     niemals ROSC     erfolglos

Beginn Rea:     Ersthelfer     First Resp.     Rettungsd.     Notarzt

keine Reanimation     nicht gewünscht / Patientenverfügung     Sonstige

zu spät     aussichtslos Grundkrankung     Todeszeitpunkt

KH-Aufnahme     mit ROSC     laufende Reanimation     Todeszeitpunkt nicht bestimmbar

### ÜBERGABE

keine    Zeitpunkt | | | | |

Glasgow Coma Scale | | |

RR | | | | | / | | | | |    HF | | | | |    BZ | | | | |

AF | | | | |    SpO<sub>2</sub> | | | | |    Temp | | | | |    etCO<sub>2</sub> | | | | |

Schmerzen | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10

### EKG

kein EKG

<input type="checkbox"/> Sinusrhythmus	<input type="checkbox"/> Schrittmacherrhythmus	<input type="checkbox"/> STEMI	
<input type="checkbox"/> Abs. Arrhythmie	<input type="checkbox"/> Kammerflimmern	<input type="checkbox"/> schmale QRS-Tachykardie	
<input type="checkbox"/> AV-Block I°	<input type="checkbox"/> PEA / EMD	<input type="checkbox"/> breite QRS-Tachykardie	
<input type="checkbox"/> AV-Block III°	<input type="checkbox"/> Asystolie	<input type="checkbox"/> SVES / VES monomorph	
		<input type="checkbox"/> VES polymorph	

**ATMUNG**

nicht US     unauffällig     Apnoe     Stridor     Hyperventilation

### EINSATZVERLAUF - BESONDERHEITEN

Übernahme aus arztbesetztem Rettungsmittel

Übergabe an arztbesetztes Rettungsmittel

Transport ins Krankenhaus     mit Arzt     RTH

mindestens eine Klinik nimmt nicht auf

Zwangsbelegung     Zwangsunterbringung

nur Untersuchung und Behandlung

Transportverweigerung     Patient nicht transportfähig

Therapieverzicht / -beschränkung bewusst

Erhöhter Hygieneaufwand

erschwerter Pat-Zugang     techn. Rettung

Schwerlasttransport erforderlich

LNA am Einsatz

MANV     Behandlung mehrerer Patienten

### BEWUSSTSEIN

wach     bewusstlos     Reakt. auf Ansprache     analgosediert / Narkose

nicht US     getrübt     nicht beurtb.     Reakt. auf Schmerzreiz

### ÜBERGABE

keine     Hausarzt / KV-Arzt vor Ort

### BEWERTUNGEN (z.B. VERLAUF, HAUSARZT, TELEFON-NUMMER ANGEHÖRIGE, NOTKOMPETENZ-MASSNAHMEN)

Massnahmenverweigerung (ggf. detailliert angeben)

keine     Fachambulanz

Unterschrift Notarzt

Abbildung 7: DIVI-Notfalleinsatzprotokoll 6.0 Rückseite (Quelle: DIVI, [https://www.divi.de/joomlatools-files/docman-files/mind-notfalleinsatzprotokoll/divi-6.0\\_final\\_0\\_93\\_Final.pdf](https://www.divi.de/joomlatools-files/docman-files/mind-notfalleinsatzprotokoll/divi-6.0_final_0_93_Final.pdf), 19.03.2024)

Im Fall einer Krankenhausaufnahme erfolgte in Abhängigkeit der vorhandenen Daten die Erfassung der Vitalparameter und des Glasgow Coma Scales (GCS). Ebenso wurden auch die (Be)-Atmungsparameter wie Sauerstoffsättigung und Atemfrequenz erfasst. Im dritten Schritt der Datensammlung wurde auf das Krankenhausinformationssystem SAP zurückgegriffen, somit konnten Informationen bezüglich des stationären Verlaufs generiert werden. Dies inkludierte jedoch lediglich jene Patienten, welche der Universitätsmedizin Mainz (UMM) zugewiesen wurden. Auch hier wurden Daten zum Patientenstatus bei der Übergabe an die Klinik gesammelt, welche auch bereits in den Protokollen erhoben und somit validiert werden konnten. Weiterhin wurden klinische Laborwerte wie Lactat und Sauerstoffsättigung sowie Kohlenstoffdioxid-Partialdruck und erfolgte Bildgebungen in die Datenanalyse aufgenommen. Das 72-Stunden Überleben sowie eine mögliche Krankenhausesentlassung oder -verlegung auf eine andere Station wurden ebenfalls dokumentiert. Ferner wurde mittels Anamnese und Epikrise der Arztbriefe geprüft, ob es zu Atemwegsverletzungen, Frakturen oder zu einer Aspiration im Rahmen der Notfallsituation, der Reanimation oder des Aufenthalts kam.

### 3.4 Studiendesign

Es sollen die Gruppen ETI und LT hinsichtlich der ROSC-Rate und des Reanimationserfolgs miteinander verglichen werden. Der am Studienort verwendete LT wurde in Kapitel 2.2.1 bereits beschrieben. Zur Gruppe ETI zählen sowohl die konventionellen als auch die mittels Videolaryngoskop durchgeführten ETIs. Hervorzuheben ist, dass der Fokus jeweils auf der initial angewendeten Art der Atemwegssicherung liegt und diese die Gruppenzugehörigkeit ETI oder LT bestimmt.

Ausgeschlossen von der statistischen Analyse wurden alle Fälle mit unvollständiger Dokumentation. Es wurden sowohl die Reanimationen durch bodengebundene Einsatzfahrzeuge wie Rettungswagen (RTW), Krankentransportwagen (KTW) und Notarzteinsatzfahrzeug (NEF) sowie die des in Mainz stationierten Rettungshubschraubers CH77 (ADAC Luftrettung gGmbH) analysiert. Alle personenbezogenen Patientendaten wurden pseudonymisiert und nach geforderten Standards des Datenschutzes verwahrt. Dieser Studie wurde von der Ethikkommission der UMM zugestimmt und nach den ethischen Leitlinien der Deklaration von Helsinki 1975 durchgeführt.

### 3.5 Statistische Analysen

Die in Access gesammelten Daten wurden mithilfe des Statistikprogramms IBM SPSS Version 23 ausgewertet. In der deskriptiven Analyse erfolgte die Bestimmung von Mittelwert und Median, die Verteilung der Merkmale des Patientenkollektivs wurde in absoluten und relativen Häufigkeiten angegeben. Die Patientencharakteristika wurden sowohl für das Gesamtkollektiv als auch jeweils für die beiden Gruppen ETI und LT bestimmt. Das Gesamtkollektiv der Patienten beinhaltet auch Patienten, deren initiale Atemwegssicherung unbekannt blieb oder bei denen es nicht zu einer Sicherung des Atemwegs kam. Letzteres kann der Fall sein, wenn ein ROSC frühzeitig eintritt oder die Reanimation abgebrochen wird, beispielsweise beim Vorliegen sicherer Todeszeichen oder beim Auffinden einer eindeutigen Patientenverfügung, die eine Reanimation untersagt. Eine Kaplan-Meier-Ereigniszeitenanalyse wurde für die Zeit bis zum ROSC aufgetrennt nach initialer Atemwegssicherung durchgeführt und Gruppenunterschiede mithilfe des Breslow-Tests statistisch überprüft. Alle Grafiken und Tabelleninhalte wurden mittels SPSS oder Excel generiert. Die explorative Analyse im Hinblick auf die Hauptfragestellung beinhaltete die Bestimmung der Konfidenzintervalle nach Clopper-Pearson bei binomial verteilten Daten. Das Konfidenzintervall des Mittelwertvergleichs wurde mittels T-Test bestimmt sowie ein Chi-Quadrat-Test zur Überprüfung der Relation beider Faktoren durchgeführt. Um weitere Einflüsse auf das Ereignis ROSC statistisch zu prüfen, wurde ein logistisches Regressionsmodell erstellt. Die Nebenfragestellungen des 72-Stunden Überlebens und der Krankenhausaufnahme wurden als Subgruppenanalysen durchgeführt. Diese Subgruppenanalysen inkludierten alle Patienten, die in der UMM stationär aufgenommen wurden. Auch hier wurden die bereits vorgestellten Verfahren genutzt, um einen statistisch signifikanten Gruppenunterschied nachzuweisen. Das Vorgehen der statistischen Analyse, die Auswahl der statistischen Verfahren und die Interpretation der Ergebnisse wurden im Rahmen einer statistischen Beratung mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der UMM abgestimmt.

## 4 Ergebnisse

Im Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen liegen im Studienzeitraum 2011-2019 2.074 Fälle von präklinischem HKS mit Indikation der kardiopulmonalen Reanimation vor. Davon wurden nach Anwendung der Ausschlusskriterien 1.642 Patienten in die statistische Analyse aufgenommen. Das Flow-Chart-Diagramm in Abbildung 8 zeigt die Verteilung der Patienten auf die Gruppen ETI und LT.

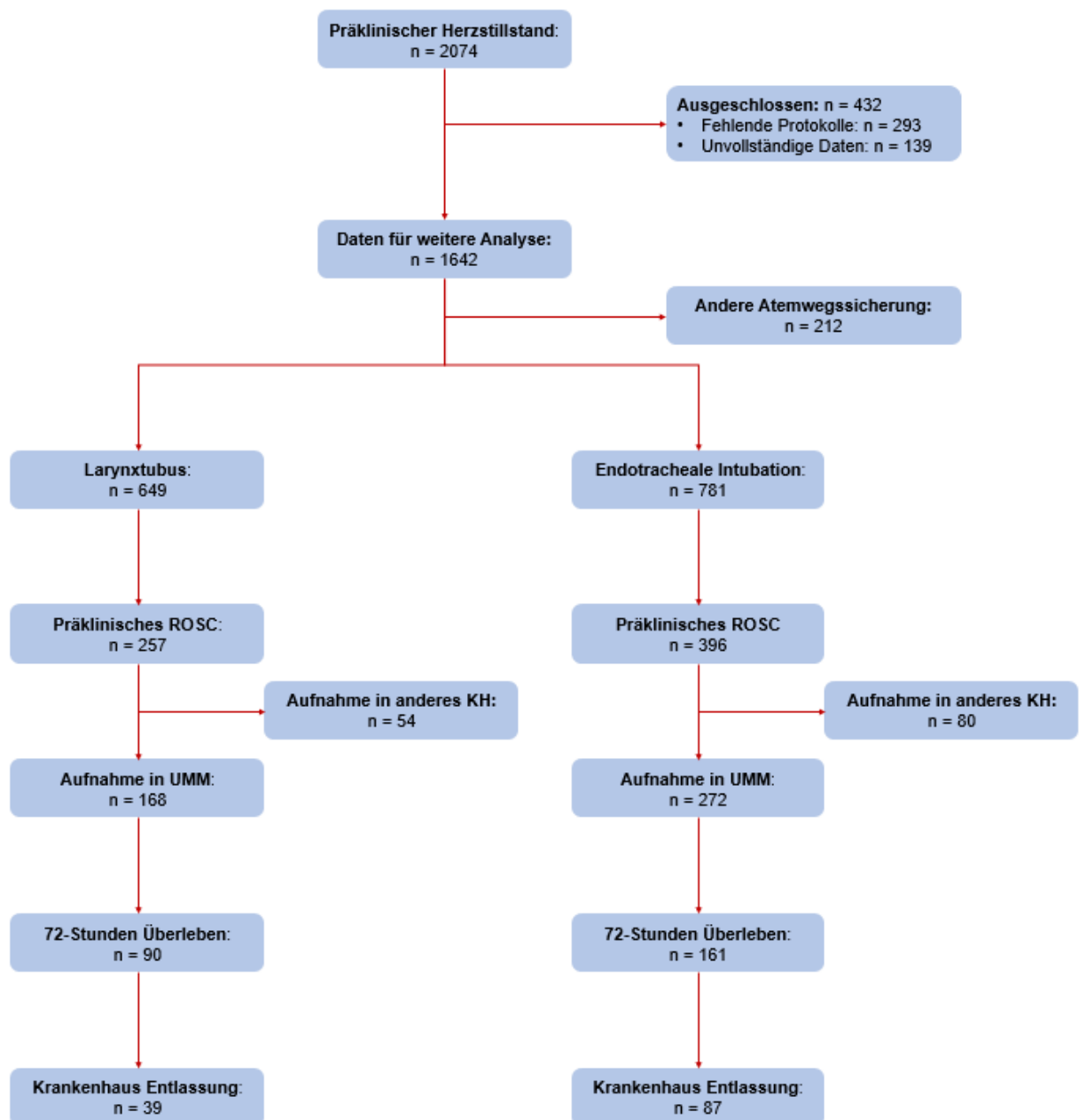


Abbildung 8: Flow-Chart-Diagramm Patienten

## 4.1 Patientenkollektiv

### Initiale Atemwegssicherung

Im Studienzeitraum wurden 781 der 1.642 Patienten primär endotracheal intubiert, dies entspricht 47,6% der Fälle. Bei 649 Patienten (39,5%) wurde zur Atemwegssicherung primär ein LT etabliert. Die übrigen Patienten wurden mittels BMV (5,1%), LM (0,3%) oder anderen Devices (0,7%) beatmet. Bei 112 Patienten (6,8%) war die initiale Atemwegssicherung entweder nicht aus den Datenquellen ersichtlich und blieb somit unbekannt oder aber die Reanimationsmaßnahmen wurden vor der Atemwegssicherung abgebrochen. Die absoluten Häufigkeiten sind in Abbildung 9 dargestellt.

Hervorzuheben an dieser Stelle ist, dass von den 649 Patienten mit initialem LT 275 (42,4%) noch präklinisch umintubiert wurden und der Atemweg mittels einem ET gesichert wurden.

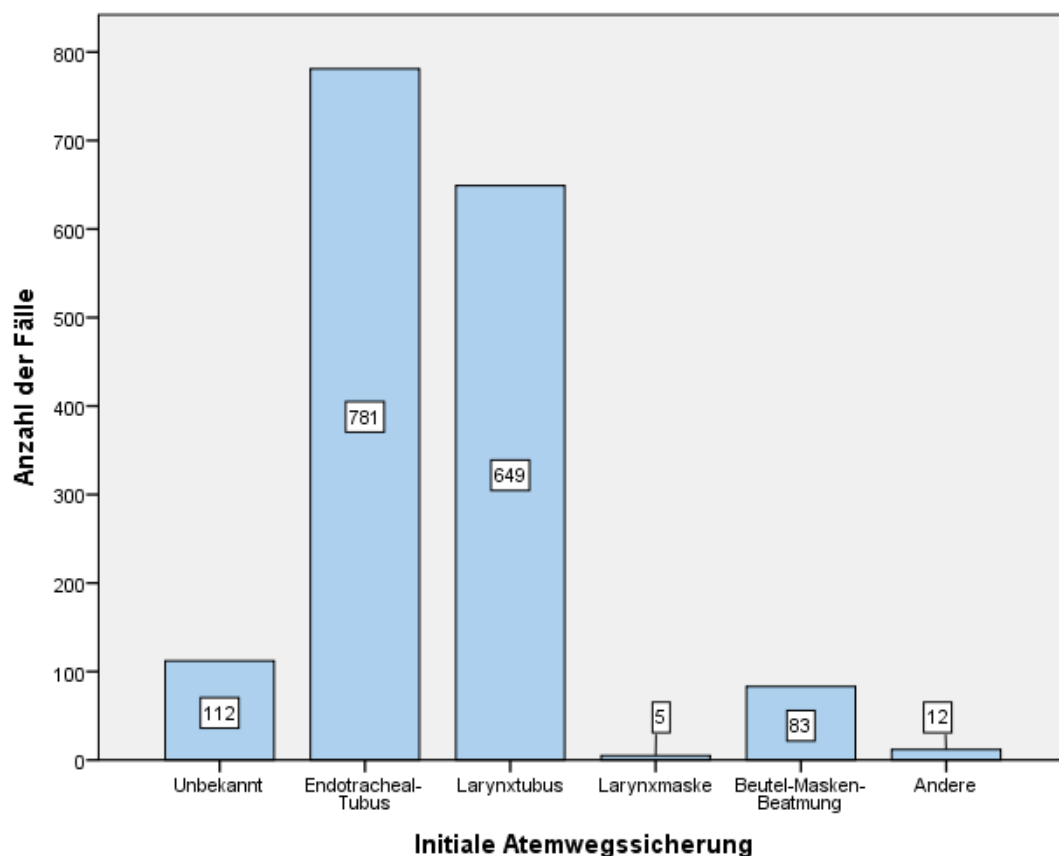


Abbildung 9: Initiale Atemwegssicherung

### Geschlechts- und Altersverteilung

Nach Ausschluss der Patienten unbekanntem Alter (n=9) betrug das durchschnittliche Alter aller Patienten im Studienzeitraum 68,9 Jahre, der Median lag bei 72 Jahren. Vergleicht man die Gruppen ETI und LT betrug das mediane Alter in beiden Gruppen 71 Jahre. Rund zwei Drittel (66,9%) aller Patienten waren männlich. 65% der endotracheal intubierten und 71,3% der mit einem LT versorgten Patienten waren männlichen Geschlechts.

### Vorerkrankungen

Im Rahmen der Datenerhebung wurde der „Pre Emergency Status“ der Patienten miterfasst, welcher von keinen oder unbekanntem VE zu VE mit Einschränkung im täglichen Leben bis hin zum Tod innerhalb der nächsten 24 Stunden reicht. 41,1% der Patienten im Gesamtkollektiv wiesen VE mit Einschränkung des täglichen Lebens auf (s. Abbildung 10). Bei nur 22,2% lag entweder keine VE vor oder der Pre Emergency Status war unbekannt, bei ungefähr einem Viertel der Patienten lagen VE ohne Einschränkung vor. Bei nur 11,0% lag normales tägliches Leben unmöglich vor, bei 0,3% lag Tod in den nächsten 24h vor.

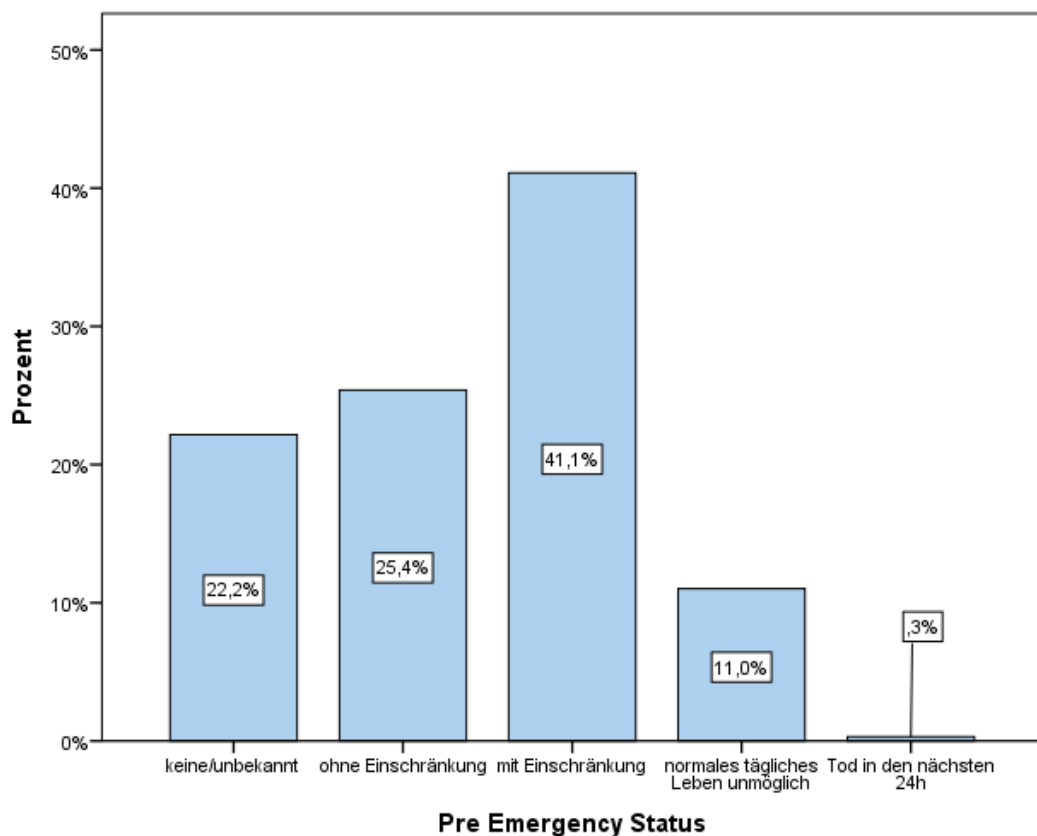


Abbildung 10: Pre Emergency Status

Innerhalb der mit LT versorgten Patienten fielen 42,1% der Patienten in die Gruppe „VE mit Einschränkung“, bei den endotracheal intubierten Patienten waren es 39,6%. Jeweils 27% der Patienten beider Gruppen litten an VE ohne Einschränkung und jeweils 9% unter VE, die ein normales tägliches Leben unmöglich machten.

Die Häufigkeiten der einzelnen VE aufgetrennt nach Atemwegssicherung ET und LT sind in Tabelle 1 dargestellt.

*Tabelle 1: Atemwegssicherung und Vorerkrankungen*

<b>Tabelle: Initiale Atemwegssicherung und Vorerkrankungen</b>							
		Herz	Lunge	Stoffwechsel	Tumor	Neurologie	Immundefekt
<b>ET</b>	Anzahl	400	166	211	62	140	6
	% innerhalb ET	51,2%	21,3%	27,0%	7,9%	17,9%	0,8%
<b>LT</b>	Anzahl	356	139	220	63	117	4
	% innerhalb LT	54,9%	21,4%	33,9%	9,7%	18,0%	0,6%

### Laienreanimation

Der Einfluss der Laienreanimation auf die ROSC- und Überlebensrate bei HKS wurde bereits in Kapitel 2.4 erörtert. Im gesamten Patientenkollektiv fand bei 593 von 1.642 Patienten (36,1%) eine Laienreanimation statt. Betrachtet man nun die Gruppen LT und ETI getrennt, fand bei jeweils 37,9% der Patienten eine Laienreanimation statt. In Abbildung 11 wird die Laienreanimationsquote über die einzelnen Studienjahre aufgeschlüsselt, hierbei wurde 2019 aufgrund geringer Fallzahlen ausgeschlossen und insgesamt 1.614 Reanimationen analysiert. Die höchste Laienreanimationsrate zeigt sich im Jahr 2016 mit 42,5%, die geringste im Jahr 2012 mit nur 30,0%.

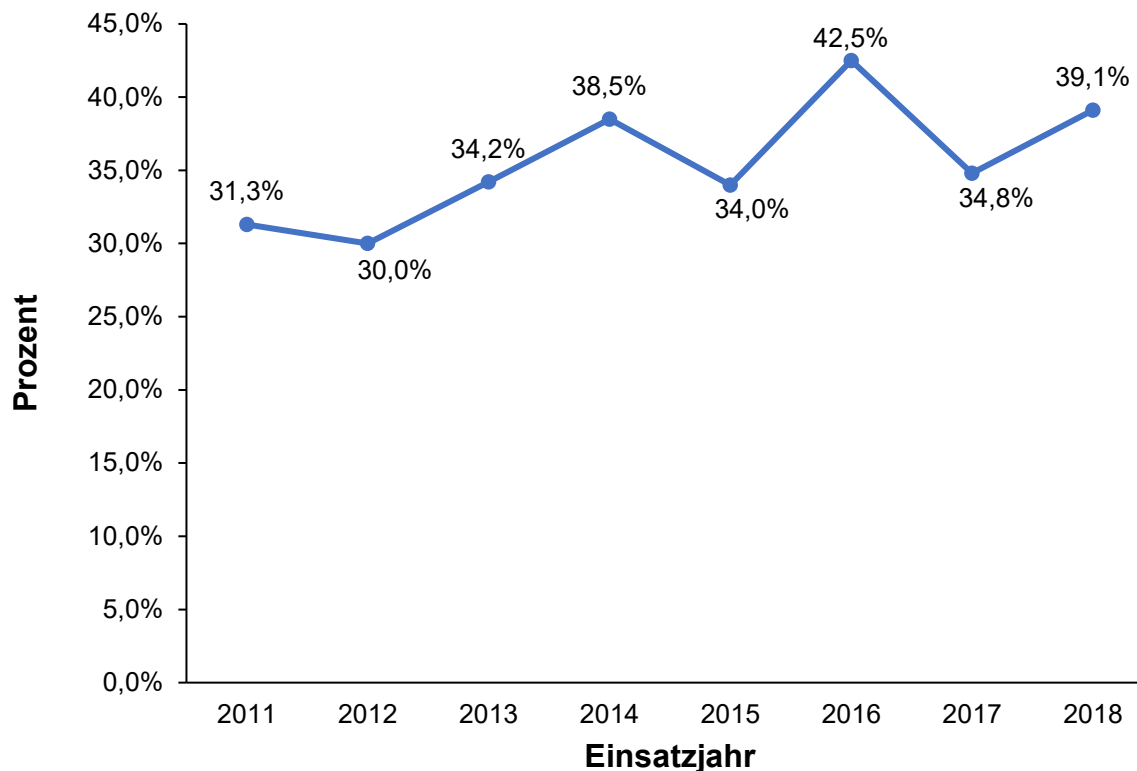


Abbildung 11: Laienreanimation nach Einsatzjahren

### Beobachteter Kreislaufstillstand

In 59,2% aller Fälle wurde der HKS entweder durch Zeugen oder durch das Rettungsdienstpersonal beobachtet. In der LT Gruppe konnten 55,9% der HKS beobachtet werden, wohingegen es in der ETI Gruppe 63,5% aller Fälle waren.

### Initialer Rhythmus

Der häufigste initiale Rhythmus stellt innerhalb des gesamten Patientenkollektivs die Asystolie mit 53,3% der Fälle dar, gefolgt von 24,2% der Fälle mit pulsloser elektrischer Aktivität. Insgesamt sind somit 77,5% der Fälle einem nicht-defibrillierbaren Rhythmus zuzuordnen (s. Abbildung 12). In der LT Gruppe wurde bei 57,6% der Patienten initial eine Asystolie festgestellt, in der ET Gruppe zeigten dies 45,8%. Insgesamt hatten 24,5% der endotracheal intubierten Patienten einen defibrillierbaren initialen Rhythmus, während 22,2% der mit LT versorgten Patienten Kammerflimmern oder eine ventrikuläre Tachykardie aufwiesen (s. Abbildung 13).

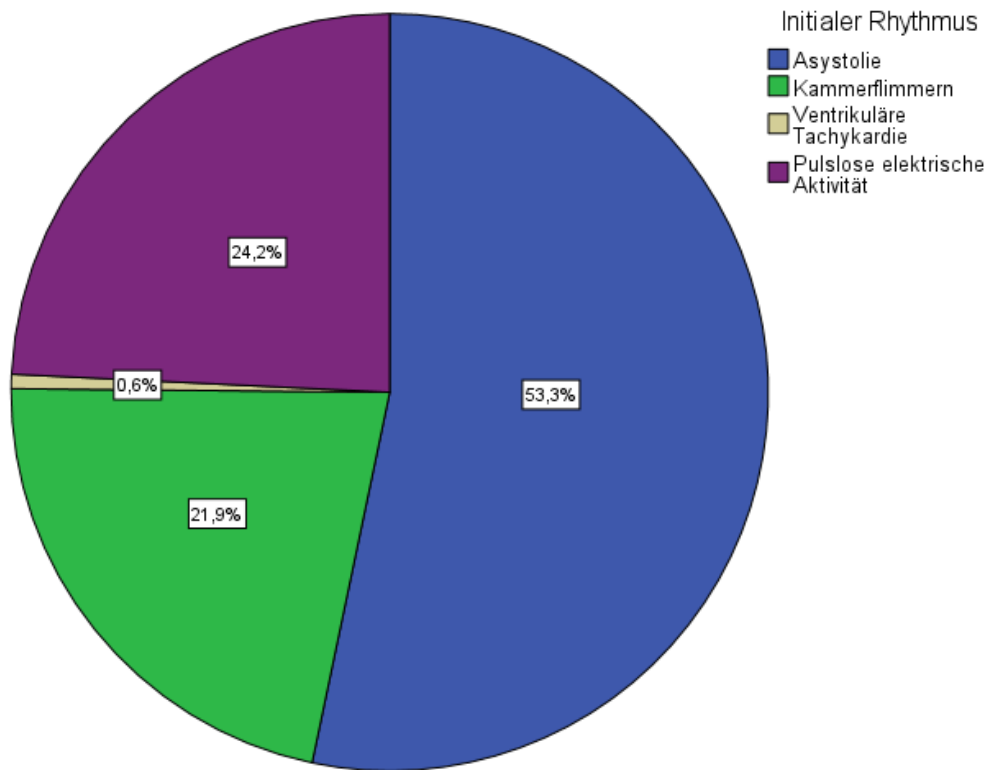


Abbildung 12: Initialer Rhythmus Patientenkollektiv

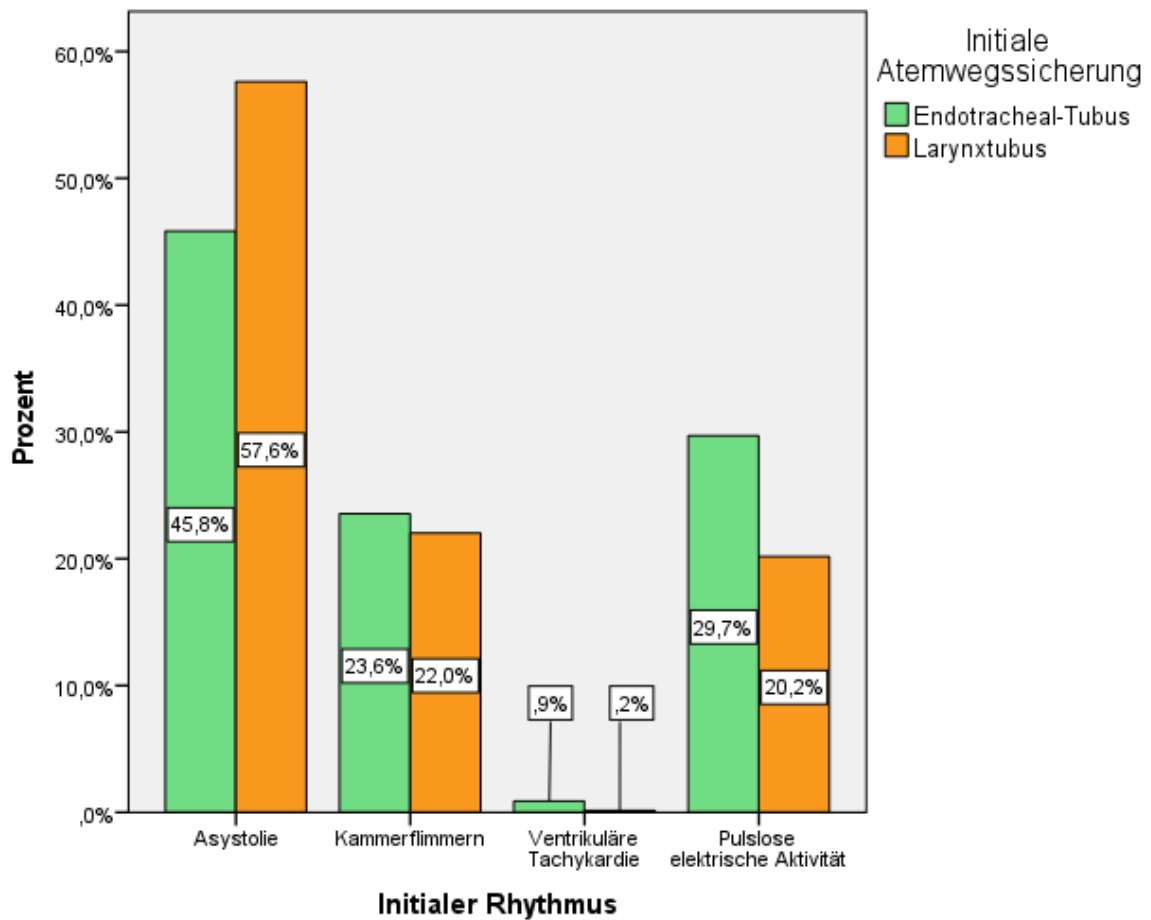


Abbildung 13: Initialer Rhythmus nach Atemwegssicherung

Vermutete Ursache des Herzkreislaufstillstandes

Die kardiale Genese des präklinischen HKS war mit 57,6% aller Fälle die häufigste im untersuchten Patientenkollektiv. Am zweithäufigsten wurde in 13,8% der Fälle eine Hypoxie als Ursache vermutet, bei 13,6% der Patienten blieb die vermutete Ursache unbekannt (s. Abbildung 14). Die Ursachen des Kreislaufstillstandes innerhalb der beiden Gruppen LT und ET sind in Tabelle 2 dargestellt.

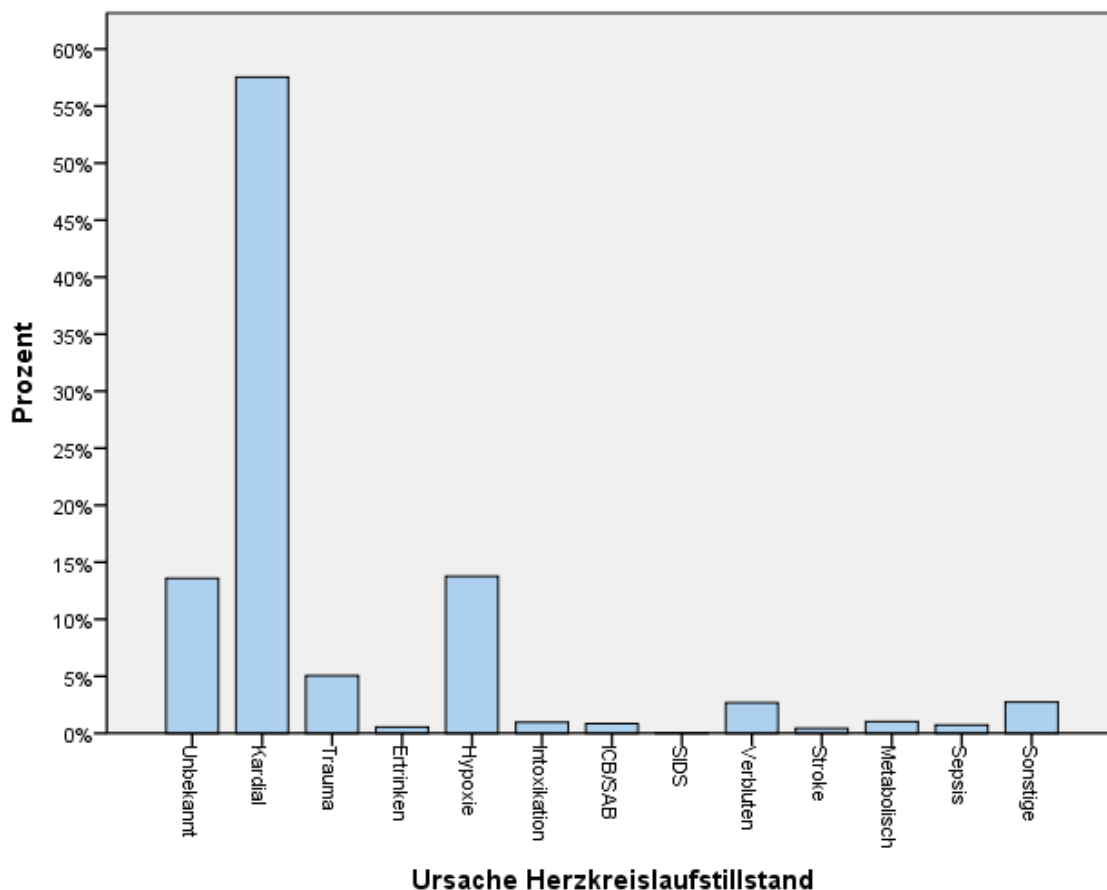


Abbildung 14: Balkendiagramm Ursache Herzkreislaufstillstand

Tabelle 2: Kreuztabelle Atemwegssicherung und Ursache Herzkreislaufstillstand

		Ursache Herzkreislaufstillstand						
		Kardial	Hypoxie	Unbekannt	Trauma	Sonstige	Verbluten	Intoxikation
<b>ET</b>	Anzahl	451	127	87	41	13	20	8
	% innerhalb von ET	57,7%	16,3%	11,1%	5,2%	1,7%	2,6%	1,0%
<b>LT</b>	Anzahl	374	74	94	36	27	19	8
	% innerhalb von LT	57,6%	11,4%	14,5%	5,5%	4,2%	2,9%	1,2%
		ICB/SAB	Metabolisch	Sepsis	Ertrinken	Stroke	SIDS	<b>Gesamt</b>
<b>ET</b>	Anzahl	7	8	8	5	5	1	781
	% innerhalb von ET	0,9%	1,0%	1,0%	0,6%	0,6%	0,1%	100,0%
<b>LT</b>	Anzahl	7	6	2	2	0	0	649
	% innerhalb von LT	1,1%	0,9%	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	100,0%

Anmerkungen: ET = Endotrachealtubus, LT= Larynx-tubus, ICB/SAB = Intrazerebrale Blutung/Subarachnoidalblutung, SIDS = Sudden Infant Death Syndrome

## 4.2 Return of spontaneous Circulation (ROSC)

Im Gesamtkollektiv, welches alle Arten der Atemwegssicherung einschließt, konnte bei 721 der 1.642 Patienten (43,9%) präklinisch ein ROSC erreicht werden. Hiervon wurde bei 54,9% der Atemweg mittels ET und bei 35,6% über einen LT gesichert, bei 9,4% wurde eine andere Atemwegssicherung verwendet (s. Anhang Tabelle 6). Von allen primär endotracheal intubierten Patienten erreichten 396 (50,7%) ein präklinisches ROSC, bei den mit einem LT versorgten Patienten lag die ROSC-Rate bei 39,6% (s. Abbildung 15, s. Anhang Tabelle 7).

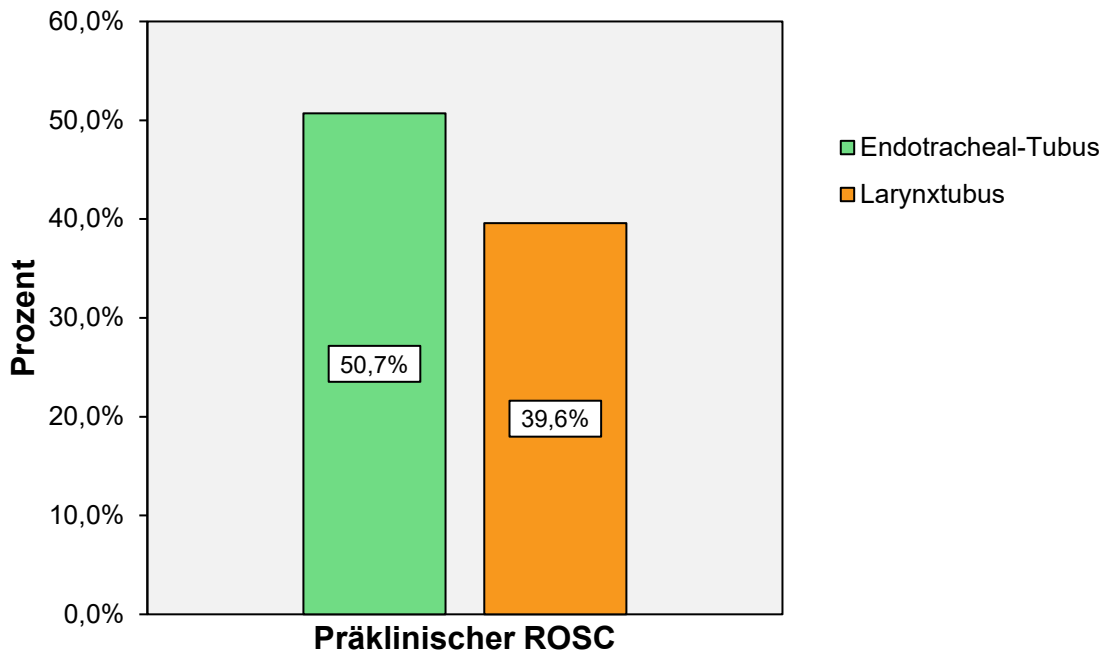


Abbildung 15: ROSC-Raten

In Abbildung 16 ist als Histogramm die Zeit bis zum ROSC dargestellt. Hierbei wurden nur jene Fälle eingeschlossen, welche ein ROSC erreichten. Die Zeit bis zum ROSC wurde definiert als die Zeitspanne von dem HKS bis zur Wiederherstellung eines Spontankreislaufs. Dies entspricht der Zeitspanne, in welcher der Patient keinen eigenen Kreislauf aufwies. Wir unterschieden zwischen beobachtetem und unbeobachtetem HKS. Die Zeitspanne der Patienten mit beobachtetem und festgestelltem HKS bis zum ROSC war somit eindeutig messbar. Bei unbeobachtetem HKS ist die Zeit bis zum ROSC nicht eindeutig messbar, da der genaue Zeitpunkt des HKS unbekannt war. In diesen Fällen wurde der Zeitpunkt des Alarms der Rettungskräfte als Nullpunkt für die Zeitbestimmung genutzt. Die Dauer der Reanimationsmaßnahmen ist daher nur indirekt ersichtlich. Es zeigt sich eine linksgipflige Verteilung. Dies bedeutet, dass der Großteil der Patienten mit ROSC diesen nach geringer Zeit erreicht haben. Innerhalb der mittels ET versorgten

Patientengruppe betrug die mediane Zeit bis zum ROSC 20 Minuten (SE = 13,66, IQA = 19). Patienten, deren Atemweg mittels LT gesichert war, erreichten im Median nach 23 Minuten ein ROSC (SE= 13,28, IQA = 17). Veranschaulicht werden die beiden Gruppen LT und ET als Boxplot in Abbildung 17.

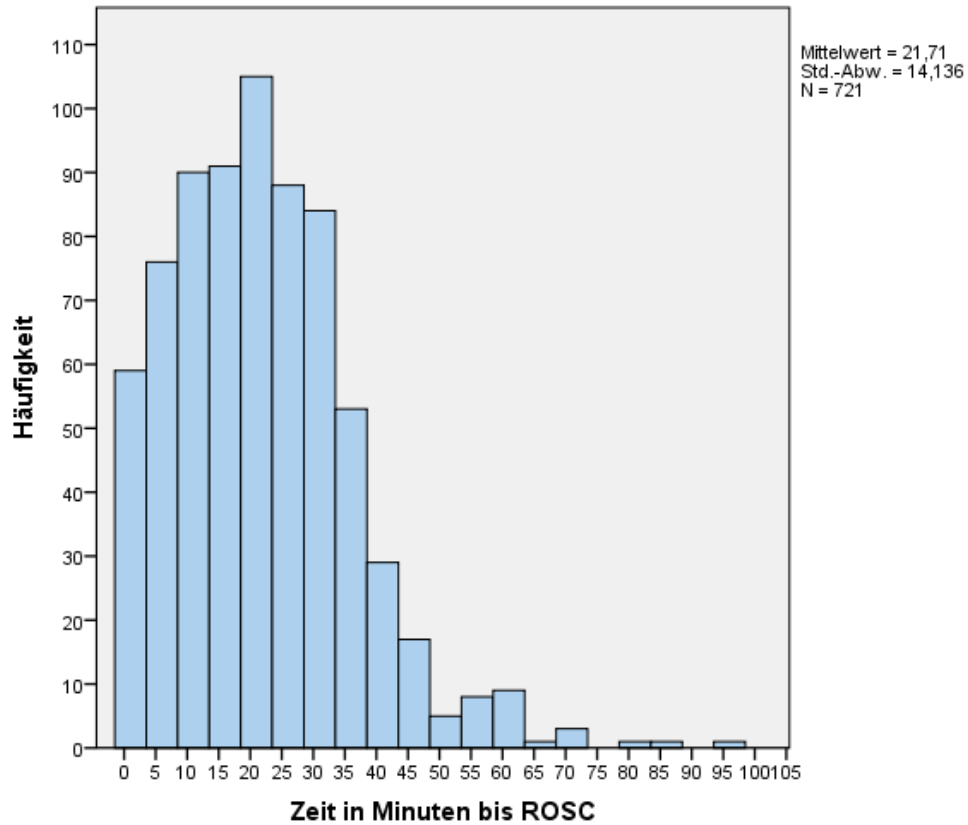


Abbildung 16: Zeit bis zum ROSC Gesamtkollektiv

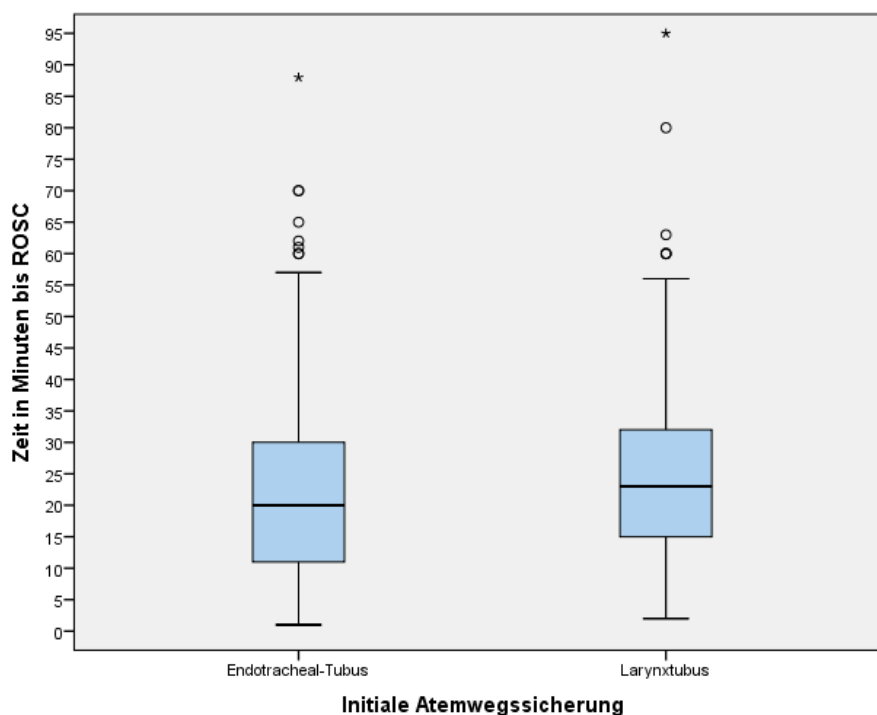


Abbildung 17: Boxplots bis zum ROSC

In der Kaplan-Meier-Ereigniszeitenanalyse (s. Abbildung 18) wurden die beiden Gruppen ETI und LT hinsichtlich der Zeit bis zum Eintreten eines ROSC analysiert. Als Ereignis wurde hierbei das Einsetzen eines ROSC definiert, ausgeschlossen wurden die Patienten ohne präklinischen ROSC. Wie bereits in Abbildung 17 dargestellt, betrug die mediane Ereigniszeit in der ETI Gruppe 20 Minuten mit einem 95%-KI von [18,38; 21,62] und in der LT Gruppe 23 Minuten mit einem 95%-KI von [21,35; 24,65]. Um einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen festzustellen, wurde der Log Rank Test durchgeführt. Die Ergebnisse hier zeigen, dass sich die Ereigniszeiten der beiden Atemwegssicherungen signifikant voneinander unterscheiden,  $\chi^2(1) = 4,720$ ,  $p = 0,030$ .

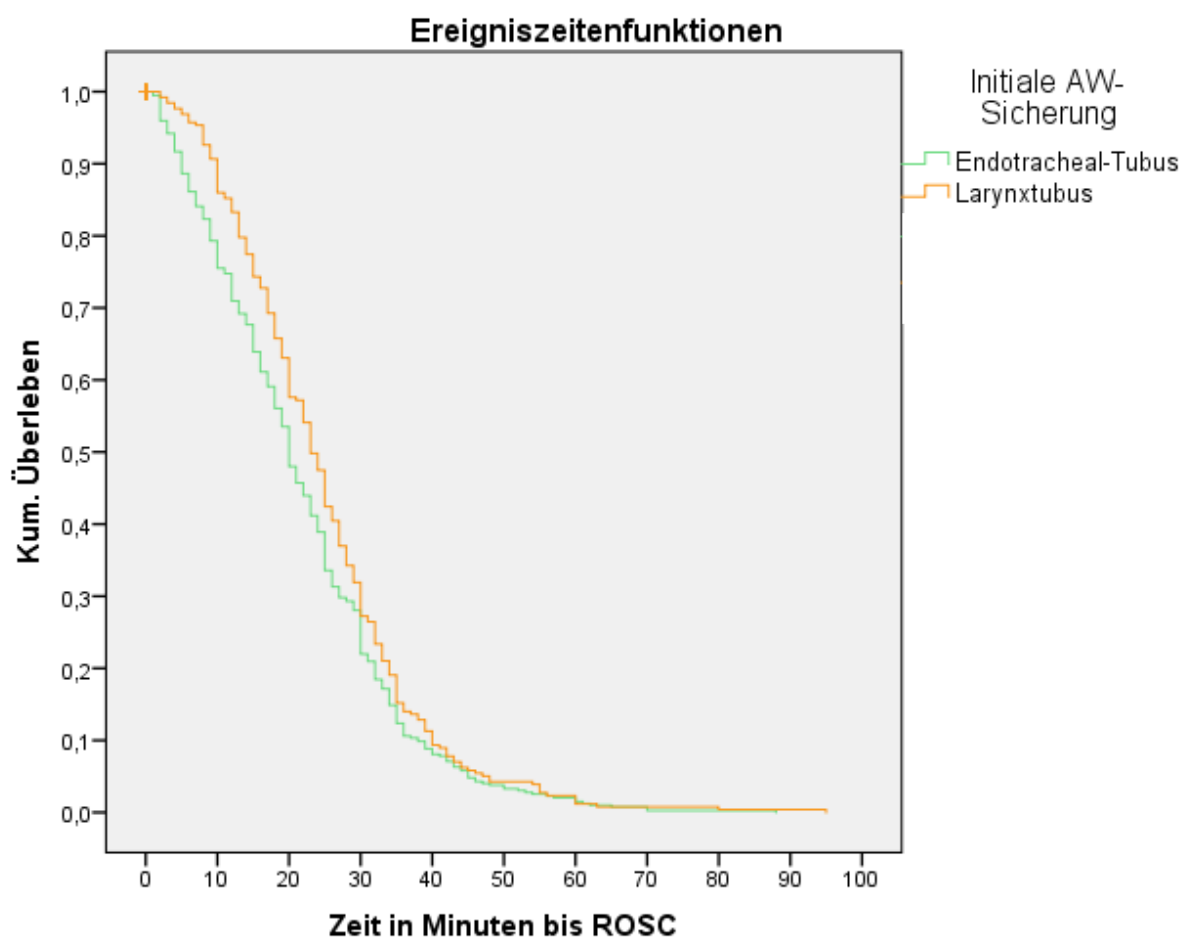


Abbildung 18: Kaplan-Meier-Ereigniszeitenanalyse

Hier sei nochmals angemerkt, dass die Zeit des präklinischen HKS bei nicht beobachtetem HKS oftmals nur geschätzt werden konnte und demzufolge der Zeitpunkt der Alarmierung der Rettungskräfte hierfür genutzt wurde. Daher wurde im Folgenden die Ereigniszeitenanalyse nach Kaplan-Meier erneut durchgeführt und nur beobachtete HKS eingeschlossen. 859 Fälle wurden insgesamt eingeschlossen, 496

hiervon mit ET und 363 mit LT versorgt. In der Gruppe der endotracheal intubierten Patienten kam es bei 61,3% zu einem ROSC, während es in der mit LT versorgten Gruppe bei 49,9% der Patienten zu einem ROSC kam. Die mediane Zeit bis zum ROSC unterschied sich nicht im Vergleich zur vorherigen Analyse (ET: Mdn = 20, 95%-KI [18,16; 21,84], LT: Mdn = 23, 95%-KI [20,47; 25,53]). Der Log Rank-Test zeigt auch in dieser Subgruppenanalyse einen statistisch signifikanten Unterschied der beiden Gruppen ET und LT,  $\chi^2(1) = 4,679$ ,  $p = 0,031$ .

### Atemwegskomplikationen

Betrachtet man die komplette Studienpopulation, wurden bei 19,5% der Patienten Komplikationen während des Atemwegsmanagements dokumentiert. In den beiden Gruppen LT und ETI fanden über die Studienzeit jeweils 3 Koniotomien statt. Bei 94 der 781 (12,0%) endotracheal intubierten Patienten wurde mehr als 1 Versuch zur erfolgreichen Intubation benötigt. In der LT Gruppe wurden bei 40 der 649 (6,2%) der Patienten mehrere Platzierungsversuche benötigt. Keine Komplikationen bei der Sicherung der Atemwege wurden bei 649 Patienten der ETI Gruppe und bei 478 Patienten der LT Gruppe dokumentiert (s. Tabelle 3). In den restlichen Fällen wurde „Atemweg erschwert, Verfahrenswechsel“ in der Reanimationsdatenbank angegeben, jedoch ist hierbei unklar, welcher Verfahrenswechsel stattgefunden hat, sodass diese Fälle aus dem Chi-Quadrat-Test ausgeschlossen wurden. Im durchgeführten Chi-Quadrat-Test ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied ( $p = 0,018$ ) hinsichtlich aufgetretener Atemwegskomplikationen zwischen den beiden Gruppen LT und ET.

*Tabelle 3: Kreuztabelle Atemwegskomplikationen*

		Initiale Atemwegssicherung		
		ET	LT	Gesamt
Komplikationen Atemweg	Keine	649	478	1127
	Atemweg erschwert, Verfahrenswechsel	35	128	163
	Intubation erschwert, über 1 Versuch	94	40	134
	Koniotomie unter Reanimation	3	3	6
Gesamt		781	649	1430

### 4.3 Atemwegsmanagement und ROSC-Rate

Um statistisch einen Gruppenunterschied im Hinblick auf die ROSC-Rate festzustellen, wurden die Konfidenzintervalle des Ereignisses „ROSC“ der beiden Gruppen LT und ETI berechnet. Da es sich um binomial verteilte Daten handelt, wurde hierfür die Methode nach Clopper-Pearson verwendet. Hierbei ergab sich ein Konfidenzintervall von [0,47; 0,54] für die Gruppe ET und ein Konfidenzintervall von [0,36; 0,43] für die Gruppe LT. Die beiden Konfidenzintervalle sind in Abbildung 19 dargestellt. Die bestimmten Konfidenzintervalle zeigen keine Überschneidung, sodass ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen gezeigt werden konnte, dies bezieht sich auf die solitäre Betrachtung der Art der Atemwegssicherung und ein erfolgter ROSC.

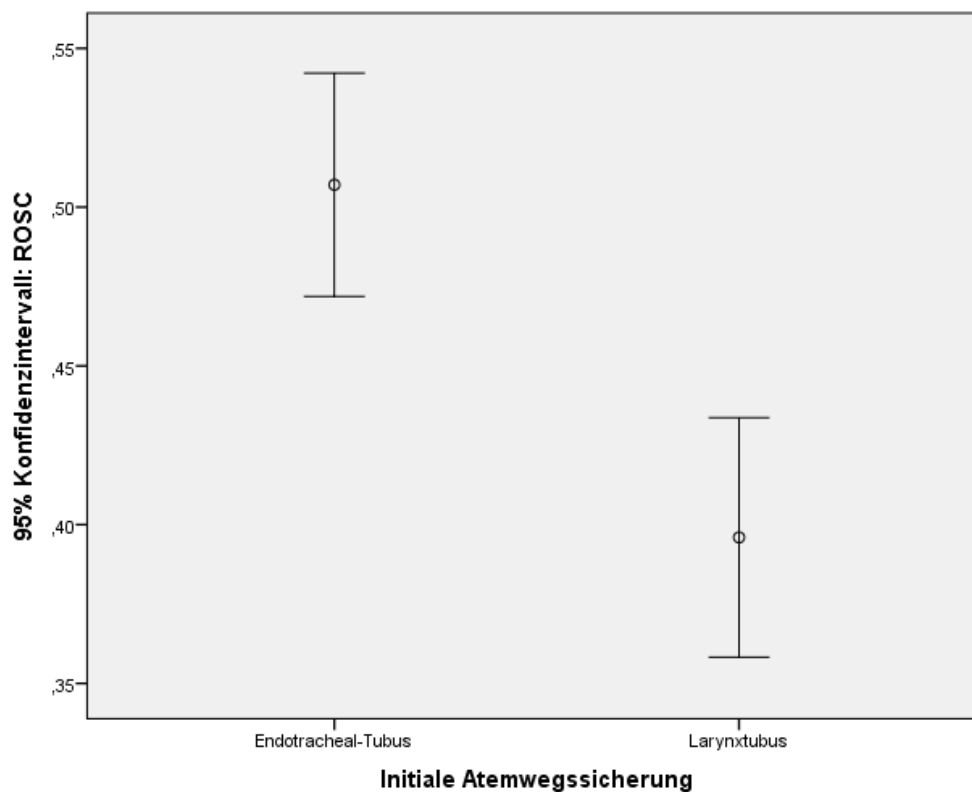


Abbildung 19: Konfidenzintervalle ROSC Initiale Atemwegssicherung

Weiterhin wurde das Konfidenzintervall des Mittelwertvergleichs der beiden Gruppen mittels T-Test bestimmt. Dieses beträgt [0,06; 0,16] und zeigt damit ebenfalls einen statistisch signifikanten Unterschied. Der zusätzlich durchgeführte Chi-Quadrat-Test nach Pearson zeigte eine Relation der beiden Faktoren Atemwegssicherung LT/ET und ROSC Ja/Nein (asymptotische Signifikanz  $p < 0,01$ ).

Aufgrund der weiteren Einflussfaktoren auf das Erreichen eines ROSC wurde ein logistisches Regressionsmodell erstellt. Es wurden folgende unabhängige Variablen aufgenommen: Alter der Patienten zum Zeitpunkt des HKS, Geschlecht, beobachteter HKS, durchgeführte Laienreanimation, ETI und LT als initiale Atemwegssicherung, vermutete Ursache des HKS und initialer Herzrhythmus. Hierbei wurden Ursachen mit einer Fallzahl <25 ausgeschlossen. Aufgrund von einer Multikollinearität in den ersten Regressionsmodellen wurde der initiale Herzrhythmus zu defibrillierbar und nicht-defibrillierbar zusammengefasst.

Die Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen waren gering ( $r < 0,8$ ). Somit konnte davon ausgegangen werden, dass Multikollinearität die Regressionsanalyse nicht konfundierte. Nach Betrachtung der Hebelwerte nach Huber und der Cooks Distanz wurden keine Daten als Ausreißer klassifiziert. Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch signifikant mit einem  $\chi^2(12) = 302,51$ ,  $p < 0,001$ . Die Anpassungsgüte wurde mit dem Hosmer-Lemeshow-Test überprüft und ergab eine hohe Anpassungsgüte mit  $\chi^2(8) = 6,08$ ,  $p > 0,05$ . Die Varianzaufklärung von Nagelkerkes  $R^2 = 0,23$  wird als leichte Verbesserung zum Ausgangsmodell bewertet (63). Das Regressionsmodell zeigt einen Gesamtprozentsatz korrekter Klassifikationen von 68,3% mit einer Sensitivität von 61,9% und einer Spezifität von 73,3%. Die Ergebnisse des Regressionsmodells sind in Tabelle 4 gezeigt. Die Prädiktoren beobachteter HKS (OR = 3,01, 95%-KI [2,40; 3,78],  $p < 0,001$ ), ein defibrillierbarer initialer Rhythmus (OR = 2,74, 95%-KI [2,07; 3,61],  $p < 0,001$ ) und Atemwegssicherung mit ET (OR = 1,98, 95%-KI [1,39; 2,82],  $p < 0,001$ ) gingen mit einem signifikant besseren Odds Ratio für das Ereignis eines ROSC einher. Im Gegensatz dazu verminderten die Ursachen Trauma (OR = 0,26, 95%-KI [0,14; 0,50],  $p < 0,001$ ), Verbluten (OR = 0,33, 95%-KI [0,15; 0,74],  $p = 0,007$ ) oder eine unbekannte Ursache (OR = 0,28, 95%-KI [0,17; 0,47],  $p < 0,001$ ) die Chance auf ein ROSC signifikant. Es wurde kein signifikanter Einfluss für die restlichen Prädiktoren in unserem Datensatz gezeigt.

Tabelle 4: Regressionsmodell Gesamtkollektiv

**Abhängige Variable: ROSC**

	b	SE	Wald	df	p	Odds Ratio	95% KI	
							UG	OG
Laienreanimation	-0,101	0,117	0,741	1	0,389	0,904	0,719	1,137
Beobachteter HKS	1,102	0,116	90,224	1	0,000	3,009	2,397	3,777
Alter bei HKS	-0,001	0,004	0,084	1	0,771	0,999	0,992	1,006
weibliches Geschlecht	0,092	0,121	0,582	1	0,446	1,097	0,865	1,390
Larynxintubus	0,313	0,184	2,892	1	0,089	1,367	0,953	1,961
Endotrachealtubus	0,683	0,180	14,419	1	0,000	1,979	1,391	2,815
Initial defibrillierbarer Rhythmus	1,006	0,142	50,298	1	0,000	2,735	2,071	3,612
unbekannte Ursache	-1,267	0,263	23,168	1	0,000	0,282	0,168	0,472
kardiale Ursache	-0,194	0,213	0,830	1	0,362	0,824	0,542	1,250
Trauma als Ursache	-1,343	0,334	16,177	1	0,000	0,261	0,136	0,502
Hypoxie als Ursache	-0,155	0,240	0,416	1	0,519	0,856	0,535	1,372
Verbluten als Ursache	-1,112	0,414	7,206	1	0,007	0,329	0,146	0,741
Konstante	-1,154	0,343	11,319	1	0,001	0,315		

Anmerkungen: n = 1642; Cox&Snell  $R^2 = 0,168$ ; Nagelkerkes  $R^2 = 0,225$

Um einen Gruppenunterschied zwischen dem LT und dem ET zu zeigen, wurde ein zweites Regressionsmodell erstellt. Dieses beinhaltet nur jene Fälle, in denen entweder der ET oder der LT initial verwendet wurde. Es wurden dieselben unabhängigen Variablen wie im ersten Regressionsmodell verwendet. Auch hier waren die Korrelationen zwischen den Prädiktoren gering ( $r < 0,75$ ), sodass eine Multikollinearität die Analyse nicht konfundierte. Nach Betrachtung der Hebelwerte nach Huber und der Cooks Distanz wurden keine Daten als Ausreißer klassifiziert. Das logistische Regressionsmodell war statistisch signifikant mit einem  $\chi^2(11) = 216,82$ ,  $p < 0,001$ . Mit dem Hosmer-Lemeshow-Test wurde die Anpassungsgüte des Modells überprüft und ergab eine hohe Anpassungsgüte mit  $\chi^2(8) = 5,90$ ,  $p > 0,05$ . Die Varianzaufklärung nach Nagelkerkes  $R^2 = 0,19$  wird erneut als leichte Verbesserung zum Basismodell eingestuft (63). Im Gesamten besitzt das Regressionsmodell einen Prozentsatz von 67,8% korrekter Klassifikationen mit einer Sensitivität von 63,7% und einer Spezifität von 71,3%. Auch in diesem Regressionsmodell wirken sich ein beobachteter HKS (OR = 2,70, 95%-KI [2,13; 3,43],  $p < 0,001$ ) und ein initial defibrillierbarer Rhythmus (OR = 2,41, 95%-KI [1,81; 3,21],  $p < 0,001$ ) günstig auf das Eintreten eines ROSC aus. Statistisch signifikant ist ebenfalls, dass der LT im Vergleich zum ET mit einem Odds Ratio von 0,69 (95%-KI [0,55; 0,87],  $p = 0,001$ ) mit einer schlechteren Chance auf ein präklinisches Wiederherstellen des Kreislaufs

einhergeht. Ebenfalls zeigt dieses Regressionsmodell auch die schlechtere Chance auf ein ROSC bei unbekannter Ursache (OR = 0,26, 95%-KI [0,15; 0,45],  $p < 0,001$ ), einem Trauma (OR = 0,26, 95%-KI [0,13; 0,51],  $p < 0,001$ ) oder Verbluten (OR = 0,33, 95%-KI [0,15; 0,77],  $p = 0,01$ ) als vermutete Ursache für den HKS. Die unabhängigen Variablen Alter bei HKS, Geschlecht, Laienreanimation und eine kardiale oder eine Hypoxie als wahrscheinliche Ursache hatten auch hier keinen statistisch signifikanten Einfluss. Alle Modellkoeffizienten und Odds können der Tabelle 5 entnommen werden.

Tabelle 5: Regressionsmodell LT und ET

**Abhängige Variable: ROSC**

	b	SE	Wald	df	p	Odds Ratio	95% KI	
							UG	OG
Laienreanimation	-0,085	0,122	0,493	1	0,482	0,918	0,724	1,165
Beobachteter HKS	0,994	0,121	67,128	1	0,000	2,701	2,129	3,425
Alter bei HKS	0,001	0,004	0,023	1	0,881	1,001	0,993	1,008
weibliches Geschlecht	0,163	0,128	1,633	1	0,201	1,177	0,917	1,512
Larynxtrubus	-0,369	0,116	10,118	1	0,001	0,691	0,550	0,868
Initial defibrillierbarer Rhythmus	0,879	0,147	35,703	1	0,000	2,409	1,805	3,214
unbekannte Ursache	-1,332	0,277	23,155	1	0,000	0,264	0,154	0,454
kardiale Ursache	-0,309	0,224	1,897	1	0,168	0,734	0,473	1,139
Trauma als Ursache	-1,349	0,341	15,619	1	0,000	0,259	0,133	0,507
Hypoxie als Ursache	-0,263	0,253	1,083	1	0,298	0,769	0,468	1,262
Verbluten als Ursache	-1,096	0,425	6,661	1	0,010	0,334	0,145	0,768
Konstante	-0,419	0,320	1,711	1	0,191	0,658		

Anmerkungen: n = 1430; Cox&Snell  $R^2 = 0,141$ ; Nagelkerkes  $R^2 = 0,188$

#### 4.4 Krankenhausaufnahme

Insgesamt wurden 641 Patienten mit präklinischem HKS in ein Krankenhaus aufgenommen. Hiervon wurden 60 Patienten unter Reanimation eingeliefert, die verbliebenen 581 mit einem ROSC. In der LT Gruppe wurden 222 Patienten aufgenommen und hiervon wurden 168, also 75,7% in die UMM eingeliefert. In der ET Gruppe wurden insgesamt 352 Patienten aufgenommen, wovon 272, also 77,3% in die UMM gebracht wurden. Aus den gesamten 641 Patienten wurden 488 in der UMM aufgenommen und können somit in den Subgruppenanalysen betrachtet werden.

#### 4.4.1 Subgruppenanalyse 72-Stunden Überleben

Von den insgesamt 488 Patienten, welche in die UMM eingeliefert wurden, überlebten 289 die ersten 72 Stunden nach Einlieferung. Unterteilt nach Gruppen überlebten 161 der 272 (59,2%) aus der ET Gruppe, aus der LT Gruppe 90 der 168 (53,6%) der Patienten die ersten 3 Tage des Klinikaufenthaltes. Auch hier wurden zum Gruppenvergleich die Konfidenzintervalle berechnet und verglichen. Das Konfidenzintervall der ET Gruppe betrug [0,53; 0,65] und das der LT Gruppe [0,46; 0,61]. Sowohl die Überschneidung der beiden Konfidenzintervalle, dargestellt in Abbildung 20, als auch das Konfidenzintervall des Mittelwertvergleichs der beiden Gruppen mittels T-Test mit dem Wert [-0,04; 0,15] zeigen, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen in Bezug auf das 72-Stunden Überleben gibt.

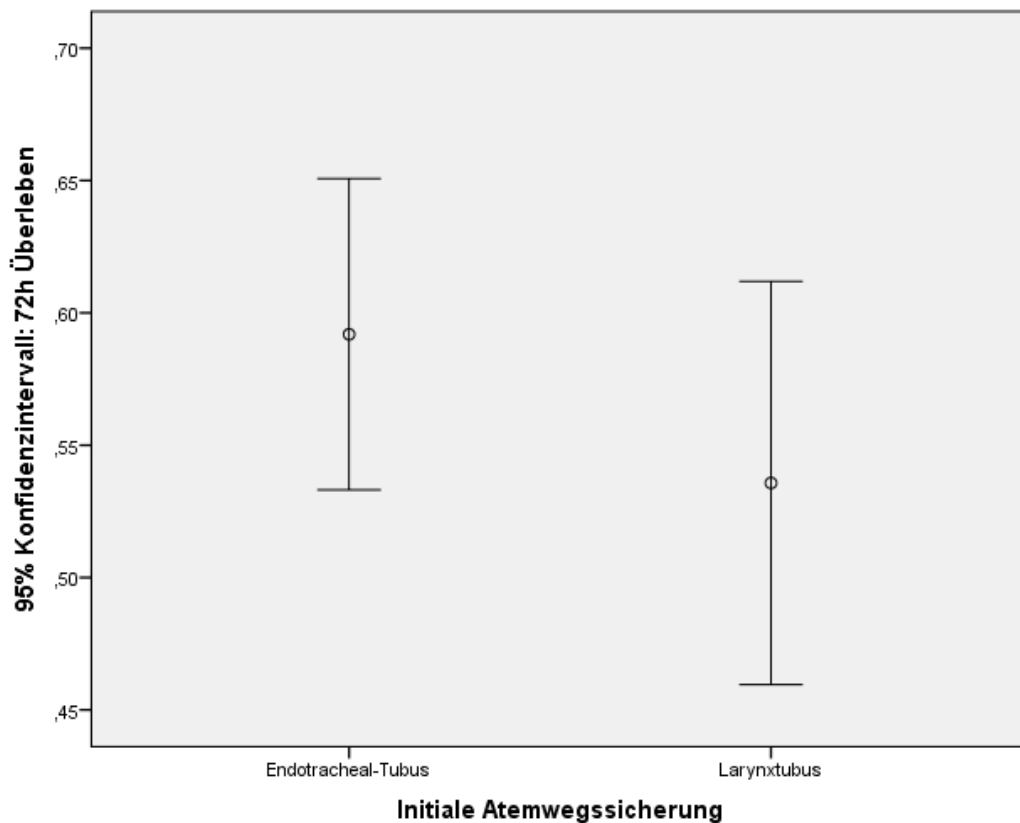


Abbildung 20: Konfidenzintervall 72-Stunden Überleben

#### 4.4.2 Subgruppenanalyse Krankenhaus Entlassung

Es wurden insgesamt 160 der 488 in der UMM aufgenommenen Patienten aus dem Krankenhaus entlassen, dies entspricht etwa einem Drittel. 87 der 272 Patienten (32%) der ET Gruppe konnten entlassen werden, wohingegen in der LT Gruppe 39 der 168 Patienten (23,2%) bis zu einer Krankenhausentlassung überlebten. Dargestellt ist dies in Abbildung 21. Im Vergleich der Konfidenzintervalle (ET [0,26; 0,38], LT [0,17; 0,30]) und im Mittelwertvergleich mittels T-Test (KI [0,00; 0,17]) zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

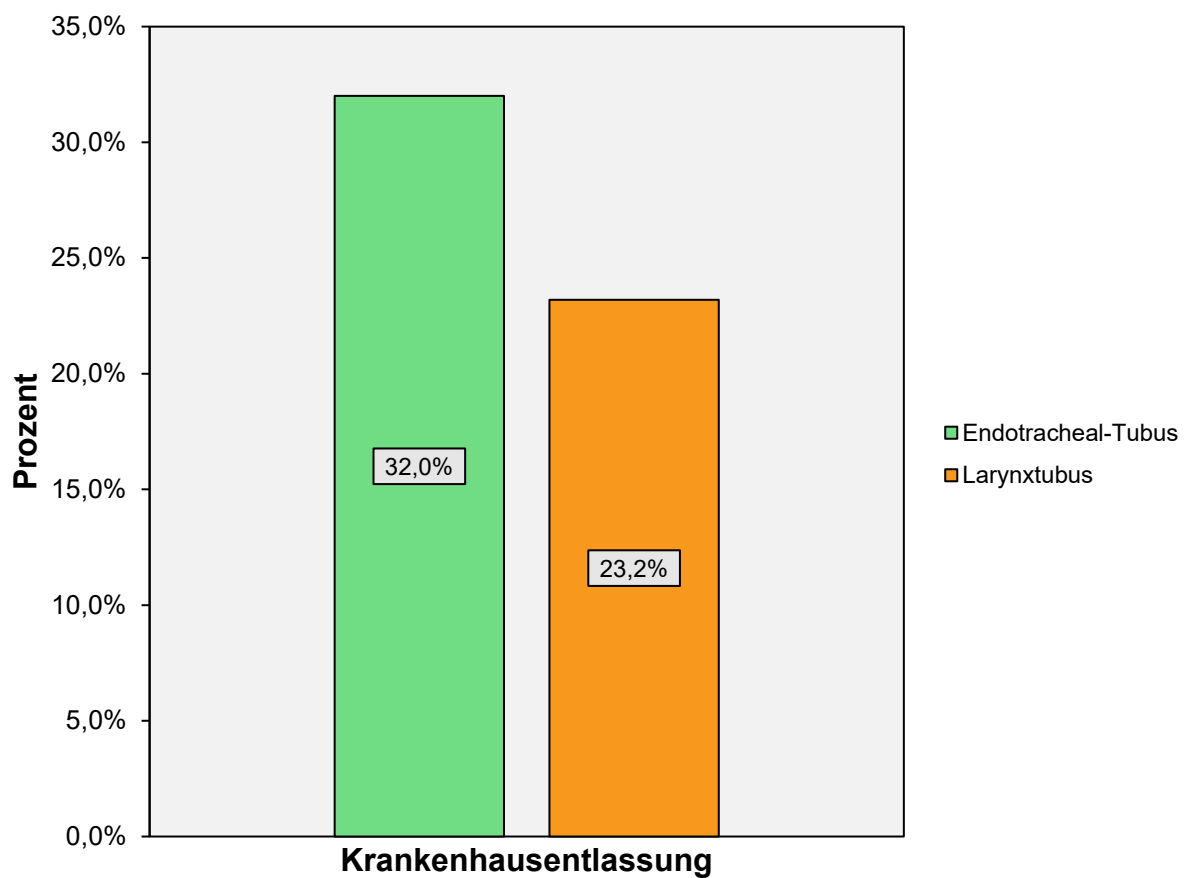


Abbildung 21: Krankenhausentlassung der aufgenommenen Patienten

## **5 Diskussion**

### **5.1 Patientenkollektiv**

In dieser Arbeit wurde die Relevanz der präklinischen Reanimation verbunden mit der Notwendigkeit einer Atemwegssicherung sowie die unklare bzw. teilweise konträre Studienlage dazu dargelegt. Das schlechte Outcome einer präklinischen Reanimation mit einer ROSC-Rate von 43,5% und einer Krankenhausentlassrate von 11,2% im Jahresbericht 2019 des deutschen Reanimationsregisters zeigt, dass die verschiedenen Einflüsse auf das Überleben der Patienten unabdingbar seit vielen Jahren Gegenstand der aktuellen Forschung sind und weiterhin erforscht werden müssen (5). Zur Einordnung im nationalen Vergleich unserer Daten wird in dieser Ausarbeitung der Jahresbericht des deutschen Reanimationsregisters 2019 herangezogen, da 2019 dem aktuellsten Jahr unserer Datenerhebung entspricht.

In diese Studie wurden 1.642 Patienten mit vollständigem Datensatz eingeschlossen, wovon 649 mit LT und 781 mit ET primär versorgt wurden. Im Gesamtkollektiv war die Geschlechterverteilung mit rund zwei Dritteln männlichen Patienten ähnlich zu der im Jahresbericht 2019 des deutschen Reanimationsregisters (5). In der LT Gruppe waren anteilig mehr Patienten männlichen Geschlechts im Vergleich zur ET Gruppe. Das mediane Alter der beiden Gruppen ET und LT mit 71 Jahren zeigte keine Unterschiede. Das Durchschnittsalter des Gesamtpatientenkollektivs mit 68,9 Jahren ähnelt dem Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs im Jahresbericht des deutschen Reanimationsregisters 2019 mit 69,4 Jahren (5). Betrachtet man die VE, unterscheiden sich die beiden Gruppen bei VE ohne Einschränkungen des täglichen Lebens und bei VE, die ein normales tägliches Leben unmöglich machen, ebenfalls nicht. In der LT Gruppe litten 2,5% mehr der Patienten jedoch unter VE mit Einschränkungen im Vergleich zur ET Gruppe. Teilt man die VE in Kategorien fällt auf, dass prozentual gesehen in allen Kategorien, ausgenommen der Kategorie „Immundefekt“, mehr Patienten innerhalb der LT Gruppe an den bereits dargestellten VE litten als innerhalb der ET Gruppe. Der größte Gruppenunterschied mit 6,9% besteht hierbei in der Kategorie „VE des Stoffwechsels“.

Eine von Laien begonnene Reanimation erhöht die Überlebenschancen eines HKS deutlich. Dies wird durch zahlreiche Studien sowie einer Pressemitteilung des ERC 2015 unterstrichen (14,55,57,58). Die Laienreanimationsrate betrug sowohl in der ET als auch in der LT Gruppe über den gesamten Studienzeitraum 37,9%.

Aufgeschlüsselt nach den einzelnen Studienjahren bewegt sich die Laienreanimationsrate des Gesamtkollektivs zwischen 30,0% im Jahr 2012 und 42,5% im Jahr 2016. Vergleicht man das aktuellste Studienjahr 2018 mit dem öffentlichen Jahresbericht des deutschen Reanimationsregisters 2018, zeigt sich eine Laienreanimationsrate von 39,1% in unserem Kollektiv zu 44,6% in den Gesamtdaten des deutschen Reanimationsregisters (64). Seit Jahren wird mittels Kampagnen versucht, die Laienreanimationsrate in Deutschland zu steigern, was laut dem deutschen Reanimationsregister auch erfolgreich ist (5,64). In unserem Kollektiv steigt die Laienreanimationsrate von 2011 (31,1%) bis 2018 (39,1%) insgesamt ebenfalls an. Jedoch sind jährliche Schwankungen zu sehen und die höchste Quote im Jahr 2016 fiel im Jahr darauf um 7,7% ab. Verglichen mit der EuReCa ONE Studie im Jahr 2014 mit einer Laienreanimationsrate von 47,7% liegt diese in unserem Kollektiv im Jahr 2014 bei 38,5% und damit deutlich unter dem europäischen Schnitt (13). Es bleibt also zu schließen, dass sowohl in Deutschland generell als auch am Studienort Mainz weitere Maßnahmen für die Erhöhung der Laienreanimationsquote nötig sind.

In fast 6 von 10 Fällen wurde ein HKS durch Zeugen oder das Rettungsdienstpersonal beobachtet. Im Vergleich zu den Daten des deutschen Reanimationsregisters 2019 (52,8% beobachtete HKS) stellt dies 6,4% mehr beobachtete HKS dar. In der ET Gruppe wurden deutlich mehr HKS beobachtet (63,5%) als in der LT Gruppe (55,9%). Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass bei einem durch bereits anwesendes Rettungsdienst- und notärztliches Personal beobachteten HKS tendenziell häufiger primär endotracheal intubiert wird. Bei einer präklinisch mittels LT durchgeführten Atemwegssicherung erfolgt im Falle einer Klinikaufnahme und eines Krankenhausaufenthaltes in der Regel ein Wechsel auf eine ETI, dies ist bei primärer ETI meist nicht notwendig. Wird ein HKS von anwesendem Fachpersonal beobachtet, ist die No-flow-Zeit damit einhergehend sehr gering, hierdurch ist die Wahrscheinlichkeit auf einen ROSC und somit eine Krankenhausaufnahme höher. Darüber könnte erklärt werden, weshalb sich bei einem beobachteten HKS zumeist für eine ETI anstatt für einen LT entschieden wird.

Ein deutlicher Gruppenunterschied zeigt sich auch in der initialen Rhythmusanalyse. Während in der ET Gruppe 45,8% der Patienten eine Asystolie vorwiesen, waren es in der LT Gruppe 11,8% mehr. Unterscheidet man lediglich zwischen defibrillierbaren und nicht-defibrillierbaren Rhythmen, besteht ein kleinerer Unterschied von 2,3%. Die

Verteilung des initialen Rhythmus im Gesamtkollektiv ist mit einer Abweichungen von bis zu 3,4% vergleichbar mit jener aus dem Jahresbericht 2019 des deutschen Reanimationsregisters (5).

Am häufigsten wurde als Ursache des HKS eine kardiale Genese vermutet (57,6%), gefolgt von einer Hypoxie (13,8%). Auch an dieser Stelle entspricht die Verteilung ungefähr der Situation in Deutschland laut Jahresbericht 2019, in welchem in 59,9% der Fälle eine kardiale und in 14,0% der Fälle eine respiratorische Ursache vermutet wurde (5). Der größte Gruppenunterschied zwischen ET und LT betrifft die respiratorische Genese, die in der ET Gruppe bei 16,3% und in der LT Gruppe bei 11,4% der Patienten angenommen wurde. In der LT Gruppe blieb die Ursache in 3,4% mehr der Fälle unbekannt als in der ET Gruppe (LT=14,5%, ET=11,1%). Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass die Charakteristika des Patientenkollektivs in dieser Studie annähernd denen des Gesamtkollektivs Deutschlands entsprechen und das in unserer Datenanalyse betrachtete Patientenkollektiv somit eine valide nationale Stichprobe dargestellt wird.

## 5.2 Atemwegskomplikationen

In der Betrachtung der Atemwegskomplikationen war fast jeder fünfte Patient der Gesamtpopulation betroffen. Vorwiegend in der Kategorie „mehrere Platzierungsversuche“ zeigt sich ein Gruppenunterschied zwischen ET und LT, da bei annähernd doppelt so vielen Patienten mehr als ein Versuch zur erfolgreichen ETI (12,0%) benötigt wurde als in der LT Gruppe zur Platzierung eines LT (6,2%). Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass laut den ausgewerteten Protokollen der LT in 93,8% der Fälle beim ersten Versuch richtig platziert wurde. Die Studienergebnisse zum Platzierungserfolg eines LT sind wie bereits diskutiert sehr inhomogen. Einige Autoren berichten einerseits von 74,3%-78,1% Erfolg beim ersten Versuch, während andere Autoren von Erfolgsraten von über 90%-94% berichten (28,31,42–44). Jedoch wurden diese Erfolgsraten in Studien unterschiedlichen Settings, beispielsweise inner- oder außerklinisch und mit unterschiedlichen Probanden, beispielsweise Rettungsdienst- oder Klinikpersonal durchgeführt. Demnach ist der Platzierungserfolg des LT in unserer Studie verglichen zu genannten Studien im oberen Bereich einzuordnen. Betrachtet man isoliert die ETI zeigte sich in 88,0% der Fälle, dass ein Versuch zur erfolgreichen Intubation ausreichend war. Verglichen mit der Studie von

Wang et al. zur präklinischen Intubation ist dies eine sehr hohe Erfolgsrate. In genannter Studie ergab sich eine Erfolgsrate für den ersten Intubationsversuch während laufender CPR-Maßnahmen von 69,9%, demnach deutlich unter der Erfolgsrate dieser Studie (49). Anzumerken ist jedoch, dass die Studie von Wang et al. auf Rettungsdienstdaten basiert. Die Qualifikation der Person, welche die Atemwegssicherung durchführte, ist nicht klar ersichtlich. Die Atemwegssicherung konnte demnach sowohl von Rettungsdienstpersonal, Notärzten als auch von sogenannten „out of hospital nurses“ durchgeführt worden sein, was die niedrigeren Erfolgsraten erklären könnte. Die Besetzung der NEFs in Deutschland erfolgt durch Ärzte, die über die Zusatzbezeichnung „Notfallmedizin“ oder den Fachkundenachweis „Rettungsdienst“ verfügen. Die deutlich weiter verbreitete und zumeist geforderte Zusatzbezeichnung „Notfallmedizin“ ist durch 24 Monate Weiterbildung in der stationären Patientenversorgung, davon mindestens 6 Monate in der Intensivmedizin, Anästhesiologie oder Notfallaufnahme, einem Notarztkurs und einer definierten Anzahl an Teilnahmen als Mitfahrer bei Einsätzen zu erwerben (65). An unserem Studienort werden die NEFs allerdings nur durch Anästhesisten mit Zusatzbezeichnung „Notfallmedizin“ besetzt. Dies könnte die hohen Erfolgsraten bei der Atemwegssicherung erklären, da in der Anästhesie tätige Ärzte mehr Erfahrung und Routine bei der Atemwegssicherung besitzen als in anderen Fachgebieten tätige Notärzte. Keine Komplikationen wurden in 83,1% in der ET Gruppe und in 73,7% in der LT Gruppe dokumentiert. Der Chi-Quadrat-Test ergab einen statistisch signifikanten Gruppenunterschied in Bezug auf alle dokumentierten Komplikationen. Schwierig zu interpretieren ist die Kategorie „Atemweg erschwert, Verfahrenswechsel“, da nicht eindeutig dokumentiert wurde, welcher Verfahrenswechsel vollzogen wurde, sodass diese Fälle aus dem Chi-Quadrat-Test ausgeschlossen wurden. Im Gesamten waren häufiger zwei oder mehr Versuche für eine ETI nötig als zur Platzierung eines LT, die Gesamtkomplikationsrate ist jedoch geringer in der ETI Gruppe. Eine Koniotomie unter Reanimation musste im Studienzeitraum je Gruppe bei 3 Patienten angewendet werden. Um die Fragestellung, welches der beiden Verfahren im Hinblick auf die Komplikationen für den einzelnen Patienten sicherer ist, zu beantworten, werden genauere Studien benötigt. Der Platzierungserfolg des LT oder ET konnte wie bereits genannt nur indirekt aus den dokumentierten mehrfachen Versuchen abgeleitet werden. Es ist nicht auszuschließen, dass Komplikationen oder mehrere Intubations-/Platzierungsversuche nicht dokumentiert wurden, was wiederum den wahren

Platzierungserfolg des LT oder ET beim ersten Versuch mindern könnte. Zusammenfassend ist zu empfehlen, weitere Studien in einem prospektiven Setting durchzuführen, sodass eine standardisierte Erhebung von Komplikationen gewährleistet werden kann. In den Jahresberichten 2018 und 2019 des deutschen Reanimationsregisters werden ebenfalls keine Daten zu Komplikationen während des Atemwegmanagements erwähnt. Dies lässt auch darauf deuten, dass diese Daten aus dem Reanimationsregister nur schwer zu interpretieren sind.

### **5.3 Return of spontaneous Circulation (ROSC)**

Innerhalb des gesamten Patientenkollektivs konnte bei 43,9% der Patienten ein präklinischer ROSC erreicht werden, was im Vergleich zu den Jahresberichten 2018 und 2019 (Gesamtdaten 2018 = 43,8% und 2019 = 43,5%) einen vergleichbaren Prozentsatz darstellt (5). In der ET Gruppe erlangten geringfügig mehr als die Hälfte der Patienten (50,7%) einen ROSC, innerhalb des mit LT versorgten Patientenkollektivs wurde in 39,6% der Fälle ein ROSC erzielt. In der bereits im Kapitel 2.3 beschriebenen Studie zur Nutzung des LT in Deutschland von Müller et. al konnte in 37% der Patienten ein ROSC erreicht werden, wobei diese Studie lediglich 130 Patienten einschloss (12). Eine in Frankfurt von der Studiengruppe Erath et al. durchgeführte retrospektive Beobachtungsstudie zum Vergleich ET und LT ergab keine Gruppenunterschiede im Hinblick auf das Erreichen eines präklinischen ROSC (11). Insgesamt erreichten 42% der 208 eingeschlossenen Patienten präklinisch einen ROSC, was vergleichbar zu dem Gesamtkollektiv der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie ist. In unserer retrospektiven Datenanalyse hingegen ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied in der ROSC-Rate zwischen den Gruppen LT und ETI. Diese Ergebnisse stimmen mit der Metaanalyse von Benoit et al., die ebenfalls ein besseres Outcome der endotracheal intubierten Patienten ergab, überein. Anzumerken an dieser Stelle ist jedoch erneut, dass die genannte Metaanalyse die Gruppen ET und EGA vergleicht, sodass außer dem LT auch die LM in die Gruppe der EGAs zählt (7). Auch McMullan et al. veröffentlichte ein besseres Outcome für die ETI im Vergleich zu EGAs (8). Im Vergleich unserer Daten mit der in den USA durchgeführten prospektiven Studie von Wang et al. fallen deutliche Unterschiede auf. Wang et al. berichtet ROSC-Raten von 27,9% in der LT und 24,3% in der ET Gruppe und somit deutlich geringere ROSC-Raten (10). Diese generell

niedrigen ROSC-Raten fallen auch in der bereits angeführten Studie von McMullan auf, hier betrug die ROSC-Rate in der EGA Gruppe 25,5% und in der ET Gruppe 33,8%. Eine in Japan durchgeführte Studie zeigte mit präklinischen ROSC-Raten von 7,24% in der ET Gruppe und 4,41% in der Gruppe der Atemwegshilfen mit zwei Cuffs, welche den LT einschließt, starke Abweichungen zu den bisher zitierten Studien (9). Die ROSC-Raten in unserer Studie sind vergleichbar mit den genannten in Deutschland durchgeführten Studien und den Jahresberichten des deutschen Reanimationsregisters. Die deutliche Abweichung zu den Studien in den USA und in Japan lässt Rückschlüsse zu, dass es sich hierbei um demographische und systemische Unterschiede in der Organisation des Rettungswesens und dem Umgang mit präklinischen HKS handeln könnte. Auch geographische Unterschiede, die zu längeren Anfahrtszeiten führen, könnten eine Ursache für die nach unten abweichenden ROSC-Raten sein. Aufgrund der großen Abweichungen sollen die Daten auch im europäischen Kontext eingeordnet werden. Die bereits vorgestellte EuReCa ONE Studie beinhaltet 7.146 reanimierte Patienten aus 27 europäischen Ländern. Die ROSC-Rate der Gesamtpopulation betrug in dieser Studie 28,6% und liegt damit auch deutlich unter den prozentualen ROSC-Raten der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie. Jedoch berichtet Gräsner et. al von einer großen internationalen Spannweite innerhalb der ROSC-Raten, diese rangieren zwischen 9,0% und 50,0% in den verschiedenen Teilnehmerländern (13). Auch innerhalb dieser Spannweite befinden sich die deutschen Daten sowie die Daten dieser Studie aus dem Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen zur ROSC-Rate im oberen Bereich. Zusammengefasst gibt es also in unserem Kollektiv einen statistisch signifikanten Gruppenunterschied zwischen ETI und LT in Bezug auf die ROSC-Rate, die jeweiligen ROSC-Raten sind aber dennoch oft höher als in anderen Studien beschrieben. Der LT schneidet in unserer Studie in der solitären Betrachtung der ROSC-Rate schlechter als die ETI ab, jedoch oftmals besser als der ET in anderen aufgeführten Studien.

Bei Betrachtung der Zeit, die bis zum Erreichen eines ROSC benötigt wurde, unterscheiden sich die LT und ET Gruppe im Median um 3 Minuten zu Gunsten der ET Gruppe. Die Kaplan-Meier-Ereigniszeitenanalyse ergab einen statistisch signifikanten Unterschied in der Zeit bis zum ROSC. Dieser bestand sowohl im Kollektiv aller Patienten mit ROSC und ET oder LT als auch in der Auswahl derer Fälle, in denen der HKS beobachtet wurde. Die endotracheal intubierten Patienten erreichten also statistisch signifikant früher einen Spontankreislauf. Ob jedoch auch eine klinische

Signifikanz besteht, ist unklar. Ebenfalls ist hieraus keine Kausalität abzuleiten, es ist somit fraglich, ob andere Gruppenunterschiede zwischen ET und LT wie beispielsweise der höhere Anteil an beobachteten HKS oder der niedrigere Anteil an Asystolie als ersten abgeleiteten Rhythmus den früheren ROSC bedingen könnten. Wobei auch hierbei erneut anzumerken ist, dass ein statistisch signifikanter Unterschied in der medianen Zeit bis zum ROSC von 3 Minuten klinisch nicht signifikant sein muss.

Das berechnete Regressionsmodell stellte die ETI im Vergleich zu allen anderen Atemwegssicherungen als positiver Prädiktor dar. Ebenfalls wurde vom Regressionsmodell bestätigt, dass ein defibrillierbarer initialer Rhythmus die Chancen auf einen ROSC in unserem Patientenkollektiv im Vergleich zu den Patienten mit nicht defibrillierbarem Rhythmus deutlich erhöhte (OR = 2,74). Die Chancen auf einen ROSC waren für Patienten mit beobachtetem HKS dreifach höher als für Patienten mit unbeobachtetem HKS. Hinsichtlich der mit einem ET versorgten Patienten waren die Chancen auf ein ROSC nahezu doppelt so hoch im Vergleich zu einer alternativen Atemwegssicherung. Signifikant schlechtere Chancen auf ein ROSC hatten die Patienten, bei denen die Ursache des HKS unbekannt, ein Trauma oder Verbluten waren. Eine unbekannte Ursache für einen HKS wurde kodiert, wenn die Genese auch im Reanimationsverlauf nicht detektiert werden konnte oder bei Patienten, welche bereits reanimationspflichtig aufgefunden wurden. Die VE sowie die No-flow-Zeit jener Patienten sind demnach auch unbekannt, was wiederum Auswirkungen auf das Erreichen eines ROSC haben könnte. Aus einem zweiten Regressionsmodell zum Vergleich ET und LT gingen erneut ein beobachteter HKS und ein initial defibrillierbarer Rhythmus mit besseren Chancen auf einen ROSC hervor. Die schwedische Studie von Herlitz et al. bezeichnete unter anderem Kammerflimmern als initialen Rhythmus und einen beobachteten HKS als positive Prädiktoren für das Überleben eines HKS (58). Die in der Studie genannten weiteren Faktoren wie die Laienreanimation und ein geringeres Alter als der Median gingen in unserem Patientenkollektiv nicht als statistisch signifikante Prädiktoren hervor.

Das Regressionsmodell ergab außerdem, dass die Chancen auf einen ROSC durch die Atemwegssicherung mit einem LT anstatt eines ET gesenkt wurden (OR = 0,69). Erneut ist anzumerken, dass aus dieser Beobachtung keine Kausalität abzuleiten ist

und die schlechteren ROSC-Raten durch Gruppenunterschiede der weiteren Prädiktoren wie initialem Rhythmus und beobachtetem HKS bedingt sein könnten.

Während sich also in der präklinischen ROSC-Rate statistisch signifikante Gruppenunterschiede zwischen Versorgung mittels LT und ET zeigen, sind diese in den Subgruppenanalysen des 72-Stunden Überlebens sowie der Krankenhausentlassrate nicht statistisch nachweisbar.

#### 5.4 Krankenhausaufnahme

Insgesamt wurden aus den erhobenen Daten 39,0% der Patienten in ein Krankenhaus im Rettungsdienstbereich Mainz-Bingen gebracht. Aufgeschlüsselt nach der Atemwegssicherung wurden 34,2% der mit LT versorgten Patienten und 45,1% der endotracheal intubierten Patienten in eine Klinik eingeliefert. Für die Subgruppenanalysen bezüglich des 72-Stunden Überlebens konnten nur die Patienten, die in die UMM eingeliefert wurden, eingeschlossen werden. 76,1% der aufgenommenen Patienten wurden in die UMM gebracht, so dass trotz dieser Limitation ein Datensatz mit 488 eingelieferten Patienten verbleibt. 59,2% aller eingelieferten Patienten überlebten die ersten 72 Stunden. Nach Gruppen aufgeschlüsselt überlebten in der ET Gruppe 59,2% und in der LT Gruppe 53,6% der Patienten die ersten 3 Tage des Klinikaufenthaltes. Statistisch konnte im Vergleich der Konfidenzintervalle und im Mittelwertvergleich mittels T-Test kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die von Erath et al. durchgeführte Studie ergab, dass 38% der Patienten 24 Stunden nach dem präklinischen HKS noch lebten. Es zeigte sich dort kein Gruppenunterschied zwischen Patienten mit LT oder ET (11). Die Autoren schlussfolgerten, dass die Atemwegssicherung mittels ET oder LT in ihrer Studie kein Einfluss auf die Krankenhausmortalität hat. Auch in der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie konnte kein signifikanter Gruppenunterschied festgestellt werden.

Aus dem Gesamtkollektiv der in die UMM aufgenommenen Patienten konnten 32,8% dieser wieder aus dem Krankenhaus entlassen werden. In der ET Gruppe wurden 32,0% entlassen und in der LT Gruppe waren es 23,2%. Auch hier ergaben der Vergleich der Konfidenzintervalle und der Mittelwertvergleich mittels T-Test keinen signifikanten Gruppenunterschied. In der EuReCa ONE Studie in Europa konnten 2.005 Datensätze von in Kliniken eingelieferten Patienten ausgewertet werden. Von

dieser Patientengruppe überlebten 33,0% 30 Tage Krankenhausaufenthalt oder bis zur Entlassung (13). Diese Rate ist vergleichbar mit der Entlassrate der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Studie. An dieser Stelle sei erwähnt, dass in unserer Studie nur die Krankenhauserkrankung dokumentiert wurde und nicht das 30-Tage-Überleben, welches in der EuReCa ONE Studie erfasst wurde. Eine prospektiv angelegte Studie von Wang et al. untersuchte ebenfalls das 72-Stunden Überleben der Patienten nach Reanimation mit Atemwegssicherung mittels LT oder ET. Unter den Patienten mit LT überlebten 18,3% und unter den Patienten mit ET überlebten 15,4% die ersten 72 Stunden. Es konnten 10,8% der Patienten aus der LT Gruppe und 8,1% aus der ET Gruppe aus der Klinik wieder entlassen werden (10). Auch wenn die Daten dieser Studie nicht direkt vergleichbar sind mit den Daten von Wang et al., zeigt sich eine entgegengesetzte Tendenz. Während sich dort ein statistisch signifikanter Unterschied für das 72-Stunden Überleben und die Krankenhauserkrankung zugunsten des LT zeigt, deuten die Ergebnisse unserer retrospektiven Datenanalyse auf ein besseres Outcome unter ETI hin. Statistisch signifikant war der Gruppenunterschied bezüglich der 72-Stunden Überlebens- und Krankenhauserkrankungsrate jedoch nicht. Um beide Studien besser vergleichen zu können, wurden aus den Daten von Wang et al. ebenfalls nur die Raten des 72-Stunden Überlebens und der Krankenhauserkrankung aus allen aufgenommenen Patienten berechnet. In der LT Gruppe wurden dort 906 der 1.505 (60,2%) Patienten aufgenommen, von diesen 906 überlebten 275 (30,3%) die ersten 3 Tage und 163 (18,0%) konnten aus der Klinik entlassen werden. In der ET Gruppe bei Wang et al. wurden 889 von 1.499 Patienten (59,3%) in eine Klinik eingeliefert. Von diesen 889 überlebten 230 (25,9%) die ersten 72 Stunden und 121 (13,5%) konnten wieder aus dem Krankenhaus entlassen werden (10). Sowohl in der LT als auch in der ET Gruppe unserer Studie zeigen sich deutlich höhere Raten des 72-Stunden Überlebens und der Krankenhauserkrankung unter allen aufgenommenen Patienten als in der Studie von Wang et al. Jedoch wurden in der US-amerikanischen Studie rund 20% mehr aller Patienten in einer Klinik aufgenommen, was das schlechtere Outcome erklären könnte. Es sind dadurch keine Rückschlüsse auf Unterschiede in der innerklinischen Behandlung möglich.

Durch den Ausschluss der Patienten, die in eine andere Klinik gebracht wurden und deren fehlende Überlebensraten, ist ein Rückschluss des Gesamtüberlebens des Patientenkollektivs und der einzelnen Gruppen LT und ET statistisch nicht möglich.

Ein Vergleich mit anderen Studien bezüglich der Überlebensraten ist damit nicht direkt möglich. Eine Hochrechnung als Gedankenexperiment könnte aber Hinweise auf diese geben. Nimmt man die 72-Stunden Überlebensraten und Krankenhausentlassraten der UMM und wendet sie auf die jeweilige Patientengruppe an, ergibt sich Folgendes: Bei einer 72-Stunden Überlebensrate von 59,2% des Gesamtkollektivs in der UMM ergäbe dies 380 hypothetisch überlebende der insgesamt 641 aufgenommenen Patienten. Bezogen auf alle 1.642 präklinisch versorgten Patienten ergäbe dies eine 3 Tages Überlebensrate von 23,1%. In der ET Gruppe ergäbe die Hochrechnung eine 72-Stunden Überlebensrate von 26,6% aller endotracheal intubierten Patienten (59,2% Überlebensrate, 352 aufgenommene von 781 ET Patienten) und in der LT Gruppe eine 3 Tages Überlebensrate von 18,3% (53,6% Überlebensrate, 222 aufgenommene Patienten von 649 mit LT versorgten Patienten). Die gleiche Hochrechnung wurde auch für die Krankenhausentlassung durchgeführt. Hier ergäbe sich im Gesamtkollektiv mit einer Entlassrate von 32,8% bei 488 Patienten hypothetische 210 entlassene Patienten der insgesamt 641 aufgenommenen Patienten, was wiederum auf alle 1.642 versorgten Patienten eine Entlassrate von 12,8% darstellen würde. In der ET Gruppe wäre die Krankenhausentlassrate mit 14,5% (32,0% Entlassrate, 352 aufgenommene von 781 ET Patienten) höher und in der LT Gruppe mit 8,0% (23,2% Entlassrate, 222 aufgenommene von 669 LT Patienten) niedriger. Die Hochrechnung wird zum besseren Verständnis in Abbildung 22 graphisch dargestellt.

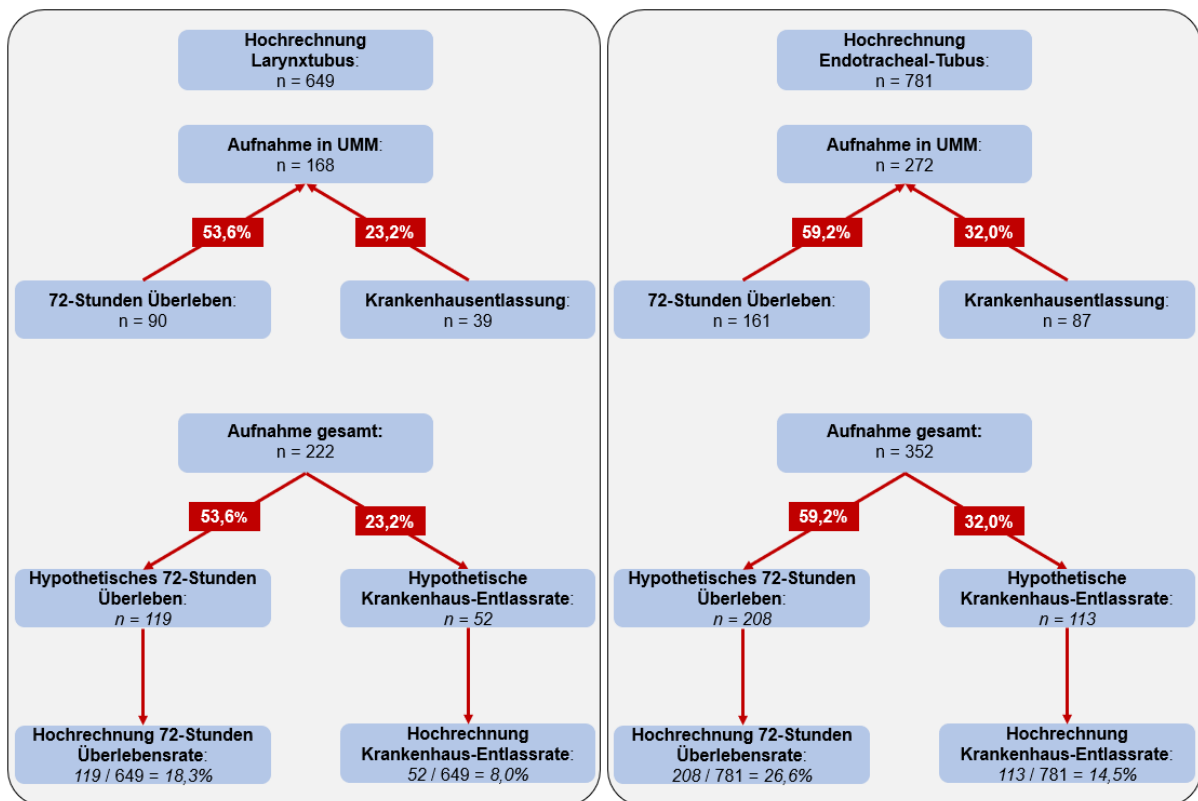


Abbildung 22: Hochrechnung Gesamtraten

Zusammenfassend lässt sich statistisch ein Gruppenunterschied in der ROSC-Rate zugunsten der ETI Gruppe feststellen, was den LT somit in dieser Studie als unterlegen darstellt. Betrachtet man das 72-Stunden Überleben und die Krankenhausentlassrate sind keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt worden, es gibt jedoch eine Tendenz, dass auch hier der LT der ETI unterlegen sein könnte. Es bedarf somit weiterer, vor allem prospektiv angelegter Studien mit Matching Verfahren zur Verifizierung dieser These und Nachweis einer Kausalität. Möglicherweise sollten unbeobachtete HKS aufgrund stark variierender No-flow-Zeiten ausgeschlossen werden. Auch könnte es sinnvoll sein, ein propensity score matching der beiden Gruppen LT und ET vorzunehmen, um möglicherweise konfundierende Gruppenunterschiede auszugleichen. Dies könnte Aufschluss darüber geben, ob die Atemwegssicherung alleinig statistisch signifikanten Einfluss das Outcome der Patienten hat.

## 5.5 Limitationen

Allgemein sind zuerst die generellen Limitationen einer retrospektiven Datenanalyse zu nennen. Bei einer Beobachtungsstudie ist kein Nachweis von Kausalzusammenhängen möglich, diese können lediglich vermutet werden. Weiterhin können durch das Nutzen bereits aufgezeichneter Daten wichtige Einflussfaktoren und mögliche, inklusive bereits bekannte, Confounder in der Erhebung gefehlt haben (66). Weitere interessante Faktoren wurden eventuell nicht einheitlich erfasst oder ihre Niederschrift fehlt vollkommen. Dies gilt zum Beispiel für den neurologischen Status, mit dem die überlebenden Patienten aus der Klinik entlassen wurden. Die benutzten Notarzteinsatzprotokolle wurden meist im Anschluss an den Einsatz als Gedächtnisprotokoll geschrieben, was wiederum zu einem so genannten Recall Bias führen kann (66). Trotz größter Sorgfalt könnten gerade Daten wie die genaue Dauer einer Reanimation nicht genau erhoben worden sein, da zum Zeitpunkt der Erhebung die Relevanz dieser in späteren Studien nicht ersichtlich war. Die Qualität und Ausführlichkeit der geschriebenen Protokolle könnte außerdem auch zwischen den einzelnen Notärzten variieren. Es lässt sich im Vergleich einer retrospektiven zu einer prospektiven Studie demnach eine meist niedrigere Datenqualität festhalten (66). Um demzufolge nicht nur das Event „ROSC“, sondern auch die Dauer bis zu diesem genau zu untersuchen, sollte eine prospektive Studie durchgeführt werden. Hingegen waren die verwendeten Datenquellen mehr als ausreichend, um zu analysieren, ob ein ROSC stattgefunden hat oder nicht. Zu erwähnen ist, dass eine retrospektive Datenerhebung nicht randomisiert und kontrolliert ist, was zu einer Stichprobenverzerrung führen könnte (66). Jedoch wurden alle reanimationspflichtigen Patienten im Zeitraum eingeschlossen, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Stichprobenverzerrung als gering einzuschätzen gilt.

In Bezug auf diese Studie muss als Limitation auch der Ausschluss aller durch den bodengebundenen Notarzt erstellten Protokolle von 2019 und diejenigen von Mai 2013 bis November 2013 genannt werden. Durch den Ausschluss eines gesamten Jahres ist ein Bias hierdurch eher als unwahrscheinlich anzunehmen. Die Einsätze aus dem Jahr 2019, welche durch den luftgebundenen Notarzt erfolgten, wurden dennoch mit ausgewertet. Ein Ausschluss dieser erfolgte nur bei der Aufschlüsselung der Laienreanimationsrate nach Jahren geordnet aufgrund der geringen Fallzahlen. Wie bereits erwähnt, ist die Aussagekraft bezüglich der genauen Zeit in Minuten bis zu einem ROSC eingeschränkt. Ein Grund hierfür ist die Nutzung der Zeit des Alarms der

Rettungskräfte bei unbeobachtetem HKS, was eine Miteinberechnung der Anfahrtszeit in diesen Fällen bedingt. Es ist also unklar, wie lange der Patient bewusstlos war, vor allem bei Patienten, die zum Zeitpunkt des HKS allein waren. Es muss allerdings erwähnt werden, dass dies im präklinischen Setting gerade im Hinblick auf unbeobachtete HKS auch in einer prospektiven Studie nur bedingt verbessert werden kann.

Eine weitere Einschränkung stellen die Krankenhausdaten der Überlebenden dar, da diese nur von einer Zielklinik verfügbar waren. Somit sind keine Rückschlüsse auf Krankenhausentlassraten oder Überlebensraten des Gesamtkollektivs verfügbar, da man keinerlei Informationen über die Patienten hat, die in einer anderen Klinik im Einzugsgebiet aufgenommen wurden. Die Subgruppenanalysen zur Beantwortung der Nebenfragestellungen konnten daher nur mit einem verkleinerten Datensatz durchgeführt werden. Da jedoch über dreiviertel der Patienten in die ausgewertete Zielklinik eingeliefert wurden, bleibt für die Subgruppenanalysen ein aussagekräftiger Datensatz bestehen und weiterhin werden durch die durchgeführte Hochrechnung Tendenzen angedeutet. Ein anderer zu nennender Punkt ist die Erfassung von VE. Besonders im präklinischen Notfallsetting unter Reanimation bei eventuell unbekanntem Patienten können VE oft nicht detailliert in Erfahrung gebracht werden. Sind im Protokoll keine VE dokumentiert, kann dies einerseits bedeuten, dass der Patient keine VE aufweist oder aber, dass diese im Rahmen des Einsatzes nicht erfasst wurden. Bei der Auswertung des Pre Emergency Status kann daher die Kategorie „keine VE/ unbekannte VE“ nur vorsichtig betrachtet werden. Deswegen wurde der Pre Emergency Status als Variable aus dem Regressionsmodell ausgeschlossen. In einem Prototyp des Regressionsmodells, welches den Pre Emergency Status beinhaltet, deutete das Vorhandensein von VE auf ein besseres Outcome hin. Das mag zunächst unschlüssig erscheinen, lässt sich aber folgendermaßen erklären: Bei einem unbekanntem Patienten oder einer abgebrochenen Reanimation waren die VE unbekannt oder wurden nicht weiter dokumentiert, was in der Datenerfassung als „keine VE/unbekannte VE“ kodiert wurde. Bei Patienten mit ROSC oder Klinikeinweisung wurden die VE erfragt und dokumentiert. Dieses Beispiel zeigt die immens hohe Relevanz einer vollständigen und gewissenhaften Dokumentation, damit keine Trugschlüsse gezogen werden können. In einer retrospektiven Datenerhebung hätte man dieses Problem umgehen können, in dem man innerhalb unserer Datenerfassung die Kategorien „keine VE“ und

„unbekannte VE/nicht dokumentierte VE“ getrennt hätte. Damit hätte man „keine VE“ nur kodieren können, wenn das Vorliegen keiner VE eindeutig aus dem Fließtext hervorgehen würde. Das standardisierte Notarzteinsatzprotokoll wird für jede Art Notarzteinsatz verwendet und kann somit nicht auf jedes Detail einer Reanimation eingehen, welches für eine Datenerhebung im Rahmen einer Studie von Relevanz ist. Eine Lösung für dieses Problem wäre ein standardisierter Dokumentationsbogen für eine stattgefundene Reanimation, der zum Beispiel bei einer prospektiven Studie eingesetzt werden könnte und genaueren Aufschluss über Umstände der Reanimation sowie Atemwegskomplikationen geben könnte.

## 6 Zusammenfassung

Die in der vorliegenden Promotionsarbeit durchgeführte retrospektive Studie verglich die Art der Atemwegssicherung im Hinblick auf den Reanimationserfolg im präklinischen Setting im Bereich Mainz-Bingen von 2011 bis 2019 unter Verwendung von Daten des deutschen Reanimationsregisters, der Notarzteinsatzprotokolle und des Krankenhausinformationssystems. Es sollte gezeigt werden, dass die EGA LT dem Goldstandard ETI nicht unterlegen war. Es wurden die Gruppen ET und LT untersucht und der Reanimationserfolg wurde primär darüber definiert, ob präklinisch ein ROSC erzielt wurde. Weitere Endpunkte stellten das 72-Stunden Überleben sowie die Krankenhausentlassung und die Komplikationen der Atemwegssicherung dar. Die bestehende Studienlage ist an dieser Stelle uneindeutig, da einige Studien den LT als dem ET überlegenes und einfach anzuwendendes Atemwegsdevice beschreiben, andere wiederum die Komplikationen in den Vordergrund stellen. Es gibt bezüglich des Reanimationserfolgs sowohl Studien, die ein besseres Outcome unter Verwendung des LT berichten als auch Studien, die ein schlechteres Outcome als unter ETI dokumentieren. Die vorliegende Studie analysierte insgesamt die Daten von 1.642 Patienten nach präklinischer Reanimation. Dabei zeigte sich, dass der LT bei der solitären Betrachtung des Ereignisses ROSC der ETI statistisch signifikant unterlegen ist. Anzumerken ist, dass die ROSC-Raten der vorliegenden Studie sowohl in der ET als auch in der LT Gruppe oftmals höher lagen als in Studien, die zum Vergleich herangezogen wurden. Somit besteht ein statistisch signifikanter Gruppenunterschied, wobei aber auch die einzelnen Erfolgsraten im Vergleich zu anderen Studien relativ hoch waren. In Regressionsmodellen wurde ein beobachteter HKS, ein initial defibrillierbarer Rhythmus sowie eine primäre ETI mit einer höheren Chance auf einen ROSC assoziiert. Auch in der Literatur wurden ein beobachteter HKS und ein initial defibrillierbarer Rhythmus als wichtige Einflussfaktoren auf den Reanimationserfolg beschrieben. In den Subgruppenanalysen aller in die UMM eingelieferten Patienten bezüglich des 72-Stunden Überlebens und der Krankenhausentlassung unterschieden sich die beiden Gruppen ET und LT statistisch nicht signifikant. Auch an dieser Stelle spiegeln die Ergebnisse teilweise die in der Literatur beschriebenen Ergebnisse wider, während andere Studien auch hier einen Gruppenunterschied beschreiben. Aufgrund der Einschränkung, dass nur Patienten der UMM für die Subgruppenanalysen eingeschlossen wurden, sind keine genauen Überlebensraten für das Gesamtkollektiv berechenbar. Hochrechnungen zeigen

allerdings ebenfalls den Trend, dass die ETI mit einem besseren Outcome einhergeht. Für Aussagen zum Gesamtkollektiv müssten hier klinische Verlaufsparemeter aller Patienten, die in ein Krankenhaus im Rettungsdienstbereich eingeliefert wurden, erhoben werden. Während öfter zwei oder mehr Versuche zur erfolgreichen Etablierung eines Atemwegs mittels ETI als mit dem LT notwendig waren, ist die Gesamtkomplikationsrate der ETI geringer. Um die Komplikationen jedoch besser einordnen zu können, würde es genauere Dokumentationstools und -anweisungen für das erhebende Personal benötigen. Auch könnten prospektive Studien oder Matching-Verfahren für eine ideale Merkmalsverteilung innerhalb der beiden Gruppen aussagekräftigere Ergebnisse hervorbringen.

Zusammengefasst ergibt sich eine statistisch signifikante Unterlegenheit des Larynxtubus im Vergleich zum Endotracheal-Tubus im Hinblick auf die ROSC-Rate. Dies sollte in prospektiv randomisiert durchgeführten Studien mit einer hohen Patientenzahl, standardisierten Reanimations-Dokumentationsbögen sowie detaillierten Verlaufsparemetern aller eingelieferten Patienten validiert werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Ocklitz A. Künstliche Beatmung mit technischen Hilfsmitteln schon vor 5000 Jahren? *Anaesthesist*. 1. Januar 1996;45(1):19–21.
2. Bernhard D, Haage, Gundolf Keil, Werner E, Gerabek, Wolfgang Wegner. *Enzyklopädie Medizingeschichte*. Berlin: Walter de Gruyter; 2007.
3. Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. CLOSED-CHEST CARDIAC MASSAGE. *JAMA*. 9. Juli 1960;173(10):1064–7.
4. Greene DG, Bauer RO, Janney CD, Elam JO. Expired Air Resuscitation in Paralyzed Human Subjects. *J Appl Physiol*. September 1957;11(2):313–8.
5. Fischer, M., Wnent, J., Gräsner, J.-T., Seewald, S., Brenner, S., Jantzen, T., u. a. Öffentlicher Jahresbericht 2019 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2019 [Internet]. Deutsches Reanimationsregister; 2020 [zitiert 5. August 2020]. Verfügbar unter: [www.reanimationsregister.de/berichte.html](http://www.reanimationsregister.de/berichte.html)
6. Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM, Wnent J, Masterson S, Lilja G, u. a. Epidemiologie des Kreislaufstillstands in Europa: Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notf Rettungsmedizin*. Juni 2021;24(4):346–66.
7. Benoit JL, Gerecht RB, Steuerwald MT, McMullan JT. Endotracheal intubation versus supraglottic airway placement in out-of-hospital cardiac arrest: A meta-analysis. *Resuscitation*. 1. August 2015;93:20–6.
8. McMullan J, Gerecht R, Bonomo J, Robb R, McNally B, Donnelly J, u. a. Airway management and out-of-hospital cardiac arrest outcome in the CARES registry. *Resuscitation*. 1. Mai 2014;85(5):617–22.
9. Tanabe S, Ogawa T, Akahane M, Koike S, Horiguchi H, Yasunaga H, u. a. Comparison of Neurological Outcome between Tracheal Intubation and Supraglottic Airway Device Insertion of Out-of-hospital Cardiac Arrest Patients: A Nationwide, Population-based, Observational Study. *J Emerg Med*. 1. Februar 2013;44(2):389–97.
10. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, Stephens SW, Idris AH, Carlson JN, u. a. Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *JAMA*. 28. August 2018;320(8):769–78.
11. Erath JW, Reichert A, Büttner S, Weiler H, Vamos M, von Jeinsen B, u. a. Präklinisches Atemwegsmanagement mit Larynxtubus oder Endotrachealtubus bei präklinischem Herz-Kreislauf-Stillstand. *Med Klin - Intensivmed Notfallmedizin*. 1. April 2020;115(3):213–21.
12. Müller JU, Semmel T, Stepan R, Seyfried TF, Popov AF, Graf BM, u. a. The use of the laryngeal tube disposable by paramedics during out-of-hospital cardiac arrest: a prospectively observational study (2008–2012). 2013;(30):1012–6.

13. Gräsner JT, Lefering R, Koster RW, Masterson S, Böttiger BW, Herlitz J, u. a. EuReCa ONE- 27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe. *Resuscitation*. 1. August 2016;105:188–95.
14. The new ERC Guidelines on Resuscitation [Internet]. European Resuscitation Council; 2015 [zitiert 6. Oktober 2020]. Verfügbar unter: [https://cprguidelines.eu/sites/573c777f5e61585a053d7ba5/assets/573c77e15e61585a083d7ba9/Guidelines\\_Press\\_Release\\_2015.pdf](https://cprguidelines.eu/sites/573c777f5e61585a053d7ba5/assets/573c77e15e61585a083d7ba9/Guidelines_Press_Release_2015.pdf)
15. Fischer, M., Wnent, J., Gräsner, J.-T., Seewald, S., Brenner, S., Bein, B., Ristau, P., Bohn, A. & die teilnehmenden Rettungsdienste im Deutschen, Reanimationsregister. Öffentlicher Jahresbericht 2021 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2021 [Internet]. 2022 [zitiert 24. Juli 2023]. Verfügbar unter: <https://www.reanimationsregister.de/downloads/oeffentliche-jahresberichte/oeffentliche-jahresberichte-ausserklinische-reanimation/9-ausserklinischer-jahresbericht-2021/file.html>
16. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, u. a. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. *Resuscitation*. Oktober 2015;95:100–47.
17. Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, u. a. Erweiterte Reanimationsmaßnahmen für Erwachsene („advanced life support“). *Notf Rettungsmethoden*. 1. November 2010;13(7):559–620.
18. Michael M, Tautz J, Sensen F, Bernhard M. Atemwegsmanagement im Rettungsdienst. *Notfallmedizin Up2date*. 2020;(15):357–78.
19. Scherer, G., Ärztliche Leiter Rettungsdienst RLP. SOP - Standardarbeitsanweisung für Rettungsassistenten & Rettungssanitäter [Internet]. 2014 [zitiert 18. Dezember 2019]. Verfügbar unter: [https://www.aelrd-rlp.de/aelrd/content/e54/e362/e364/aelrd/common/sop/SOP\\_Reanimation\\_und\\_Larynx-tubus.ppt](https://www.aelrd-rlp.de/aelrd/content/e54/e362/e364/aelrd/common/sop/SOP_Reanimation_und_Larynx-tubus.ppt)
20. Dr. med. Guido Scherer. Reanimation mit Larynx-tubus [Internet]. 2020 [zitiert 17. März 2023]. Verfügbar unter: <https://www.aelrd-rlp.de/index.php/download/reanimation-mit-larynx-tubus/>
21. VBM Produkte Airway Management: Larynx-Tuben [Internet]. VBM Medizintechnik GmbH; [zitiert 13. Oktober 2020]. Verfügbar unter: <https://www.vbm-medical.de/produkte/airway-management/larynx-tuben/>
22. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M, u. a. Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. *Notfallmedizin Up2date*. Juni 2012;7(2):105–20.
23. Produktinformation: Der neue LTS-D [Internet]. VBM Medizintechnik GmbH; 2017 [zitiert 6. April 2020]. Verfügbar unter: [http://ftp.vbm-medical.de/Mediathek/Literatur/F302/F302\\_DE.pdf](http://ftp.vbm-medical.de/Mediathek/Literatur/F302/F302_DE.pdf)

24. VBM Medizintechnik GmbH. Produktbeschreibung iLTS-D, Seriennummer P353-4.0DE/07.15 [Internet]. [zitiert 11. April 2020]. Verfügbar unter: <https://www.radecker-notfallmedizin.de/download/iLTS-D.pdf>
25. Bergold MN, Kahle S, Schultzik T, Bücheler M, Byhahn C. Intubationslarynx-tubus Suction Disposable. *Anaesthesist*. 1. Januar 2016;65(1):30–5.
26. Paal P, Timmermann A. The beauty and the beast – a tale of the laryngeal tube and related potentially life threatening operational faults. *Resuscitation*. 1. Dezember 2014;85(12):A1–2.
27. Kette F, Reffo I, Giordani G, Buzzi F, Borean V, Cimarosti R, u. a. The use of laryngeal tube by nurses in out-of-hospital emergencies: Preliminary experience. *Resuscitation*. 1. Juli 2005;66(1):21–5.
28. Wiese CHR, Semmel T, Müller JU, Bahr J, Ocker H, Graf BM. The use of the laryngeal tube disposable (LT-D) by paramedics during out-of-hospital resuscitation—An observational study concerning ERC guidelines 2005. *Resuscitation*. 1. Februar 2009;80(2):194–8.
29. Klaver NS, Kuizenga K, Ballast A, Fidler V. A comparison of the clinical use of the Laryngeal Tube S<sup>TM</sup> and the ProSeal® Laryngeal Mask Airway by first-month anaesthesia residents in anaesthetised patients\*. *Anaesthesia*. 2007;62(7):723–7.
30. Pap R, van Loggerenberg C. A comparison of airway management devices in simulated entrapment-trauma: a prospective manikin study. *Int J Emerg Med*. 8. Juli 2019;12(1):15.
31. Mutlak H, Weber C, Meininger D, Cuca C, Zacharowski K, Byhahn C, u. a. Laryngeal tube suction for airway management during in-hospital emergencies. *Clinics*. 8. Juli 2017;72(07):422–5.
32. Wiese CHR, Bartels U, Bergmann A, Bergmann I, Bahr J, Graf BM. Using a laryngeal tube during cardiac arrest reduces „no flow time“ in a manikin study: a comparison between laryngeal tube and endotracheal tube. *Wien Klin Wochenschr*. 1. April 2008;120(7):217–23.
33. Kurola J, Harve H, Kettunen T, Laakso JP, Gorski J, Paakkonen H, u. a. Airway management in cardiac arrest—comparison of the laryngeal tube, tracheal intubation and bag-valve mask ventilation in emergency medical training. *Resuscitation*. 1. Mai 2004;61(2):149–53.
34. Meyer O, Bucher M, Schröder J. Effect of using a laryngeal tube on the no-flow time in a simulated, single-rescuer, basic life support setting with inexperienced users. *Anaesthesist*. 1. März 2016;65(3):183–9.
35. Hinkelbein J, Schmitz J, Mathes A, De Robertis E. Performance of the laryngeal tube for airway management during cardiopulmonary resuscitation. *Minerva Anesthesiol*. Mai 2021;87(5).
36. Schalk R, Seeger FH, Mutlak H, Schweigkofler U, Zacharowski K, Peter N, u. a. Complications associated with the prehospital use of laryngeal tubes—A

- systematic analysis of risk factors and strategies for prevention. *Resuscitation*. 1. November 2014;85(11):1629–32.
37. Benger JR, Kirby K, Black S, Brett SJ, Clout M, Lazaroo MJ, u. a. 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*. 28. August 2018;320(8):779–91.
38. Segal N, Yannopoulos D, Mahoney BD, Frascione RJ, Matsuura T, Cowles CG, u. a. Impairment of carotid artery blood flow by supraglottic airway use in a swine model of cardiac arrest. *Resuscitation*. 1. August 2012;83(8):1025–30.
39. Colbert SA, Ohanlon DM, Flanagan F, Page R, Moriarty DC. The laryngeal mask airway reduces blood flow in the common carotid artery bulb. *Can J Anaesth*. 1. Januar 1998;45(1):23–7.
40. Nandwani N, Fairfield MC, Krarup K, Thompson J. The effect of laryngeal mask airway insertion on the position of the internal jugular vein. *Anaesthesia*. 1997;52(1):77–9.
41. Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim CA, Kaisers UX, u. a. Prehospital airway management using the laryngeal tube. *Anaesthesist*. 1. Juli 2014;63(7):589–96.
42. Sunde GA, Brattebø G, Ødegården T, Kjernlie DF, Rødne E, Heltne JK. Laryngeal tube use in out-of-hospital cardiac arrest by paramedics in Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 18. Dezember 2012;20(1):84.
43. Fiala A, Lederer W, Neumayr A, Egger T, Neururer S, Toferer E, u. a. EMT-led laryngeal tube vs. face-mask ventilation during cardiopulmonary resuscitation - a multicenter prospective randomized trial. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 26. Oktober 2017;25:104.
44. Bernhard M, Gries A, Ramshorn-Zimmer A, Wenzel V, Hossfeld B. Insertion Success of the Laryngeal Tube in Emergency Airway Management. *BioMed Res Int*. 2016;2016:1–13.
45. Schalk R, Byhahn C, Klüner C, Bernhard M. Anwendung des Larynxtubus in der Notfallmedizin – Komplikationen und Fallstricke. *Notarzt*. Juni 2018;34(03):124–31.
46. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin. AWMF Leitlinie „Prähospitaler Atemwegsmanagement“ [Internet]. AWMF; 2019 [zitiert 11. Oktober 2019]. Verfügbar unter: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/001-040I\\_S1\\_Praehospitales-Atemwegsmanagement\\_2019-03\\_1.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/001-040I_S1_Praehospitales-Atemwegsmanagement_2019-03_1.pdf)
47. Grensemann J, Simon M, Kluge S. Atemwegssicherung in der Intensiv- und Notfallmedizin. *Med Klin - Intensivmed Notfallmedizin*. 1. Mai 2019;114(4):334–41.

48. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Bräuer A, Rosenblatt WH, u. a. Prehospital airway management: A prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation*. 1. August 2006;70(2):179–85.
49. Wang HE, Yealy DM. How Many Attempts Are Required to Accomplish Out-of-hospital Endotracheal Intubation? *Acad Emerg Med*. 2006;13(4):372–7.
50. Mort TC. Emergency Tracheal Intubation: Complications Associated with Repeated Laryngoscopic Attempts. *Anesth Analg*. August 2004;99(2):607–13.
51. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in Cardiopulmonary Resuscitation From Paramedic Endotracheal Intubation. *Ann Emerg Med*. 1. November 2009;54(5):645-652.e1.
52. Wang HE, Humbert A, Nichol G, Carlson JN, Daya MR, Radecki RP, u. a. Bayesian Analysis of the Pragmatic Airway Resuscitation Trial. *Ann Emerg Med*. Dezember 2019;74(6):809–17.
53. Weston CFM, Wilson RJ, Jones SD. Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a multivariate analysis. *Resuscitation*. 1. Februar 1997;34(1):27–34.
54. Hasselqvist-Ax I, Riva G, Herlitz J, Rosenqvist M, Hollenberg J, Nordberg P, u. a. Early Cardiopulmonary Resuscitation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med*. 11. Juni 2015;372(24):2307–15.
55. Nordberg P, Hollenberg J, Herlitz J, Rosenqvist M, Svensson L. Aspects on the increase in bystander CPR in Sweden and its association with outcome. *Resuscitation*. 1. März 2009;80(3):329–33.
56. Abrams HC, McNally B, Ong M, Moyer PH, Dyer KS. A composite model of survival from out-of-hospital cardiac arrest using the Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival (CARES). *Resuscitation*. 1. August 2013;84(8):1093–8.
57. Bürger A, Wnent J, Bohn A, Jantzen T, Brenner S, Lefering R, u. a. The Effect of Ambulance Response Time on Survival Following Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *Dtsch Arzteblatt Int*. 20 2018;115(33–34):541–8.
58. Herlitz J, Engdahl J, Svensson L, Ångquist KA, Young M, Holmberg S. Factors associated with an increased chance of survival among patients suffering from an out-of-hospital cardiac arrest in a national perspective in Sweden. *Am Heart J*. 1. Januar 2005;149(1):61–6.
59. Nikolovski SS, Lazic AD, Fiser ZZ, Obradovic IA, Randjelovic SS, Tijanac JZ, u. a. Initial Outcomes and Survival of Out-of-Hospital Cardiac Arrest: EuReCa Serbia Multicenter Cohort Study. *Cureus*. 13(10):e18555.
60. Vaillancourt C, Lui A, De Maio VJ, Wells GA, Stiell IG. Socioeconomic status influences bystander CPR and survival rates for out-of-hospital cardiac arrest victims. *Resuscitation*. 1. Dezember 2008;79(3):417–23.

61. Wells DM, White LLY, Fahrenbruch CE, Rea TD. Socioeconomic status and survival from ventricular fibrillation out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Epidemiol.* 1. Juni 2016;26(6):418-423.e1.
62. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e.V. (DGAI). Deutsches Reanimationsregister [Internet]. [zitiert 24. Oktober 2022]. Verfügbar unter: <https://www.reanimationsregister.de/>
63. Muijs D. *Doing Quantitative Research in Education with SPSS.* SAGE; 2010. 266 S.
64. Wnent J, Gräsner JT, Seewald S, Brenner S, Jantzen T, Fischer M, u. a. Öffentlicher Jahresbericht 2018 des Deutschen Reanimationsregisters: Außerklinische Reanimation 2018 [Internet]. Deutsches Reanimationsregister; [zitiert 31. August 2022]. Verfügbar unter: <https://www.reanimationsregister.de/docman/oeffentliche-jahresberichte/rettungsdienst/164-ausserklinischer-jahresbericht-2018/file.html>
65. Bundesärztekammer. (Muster-)Weiterbildungsordnung 2018 [Internet]. 2018 [zitiert 7. April 2023]. Verfügbar unter: <https://www.bundesaerztekammer.de/themen/aerzte/aus-fort-und-weiterbildung/aerztliche-weiterbildung/muster-weiterbildungsordnung>
66. Sessler DI, Imrey PB. Clinical Research Methodology 1: Study Designs and Methodologic Sources of Error. *Anesth Analg.* Oktober 2015;121(4):1034–42.

## 8 Anhang

Tabelle 6: ROSC aufgeschlüsselt nach Atemwegssicherung

	Initiale AW-Sicherung						Gesamt
	unbekannt	Endotracheal-Tubus	Larynxtubus	Larynxmaske	Beutel-Masken-Beatmung	Andere	
Kein ROSC	79	385	392	3	55	7	921
präklinisches ROSC	33	396	257	2	28	5	721
Gesamt	112	781	649	5	83	12	1642

Tabelle 7: ROSC Endotrachealtubus und Larynxtubus

Initiale AW-Sicherung			
ROSC	Endotracheal-Tubus	Larynxtubus	Gesamt
Kein ROSC	385	392	777
präklinisches ROSC	396	257	653
Gesamt	781	649	1430

## 9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen danken, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation unterstützt haben.

Zunächst möchte ich meiner Betreuerin \_\_\_\_\_ meinen tiefsten Dank aussprechen. Ihre wertvolle Unterstützung, ihre fachkundige Anleitung und konstruktive Kritik haben maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Außerdem bedanke ich mich herzlich für das stete Vertrauen in meine Arbeit.

Mein besonderer Dank gilt \_\_\_\_\_, der mich als Doktorvater offiziell begleitet hat und diese Arbeit in der Klinik für Anästhesie in der Universitätsmedizin Mainz ermöglicht hat.

Ebenso möchte ich auch meinem Kommilitonen \_\_\_\_\_ besonderen Dank aussprechen, mit dem ich die Datensammlung gemeinsam durchgeführt habe. Seine Unterstützung, sein Engagement und die angenehme Zusammenarbeit haben maßgeblich zum erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit beigetragen.

Mein ausdrücklicher Dank gilt dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) für die umfassende und wertvolle Statistikberatung. Ebenso möchte ich der Klinik für Anästhesie meinen herzlichen Dank aussprechen, die mir durch die Bereitstellung eines Büroraumes optimale Arbeitsbedingungen ermöglicht hat.

Mein tief empfundener Dank gebührt auch meiner Familie und meinen Freunden sowie meinem Partner Sebastian, die mir während der gesamten Zeit der Dissertation den Rücken gestärkt haben. Euer Verständnis, eure Geduld und euer Zuspruch haben mir den nötigen Rückhalt gegeben, diese Arbeit anzufertigen und zu vollenden. Dafür bin ich euch auf Ewig dankbar.