

## **AWMF Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“**

AWMF-Register-Nr.: 001 -040

Methodische Klassifizierung: S1

Leitlinienkoordination: Prof. Dr. med. Arnd Timmermann

Federführende Fachgesellschaft: Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und  
Intensivmedizin

Beteiligte AWMF Fachgesellschaften:

- Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin

Beteiligte Gesellschaften und Organisationen:

- Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands
- Bundesverband der Ärztlichen Leiter Rettungsdienst Deutschlands
- Deutscher Berufsverband Rettungsdienst
- Deutscher Rat für Wiederbelebung

Aktueller Stand: 26.02.2019

Gültigkeit: 5 Jahre

## Autoren

A.Timmermann<sup>1</sup>, B.W.Böttiger<sup>2</sup>, C.Byhahn<sup>3</sup>, V.Döriges<sup>4</sup>, C.Eich<sup>5</sup>, J.T.Gräsner<sup>6</sup>, F.Hoffmann<sup>7</sup>, B.Hossfeld<sup>8</sup>, B.Landsleitner<sup>9</sup>, T.Piepho<sup>10</sup>, R.Noppens<sup>11</sup>, S.G.Russo<sup>12</sup>, V.Wenzel<sup>13</sup>, B.Zwißler<sup>14</sup>, M.Bernhard<sup>15</sup>

- 1 Klinik für Anästhesie, Schmerztherapie, Intensiv- und Notfallmedizin, DRK Kliniken Berlin Westend und Mitte, Spanndauer Damm 130, 14050 Berlin, E-Mail: a.timmermann@drk-kliniken-berlin.de
- 2 Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin, Uniklinik Köln, Kerpener Straße 62, 50937 Köln; E-Mail: bernd.boettiger@uk-koeln.de
- 3 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Medizinischer Campus Universität Oldenburg, Evangelisches Krankenhaus, Steinweg 13-17, 26122 Oldenburg; E-Mail: christian.byhahn@uni-oldenburg.de
- 4 Bundesvereinigung der Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands e.V. (BAND e.V.), Axel-Springer-Str. 52, 10969 Berlin
- 5 Abteilung Anästhesie, Kinderintensiv- und Notfallmedizin, Kinder- und Jugendkrankenhaus AUF DER BULT, Janusz-Korczak-Allee 12, 30173 Hannover; E-Mail: eich@hka.de
- 6 Institut für Rettungs- und Notfallmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Arnold-Heller-Str.3 / Haus 808, 24105 Kiel; eMail: jan-thorsten.graesner@uksh.de
- 7 Kinderklinik und Kinderpoliklinik im Dr. von Haunerschen Kinderspital Interdisziplinäre Kinderintensivstation Klinikum der Universität München Campus Innenstadt Lindwurmstr. 4, 80337 München, florian.hoffmann@med.uni-muenchen.de
- 8 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin u. Schmerztherapie, Notfallmedizinisches Zentrum, Bundeswehrkrankenhaus Ulm, Oberer Eselsberg 40, 89081 Ulm
- 9 Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Cnopf'sche Kinderklinik/Klinik Hallerwiese der Diakonie Neuendettelsau, St.-Johannis-Mühlgasse 19, 90419 Nürnberg

- 10 Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Trier, Nordallee 1, 54292 Trier. Mail: t.piepho@bk-trier.de
- 11 Department of Anesthesia & Perioperative Medicine, Western University, 339 Windermere Rd., LHSC- University Hospital, London, ON, CANADA, N6A 5A5
- 12 Klinik für Anästhesiologie, Helios Universitätsklinikum Wuppertal, Universität Witten/Herdecke, Heusnerstr. 40, 42283 Wuppertal, sebastian.russo@helios-gesundheit.de
- 13 Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin, Notfallmedizin und Schmerztherapie, Medizin Campus Bodensee- Friedrichshafen / Tettnang / Weingarten, Röntgenstrasse 2, D-88048 Friedrichshafen, v.wenzel@klinikum-fn.de
- 14 Klinik für Anaesthesiologie, LMU Klinikum der Universität München, Marchioninstr. 15, 81377 München, Bernhard.Zwissler@med.uni-muenchen.de
- 15 Zentrale Notaufnahme, Universitätsklinikum Düsseldorf, Moorenstraße 5, 40225 Düsseldorf, E-Mail: Michael.Bernhard@med.uni-duesseldorf.de

## 1. Zusammenfassung

Die vorliegende AWMF S1 Leitlinie „Prähospitales Atemwegsmanagement“ wurde von einer durch die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) beauftragten Expertenkommission entwickelt, basierend auf der im Jahre 2012 publizierten gleichnamigen Handlungsempfehlung. Zielgruppen dieser Leitlinie sind Rettungsdienstfachpersonal und Notärzte. Es wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, um insbesondere die aktuellen Entwicklungen zu berücksichtigen. Gemäß dem „Grade of Recommendation“ Schema (soll/sollte/kann) wurden über ein Delphi-Verfahren insgesamt 39 Empfehlungen formuliert. Zu den wichtigsten Empfehlungen der neuen S1 Leitlinie zählen, dass auf Grund der schwierigen prähospitalen Bedingungen immer zunächst eine kritische Überprüfung der Indikationsstellung zur invasiven Atemwegssicherung stattfinden soll. Obligat ist die Durchführung einer adäquaten Präoxygenierung mit höchstmöglicher inspiratorischer O<sub>2</sub>-Konzentration vor invasiver Atemwegssicherung beim spontanatmenden Patienten. Die endotracheale Intubation (ETI) soll beim Erwachsenen angestrebt und primär mit einem Videolaryngoskop mit Macintosh ähnlichem Spatel durchgeführt werden, um sowohl die direkte als auch die indirekte Laryngoskopie anwenden zu können. Die ETI soll nur dann durchgeführt werden, wenn mindestens 100 ETI an Patienten unter Anleitung dokumentiert wurden und in der Wiederholung 10 ETI pro Jahr durchgeführt werden. Ein extraglottischer Atemweg (EGA) der zweiten Generation kann gewählt werden, wenn keine ausreichende Erfolgsaussicht für die ETI besteht und mindestens 45 EGA-Anwendungen am Patienten unter Anleitung dokumentiert und in der Wiederholung drei EGA-Anwendungen pro Jahr durchgeführt wurden. Als primäre Technik zur Beatmung von Kindern soll die optimierte Maskenbeatmung mit beidhändigem Esmarchmaskengriff (doppelter C-Griff), optimaler Kopflagerung und ggf. passendem Guedeltubus durchgeführt werden. Als extraglottischer Atemweg werden bei Kindern die Larynxmaske oder der nasopharyngeale Rachentubus empfohlen. Die kontinuierliche Kapnografie soll obligat während jeder Atemwegssicherungsmaßnahme angewendet werden. Die Ausbildung der gesamten Techniken soll am Patienten durchgeführt werden, Übungen am Phantom alleine sind nicht ausreichend. Es soll eine Anpassung der prähospitalen Ausrüstung, insbesondere bei den EGA und der Videolaryngoskopie, auf die innerklinische Ausbildung und die Trainingsmöglichkeiten stattfinden.

Schlüsselwörter: Leitlinie, Notfallmedizin, Atemwegsmanagement, prähospital

## 2. Präambel

Die Sicherung der Atemwege und eine suffiziente Beatmung, die eine ausreichende Oxygenierung und Ventilation ermöglichen, sind zentrale Aufgaben der Notfallmedizin, da ohne offene Atemwege und adäquaten Gasaustausch alle anderen Therapiemaßnahmen vergeblich bleiben. Das Atemwegsmanagement zählt somit bei vitaler Indikation zu den wichtigsten durchzuführenden Maßnahmen. Es muss zeitkritisch innerhalb von wenigen Minuten und zwingend erfolgreich durchgeführt werden. Gleiches gilt für die sich anschließende Ventilation. Ein nicht erfolgreiches Atemwegsmanagement führt zur Hypoxie, unmittelbar zu schweren Schäden und zum Tod. Die Sicherung der Atemwege beim prähospitalen Notfallpatienten ist dabei um ein vielfaches schwieriger als unter den elektiven Bedingungen in der Klinik. Zudem steht kein Erfahrener als Unterstützung zur Verfügung. Es muss gemeinsames Ziel sein, dass sowohl Notärzte als auch das Rettungsdienstfachpersonal als die Zielgruppe dieser Leitlinie im Sinne der bestmöglichen Patientenversorgung optimal dafür ausgerüstet und ausgebildet sind. Diese Leitlinie stellt nach derzeitigem Wissensstand die Mindeststandards für die Ausstattung und die Ausbildung dar, welche in Abwägung zwischen optimal zu fordernder Patientenversorgung (örtliche Situation, Zustand des Patienten) und individueller Konstellation (Infrastruktur, minimale Anforderungen an individuelle Fertigkeiten, Kenntnisse und klinische Erfahrung) eine adäquate und angemessene Therapie gewährleisten. Die Erfüllung der dargestellten Standards ist als essentiell anzusehen. Dies gilt insbesondere für die in dieser Leitlinie zum Erlernen der verschiedenen Techniken und zur Aufrechterhaltung der Expertise jeweils angegebene Mindestanzahl an patientenbezogenen praktischen Anwendungen, die unter kontrollierten und supervidierten innerklinischen Bedingungen erfolgen sollen.

## 3. Beteiligte Fachgesellschaften und Interessenvertretungen

Diese S1-Leitlinie wurde von Experten des Atemwegsmanagements unter der Federführung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin (DGAI) für alle in der Notfallmedizin tätigen Ärzte und das qualifizierte Rettungsfachpersonal erstellt. Die S1 Leitlinie ist eine Weiterentwicklung der Handlungsempfehlung der DGAI aus dem Jahr 2012 [148]. Sie wurde darüber hinaus durch Vertreter der Bundesvereinigung der

Arbeitsgemeinschaften der Notärzte Deutschlands, des Bundesverbandes der Ärztlichen Leiter Rettungsdienst Deutschlands und des Deutschen Berufsverbandes Rettungsdienst, des Deutschen Rates für Wiederbelebung und der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin verabschiedet. Diese Leitlinie enthält insgesamt 39 Empfehlungen. **Tabelle 1** listet zehn Kernaussagen dieser Leitlinie auf.

## 4. Evidenz und Methoden

Die S1-Leitlinie basiert auf einem Konsensus einer Expertengruppe vor dem Hintergrund einer selektiven Literaturrecherche. Die einzelnen Kapitel wurden vorab festgelegt und durch Autorentams bearbeitet. Es wurde die den Kernaussagen zugrundeliegende Literatur basierend auf der aktuellen Datenlage nach den Richtlinien des Centers for Evidence Based Medicine (<http://www.cebm.net/index.aspx?o=1025>) bewertet. Die Kernaussagen wurden den Vorgaben für eine S1 Leitlinie entsprechend dabei mit den Formulierungen gemäß einem „Grade of Recommendation“ versehen. Eine Grad A-Empfehlung entspricht in der Formulierung einem „soll“, eine Grad B-Empfehlung einem „sollte“ und einem Grad 0-Empfehlung einem „kann“. Die Formulierung der Kernaussagen wurden basierend auf einem Expertenkonsens als Empfehlung bei einer Zustimmung von >95% aller 15 Experten als starker Konsens, bei 75-95% als Konsens, bei >50-75% als mehrheitliche Zustimmung und bei <50% als kein Konsens gewertet. Ziel war es eine Zustimmung von >95% der Experten für eine Kernaussage zu erreichen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden bis zu drei digitale Delphi-Runden benötigt. **Tabelle 11** gibt eine Übersicht zu den einzelnen Empfehlungen, dem GOR und der Zustimmung in der Expertengruppe am Ende der letzten Delphirunde.

Da für das Atemwegsmanagement nahezu keine randomisierten prähospitalen Studien gemäß der Level 1 oder 2 existieren, besteht insgesamt nur eine schwache Evidenz für die Empfehlungen. Dies liegt vor allem in der hohen Heterogenität der Erkrankungen der Patienten, der örtlichen und strukturellen Gegebenheiten und den individuellen Erfahrungen sowie den Kenntnissen des Notarzt- und Rettungsdienstfachpersonals begründet. Hinzu kommt, dass eine unabhängige Bewertung kaum zu erheben ist. Schließlich sind die bislang existierenden Studien sehr uneinheitlich hinsichtlich der untersuchten Parameter [89]. Zukünftige Studien sollten sich an eine gemeinsame Festlegung der Datenerhebung für das prähospitale Atemwegsmanagement halten, so wie sie von der „Prehospital advanced airway management expert group“ vorgeschlagen wurde, um Ergebnisse besser vergleichbar zu machen [135].

## 5. Indikationen zur invasiven Atemwegssicherung

In Mitteleuropa sind akute Erkrankungen ursächlich für mehr als 80% der Indikationen für eine prähospitale Atemwegssicherung verantwortlich. Traumapatienten haben hieran einen Anteil von 10–20%. Die häufigste Indikation zur Sicherung der Atemwege ist der Kreislaufstillstand. Eine prähospitale Atemwegssicherung ist ebenfalls häufig indiziert bei respiratorischer Insuffizienz unterschiedlicher Genese, Bewusstseinsstörungen, polytraumatisierten bzw. schwer schädelhirntraumatisierten Patienten sowie bei hoher Aspirationsgefahr.

**Empfehlung:** Die Dringlichkeit einer Sicherung der Atemwege in der Notfallmedizin soll in Abhängigkeit von der individuellen Diagnose in zwei Kategorien unterteilt werden: sofortige und dringliche Intervention.

Während bei Patienten mit einem anhaltenden Atemstillstand eine *sofortige* Atemwegssicherung und Beatmung vorgenommen werden muss, benötigen z.B. Patienten mit starker Atemnot oder Bewusstseinsverlust eine *dringliche* Therapie. In diesen Fällen bleibt meist Zeit für die Präoxygenierung des Patienten, für eine orientierende Untersuchung im Hinblick auf einen schwierigen Atemweg und für die Vorbereitung der adäquaten Ausrüstung für ein alternatives Atemwegsmanagement. Patienten mit rasch zunehmender Schwellung im Bereich der oberen Luftwege oder mit Verletzungen der Thoraxwand zeigen nicht immer die Anzeichen einer akuten respiratorischen Dekompensation, haben aber eine dringliche Indikation zur Sicherung der Atemwege. Bei dieser Patientengruppe sollten logistische Gegebenheiten (Entfernung zum nächst geeigneten Krankenhaus), der individuelle Kenntnisstand des Anwenders und Begleiterkrankungen oder -verletzungen des Patienten im Sinne eines Handlungskorridors mit in den Entscheidungsprozess zur invasiven Atemwegssicherung einbezogen werden [18, 130]. Die Entscheidungsfindung zur Atemwegssicherung bewegt sich damit im Spannungsfeld zwischen „geringer Erfahrung, möglicherweise schwierigem Atemweg und geringer Transportzeit bis zum nächsten geeigneten Krankenhaus“ mit einer Entscheidung eher für eine – ggf. unterstützte – Spontanatmung bei ausreichender Oxygenierung und Ventilation, und „hohe Erfahrung, einfacher Atemweg und langer Transportweg ins nächste geeignete Krankenhaus“ mit einer Entscheidung eher hin zu einer invasiven Atemwegssicherung statt – stets unter

sorgfältiger Würdigung des Einzelfalls. Die S1 Leitlinie „Prähospitale Notfallnarkose beim erwachsenen Notfallpatienten“ soll ergänzend zu der vorliegenden Leitlinie Beachtung finden [12].

## 6. Vorbereitende Maßnahmen

Die Sicherung der Atemwege stellt eine wichtige und potentiell komplikationsbehaftete Maßnahme in der Notfallmedizin dar. Daher ist es von elementarer Bedeutung, dass die Vollständigkeit und Funktionstüchtigkeit des benötigten Materials vor jedem Rettungs- und Notarzteinsatz gewährleistet ist.

**Empfehlung:** Bei Übernahme des Dienstes sowie vor Beginn von Maßnahmen zur Sicherung der Atemwege soll die Funktionsfähigkeit des benötigten Materials kontrolliert werden. Die notwendigen Schritte sollen mit dem gesamten Team kommuniziert werden.

Neben der Etablierung eines generellen Standards (Algorithmus) zum Vorgehen bei Maßnahmen zur Atemwegssicherung sollen diese auch im Team trainiert werden. Die Ausbildung soll neben dem reinen Üben der benötigten Fertigkeiten auch ein Training der Zusammenarbeit im professionellen Rettungsdienstteam beinhalten. Das Training sollte die lokalen Voraussetzungen berücksichtigen (Standards, Ausrüstung) und interprofessionell erfolgen. Szenarien des schwierigen Atemwegsmanagements können mithilfe mobiler „Full-Scale-Simulatoren“ realitätsnah inszeniert werden, so dass neben dem rein prozeduralen Vorgehen auch ein effektives Teamtraining nach den Prinzipien des Zwischenfallsmanagements gewährleistet werden kann [37, 65, 150]. Derartige simulationsbasierte Szenarien sollten in regelmäßigen Abständen wiederholt und zusätzlich zum praktischen Training der manuellen Fertigkeiten unbedingt angeboten und durchgeführt werden [103].

## 7. Nicht invasive Maßnahmen zur Atemwegsfreihaltung

Vor Beginn der Maßnahmen zur Atemwegssicherung soll auf einen freien Atemweg geachtet werden. Folgende Faktoren können eine Verlegung des Atemwegs verursachen:

1. Zurücksinken des Zungengrundes auf die Pharynxhinterwand sowie dorsales Anliegen der Epiglottis bei Patienten mit Bewusstseinsstörung und/oder herabgesetztem Muskeltonus. Durch die korrekte Anwendung des Esmarch'schen Handgriffs (aktives Anheben des Unterkiefers und Öffnen des Mundes) unter Schonung der Halswirbelsäule (HWS) kann dieses mechanische Hindernis zumeist beseitigt werden.
2. Verlegung der oberen Atemwege durch festes Material, z.B. größere Nahrungsstücke, Zähne oder Zahnprothesen. Sind entsprechende Fremdkörper beim Öffnen des Mundes im Oropharynx sichtbar, werden diese digital oder unter Zuhilfenahme einer Magill-Zange geborgen. Im Hypopharynx befindliche Fremdkörper können oft nur mithilfe der Laryngoskopie detektiert und entfernt werden.
3. Das Vorhandensein flüssiger Stoffe, z.B. regurgitierter Mageninhalt, Blut oder Sekret verursacht typischerweise keine vollständige Verlegung der oberen Atemwege. Dennoch sollen derartige Sekrete mittels oraler Absaugung möglichst unverzüglich entfernt werden. Es sollten großlumige starre Absaugkatheter verwendet werden, um auch den tiefen pharyngealen Bereich sicher erreichen und ggf. große Mengen schnell absaugen zu können. Die definitive Atemwegssicherung hat jedoch Vorrang vor dem Absaugen, sofern diese Maßnahme trotz der Sekrete im Mund-Rachenraum sicher und ohne Zeitverlust durchgeführt werden kann.

Zur Erleichterung des Offenhaltens der oberen Atemwege können nasopharygeale Tuben (z.B. Wendl) platziert werden, allerdings nicht oder nur mit besonderer Vorsicht bei Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma (z.B. bei V.a. frontobasale Verletzungen). Zur Unterstützung der Maskenbeatmung eignen sich auch oropharyngeale Tuben (z.B. Guedel). Oropharyngeale Tuben benötigen jedoch eine ausreichend tiefe Hypnose des Patienten für die Toleranz dieser Tuben, da ansonsten Würgen und aktives Erbrechen ausgelöst werden können.

## **8. Sauerstoffapplikation und Präoxygenierung**

### **8.1 Sauerstoffapplikation**

Bei allen Notfallpatienten mit erhaltener – auch insuffizienter – Spontanatmung ist nach dem Freimachen der Atemwege die Gabe von Sauerstoff ( $O_2$ ) in höchstmöglicher Konzentration bzw. mit höchstmöglichem Fluss obligat. Eine Besonderheit bilden hier die Patienten mit chronisch stark erhöhtem Kohlendioxidpartialdruck ( $pCO_2$ ), bei denen der Atemantrieb über den arteriellen  $O_2$ -Partialdruck gesteuert wird. Bei unkontrolliert hohem  $O_2$ -Angebot kann dies in seltenen Fällen zur iatrogenen Apnoe führen. Bei dieser Patientengruppe ist eine engmaschige klinische Verlaufsbeobachtung mit Überwachung von Vigilanz, Atemfrequenz und Atemtiefe notwendig.

Optimal ist die Applikation über eine dichtsitzende Gesichtsmaske, die über ein Demandventil inklusive Filter mit einer Sauerstoffquelle verbunden ist. Hiermit kann eine inspiratorische Sauerstofffraktion ( $F_{iO_2}$ ) von nahezu 1,0 erreicht werden. Hingegen erreichen handelsübliche Sauerstoffmasken bei einem Fluss von 15 l  $O_2$ /min abhängig von der Atemfrequenz und dem Atemzugvolumen selten eine  $F_{iO_2} > 0,6$ . Durch die Verwendung eines zusätzlichen Reservoirbeutels mit einem Ventil, das die Rückatmung in den Reservoirbeutel unterbindet, kann eine  $F_{iO_2}$  von  $> 0,8$  erreicht werden. Dabei muss beachtet werden, dass der Rückatmungsbeutel sich atemsynchron leert, da andernfalls Nebenluft die  $O_2$ -Konzentration senkt. Theoretisch kann über eine Nasenbrille bei einem  $O_2$ -Flow von 15 l/min auch eine  $F_{iO_2} > 0,8$  erreicht werden. Dies erfordert jedoch einen normofrequent und streng durch die Nase atmenden Patienten, der in Notfallsituationen eine Ausnahme darstellt [162].

### **8.2 Präoxygenierung**

Um einen Abfall der Sauerstoffsättigung während der Narkoseeinleitung und Atemwegssicherung zu verhindern, soll der Notfallpatient, bei dem eine dringliche Atemwegssicherung erforderlich ist und der noch ausreichend spontan atmet, bis zu 4 Minuten Sauerstoff mit einer  $F_{iO_2}$  von 1,0 über eine Gesichtsmaske mit Reservoir oder Demandventil appliziert bekommen [107]. Die Gesichtsmaske soll das Gesicht dicht umschließen, um eine möglichst hohe  $F_{iO_2}$  zu ermöglichen. Diese Technik ist effektiver als die Applikation von Sauerstoff

über eine Nasensonde [125]. Die vollständige Dichtigkeit der Gesichtsmaske sollte anhand der typischen Kohlendioxidkurve verifiziert werden [146].

Eine länger als vierminütige Präoxygenierung des spontanatmenden kritisch kranken Patienten führt nicht zu einer weiteren Optimierung des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks [96, 97]. Weiterhin sollte darauf geachtet werden, dass während der Präoxygenierung die periphere Sauerstoffsättigung steigt, um eine technische Fehlfunktion z.B. der Gasversorgung auszuschließen [63]. Die korrekte Durchführung einer Präoxygenierung kann die Apnoezeit ohne kritische Hypoxie bei Erwachsenen und Kindern deutlich verlängern [93]. Eine Einleitung der Notfallnarkose sollte erst bei höchstmöglichen expiratorischen O<sub>2</sub>-Konzentration (bis zu 90%) bei lungengesunden Patienten erfolgen [38, 54]. Auch wenn die meisten aktuell verfügbaren Notfallrespiratoren die expiratorischen O<sub>2</sub>-Konzentration nicht messen, muss dies Ziel künftiger technischer Entwicklungen sein.

*Empfehlung: Vor invasiver Atemwegssicherung soll beim noch spontanatmenden Patienten eine suffiziente Präoxygenierung durchgeführt werden. Die expiratorische Sauerstoffkonzentration sollte hierbei gemessen werden.*

Tierexperimentelle Daten weisen zudem daraufhin, dass bei einem hohen Blutverlust ein kritischer Abfall der Sauerstoffsättigung bereits nach 1-2 min eintritt [111]. Wenn die Präoxygenierung korrekt durchgeführt wird, kann die Hypoxierate bei einer Notfallintubation von 58% auf 14% gesenkt werden [36]. Zu beachten ist, dass der Effekt der Präoxygenierung beim respiratorisch insuffizienten Patienten häufig vermindert ist [96].

### **8.2.1 Apnoeische Oxygenierung**

Nach Einleitung der Notfallnarkose können mittels apnoeischer Oxygenierung, d.h. die Zuführung von Sauerstoff über eine beide Nasenlöcher versorgende Nasenbrille mit einem O<sub>2</sub>-Flow von 15 l/min, die Apnoetoleranz verbessert und eine Desaturierung während der Atemwegssicherung verzögert werden [105].

### **8.2.2 CPAP zur Präoxygenierung**

Eine kontinuierliche positive Druckunterstützung (CPAP) mittels dichtsitzenden Gesichtsmaske und ggf. weitere inspiratorischer Druckunterstützung im Sinne einer nicht-invasiven Beatmung (NIV, siehe

nächstes Kapitel) sollte bei spontanatmenden Patienten mit eingeschränkter pulmonaler Funktion oder bei Adipositas mit einer  $F_iO_2$  von 1,0 zur Präoxygenierung durchgeführt werden. Das Ziel der positiven Druckbeatmung ist die Zunahme der ventilerten Lungenabschnitte. Dies führt zu einer Zunahme der  $O_2$ -Speicherung in den Lungen und hält die Verschlusskapazität unter der funktionellen Residualkapazität. Im Vergleich zur alleinigen (high flow)  $O_2$ -Gabe kann eine Applikation eines CPAP/NIV zu einer längeren Vermeidung des  $S_aO_2$ -Abfalls, Verringerung von Postintubationsatelektasen oder Verringerung von anderen unerwünschten Ereignissen führen [5, 6, 32, 50, 165]. Die Kontraindikationen der CPAP/NIV müssen auch bei der Anwendung zur Präoxygenierung beachtet werden.

### 8.2.3 Intubation bundle

Wenn bei spontanatmenden Patienten die Präoxygenierung mittels NIV und Analgosedierung zur Optimierung des Ausgangssättigungswertes unterstützt wird und die Einleitung der Notfallnarkose mit Muskelrelaxantien und die Atemwegssicherung parallel unter Techniken der apnoeischen Oxygenierung durchgeführt wird, spricht man auch von der „delayed sequence intubation“. [165, 166]. Kommen die Maßnahmen der Oberkörperhochlagerung, Lagerung des Kopfes in „Schnüffelposition“ und zielorientierte Präoxygenation dazu, wird dies als „intubation bundle“ bezeichnet.

Mit den diesen Maßnahmen lässt sich das Apnoetoleranzintervall bis zum Beginn einer Desaturierung verlängern und insgesamt die Häufigkeit von Desaturierungen während der Atemwegssicherung reduzieren [68]. Diese Maßnahmen sollten, sofern es der klinische Zustand des Patienten erlaubt, während der Atemwegssicherung des noch spontanatmenden Patienten durchgeführt werden.

## 9. Nicht-invasive Beatmung

Die nicht-invasive Beatmung hat in den letzten Jahren eine zunehmende Verbreitung in der Notfallmedizin erfahren. Die NIV führt zu einer Erhöhung des transpulmonalen Drucks (Vergrößerung des Lungenvolumens), zu einer Rekrutierung und zu einem Offenhalten initial verschlossener Lungenareale und reduziert die Atemarbeit durch inspiratorische Druckunterstützung [171]. Die NIV reduziert die Letalität, die Intensivstationsaufenthaltsdauer und die Intubationsrate kritisch kranker Patienten beim Vorliegen einer geeigneten Indikation [155]. Wenn möglich sollte also eine NIV als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz eingesetzt werden, um die Komplikationen der invasiven Beatmung zu vermeiden [171].

Insbesondere bei den hyperkapnischen Formen der respiratorischen Insuffizienz kann die NIV die Atemarbeit effektiv reduzieren und eine höhere Sauerstofffraktion ermöglichen, ohne eine Kumulation des CO<sub>2</sub> herbeizuführen. Gemäß der S3 Leitlinie „Nicht-invasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz“ ergeben sich klare Indikationen bzw. Kontraindikationen für den Einsatz der NIV [171]. Die NIV sollte nicht eingesetzt werden, wenn gewichtige Gründe für einen invasiven Beatmungszugang sprechen (z.B. Vigilanzstörung bis Koma, hohe Druckkonstanz, Offenhalten der Atemwege, lange und unterbrechungsfreie Beatmung). Grundsätzliche Voraussetzung bei der Anwendung der NIV sind ein engmaschiges Monitoring, die ständige Intubationsbereitschaft und ausreichende Erfahrung mit dem Verfahren [171]. In **Tabelle 2** sind die wesentlichen Indikationen und Kontraindikationen für die NIV dargestellt. Bei akuter respiratorischer Insuffizienz aufgrund eines kardialen Lungenödems steht der gleichbleibende, kontinuierliche positive Atemwegsdruck im Vordergrund und nicht die Atemwegsdruckunterstützung. Bei akuter respiratorischer Insuffizienz bei kardialem Lungenödem muss die Behebung der Ursache des kardialen Notfalls umgehend angegangen werden.

Der Erfolg der NIV muss engmaschig und in kurzen Zeitintervallen überwacht und kontrolliert werden (**Tabelle 3**). Bei Zeichen des NIV-Versagens muss die Wahl der NIV als Beatmungsverfahren kritisch reflektiert und ggf. auf eine invasive Beatmung mittels Endotrachealtubus bzw. EGA gewechselt werden. Allerdings kann durch NIV der Gasaustausch häufig zumindest vorübergehend

stabilisiert werden, so dass eine Atemwegssicherung, sofern dies nach NIV noch notwendig ist, sekundär unter kontrollierten Bedingungen und infolge der NIV ausreichender Präoxygenierung (Bridging-Verfahren), erfolgen kann [165, 166].

Initial kommen gut abdichtende Gesichtsmasken zur Anwendung. Regelmäßig wird eine Positivdruckbeatmung mit inspiratorischer Druckunterstützung angewendet. Folgende Mindestanforderungen an die Einstellungen am Beatmungsgerät sind zu erfüllen: Druckvorgabe, maximaler inspiratorischer positiver Beatmungsdruck  $\geq 30$  cmH<sub>2</sub>O, inspiratorische Flussrate  $\geq 60$  l/min, Backup-Frequenz einstellbar, BiPAP-Modus, max. Atemfrequenz  $\geq 40$ /min, sensibler Flow-Trigger, Diskonnektionsalarm, einstellbares I:E-Verhältnis [82]. Bei anderen Systemen wird der PEEP durch einen hohen Flow und einem speziellen Adapter erreicht (z.B. CPAP Ventil nach Boussignac). Voraussetzung für die Erzeugung eines entsprechenden PEEP und ggf. Leckagekompensation ist dabei ein ausreichend hoher Gasfluss von 15 l/min [27].

## 10. Gesichtsmaskenbeatmung

Die Maskenbeatmung ist eine weltweit verbreitete Technik, die regelmäßig zur Ventilation und Oxygenierung von Notfallpatienten eingesetzt wird. Über ein Beatmungsbeutel-Masken-System kann sowohl eine assistierte als auch eine kontrollierte Beatmung durchgeführt werden [159]. Ein hoher Sauerstofffluss (bis 15 l O<sub>2</sub>/min) gewährleistet neben einer besseren Oxygenierung aufgrund des hohen inspiratorischen Sauerstoffanteils insbesondere auch eine bessere Kompensation der Undichtigkeiten der Gesichtsmaske und einen ausreichenden Druckaufbau, um den Beatmungswiderstand zu überwinden. Eine F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> von 1,0 ist bei Verwendung eines Demand-Ventils zu realisieren.

Wenn aufgrund anatomischer oder pathophysiologischer Gegebenheiten die Maskenbeatmung erschwert oder unmöglich ist, sollte eine Optimierung der Kopfposition des Patienten, das Halten der Maske in der passenden Größe mit zwei Händen (Doppelter C-Griff, ggf. durch einen zweiten Helfer), die Überstreckung des Kopfes (unter Berücksichtigung möglicher HWS-Verletzungen) und das Anheben des Unterkiefers sowie die frühzeitige Einlage eines Oro- (z.B. Guedeltubus) oder Nasopharyngealtubus (z.B. Wendltubus) erfolgen.

Die Maskenbeatmung ist häufig sowohl bei der Durchführung durch Notärzte als auch Rettungsdienstfachpersonal infolge klinischer Unerfahrenheit und mangelndem praktischen Training insuffizient. Dies führt u.a. auch zu einem erhöhten Risiko der Magenbelüftung mit nachfolgender Regurgitation und Aspiration [84, 137], da der erhebliche Abfall des unteren Ösophagusverschlussdrucks und der Compliance der Lungen z.B. bei Eintritt des Kreislaufstillstandes die Verteilung des Atemgases bei Beatmung eines ungesicherten Luftweges während der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) beeinflusst [49]. Dies führt zu einer deutlichen Mehrbelüftung des Magens mit den o.g. Folgen und zu einer zunehmenden Minderbelüftung der Lungen im Sinne eines Circulus vitiosus [170]. Im Extremfall kann eine exzessive Magenbeatmung durch eine Verminderung des venösen Rückstroms deletäre Auswirkungen auf die Hämodynamik haben [108].

Auf der anderen Seite wird häufig ein zu hohes Atemminutenvolumen appliziert (Beatmungsfrequenzen bis zu 40/min). Dies führt vor allem beim Schädelhirntrauma und während der CPR durch eine Verminderung des venösen Rückstroms zu einem niedrigeren Blutfluss und damit einem schlechteren

Behandlungserfolg [4, 34]. Daher sollten bei Verabreichung von Atemzugvolumina mit ca. 400–500 ml (6ml/kg) eine maximale inspiratorische Sauerstoffkonzentration angestrebt werden. Eine weitere Alternative ist der Einsatz eines Beatmungsbeutels mit Spitzendruckbegrenzung, um den Beatmungsspitzenruck zu limitieren und damit die Wahrscheinlichkeit einer lebensgefährlichen Magenbeatmung zu reduzieren [42, 160]. Auch die Verwendung von Beatmungsbeuteln mit niedrigerem Gesamtvolumen (800ml statt 1500ml) könnte einer akzidentellen Hyperventilation vorbeugen.

**Empfehlung:** Bei der Beutel-Masken-Beatmung soll eine Normoventilation angestrebt werden. Es sollte ein Demand-Ventil verwendet werden.

Eine Indikation zur Maskenbeatmung in der Notfallmedizin besteht

- primär vor der endotrachealen Intubation, während diese vorbereitet wird und der Atemstillstand bereits eingesetzt hat,
- nach gescheitertem Intubationsversuch bis weitere Maßnahmen ergriffen werden,
- intermittierend bei kurzzeitiger respiratorischer Insuffizienz (z.B. bei iatrogenen Medikamentenüberdosierung oder kurzen Interventionen),
- immer, wenn eine Beatmung indiziert ist und andere Maßnahmen/Techniken nicht durchgeführt werden können.

## **11. Endotracheale Intubation, Videolaryngoskopie und andere Alternativen**

Die endotracheale Intubation (ETI) unter laryngoskopischer Sicht ist ein weit verbreitetes Verfahren und stellt trotz aller Entwicklungen alternativer Atemweghilfsmittel in den letzten Jahrzehnten weiterhin den Goldstandard in der invasiven Atemwegssicherung dar. Die potentiellen Vorteile gegenüber der Beatmung mittels einer Gesichtsmaske oder eines extraglottischen Atemwegs (EGA) liegen in folgenden Aspekten:

- der Möglichkeit zur Applikation eines höheren inspiratorischen und positiven endexpiratorischen Beatmungsdruckes,
- der niedrigeren Leckage,
- der geringeren Insufflation von Luft in den Magen und der damit verbundenen Induktion eines Circulus vitiosus der Magenbelüftung [169]
- der Möglichkeit der trachealen und bronchialen Absaugung
- der besseren Effektivität einer unterbrechungsfreien Thoraxkompression durch asynchrone Beatmung während der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) sowie
- einem effektiveren Aspirationsschutz.

In großen retrospektiven Studien bei reanimationspflichtigen Patienten zeigte sich bislang die Atemwegssicherung mittels ETI der Anwendung von EGA überlegen [8, 11, 57, 92, 138]. In zwei neuen prospektiven Studien waren die Langzeitergebnisse von ETI und EGA vergleichbar, wenn Paramedics die Atemwegssicherung durchgeführt hatten [7, 164].

Auch bei Patienten mit schwerem Schädelhirntrauma konnte ein genereller Vorteil der Beatmung mittels ETI gegenüber der spontanen Atmung gezeigt werden [35, 37].

### **11.1 Bedeutung des Intubationserfolges im ersten Versuch**

Gerade in Notfallsituationen kann sich die direkte Laryngoskopie auch für erfahrene Anwender unerwartet schwierig gestalten [3, 29, 173] und wiederholte Intubationsversuche bedingen, die zu enoralen, pharyngealen und laryngealen Verletzungen sowie durch die verzögerte Oxygenierung auch zu deutlichen

Abfällen der arteriellen Sauerstoffsättigung führen [10, 61, 98, 101, 103, 174]. Diverse Studien belegen die Zunahme von Komplikationen (z.B. Desaturierung, Fehlintonation, Aspiration, Zahnschaden oder Hypotonie) mit der Zahl der zur endgültigen Atemwegssicherung notwendigen Intubationsversuche. Bereits wenn nur ein zweiter Intubationsversuch nötig wird, ist das Risiko für Komplikationen verdreifacht [91, 95, 119, 126]. Wenn bei der CPR mehrere endotracheale Intubationsversuche benötigt werden, sinkt die Chance für die Wiederherstellung eines Spontankreislaufs (ROSC) [72].

Daher soll besonders für die Atemwegssicherung im Notfall ein möglichst hoher Erfolg im ersten Intubationsversuch angestrebt werden [10, 126]. Dazu können, neben einer guten Ausbildung und eines regelmäßigen Training der Durchführenden, ein standardisiertes Vorgehen im Team, einer sorgfältig durchgeführten Präoxygenierung, der optimalen Lagerung des Patienten sowie einer ausreichend tiefen Narkose unter Einsatz von Muskelrelaxanzien, auch die Videolaryngoskopie beitragen [12, 75].

## **11.2 Videolaryngoskopie**

Für die Videolaryngoskopie in Notfallsituationen, sowohl prähospital als auch in der Notaufnahme, ist eine verbesserte Sicht auf die Stimmbandebene belegt [67, 87]. Für unerfahrene Anwender wird bei elektiven Patienten im OP die Rate an erfolgreichen Intubationen unter Videolaryngoskopie deutlich höher angegeben als für die konventionelle direkte Laryngoskopie [21, 26, 115]. Ein weiterer Vorteil der Videolaryngoskopie scheint auch im Vergleich zur konventionellen Laryngoskopie in der geringeren HWS-Reklination vor allem bei unerkannten Verletzungen der HWS zu liegen [65, 66, 156].

Allerdings fehlen bislang belastbare prospektiv randomisierte Studien, die eine Verbesserung der Intubationserfolge gegenüber der konventionellen direkten Laryngoskopie für die sehr heterogene Gruppe des notfallmedizinischen Personals belegen. Ein weiterer Aspekt ergibt sich aus der fehlenden Vergleichbarkeit der Untersuchungen mit verschiedenen Videolaryngoskopen, denn diese müssen Bauart-bedingt unterschieden werden in solche mit stark gekrümmten Spateln und solche mit Macintosh-(ähnlichen)-Spateln. Des Weiteren können in der Gruppe mit stark gekrümmten (hyperangulierte) Spateln solche mit und ohne Führungskanal für den Tubus unterteilt werden.

Die stark gekrümmten Spatel erlauben ausschließlich eine indirekte videolaryngoskopische Sicht. Eine direkte Laryngoskopie über die Auge-Larynx-Achse ist mit solchen Systemen ausgeschlossen. Dies kann vor allem bei Kontamination der Kamera mit Blut, Speichel oder Erbrochenem die Sicht auf die Stimmbandebene und damit den Intubationserfolg massiv einschränken oder verhindern [74, 83, 127]. Selbst bei uneingeschränktem Bild muss der Tubus der starken Krümmung des Spatels folgen können. Ohne weitere Hilfsmittel ist der Tubus unter Nutzung eines stark gekrümmten Spatels in der Regel nicht tracheal platzierbar. Führungskanäle sollen diese Platzierung in manchen Modellen gewährleisten (Videolaryngoskope mit Führungskanal). Es gibt allerdings derzeit keine klinische Studie, die eine Überlegenheit der Spatel mit Führungskanal zeigt und gleichzeitig wurden verlängerte Intubationszeiten berichtet [74, 80]. Darüber hinaus kommen spezielle Stylets oder vorbiegbare Intubationskatheter zum Einsatz, die der Krümmung des Spatels angepasst vorgebogen werden.

*Empfehlung: Um bei stark gekrümmten Videolaryngoskopspateln ohne Führungskanal den Tubus sicher zu platzieren, sollen Führungsstäbe verwendet werden, deren Krümmung an die Hyperangulation des Spatels angepasst wurde.*

Bei der Nutzung von Videolaryngoskopen mit Macintosh- oder Macintosh-ähnlichen Spateln ist jederzeit parallel zur indirekten videolaryngoskopischen Sicht eine direkte Visualisierung der Stimmbandebene möglich. Sollte die Videolaryngoskopie durch Verschmutzung der Optik beeinträchtigt sein, kann jederzeit ohne das Laryngoskop zu wechseln von der (indirekten) Videolaryngoskopie auf die direkte Laryngoskopie gewechselt und der Tubus unter Sicht platziert werden [67].

Videolaryngoskope sollen nicht nur als Alternative für den schwierigen Atemweg vorgehalten, sondern primär eingesetzt werden. Zwar lassen sich durch den seltenen Einsatz ausschließlich beim schwierigen Atemweg die Kosten (v.a. bei der Nutzung von Geräten mit Einweg-Spateln) geringer halten, jedoch fehlt beim ausschließlichen Einsatz in Situationen, in denen bereits konventionelle Intubationsversuche unter direkter Laryngoskopie gescheitert sind, die Routine im Umgang mit dem Videolaryngoskop. Zudem würde die ausschließliche Nutzung von Videolaryngoskopen erst als Alternative nach gescheiterter direkter Laryngoskopie lediglich den Algorithmus bis zur definitiven Atemwegssicherung verlängern und damit das Hypoxierisiko erhöhen. Vor diesem Hintergrund sollen

Videolaryngoskope im Notfall nicht nur als Alternative beim unerwartet schwierigen Atemweg vorgehalten, sondern grundsätzlich primär mit dem ersten Intubationsversuch eingesetzt werden.

*Empfehlung:* Zur Optimierung der Einstellbarkeit der Stimmbandebene und des Intubationserfolges im ersten Versuch soll primär ein Videolaryngoskop mit Macintosh-ähnlichem Spatel zur endotrachealen Intubation eingesetzt werden.

*Empfehlung:* Hyperangulierte Spatel können zusätzlich durch den geübten Anwender in besonders schwierigen Situationen verwendet werden.

### **11.3 Durchführung der ETI**

Nach sorgfältiger Präoxygenierung soll die ETI in verbesserter Jackson-Position und wenn möglich mit Oberkörperhochlagerung des Patienten durchgeführt werden. Dies verbessert die Einstellbarkeit der Stimmbandebene, reduziert das Auftreten von Hypoxämien und führt zu einem höheren Intubationserfolg im ersten Versuch, sowie zu einer geringeren Häufigkeit von schwierigen Atemwegssituationen [71, 157].

*Empfehlung:* Die optimale Oberkörperhochlagerung und verbesserte Jackson-Position des zu intubierenden Patienten sollen unter Berücksichtigung von Kontraindikationen angewendet werden, wenn es die Umgebungsbedingungen ermöglichen.

Es sollten maximal zwei videolaryngoskopische Intubationsversuche mit jeweils max. 30 Sek. Dauer unternommen werden. Während der CPR sollen die Thoraxkompressionen nicht länger als 5 Sekunden für die Atemwegssicherung unterbrochen werden [134]. Bei initial noch spontan atmenden Patienten wird im Sinne einer Rapid-Sequence-Induction (RSI) unter Einsatz von Muskelrelaxanzien primär auf die Maskenbeatmung verzichtet. Die routinemäßige Anwendung des Krikoiddrucks zur Aspirationsprophylaxe (Manöver nach Sellick) kann wegen der nicht nachgewiesenen Effektivität, der möglichen Verschlechterung der Sicht auf die Stimmbänder, der möglichen Provokation von Regurgitationen und der schlechten Standardisierung in der Durchführung nicht mehr empfohlen werden [22, 46, 136, 147]. Der Tubus sollte unmittelbar nach Passage der Stimmbandebene geblockt werden. Bei Traumapatienten sollte bis zum Moment der Atemwegssicherung ein HWS-Immobilisationskragen angelegt werden. Anschließend wird der ventrale Anteil des Kragens unter manueller Inline-Stabilisierung durch einen Helfer geöffnet. Nach Abschluss der

Atemwegssicherung wird die Immobilisation fortgesetzt [12]. Zwischen zwei Intubationsversuchen kommt die optimierte Maskenbeatmung zur Anwendung, wobei der inspiratorische Atemwegsdruck möglichst < 15 mbar gehalten werden soll [23]. **Tabelle 4** gibt eine Übersicht über Maßnahmen, die zur Verbesserung der Intubationsbedingungen ergriffen werden können.

#### **11.4 Komplikationen der ETI**

Tabelle 5 stellt die zahlreichen Patienten- oder Umgebungsfaktoren dar, die die Durchführung der ETI unter den prähospitalen Notfallbedingungen erheblich erschweren können. Die Inzidenz der schwierigen Intubation wird um den Faktor 20 erhöht angegeben [25]. Auch wenn in anästhesiologisch besetzten Notarztsystemen eine Erfolgsrate der ETI zwischen 98 und 100% angegeben wird, wird von diesen Notärzten eine schwierige Laryngoskopie (Cormack-Lehane Grade III und IV) bis zu 20% angegeben und die prähospitale ETI in 15% aller Fälle als schwierig eingestuft [60, 140, 151]. Studien zeigen eine Rate an unerkannten ösophagealen Intubation in bis zu 25%, und weitere Studien, dass die 24 h Letalität von ca. 10% bei korrekt intubierten auf 70-90% bei fehlintubierten Patienten steigt [69, 132, 154, 172].

Die notwendige Anzahl, die zum Erlernen der ETI unter elektiven, kontrollierten und supervidierten Bedingungen im OP an Patienten mit ASA-Status  $\leq 2$  ohne Prädiktoren des schwierigen Atemweges notwendig ist, beträgt weit über 50 Anwendungen, um einen Intubationserfolg von mindestens 90% zu erzielen [25]. Zu der Anzahl der ETI, die notwendig sind, um unter den erschwerten prähospitalen Bedingungen beim Notfallpatienten eine ausreichend hohe Erfolgswahrscheinlichkeit zu erzielen, liegen keine Daten vor. Es ist davon auszugehen, dass diese Anzahl um ein vielfaches höher liegt verglichen mit den ETI unter elektiven innerklinischen Bedingungen.

In Abwägung zwischen einer notwendigen und einer derzeit umsetzbaren Mindestanforderung wird nachfolgendes Vorgehen empfohlen:

*Empfehlung: Die endotracheale Intubation soll nur dann angewendet werden, wenn am Patienten mindestens 100 Intubationen zum Erlernen der Technik unter Aufsicht durchgeführt und dokumentiert sowie nachfolgend mindestens 10 ETI pro Jahr durchgeführt wurden.*

Ausbildungskonzepte sollen zum Ziel haben, die Mindestanzahl von 100 ETI zwingend zu erreichen und perspektivisch diese Anzahl *deutlich* zu erhöhen.

Extraglottische Atemwege sollen immer dann primär verwendet werden, wenn keine genügende Erfolgsaussicht für die ETI besteht und/ oder diesbezüglich kein ausreichendes Training vorhanden ist.

## **12. Extraglottische Atemwege**

Unter dem Begriff extraglottische Atemwege werden alle Ventilationshilfen zusammengefasst, die ein Offenhalten der Atemwege im Bereich des Oropharynx und proximalen Ösophagus gewährleisten, aber außerhalb der Glottis liegen.

### **12.1 Potentielle Vorteile der Anwendung von EGA**

Die Beatmung mittels eines EGA hat in der Notfallmedizin gegenüber der Gesichtsmaskenbeatmung den Vorteil einer besseren Effektivität und größer erzielbarer Tidalvolumina, weniger stark ausgeprägte Mageninsufflation, geringeren Anzahl an Aspirationen und der Möglichkeit der maschinellen Beatmung [137]. Im Atemwegsmanagement unerfahrene Anwender (Laien) konnten mittels verschiedener Versionen von SGA Patienten unter kontrollierten Bedingungen im OP erfolgreicher im Vergleich zur Gesichtsmaske beatmen [123, 153].

Gegenüber der ETI ist die Anzahl der EGA Anwendungen am Patienten geringer die zum Erlernen der Technik notwendig ist [153]. Zudem ist der Erhalt theoretischer und praktischer Aspekte nachhaltiger [121, 141]. Ein EGA soll primär eingesetzt werden, wenn während der Ausbildung im Atemwegsmanagement keine ausreichende Erfahrung in der ETI erreicht werden kann (100 ETI). Außerdem sind die Prädiktoren der schwierigen Maskenbeatmung oder der schwierigen Laryngoskopie häufig keine Prädiktoren der schwierigen Einlage eines EGA, so dass diese auch eine wertvolle Alternative für den in der ETI Erfahrenen darstellen können [24]. Ferner geben Simulationsstudien zur Reanimation Hinweise darauf, dass die Zeit der Unterbrechung der Thoraxkompressionen, die für die Sicherung der Atemwege unter Verwendung eines EGA benötigt wird, niedriger ist als bei der ETI [120].

*Empfehlung:* Der Einsatz von extraglottischen Atemwegen soll als primäre Strategie erfolgen, wenn durch den Anwender keine ausreichende Erfahrung in der endotrachealen Intubation vorliegt oder andere Gründe die ETI erheblich erschweren und als sekundäre Strategie, wenn eine endotracheale Intubation auch bei erfahrenen Anwendern misslingt.

### **12.2 Einteilung der EGA**

Bei den EGA müssen grundsätzlich zwei Gruppen unterschieden werden: die Gruppe vom Larynxmaskentyp (LMA) mit aufblasbarem oder festem Cuff, die als

supraglottische Atemwegshilfen bezeichnet werden, und die Gruppe der ösophagealen Verschlusstuben.

Während die supraglottischen Atemwegshilfen die Abdichtung zur Trachea durch einen Cuff um den laryngealen Eingang erzielen, ermöglichen die ösophagealen Verschlusstuben eine Beatmung durch eine Ventilationsöffnung zwischen zwei Cuffs im pharyngealen und ösophagealen Bereich. Weiterhin kann zwischen der ersten und zweiten Generation der EGA unterschieden werden: Während die EGA der ersten Generation lediglich eine Beatmung gestatten, ist mit der zweiten Generation auch die Einlage einer Magensonde möglich. Die Einführung einer Magensonde führt zu einer Entlastung des gastralen Druckes und Inhalts und damit zu einem potentiell niedrigerem Regurgitations- und Aspirationsrisiko [30]. Außerdem kann für einige Larynxmasken mit Drainagekanal durch verschiedene Tests eine sichere Lagekontrolle mit Sitz der Spitze in der Postkrikoidregion erfolgen. Zu diesen obligatorisch durchzuführenden Tests zählen die optische Kontrolle der ausreichenden Insertionstiefe, der Magen-Leckage Test („Bubble“-Test) und die widerstandsfreie Einlage einer Magensonde (**Tabelle 6**) [124, 143, 145]. Der positive Jugulum-Test (Supra-Sternal-Notch-Test) kann zusätzlich Hinweise auf die korrekte Lage geben. Diese Tests sind bislang nur für EGA vom LMA-Typ der 2. Generation beschrieben worden. Ergänzend ist die Kapnographie bei jedem Typ der EGA obligat anzuwenden.

**Empfehlung:** Für das prähospitale Atemwegsmanagement sollen wegen der Möglichkeit der Einlage einer Magensonde EGA der 2. Generation verwendet werden.

**Empfehlung:** Bei der Verwendung von Larynxmasken der 2. Generation sollen Lagetests durchgeführt werden.

Eine Sonderstellung nehmen hierbei die EGA ein, die für die „blinde“ oder endoskopisch geführte Intubation entwickelt wurden. Die EGA dieses Typs haben somit den potentiellen Vorteil, dass neben den Vorzügen einer EGA Anwendung auch die Möglichkeit besteht, die ETI durchzuführen und damit wieder den Goldstandard der Atemwegssicherung herzustellen [9, 106, 153]. Zu beachten ist, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit der nicht endoskopisch geführten (sogenannten „blinden“) Intubation stark von dem verwendeten Art der EGA und der Expertise des Anwenders abhängig ist und somit von 15% bis 98% variieren kann [144]. Daher sollte ein Intubationsversuch ohne Endoskop über eine LMA

nur dann erwogen werden, wenn die Expertise durch den Anwender gegeben ist, die Prähospitalzeit dadurch nicht wesentlich verlängert wird und ein Atemwegsinstrument eingesetzt wird, das bei korrekter Anwendung eine hohe Erfolgsrate besitzt.

### 12.3 Studienlage

Während Fallberichte oder zum Teil große Fallserien zu EGA für die prähospitale Anwendung publiziert wurden, existieren derzeit nicht genügend prospektiv randomisierte kontrollierte prähospitale Daten, die einen Vorteil einer spezifischen EGA belegen [142]. Eine Metaanalyse bestehender Daten aus randomisierten kontrollierten Studien zeigte keinen Vorteil für den Insertionserfolg im ersten Versuch eines EGA vom LMA-Typ im Vergleich zu ösophagealen Verschlusstypen. Erst bei Betrachtung des Insertionserfolges bei allen Versuchen war der LMA-Typ dem ösophagealen Verschlusstyp überlegen [15].

Evaluationen an Ausbildungskrankenhäusern und NEF-/RTW-Standorten legen nahe, dass in 80% die innerklinische Ausbildungen mit EGA vom LMA-Typ erfolgen, aber prähospital in 80% der Standorte ösophageale Verschlusstuben vorgehalten und eingesetzt werden [104]. Es stellt sich die Frage, ob die in der Klinik mittels der Anwendungen von am LMA-Typ gewonnenen Kompetenz 1:1 auf die prähospitale Anwendung ösophagealer Verschlusstypen übertragen werden kann und umgekehrt. Aus wissenschaftlicher Sicht sollte daher ein Crossover-Vergleich zwischen dem Lernerfolg bei EGA-Insertion mittels LMA-Typ und nachfolgendem Wechsel und Lernerfolgskontrolle mit ösophagealen Verschlusstypen und die inverse Durchführung stattfinden und damit die aktuelle Realität auf Tauglichkeit strukturiert untersucht werden.

**Empfehlung:** Prähospital soll diejenige extraglottische Atemwegshilfe vorgehalten werden, die mehrheitlich in einem Rettungsdienstbereich in der Klinik zum Training Anwendung findet. Die Entscheidung, welche extraglottische Atemwegshilfe verwendet wird, soll von den örtlichen Gegebenheiten und Trainingsmöglichkeiten am Patienten in elektiven Situationen abhängig gemacht werden. Hierzu ist eine engmaschige Kommunikation zwischen den Organisationsverantwortlichen des Rettungsdienstes und denen der Anästhesieabteilungen der ausbildenden Kliniken unabdingbar.

Die genaue Anzahl, die zum Erlernen der Einlagetechnik eines EGA unter kontrollierten Bedingungen im OP erforderlich ist, wurde bislang kaum untersucht. Bei Weiterbildungsassistenten der Anästhesiologie im ersten Jahr wurde ein wesentlicher Lernzuwachs bei EGAs vom LMA-Typ bei den ersten 40 Anwendungen beobachtet [94]. In Abwägung zwischen der praktischen Umsetzbarkeit der klinischen Ausbildung und dem zu fordernden Mindestmaß an klinischer Erfahrung wurde in Anlehnung an den Pyramidenprozess zur Qualifikation von Notfallsanitätern die Mindestanzahl von 45 EGA Einlagen am Patienten unter kontrollierten klinischen Bedingungen und Supervision empfohlen [85]. Die tatsächlich notwendige Anzahl an Anwendungen zur sicheren Handhabung von EGA in der prähospitalen Notfallsituation liegt wahrscheinlich wesentlich höher.

**Empfehlung:** Die Anwendung von mindestens 45 Einlagen extraglottischer Atemwege soll an Patienten unter kontrollierten Bedingungen und Anleitung zum Erlernen der Technik erfolgen. Die Anwendung soll mindestens dreimal jährlich wiederholt werden. Ein Training am Übungsphantom allein ist nicht ausreichend.

Untersuchungen haben mittlerweile Komplikationen und Probleme mit ösophagealen Verschlusstypen während und nach prähospitaler Anwendung aufgezeigt und zu einer deutlichen Vigilanzzunahme hinsichtlich der assoziierten Probleme geführt [15]. Häufig berichtet wurden Zungenschwellungen, endotracheale Fehllagen, Malpositionierungen und Mageninsufflationen, die einerseits bauartbedingt begünstigt, andererseits aber auch durch Anwenderfehler verursacht sein können [13, 128]. Einige der berichteten Komplikationen könnten mit einem zu hohen Cuffdruck assoziiert sein. Daher soll der Cuffdruck gemessen werden und 60 cmH<sub>2</sub>O nicht überschreiten [79, 128].

**Empfehlung:** Rettungs- und Notarztsysteme sollten strukturierte und regelmäßige Fortbildungsveranstaltungen mit dem Hinweis auf die Anwender-assoziierten Probleme und Komplikationen bei Verwendung von extraglottischen Atemwegshilfen durchführen.

**Empfehlung:** Bei Verwendung von extraglottischen Atemwegshilfen soll der Cuffdruck 60 cmH<sub>2</sub>O nicht übersteigen.

EGA sollen zeitnah, in der Regel bei Aufnahme in der Klinik durch einen endotrachealen Tubus ersetzt werden [11, 13]. Da die Atemwege insbesondere durch die Verwendung eines ösophagealen Verschlusstubus verändert werden

können, muss eine schwierige Intubation erwartet werden. Die Atemwegssicherung soll daher von einem erfahrenen Anwender unter Anwendung alternativen Techniken zur Laryngoskopie (z.B. Videolaryngoskopie) durchgeführt werden. Die flexible optische Intubation durch den EGA muss ggf. unter Verwendung eines Umintubationskatheters durchgeführt werden [40, 73, 129].

In den bislang vorliegenden großen Fallserien, retro- und prospektive Studien mit Patienten im Herzkreislaufstillstand, die von Ärzten oder Rettungsdienstpersonal mit einem EGA versorgt wurden, kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich dem Vergleich mit der Maskenbeatmung und der endotrachealen Intubation. Einerseits hatten Patienten, die mit einem EGA versorgt wurden, sowohl gegenüber der Maskenbeatmung, als auch gegenüber dem endotrachealen Tubus eine geringere Wahrscheinlichkeit einen Spontankreislauf (ROSC) zu erlangen, eine niedrigere 30 Tage Krankenhausentlassungsrate und ein schlechteres neurologologisches Behandlungsergebnis [8, 11, 57, 92, 138]. Andererseits konnten in zwei neueren prospektiven Studien in Paramedic-basierten Systemen bei Anwendung eines ösophagealen Verschlusstubus [164] oder eines SGA [7] hinsichtlich der o.g. Parameter gleiche oder bessere Ergebnisse erzielt werden. Diese beiden Studien müssen hinsichtlich der Übertragbarkeit auf das deutsche Rettungssystem kritisch beurteilt werden, da die Erfolgsrate der Intubation deutlich geringer war im Vergleich zu notarztbesetzten prähospitalen Systemen [60, 151].

Ob die insbesondere schlechteren Ergebnissen an der Bauweise der EGA an sich, der mangelnden klinischen Ausbildung und Problembewusstsein, der ggf. nicht durchgeführten Korrektur der Fehllagen oder an Unterschieden innerhalb der Gruppe der verwendeten EGA liegt, kann derzeit nicht sicher beurteilt werden. Für die Versorgung von Kindern, insbesondere unter 10 kg, wird nur die Verwendung des EGA vom LMA-Typ empfohlen [70].

## 13. Notfallkoniotomie

Die Notfallkoniotomie steht am Ende des Algorithmus zum Atemwegsmanagement als Ultima ratio“ einer „can´t intubate can´t oxygenate Situation, kann aber auch primär zum Einsatz kommen, beispielsweise bei einer Obstruktion der oberen Atemwege oder der Glottis. Hierbei werden das Ligamentum cricothyroideum durchtrennt und eine Kanüle oder ein Tubus unterhalb der Glottisebene in den Atemweg eingeführt. Es wird zwischen drei prinzipiellen Techniken unterschieden:

**1. „Catheter-over-needle technique“:** Hierbei erfolgt die Kanülierung des Atemweges analog der Anlage einer Venenverweilkanüle. Auf einem Stahlmandrin ist eine Kanüle mit einem Innendurchmesser zwischen 1,5 - 6,0 mm aufgezogen. Nach erfolgreicher Passage des Ligamentum cricothyroideum wird der Mandrin entfernt und die Kanüle verbleibt in der Trachea.

**2. „Seldinger Technik“:** Mit einer Kanüle wird durch das Ligamentum cricothyroideum der Atemweg punktiert, ein Führungsdraht eingelegt, das Gewebe aufdilatiert und dann eine Trachealkanüle eingebracht.

**3. „Chirurgische Notfallkoniotomie“:** Mithilfe eines Skalpells wird das Ligamentum cricothyroideum durchtrennt, Schild- und Ringknorpel z.B. mittels eines Spekulum auseinandergedrängt und eine Kanüle oder ein dünner Endotrachealtubus in den Atemweg eingelegt. Im Gegensatz zu den beiden anderen Techniken erfordert die chirurgische Notfallkoniotomie keine speziellen, vorgefertigten Sets, auch wenn diese kommerziell erhältlich sind.

Zur bevorzugten Technik gibt es aufgrund der Tatsache, dass keine randomisierten klinischen Studien existieren, lediglich in den Leitlinien verschiedener Fachgesellschaften konsentiertere Expertenmeinungen. Während die DGAI sowie die American Society of Anesthesiologists (ASA) den chirurgischen und perkutanen Techniken einen identischen Stellenwert einräumen [2, 113], empfiehlt die britische Difficult Airway Society (DAS) ausschließlich die klassische chirurgische Technik [48]. Letztere wird auch von der Scandinavian Society of Anaesthesiology and Intensive Care Medicine (SSAI) für die prähospitale Notfallsituation empfohlen, es sei denn, der Anwender verfügt über ein „regelmäßiges und intensives Training“ mit Sets zur Notfallkoniotomie [118].

Eine gefürchtete Komplikation bei der Durchführung einer Notfallkoniotomie ist das Versagen der Technik und damit das Unvermögen, zeitgerecht eine adäquate Oxygenierung herzustellen. Dies hätte eine schwere Hypoxie und ggf. den Tod des Patienten zur Folge. Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Durchführung einer Notfallkoniotomie ist ein sicheres Erlernen der jeweiligen Technik und ein regelmäßiges Wiederholungstraining, wobei in einem subjektiven Vergleich verschiedener Trainingsmodelle die Probanden eindeutig das Tiermodell gegenüber einem Trainingsphantom bevorzugten [28]. Auch Trainingssituationen am Leichenpräparat haben sich bewährt, sind aber flächendeckend schwierig umzusetzen und benötigen die gute Kooperation zu einem Anatomischen Institut [14].

Bei der retrospektiven Betrachtung von „can't intubate – can't oxygenate“ Situationen wurde die Entscheidung zur Notfallkoniotomie häufig zu spät oder nicht getroffen. Die Gründe für die zögerliche Entscheidung liegen oftmals in der klinischen Fehleinschätzung der Situation und der Furcht, mit der invasiven Maßnahme „Notfallkoniotomie“ mehr Schaden als Nutzen zu verursachen. Eine weitere Erklärung könnte sein, dass ein Verfahren in der Notfallsituation zur Anwendung kommt, mit dem die meisten Anwender keine Erfahrung in der jeweiligen Situation haben [31, 112, 149]. Da häufig bereits die Identifikation des Ligamentum cricothyroideum Schwierigkeiten bereitet und die Bereitschaft zur Punktion oder Inzision sehr niedrig ist, könnte eine regelmäßige Anwendung der transkrikoidalen Anästhesie zu mehr Sicherheit im Umgang mit dem Verfahren führen. Diese kann beispielsweise im Rahmen der flexiblen optischen Wachintubation regelhaft unter kontrollierten Bedingungen komplikationsarm durchgeführt werden [58]. Die Sonographie stellt eine zuverlässige Methode zur Darstellung des Ligamentum cricothyroideum dar [81]. Die Methode steht aber prähospital nur eingeschränkt zur Verfügung. Direkte Oxygenierungsverfahren der „Catheter-over-needle technique“ mittels Jetventilation oder transtracheale Ventilation mittels expiratorisch kontrollierter Ejektionsverfahren sollten denjenigen Anwendern vorbehalten bleiben, die über entsprechende Erfahrung mit dem Verfahren verfügen, bieten keinen Aspirationsschutz und beinhalten die Gefahr eines Barotraumas bei Obstruktion der oberen Atemwege, insbesondere bei der klassischen Jetventilation.

Die Notfallkoniotomie stellt immer nur eine temporäre Notfallmaßnahme dar und soll zeitnah durch eine endotracheale Intubation oder aber Tracheotomie ersetzt

werden, um Komplikationen wie eine subglottische Stenosen durch Druckschädigung des Ringknorpels zu vermeiden.

**Empfehlung:** Für die zeitgerechte und erfolgreiche Durchführung der Notfallkoniotomie am Patienten soll der Anwender mit der für den Rettungsdienstbereich ausgewählten Technik unter bestmöglichen Bedingungen ausgebildet werden.

Empfehlung: Die Anwendung der ausgewählten Technik soll regelmäßig in vitro trainiert und diese Technik soll auf den Rettungsmitteln vorgehalten werden.

**Empfehlung:** Nach durchgeführter Notfallkoniotomie soll die Beatmung immer mithilfe der Kapnografie überwacht werden.

## 14. Maßnahmen nach Atemwegssicherung

Nach der Sicherung der Atemwege muss unmittelbar die Lagekontrolle des Endotrachealtubus oder des EGA erfolgen. Nach der derzeit gültigen DIN EN 1789:2014-12 muss auf allen Krankenkraftwagentypen C („Rettungswagen“) eine Kapnometrie verfügbar sein [1].

Zu den alternativen Verfahren gehören neben Visualisierung der korrekten Tubuslage per direkter Laryngoskopie oder Videolaryngoskopie, die „Self-Inflating-Bulb“, die Thoraximpedanzmessung oder sonographische Kontrolle [33, 76, 78, 139].

Empfehlung: Nach invasiver Atemwegssicherung soll bei allen Patienten obligat neben der Auskultation auch die Kapnografie unmittelbar angewendet werden.

Empfehlung: Da die expiratorische Kohlendioxidmessung im Rahmen der Reanimation falsch negativ sein kann, sollte die Lage der Atemwegshilfe bei fehlendem Kohlendioxidssignal mit einem zweiten zuverlässigen Verfahren verifiziert werden.

Die kontinuierliche expiratorische CO<sub>2</sub>-Messung soll während der weiteren Versorgung des Patienten und des Transports mittels einer Kapnografie erfolgen [62]. **Tabelle 7** gibt eine Übersicht über die diagnostischen Möglichkeiten, die sich aus der kontinuierlichen Kapnografie ergeben. Einige Systeme ermöglichen auch die Anwendung der Kapnografie bei spontan atmenden Patienten ohne Atemwegssicherung. Diese Systeme können bei Patienten mit neurologischem Defizit, eingeschränkter pulmonaler Funktion oder nach Analgosedierung eingesetzt werden [146].

Im Rahmen der prähospitalen Beatmung müssen Phasen der Hypo- und Hyperventilation vermieden werden. Zu beachten ist, dass der endtidale pCO<sub>2</sub> beispielsweise im Rahmen von schweren Thoraxverletzungen, Hypotensionen und hohem Blutverlust vom arteriellen CO<sub>2</sub> Partialdruck (paCO<sub>2</sub>) deutlich abweichen kann [64, 110, 122]. Der gemessene Wert ist daher im klinischen Kontext und im Verlauf zu interpretieren. Auch bei Patienten mit Schädelhirntrauma wird eine Normoventilation empfohlen. Einzige Ausnahme stellt das schwere Schädelhirntrauma mit Zeichen der Einklemmung des Hirnstammes dar. Hier kann eine moderate Hyperventilation sinnvoll sein. Eine prolongierte prophylaktische Hyperventilation mit niedrigen paCO<sub>2</sub>-Werten wird hingegen nicht empfohlen [17].

Empfehlung: Bei der Beatmung soll eine Normoventilation angestrebt und so angepasst werden, dass der endtidale Kohlendioxidwert 35 - 40 mmHg entspricht.

Neben der CO<sub>2</sub>-Messung soll bei jedem beatmeten Patienten die kontinuierliche Überwachung der Oxygenierung mithilfe peripherer Pulsoxymetrie erfolgen. Ziel der Pulsoxymetrie sind das Erkennen und die Therapieüberwachung einer Hypoxämie.

Empfehlung: Die Oxygenierung soll mittels der Pulsoxymetrie überwacht und entsprechend angepasst werden.

Die Applikation eines positiven endexpiratorischen Drucks (PEEP) von 4-8 mbar sollte bei allen endotracheal intubierten Patienten erfolgen [133]. Eine Ausnahme bildet hier die Durchführung einer Defibrillation, bei der die Applikation eines PEEP die transthorakale Impedanz erhöht. Für andere Krankheitsbilder (z.B. akutes Lungenödem, Ertrinkungsunfall) werden zur verbesserten Oxygenierung höhere PEEP-Werte empfohlen. Ebenfalls kann ein erhöhter PEEP nach korrekter Platzierung eines EGA mit gastral Drainagemöglichkeit appliziert werden. Bei Verwendung eines EGA ohne Drainagemöglichkeit sollte auf einen PEEP-Wert über 5 mbar hingegen verzichtet werden.

Im Rahmen spezieller Situationen, wie beispielsweise dem Tauchunfall, soll eine möglichst hohe inspiratorische Sauerstoffkonzentration eingestellt werden [114]. In anderen Situationen, wie z.B. in der Postreanimationsphase wird eine arterielle Sauerstoffsättigung von 94-98% angestrebt um eine Hyperoxämie zu vermeiden, da dies das neurologische Behandlungsergebnis negativ beeinflussen kann.

Da die manuelle Beatmung oftmals zu unnötig hohen Tidalvolumina und zu hohen Beatmungsfrequenzen führt, sollte eine lungenprotektive maschinelle Beatmung mit einem Tidalvolumen von 6-8 ml/kgKG angestrebt werden [41]. Insbesondere bei druckkontrollierten Beatmungsformen muss auch auf ein ausreichendes expiratorisches Minutenvolumen geachtet werden. Zur Vermeidung von Barotraumata sollte ein Plateaudruck über 30 mbar vermieden werden. Daher sollten Beatmungsgeräte verwendet werden, bei denen mindestens eine Drucklimitierung eingestellt und das Tidalvolumen (alternativ auch das Atemminutenvolumen) abgelesen werden kann. Die initiale

Beatmungsfrequenz soll bei Erwachsenen 10-15/min betragen und nach gemessenem  $e_t\text{pCO}_2$  angepasst werden.

Empfehlung: Der maschinellen Beatmung sollte im Vergleich zur manuellen Beatmung per Beatmungsbeutel der Vorrang gegeben werden.

## 15. Besonderheiten bei Kindern

In Deutschland betreffen etwa 3-10% aller Notarzteinsätze Kinder. Hierbei sind luftgebundene Rettungsmittel etwas häufiger als bodengebundene betroffen [44, 59, 130]. Die große Mehrzahl aller Einsätze wird von Notfallteams versorgt, die nicht auf Kinder spezialisiert sind und daher wenig Erfahrung in der Behandlung von kritisch kranken oder verletzten Kindern haben.

Mehr als 80% aller präklinisch versorgten Kindernotfälle lassen sich in drei große Gruppen gliedern: akute Atemstörungen, akute neurologische Störungen und Traumata [44, 100, 130]. Das Management von Atemwegen, Atmung und Beatmung ist daher generell von hoher Relevanz bei prähospitalen Kindernotfällen.

Reduzierte Sauerstoffreserven, erhöhter Sauerstoffverbrauch und zur Obstruktion neigende Atemwege führen insbesondere bei kleinen Kindern im Notfall rasant zur Hypoxie mit konsekutiver Myokarddepression und Bradykardie. Eine primäre oder sekundäre Hypoxie stellt die mit Abstand häufigste Ursache eines Kreislaufstillstands im Kindesalter dar [90]. Entsprechend kommt der Öffnung bzw. Freihaltung der Atemwege, der Oxygenierung und ggf. der adäquaten Ventilation oberste Priorität zu..

Traditionell gilt die ETI auch bei Kindern als Goldstandard der definitiven Atemwegssicherung [90]. Allerdings ist sie gerade bei Kindern eine prähospital relativ selten durchgeführte Maßnahme, so dass die dazu notwendige Expertise regelhaft nicht vorhanden ist [52, 53]. Somit stellt sich nicht nur die Frage ob, sondern vielmehr wann, wo und durch wen die ETI bei einem Kindernotfall am sinnvollsten durchgeführt werden soll.

Diese Leitlinie gilt nicht für die Versorgung von Früh- und Neugeborenen in der Perinatalperiode.

### 15.1 Sauerstoffgabe

Die Vermeidung einer potentiell lebensbedrohlichen Hypoxie steht bei der Versorgung von Kindernotfällen an erster Stelle.

*Empfehlung: Bei allen primär oder sekundär respiratorischen Kindernotfällen soll eine frühzeitige und hochdosierte Sauerstoffgabe erfolgen.*

Da Säuglinge und Kleinkinder Gesichtsmasken oder O<sub>2</sub>-Brillen oft als bedrohlich empfinden, kann es sinnvoll sein, zunächst eine geeignete Sauerstoffquelle durch eine Bezugsperson vorzuhalten. Da die damit applizierte, effektive Sauerstoffkonzentration unklar ist, benötigt man in jedem Fall einen großzügigen Überschussfluss (bis 15 l/min). Falls eine hohe F<sub>I</sub>O<sub>2</sub> (> 0,6) appliziert werden soll, erfordert dies einen möglichst dichten Schluss zwischen Sauerstoffmaske und Gesicht des Kindes. Hierzu eignen sich v.a. die auch in Kindergröße erhältlichen Masken mit angeschlossenem Reservoir.

## 15.2 Medikamentenvernebelung

Durch die Vernebelung von Medikamenten über eine Verneblermaske kann bei respiratorischer Insuffizienz rasch ein zielgerichteter und nebenwirkungsarmer Effekt erzielt werden. Obwohl auch die Anwendung eines Dosieraerosols ggf. mit Spacer und Gesichtsmaske möglich ist, sollte die Applikation mittels Verneblermaske in der Notfallsituation bevorzugt werden, da sie eine gleichzeitige Sauerstoffgabe ermöglicht und aufgrund des hohen Sauerstoffflusses potentiell effektiver und von der Mitarbeit des Patienten unabhängig ist.

Bei Bronchospastik sollte ein kurzwirksames Beta-2-Mimetikum appliziert werden, ggf. in Kombination mit einem Anticholinergikum. Wegen der großen therapeutischen Breite bei Kindern und der Abhängigkeit der Wirkstoffaufnahme vom jeweiligen Atemminutenvolumen kann ein einfaches Dosierschema angewendet werden (Salbutamol-Fertiginhalat 2,5 mg/5 ml, altersunabhängig) [161].

Bei akuten Obstruktionen der extrapulmonalen Atemwege, insbesondere beim Krupp-Syndrom, sollte Adrenalin (Epinephrin) vernebelt werden [55]. Neben dem direkt abschwellenden Effekt durch die Vasokonstriktion der Schleimhaut hat Adrenalin auch eine starke Beta-2-mimetische, bronchodilatatorische Wirkung. Bei differenzialdiagnostischen Problemen oder kombinierter extra- und intrapulmonaler Stenose sollte daher Adrenalin als universales Medikament zur Inhalation eingesetzt werden. Die inhalative Anwendung erfolgt hochdosiert und hochkonzentriert, um eine rasche Wirkung zu erzielen, z.B. Adrenalin (Ampulle) 4 mg / 4 ml pur (altersunabhängig).

Systemische Nebenwirkungen (z.B. Tachykardie, Hypertonie) durch Resorption von Adrenalin sind bei Kindern i.d.R. weniger relevant und durch die kurze Halbwertszeit meist unkritisch. Die Vernebelung von Adrenalin kann sowohl beim Krupp-Syndrom als auch bei Schleimhautschwellungen anderer Ursache (z.B. Insektenstich, Anaphylaxie, Atemwegsinfekt) ggf. auch repetitiv indiziert sein.

### **15.3 Beatmung**

Benötigt ein respiratorisch kompromittiertes Kind eine Atemunterstützung, kommt der optimierten Maskenbeatmung eine besondere Bedeutung zu. Diese ist sowohl eine primäre Maßnahme als auch eine Rückfallebene beim Scheitern der Atemwegssicherung mittels Trachealtubus oder extraglottischem Atemwegshilfsmittel (EGA) [56]. Dabei ist, in Analogie zum Erwachsenen, der Ausbildungs- und Übungsbedarf zur sicheren Anwendung der Maskenbeatmung bzw. der Einlage eines EGA geringer als der zur trachealen Intubation [153]. Zweifelsohne können EGA auch in der Kindernotfallmedizin eine hilfreiche Alternative sein. Hier ist insbesondere die Larynxmaske klinisch etabliert und gut untersucht [20, 70, 117].

### **15.4 Invasive Maßnahmen**

Unter invasiven Maßnahmen des Atemwegsmanagements sind alle Formen der Anwendung eines trachealen, extraglottischen und oropharyngealen (Guedel) Atemwegs zu verstehen. Diesen Maßnahmen ist gemeinsam, dass sie bei Kindern mit einem erhöhten Risiko von Komplikationen einhergehen.

Ein invasives Atemwegsmanagement sollte erwogen werden bei:

- Zunehmender respiratorischer Erschöpfung nach nicht-invasivem Therapieversuch (inkl. Lagerung, Hochflusssauerstoff, Maskenbeatmung)
- Höhergradiger Bewusstseinstörung (z.B. Glasgow-Coma-Scale/GCS  $\leq$  8)
- Traumata im Bereich der oberen Atemwege
- Schwerem Schädel-Hirn-Trauma (GCS  $\leq$  8)
- Anhaltend erniedrigter pulsoxymetrischer Sättigung, trotz adäquater Sauerstofftherapie
- Bei Hypoventilation mit V.a. ausgeprägte Hyperkapnie

Wenn der Verdacht auf eine Verlegung der Atemwege durch Fremdkörper (Bolusaspiration) besteht, sollte initial der Algorithmus Fremdkörperaspiration der ERC-Leitlinien abgearbeitet werden, bevor eine weitere Therapieentscheidung sinnvoll ist [90]. Bei entsprechender Konstellation (V.a. auf supra- oder infraglottischem Fremdkörper und weitergehender Atemwegsexpertise) kann darüber hinaus eine notfallmäßig durchgeführte Laryngoskopie mit evtl. supraglottischer Fremdkörperextraktion mittels Magill-Zange erwogen [47].

### **15.5 Notwendigkeit einer Narkose**

Beim nicht-komatösen Kind ist zur invasiven Sicherung der Atemwege in der Regel eine Allgemeinanästhesie notwendig. Andernfalls besteht die Gefahr der funktionellen Atemwegsverlegung durch Gegenatmung, Abwehrreflexe, Würgen, Laryngo- oder Bronchospasmus. Das bedeutet, dass immer alle Medikamente und Geräte zur Einleitung einer Allgemeinanästhesie vorbereitet werden sollten.

Beim tief komatösen Kind und unter kardiopulmonaler Reanimation entfällt die Narkoseeinleitung. Gleichwohl sollten auch hier ein Hypnotikum und ein Muskelrelaxans bereitgehalten werden, falls die Bewusstseinsstörung geringer als erwartet ist. Bei einem Kind mit respiratorischer Insuffizienz soll die Durchführung von invasiven Maßnahmen des Atemwegsmanagement einschließlich der dafür notwendigen Narkose sorgfältig überprüft werden. Im Zweifel sollen bei Kindern nicht- bzw. weniger invasive Maßnahmen zum Einsatz kommen: Lagerung, Hochfluss-Sauerstoff, Medikamentenvernebelung, optimierte Maskenbeatmung und ggf. ein nasaler Rachentubus.

### **15.6 Präoxygenierung, Narkosevorbereitung und Planung**

Die Narkoseeinleitung erfolgt im Notfall als *kontrollierte* Rapid-Sequence-Induction (RSI) mittels eines in Wahl, Dosis und Titrierung der Kreislaufsituation angepassten Hypnotikums und eines nicht-depolarisierenden Muskelrelaxans sowie mit druckbegrenzter, sanfter Zwischenbeatmung via Gesichtsmaske ( $p_{\max}$  10-15 mbar) und *ohne* Krikoiddruck [102, 131]. Dabei kommt der Zwischenbeatmung eine große und zentrale Bedeutung zu, da Kinder aufgrund des hohen Sauerstoffverbrauchs und der geringeren funktionellen Residualkapazität deutlich stärker durch Hypoxie als durch Aspiration gefährdet sind. Die Relaxierung zur Narkoseeinleitung wird hier dringend empfohlen, da sie

die Bedingungen für Maskenbeatmung, EGA oder ETI erleichtert und zudem das Risiko von Regurgitation und Aspiration vermindert. Die Option der Rückkehr zur Spontanatmung nach Narkoseeinleitung gibt es bei (kleinen) Kindern in der Notfallsituation aufgrund der raschen Hypoxieneigung und der Wirkdauer der Narkosemedikamente de facto nicht.

**Empfehlung:** Vor Einleitung einer Allgemeinanästhesie soll das Kind über eine dichtsitzende Gesichtsmaske effektiv präoxygeniert werden. Ein narkotisiertes oder komatöses Kind sollte bis zur Intubation bzw. alternativen Atemwegssicherung maskenbeatmet werden.

Die Lagerung des Kopfes soll für Maskenbeatmung und Intubation optimiert werden. Hierzu wird ein größenadäquates Polster (z.B. zusammengerolltes Tuch) in den Nacken (oder bei kleinen Säuglingen unter den Rücken) des Kindes gelegt. Dadurch befindet sich der Kopf in Neutralstellung bis leichter Überstreckung [45, 109].

Das Standardmonitoring (EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP) soll durch eine Kapnografie ergänzt werden [146]. Alle erforderlichen Narkosemedikamente sollen in der vereinbarten Konzentration (möglichst unverdünnt, ggf. in 1- oder 2 ml-Spritzen) vorbereitet und verwechslungssicher beschriftet werden (ISO-Norm 26825). Es empfiehlt sich die Anwendung einer Dosierhilfe für die bei Kindernotfällen verwendeten Medikamente. Eine leistungsfähige Absaugpumpe mit einem dicklumigen Absaugkatheter soll einsatzklar bereitgehalten werden. Zur Sicherheit sollte unmittelbar vor Narkoseeinleitung das beabsichtigte Vorgehen nochmals stichpunktartig zwischen den Beteiligten abgesprochen werden. Für die anschließende maschinelle Beatmung stellt Tabelle 8 eine Grundeinstellung für Kinder dar.

**Empfehlung:** Bei der Narkoseeinleitung des Kindes soll das Standardmonitoring (EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP) um die Kapnographie ergänzt werden. Alle erforderlichen Medikamente sollen in der vereinbarten Konzentration vorbereitet und verwechslungssicher beschriftet werden.

**Empfehlung:** Bei der kontrollierten Rapid-Sequence-Induction (RSI) eines Kindes soll eine druckkontrollierte (p<sub>max</sub> 10-15 mbar) Zwischenbeatmung über eine Gesichtsmaske durchgeführt werden

**Empfehlung:** Bei der Narkoseeinleitung von Kindern soll zur Durchführung der trachealen Intubation eine Muskelrelaxierung durchgeführt werden.

## 15.7 Auswahl der geeigneten Atemwegssicherung

Die Planung der Atemwegssicherung bei Kindern hängt von der Teamkompetenz und -routine sowie von der situativen Risikokonstellation ab. Es gibt nach wie vor keine eindeutige Evidenz, gemäß der die Kriterien zur prähospitalen endotrachealen Intubation von Kindern einheitlich definiert sind [86, 90]. Unter Zugrundelegung der Daten aus europäischen notärztlichen Studien kann eine prähospitale tracheale Intubation von kritisch kranken oder verletzten Kindern grundsätzlich erwogen werden, wenn

- Atemwege und/oder Atmung maßgeblich beeinträchtigt oder bedroht sind, oder
- Modus und Dauer des Transports eine frühzeitige Atemwegssicherung nahelegen (z.B. in der Luftrettung), und
- der Notarzt bzw. das Notfallteam ausreichend versiert und erfahren sind im erweiterten Atemwegsmanagement bei Kindern, inkl. der zügigen und sicheren Durchführung der ETI [168].

Die notärztliche Einsatzpraxis alleine ist dabei aufgrund der geringen Fallzahlen nicht geeignet, eine ausreichende Kompetenz in der Intubation von Kindern zu erhalten oder gar zu erwerben [44, 52, 163]. Wegen der steileren Lernkurve bietet sich die Larynxmaske als etablierter „Plan B“ an [153].

Das bedeutet aber auch, dass die tracheale Intubation für die Mehrzahl der prähospitalen Teams *nicht* der „Plan A“ ist. Die Methode mit der günstigsten Lernkurve und dem geringsten Nebenwirkungspotenzial zur Sicherung von Atemwegen, Oxygenierung und Ventilation ist die Beutel-Maske-Beatmung, die deshalb hier auch als „Plan A“ besprochen wird.

**Empfehlung:** Als primäre Technik zur Beatmung von Kindern soll eine Beutel-Maskenbeatmung durchgeführt werden.

## 15.8 Plan A: Maskenbeatmung

Die Maskenbeatmung ist bei Kindern die universelle Rückzugsstrategie bei allen Problemen mit anderen Atemwegssicherungsmaßnahmen, kann aber auch als alleinige Methode erfolgreich angewendet werden [51, 158]. Bei ausreichend tiefer Narkose bzw. Bewusstlosigkeit sowie adäquater Lagerung, Technik und ggf.

unter Zuhilfenahme eines passenden Guedeltubus (optimierte Maskenbeatmung) ist eine suffiziente Beatmung nahezu immer möglich.

Das größte Risiko bei der Maskenbeatmung besteht in der Luftinsufflation des Magens bereits bei niedrigen Beatmungsdrücken. Besonders bei Säuglingen kann es durch den damit verbundenen Zwerchfellhochstand schnell zur Reduktion der pulmonalen Compliance bis hin zur Unmöglichkeit einer adäquaten Oxygenierung kommen [90]. In dieser Situation muss, trotz möglicherweise kritischem Abfall der Sauerstoffsättigung, die Beatmung kurz unterbrochen werden, um den Magen mittels eines Absaugkatheters zu entlasten. Bei guter Abdichtung der Beatmungsmaske kann dieser Katheter danach belassen werden.

Weiterhin besteht durch die gastrointestinale Luftinsufflation die Gefahr einer Regurgitation und Aspiration.

Um diese Risiken zu minimieren, sollte der Anwender einen Beatmungsspitzenruck von  $> 15$  mbar möglichst vermeiden. Bei der Beutel-Maske-Beatmung kann dies durch ein auf den Beatmungsbeutel aufgestecktes Manometer erfolgen. Wichtigstes und erstes Erfolgskriterium einer suffizienten Maskenbeatmung ist eine sichtbare Thoraxexkursion. Bei manchen Erkrankungen (Aspiration, Pneumonie, vorgeschädigte Lunge, etc.) kann es notwendig sein, höhere Beatmungsdrücke zu applizieren.

Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines Beatmungsgeräts mit druckkontrollierter Beatmung (PCV). Hier lässt sich der Beatmungsdruck direkt einstellen. Zudem kann man die Beatmungsmaske mit beiden Händen halten und mit dem Esmarch-Handgriff kombinieren („2-Hand-Technik“ oder doppelter C-Griff).

Falls sich trotz optimierter Kopflagerung und 2-Hand-Technik eine pharyngeale Obstruktion nicht vollständig beseitigen lässt (z.B. bei Tonsillen- und/oder Adenoidhyperplasie), sollte ein passender Guedeltubus eingelegt werden. Die Größe des Guedeltubus lässt sich an der Distanz Mund- zu Kieferwinkel vor Insertion abschätzen.

Mithilfe einer Beatmungsmaske mit weichem Wulst lässt sich in der Regel eine gute Abdichtung erzielen. Es sollten 4 Maskengrößen für Kinder vorgehalten werden (Bezeichnung herstellerabhängig, in der Regel Größen von 0 = Neugeborene bis 3 = ältere Schulkinder). Einwegmasken dichten wegen ihres

flexibleren Materials ggf. besser ab als Mehrweg-Kunststoffmasken und reduzieren die Vorhaltekosten.

**Empfehlung:** Zur Optimierung der Maskenbeatmung sollen auf optimale Kopflagerung und die korrekte Größe der Maske geachtet werden sowie der beidhändige Esmarch-Maskengriff (doppelter C-Griff) und ggf. ein passender Guedeltubus eingesetzt werden.

### **15.9 Plan B: Extraglottischer Atemweg (EGA)**

Extraglottische Atemwege sollen auf allen Notfall-Rettungsmitteln auch in allen Kindergrößen verfügbar sein. Ihre Anwendung ist grundsätzlich einfacher zu erlernen als die tracheale Intubation. Unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Datenlage und der großen, langjährigen klinischen Erfahrung mit der Larynxmaske in der Elektiv- und Notfalleanwendung bei Kindern, kann derzeit als EGA primär die Larynxmaske empfohlen werden [70]. Für diese besteht für die Anwendung in jeder Altersgruppe bis hin zum Frühgeborenen ab 1,5 kg und bei Kindern mit schwierigem Atemweg eine große Evidenz. Das verwendete Modell sollte über eine Möglichkeit zur Magendrainage verfügen. In diesem Fall müssen dann auch hierzu passende Magensonden mitgeführt werden (z.B. 6 Fr, 10 Fr und 14 Fr). Die Larynxmaske soll prähospital in allen verfügbaren Größen vorgehalten und in der Anwendung regelmäßig geschult werden.

Die Größenauswahl extraglottischer Atemwege erfolgt nach Herstellerangaben (z. B. Larynxmaske: < 5 kg Gr. 1, 5–10 kg Gr. 1½, 10–20 kg Gr. 2, 20–30 kg Gr. 2½). Bei Säuglingen kann es bei der Verwendung von EGA zu Undichtigkeiten und/oder Dislokationen kommen. Insbesondere für diese Altersgruppe kann alternativ ein nasopharyngeal eingeführter, in Wendl-Position liegender Trachealtubus (Rachentubus) erwogen werden, der, bei Verschluss von Mund und kontralateralem Nasenloch, sehr effektiv eine kontrollierte Beatmung ermöglicht [43]. Die Einführtiefe entspricht etwa der Distanz Nasenspitze – Ohrfläppchen. Hierbei gilt jedoch, in Analogie zur Gesichtsmaskenbeatmung, dass bei erhöhten Beatmungsdrücken oder bei akzidentell zu tiefer Insertion die Gefahr einer gastraln Luftinsufflation besteht.

Der Larynxtubus kann aufgrund der aktuellen Datenlage für Kinder unter zwei Jahren nicht empfohlen werden [70].

**Empfehlung:** Beim Einsatz einer extraglottischen Atemwegshilfe sollte im Kindesalter ausschließlich die Larynxmaske der 2. Generation Anwendung finden und in allen verfügbaren Größen auf den Rettungsmitteln vorgehalten werden.

Um Nebenwirkungen zu vermeiden und um eine korrekte Positionierung von Larynxmasken nicht zu gefährden, sollte auch bei Kindern der maximale Cuff-Druck von 60 cm H<sub>2</sub>O nicht überschritten werden.

### **15.10 Plan C: Intubation**

Bei fehlender Kompetenz in der ETI von Kindern soll von einem Intubationsversuch Abstand genommen werden. Bei vorhandener Kompetenz und Routine sowie zweifelsfreier Indikation kann diese Maßnahme auch als „Plan A“ gelten. Dabei soll auch der erfahrene Anwender Zeit und Dynamik der Vitalfunktionen jederzeit im Blick haben, um den Intubationsversuch rechtzeitig abbrechen zu können.

**Empfehlung:** Da sich die entscheidenden Therapieziele (Normoxie und Normokapnie) in den meisten Fällen auch mittels (optimierter) Maskenbeatmung oder extraglottischer Atemwegshilfsmittel erreichen lassen, soll die Indikation zur prähospitalen ETI von Kindern zurückhaltend gestellt werden.

Sie kann erwogen werden, wenn die situations-, patienten- und anwenderbezogenen Kriterien erfüllt sind:

- vitalbedrohliche Beeinträchtigung von Atemwegen und/oder Atmung
- lange Transportzeiten und/oder eingeschränkte Zugänglichkeit beim Transport
- sichere Expertise des Notfallteams in der erweiterten Atemwegssicherung.

Eine Empfehlung der **Größenauswahl des Trachealtubus bei Kindern** ist in Tabelle 9 dargestellt.

Eine Abschätzung der Tubusgröße kann auch einer körperlängenbasierten Dosierhilfe erfolgen (z.B. Broselow-Band, Notfalllineal). Bei Kindern über einem Jahr kann die zu erwartende Einführtiefe in cm ab Zahnreihe bei oraler Intubation mit der Formel  $\text{Alter in Jahren}/2 + 12$  (bei nasaler Intubation +20%) kalkuliert werden.

In der Notfallsituation gibt es angesichts einer Reduzierung der Aspirationsgefahr und besserer Dichtigkeit sowie der höheren Wahrscheinlichkeit

der primär korrekt gewählten Tubusgröße gute Gründe für die Verwendung geblockter Trachealtuben (Ausnahmen ggf. bei Neugeborenen und kleinen Säuglingen). Bei der Verwendung blockbarer Tuben ist zu beachten, dass nur solche benutzt werden, welche einen kleinen, weit distal sitzenden Cuff haben, um laryngeale Schäden durch eine intralaryngeale Lage des Cuffs zu verhindern [90]. Der Cuffdruck sollte mittels eines Cuffdruckmessers geprüft und auf max. 20 cm H<sub>2</sub>O begrenzt werden.

**Empfehlung:** Im Kindesalter sollten prähospital nur blockbare Tuben verwendet werden, die einen kleinen, weit distal sitzenden Cuff haben.

### 15.11 Orale und nasale Intubation

Die orale Intubation gelingt in der Regel schneller als die nasale Intubation. Die Dislokationsgefahr eines nasal platzierten Tubus hingegen ist geringer – ein Vorteil, der vor allem bei Säuglingen von Bedeutung sein kann. Gleichwohl sollte im Notfall regelhaft oral intubiert werden, da es bei der nasalen Platzierung des Tubus zur Blutung aus Nase oder Adenoiden mit konsekutiv verschlechterten Intubationsbedingungen kommen kann[90]. Eine sorgfältige Tubusfixierung und ständige Überwachung der korrekten Tubuslage mittels Kapnografie sind in jedem Falle erforderlich. Beim Schädel-Hirn- bzw. Schädelbasistrauma oder bei bekannten Gerinnungsstörungen ist die nasale Intubation nicht empfohlen.

Bei **anhaltender oder fortschreitender Hypoxämie nach trachealer Intubation oder bei bereits liegendem Trachealtubus** kann das Akronym „**DOPES**“ dabei helfen, die möglichen Ursachen rasch und strukturiert abzuklären:

- **D**islokation des Tubus (akzidentelle Extubation, einseitige Intubation, ösophageale oder hypopharyngeale Fehllage)
- **O**bstruktion (Trachealtubus, Filter (HME) oder Beatmungsschläuche)
- **P**neumothorax und andere **p**ulmonale Störungen (Pneumonie, Bronchospastik, Lungenödem, Pleuraerguss, Fremdkörperaspiration, pulmonale Hypertension)

- **E**quipmentversagen (Sauerstoffquelle, Beatmungsbeutel/-gerät, Beatmungsleckage)
- **S**tomach = Magenüberblähung und **S**pezielles (Herzinsuffizienz, kardiales Shuntvitium)

## 15.12 Schwieriger Atemweg

Bei potentiellen Schwierigkeiten mit dem kindlichen Atemweg gibt es im Wesentlichen drei Entitäten [167, 168]:

- Die *unerwartet* schwierige Maskenbeatmung aufgrund anatomischer oder funktioneller Atemwegsobstruktion,
- die *unerwartet* schwierige Intubation, und
- den *erwartet* schwierigen Atemweg.

Der anatomisch bedingte, fixierte, schwierige Atemweg bei Kindern ist – verglichen mit Erwachsenen – selten. Viel häufiger treten funktionelle Atemwegsobstruktionen auf (z.B. Laryngo-/Bronchospasmus), deren subjektive Schwierigkeit und Häufigkeit in direktem Zusammenhang mit der Expertise des intubierenden Arztes steht.

Daneben gibt es den akut krankheitsbedingt schwierigen Atemweg, z. B. bei Epiglottitis, schwerer Laryngotracheitis, Fremdkörperaspiration, Atemwegsblutung etc.). Die Handlungsempfehlung des Wissenschaftlichen Arbeitskreises Kinderanästhesie der DGAI zum unerwartet schwierigen Atemweg beinhaltet Maßnahmen, die im Wesentlichen auch im prähospitalen notfallmedizinischen Kontext Anwendung finden können [148, 168].

Anatomisch oder pathophysiologisch bedingte, fixierte oder akute Intubationsschwierigkeiten können i.d.R. auch im Notfall durch eine kurze Fremdanamnese und Befunderhebung im Vorfeld erkannt werden. Folgende Hinweise gehen mit dem Risiko einer erschwerten Maskenbeatmung und/oder erschwerten Laryngoskopie einher:

- inspiratorisches Schnarchen bzw. Schlafapnoe als Zeichen einer pharyngealen Obstruktion
- Heiserkeit als Zeichen einer laryngealen Reizung und/oder Schwellung
- inspiratorischer Stridor als Zeichen einer Obstruktion der extrathorakalen Atemwege
- expiratorischer Stridor als Zeichen einer Obstruktion der intrathorakalen Atemwege (Bronchospastik, obstruktive Bronchiolitis)

- eingeschränkte Mundöffnung
- beidseitige Mikrotie wegen häufiger Assoziation mit Mikrognathie
- Retrognathie als Zeichen eines kraniofazialen Fehlbildungssyndroms (z.B. Pierre Robin-, Treacher- Collins-Francescetti-, Goldenhar-, Apert-Syndrom)
- (Große oder beidseitige) Kiefer- oder Gaumenspalte
- Makroglossie
- eingeschränkte Beweglichkeit der Halswirbelsäule (z.B. bei fortgeschrittenem M. Duchenne) bzw. atlanto-okkzipitale Instabilität
- ausgeprägte Adipositas
- behinderte Nasenatmung
- vorbeschriebene Atemwegsprobleme bei einer Allgemeinanästhesie
- rezidivierende pulmonale Aspirationen

### **15.12.1 Maßnahmen bei unerwartet schwieriger Maskenbeatmung**

Bei einer *unerwartet* schwierigen Maskenbeatmung sollen die anatomische und/oder funktionelle Atemwegsobstruktion behoben und eine optimierte Maskenbeatmung durchgeführt werden. Dazu gehören:

- die altersangepasste Kopflagerung (Neutralposition des Kopfes bei Säuglingen und Kleinkindern durch Anwendung einer Nacken- bzw. Schulterrolle),
- das Öffnen und Freihalten der Atemwege mit beidhändigem Esmarch-Maskengriff (doppelter C-Griff),
- ggf. die Einlage eines passenden Guedel-Tubus,
- ggf. die Narkosevertiefung bzw. Muskelrelaxierung,
- ggf. die Therapie einer Bronchospastik,
- ggf. die direkte Laryngoskopie mit Inspektion des Hypopharynx und der Glottis zum Ausschluss und Entfernung eines Fremdkörpers (Magill-Zange) bzw. einer massiven Aspiration (Absaugung), und
- ggf. das Einführen eines extraglottischen Atemwegs (Larynxmaske oder nasopharyngealen Rachtubus).

### 15.12.2 Maßnahmen bei unerwartet schwieriger Intubation

Bei unerwartet schwieriger Intubation soll mit Hilfe einer Hochfluss-Sauerstoff-Applikation und/oder einer optimierter Maskenbeatmung (s.o.) eine adäquate Oxygenierung sichergestellt werden. Zur Optimierung der laryngoskopischen Sicht gehören

- die Narkosevertiefung und Muskelrelaxierung (falls primär unterlassen) und
- die Videolaryngoskopie.

Bei erfolglosem Intubationsversuch soll auf die Alternativen Maskenbeatmung bzw. extraglottischer Atemweg (Larynxmaske oder nasaler Rachentubus) zurückgegriffen werden. Die Zahl der Intubationsversuche sollte wegen der besonders vulnerablen kindlichen Atemwege auf zwei begrenzt werden. Die Koniotomie ist, zumindest bei Säuglingen und Kleinkindern, aufgrund der kleinen, schwierigen Anatomie nicht erfolgversprechend [168].

### 15.12.3 Maßnahmen bei erwartet schwierigem Atemweg

Bei anamnestischen oder klinischen Hinweisen auf das Vorliegen eines schwierigen Atemwegs ist äußerste Vorsicht geboten. Jegliche Manipulation im Bereich der Atemwege soll sehr sorgsam überlegt sein oder, falls unumgänglich, mit größter Vorsicht durchgeführt werden. Im Zweifelsfalle sollte man sich prähospital auf nicht- oder geringinvasive Maßnahmen beschränken. Dazu gehören:

- Sauerstoffmaske mit hohem Sauerstofffluss und Reservoir bei noch erhaltener Spontanatmung
- optimierte (assistierte) Maskenbeatmung (ggf. via Guedel-Tubus)
- Anwendung einer extraglottischen Atemwegshilfe (Larynxmaske oder nasopharyngealer Rachentubus)
- zügiger Kliniktransport mit angemessener Voranmeldung

Auch unter Spontanatmung kann mit speziellen Nasenbrillen, eine (qualitative) Kapnografie durchgeführt werden. Dies ist, abgesehen von einer guten Patientenbeobachtung, die einzige Methode, um die Ventilation des spontan atmenden Kindes zuverlässig zu beurteilen.

**Empfehlung:** Beim Vorliegen eines *unerwartet* schwierigen Atemwegs beim Kind sollen funktionelle und/oder anatomische Schwierigkeiten konsequent behoben werden. Dazu gehören die optimierte Maskenbeatmung, die Anwendung eines oropharyngealen Tubus (Guedel), die Narkosevertiefung (inkl. Muskelrelaxierung) sowie die Anwendung von extraglottischen Atemwegshilfen (Larynxmaske oder nasopharyngealer Rachtubus).

**Empfehlung:** Bei erfolgloser Intubation eines Kindes soll frühzeitig auf die Maskenbeatmung zurückgegriffen oder ein extraglottischer Atemweg (Larynxmaske oder nasopharyngealer Rachtubus) eingelegt werden. Die Anzahl der Intubationsversuche soll auf max. zwei begrenzt werden.

**Empfehlung:** Beim *erwartet* schwierigen Atemweg eines Kindes soll jegliche prähospitale Manipulation im Bereich der Atemwege besonders sorgsam überlegt sein oder, falls unumgänglich, mit größter Vorsicht durchgeführt werden. Im Zweifelsfall sollte man sich auf nicht- oder geringinvasive Maßnahmen beschränken.

## 16. Ausbildung und Training

**Empfehlung:** Oberste Priorität bei Ausbildung und Training des prähospital tätigen Personals soll auf die Erlangung der Fertigkeiten zur Oxygenierung und Ventilation des Notfallpatienten liegen.

Das Training für die prähospitale Oxygenierung und Atemwegssicherung umfassen sowohl die Fertigkeiten der Anwendung von einfachen Basismaßnahmen (z.B. Sauerstoffzuführung, Lagerung) als auch von erweiterten Massnahmen [z.B. Maskenbeatmung, nichtinvasive Beatmung (NIV), invasive Atemwegssicherung (Luftbrücken: z.B. oro- und nasopharyngeale Tuben, extraglottische Atemwege, ETI, Notfallkoniotomie)]. Gleichmaßen müssen Ausbildung und Training in diesem Bereich die wichtigsten periinterventionellen Aspekte (z.B. Durchführung von Monitoring und Notfallnarkose) berücksichtigen [12].

Jedem in der Notfallmedizin Tätigen muss bewusst sein, dass ein missglücktes Atemwegsmanagement schwere Komplikationen bis zum Tod des Patienten verursachen kann. Jeder Beteiligte trägt für sich selbst und für seine Patienten die Verantwortung, zu definieren und zu prüfen, welche Kenntnisse und Fertigkeiten er besitzt. Es ist einerseits eine Aufgabe gerade von Anästhesiologen, die in der Notfallmedizin Tätigen bei ihrer Weiterbildung zu unterstützen, andererseits muss jeder selbst für die Erlangung und Aufrechterhaltung seiner Kenntnisse und Fertigkeiten gewissenhaft Sorge tragen.

Die notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten für die Atemwegssicherung in Notfallsituationen können nicht durch Frontalvorträge und Phantomübungen vermittelt werden [39, 99]. Die Anatomie der fragilen pharyngo-laryngealen Strukturen, das Auftreten möglicher Verletzungen und die individuellen Unterschiede der Patienten sowie deren physiologische Antwort auf die Atemwegsmanipulation können zudem am Phantom oder an Simulatoren derzeit nicht hinreichend realistisch für die invasiven Techniken der extraglottischen Atemwege und der ETI dargestellt werden. Eine Ausbildung soll durch die entsprechenden Anzahl von durchgeführten Maßnahmen am Patienten unter Anleitung ergänzt werden [99, 116].

In der Konsequenz ist ein profundes manuell-technisches Training unter Supervision am realen Patienten obligat. Die notwendige Anzahl an Interventionen bis zum Erlangen einer grundlegenden Fertigkeit (95%

Erfolgsrate unter optimalen Bedingungen) ist dabei Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Diese liegt für die endotracheale Intubation deutlich über 50 supervidierten Anwendungen [19, 25, 77] und für extraglottische Atemwege in einer Untersuchung über 40 supervidierte Anwendungen [94]. Als wesentliche Limitation muss beachtet werden, dass diese Erkenntnisse auf der Basis von Studien mit verschiedenen Anwendern, verschiedenen EGA-Typen unter optimalen Bedingungen im Operationssaal, bei Patienten ohne vorhersehbare Risikofaktoren und unter suffizienter Narkose sowie bei optimaler Assistenz und unmittelbarer Verfügbarkeit einer Rückfallebene gewonnen wurden. Es muss daher angenommen werden, dass die notwendige Anzahl der unter Supervision durchgeführten Interventionen als Vorbereitung prähospitaler Notfallsituationen um ein vielfaches höher liegt [25, 142].

Gleichermaßen sind Ausbildung und Supervision, die während des Einsatzes in der Notfallmedizin geleistet werden können, für Kenntniserwerb und -aufrechterhaltung nicht ausreichend, da die potentiell lebensrettenden invasiven Maßnahmen zur Atemwegssicherung dort viel zu selten durchgeführt werden [53]. Zur sicheren Durchführung einer endotrachealen Intubation unter Notfallbedingungen empfiehlt die „Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland“ eine mindestens zweijährige Ausbildung in einem notfall- und akutmedizinischen Fachbereich (inklusive 1 Jahr in der Anästhesiologie und Intensivmedizin). Diese Vereinigung empfiehlt hier somit das gleiche Level an Training und Kompetenz wie für eine nicht-supervidierte Notfallnarkose und Atemwegssicherung in der Notaufnahme [88].

Ein weiteres Ziel soll es sein, neben der unmittelbaren Oxygenierung und der Ventilation des Notfallpatienten einen möglichst hohen Erfolgsrate im ersten Anwendungsversuch zu erzielen, um bekannte und typische Komplikationen durch wiederholte Versuche der Atemwegssicherung zu vermeiden [10, 75, 126].

Vor diesem Hintergrund bietet sich, basierend auf der Lernpyramide nach Miller, ein modulares Ausbildungskonzept zur Vermittlung der notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten für nicht-ärztliches und für ärztliches Personal in der Notfallmedizin an:

1. Grundlagentheoretische Vermittlung der notwendigen Kenntnisse und Fertigkeiten zur Oxygenierung und zum Atemwegsmanagement (z.B.

Notfallsanitäterausbildung, Kurs zum Erlangung der „Zusatzbezeichnung Notfallmedizin“)

2. Phantom- und Simulationstraining unter Einsatz aller relevanter Notfalltechniken unter Einsatz verschiedener Übungsphantome.
3. Supervidierte Ausbildung am realen Patienten in einer klinischen Umgebung unter Berücksichtigung der angeführten Mindestvoraussetzungen (**Tabelle 10**), der Anwendung verschiedener EGA, der ETI mit/ohne Videolaryngoskop und des peri-interventionellen Vorgehens (inkl. Monitoring und Notfallnarkoseinduktion und -führung)

Vor dem Hintergrund einer bestmöglichen Umsetzungsmöglichkeit des Erlernten in die prähospitale Tätigkeit sollten zukünftig transsektorale Ausstattungs- und Ausbildungskonzepte entwickelt werden.

*Empfehlung:* Die Rettungsmittel sollen lokal bzw. regional mit der Ausrüstung des Atemwegsmanagements ausgestattet werden, mit denen auch im Rahmen der Fort- und Weiterbildung innerklinisch trainiert wird.

Dies gilt insbesondere für die Vorhaltung von Videolaryngoskopen, extraglottischen Atemwegen und Notfallkoniotomiesets.

### **Ausbildung bei Kindern**

Angesichts der Seltenheit prähospital durchgeführter endotrachealer Intubationen bei Kindern kann die Kompetenz zur Durchführung dieser Maßnahme nicht im Notarzdienst und auch nicht in der Notaufnahme erworben werden [16, 44, 52]. Dabei bleibt die notärztliche Versorgungsqualität bei Kindernotfällen immer noch viel zu häufig hinter aktuellen Leitlinien und Empfehlungen zurück. Es wird daher gefordert, die notärztliche Qualifikation für Kindernotfälle durch weitergehende Fortbildungsmaßnahmen und Praktika zu verbessern [16].

Für den Bereich Atemwegsmanagement wird versucht, dies mit einem universellen Algorithmus umzusetzen, der die individuelle Qualifikation des Anwenders berücksichtigt.

## **17. Algorithmus zum Vorgehen bei respiratorischer Insuffizienz**

Die Abbildung 1 fasst die o.g. Empfehlungen graphisch anhand eines Algorithmus zusammen. Dieser Algorithmus ist bewusst vereinfacht dargestellt, um eine hohe Wiedererkennung zu gewährleisten. Der Algorithmus ist in den Kontext mit den Erläuterungen dieser Leitlinie zu setzen. Von maßgeblicher Bedeutung sind die „Entscheidungswege“ (graue Rauten):

1. „Invasive Maßnahmen notwendig?\": An dieser Stelle muss kritisch hinterfragt werden, ob eine invasive Atemwegssicherung notwendig ist. Die Entscheidung ist situativ abhängig vom Zustand des Patienten (Grad der respiratorischen Insuffizienz), der Entfernung zum nächstgeeigneten Krankenhaus und der individuellen klinischen Erfahrung des Notfallteams.
2. „Narkose notwendig?\": Diese Entscheidung ist maßgeblich von dem neurologischen Status des Patienten abhängig. Ziel ist die Verbesserung der Atemwegssicherungs- und Ventilationsmaßnahmen.
3. „Erfolgsaussicht Intubation?\": Diese Entscheidung ist zum einen maßgeblich von der Kompetenz des Durchführenden, insbesondere auch bei der Intubation – und besonders bei der Intubation von Kindern – und zum anderen von der Situation des Patienten sowie den Umgebungsbedingungen abhängig (z.B. Zugangsmöglichkeit zum Patienten). Wird der ETI-Erfolg als eher unwahrscheinlich eingestuft, so soll auch primär auf einen EGA ausgewichen werden. Zur Erreichung eines hohen Erfolges der ETI im ersten Versuch soll für die ETI primär ein Videolaryngoskop mit Macintosh(ähnlichem) Spatel verwendet werden.

### **Korrespondierender Autor**

Prof. Dr. med. Arnd Timmermann, DEAA, MME

Email: **a.timmermann@drk-kliniken-berlin.de**

### **Interessenkonflikt**

Siehe angefügte Tabelle

## 18. Anhänge

### 18.1 Verwendete Abkürzungen

CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CPR	kardiopulmonale Reanimation
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
F <sub>i</sub> O <sub>2</sub>	Inspiratorische Sauerstoffkonzentration
ETI	endotracheale Intubation
EGA	Extraglottischer Atemweg
NIV	Nicht-invasive Ventilation
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
PEEP	Positiver endexpiratorischer Druck

### 18.2 Tabellen

1. Kritische Überprüfung der Indikation zur invasiven Atemwegssicherung
2. Obligate Durchführung einer adäquaten Präoxygenierung mit höchstmöglicher F<sub>i</sub>O<sub>2</sub> vor invasiver Atemwegssicherung (ETI oder EGA) beim spontanatmenden Patienten
3. Endotracheale Intubation als Goldstandard der invasiven Atemwegssicherung beim Erwachsenen, jedoch nur wenn mindestens 100 ETI an Patienten unter Aufsicht dokumentiert und 10 ETI/Jahr durchgeführt werden
4. EGA als primärer Atemweg, wenn o.g. Anforderungen nicht erfüllt werden können, und wenn 45 Anwendungen unter Aufsicht dokumentiert und 3 Anwendungen/Jahr durchgeführt wurden, oder als Alternative bei schwieriger Intubation
5. Verwendung von EGA mit Drainagekanal und Platzieren einer Magensonde oder einer EGA mit hoher Wahrscheinlichkeit einer nicht optisch geführten Intubation
6. Primärer Einsatz der Videolaryngoskopie zur endotrachealen Intubation mit Macintosh-ähnlichem Spatel

7. Als primäre Technik zur Beatmung von Kindern soll die optimierte Maskenbeatmung mit beidhändigem Esmarchmaskengriff (doppelter C-Griff), optimaler Kopflagerung +/- passender Guedeltubus und mit einem hohen  $F_iO_2$  mit Beutel-Maske-Beatmung durchgeführt werden.
8. Als extraglottischer Atemweg wird bei Kindern die Larynxmaske empfohlen.
9. Kontinuierliche Kapnographie nach jeder Atemwegssicherungsmaßnahme
10. Ausbildung der Techniken am Patienten ausnahmslos notwendig, Übungen am Phantom alleine nicht ausreichend. Es muss eine Anpassung der prähospitalen Ausstattung, insbesondere bei den EGA und der Videolaryngoskopie, auf die innerklinische Ausbildung stattfinden.

**Tabelle 1:** Übersicht der zentralen „Soll-“ Empfehlungen zur Sicherung der Atemwege in der Notfallmedizin.

Abkürzungen: ETI = endotracheale Intubation, EGA = Extraglottische Atemwegshilfe,  $F_iO_2$  = inspiratorische Sauerstofffraktion

**Indikationen**

- (hyperkapnisches) akutes respiratorisches Versagen bei Exazerbation einer COPD
- akutes kardiales Lungenödem
- akutes respiratorisches Versagen bei immunsupprimierten Patienten
- palliative Patienten mit akutem respiratorischen Versagen, bei denen die endotracheale Intubation umgangen werden soll

**Kontraindikationen***Absolut:*

- Fehlende Spontanatmung bzw. Schnappatmung
- Fixierte oder funktionelle Verlegung der Atemwege
- Gastrointestinale Blutung oder Ileus
- Nicht-hyperkapnisches Koma

*Relativ\*:*

- Hyperkapnisch bedingtes Koma
- massive Agitation
- massiver Sekretverhalt
- schwere Hypoxämie oder Azidose (pH <7,1)<sup>#</sup>
- hämodynamische Instabilität (kardiogener Schock, Myokardinfarkt)
- anatomische und/oder subjektive Interface-Inkompatibilität
- Z.n. Operation am oberen Gastrointestinaltrakt

**Tabelle 2:** Indikation und Kontraindikation der nichtinvasiven Beatmung (NIV, nach [171]).

\* auch bei Vorliegen einer der als „relativ“ eingestuften Kontraindikationen ist der Therapieversuch mit NIV nur dann gerechtfertigt, wenn das Behandlungsteam für diese Situation ausgerüstet und qualifiziert ist und eine unverzügliche Intubationsbereitschaft sichergestellt ist.

# wenn die Messung prähospital möglich ist.

<b>Kriterium</b>	<b>Entwicklung</b>
Dyspnoe	Abnahme
Vigilanz	Zunehmende Verbesserung
Atemfrequenz	Abnahme
Ventilation	Abnahme des $et\ pCO_2$ #
Oxygenierung	Zunahme der peripheren O <sub>2</sub> -Sättigung >84%
Herzfrequenz	Abnahme
pH	Anstieg#

**Tabelle 3:** Erfolgskriterien für die Nicht-invasive Beatmung (nach [171]).

# wenn die Messung prähospital möglich ist.

- Verbesserung der Kopflagerung unter Berücksichtigung möglicher HWS-Verletzungen;
- Druck auf den Schildknorpel (OELM / BURP-Manöver);
- Narkosevertiefung bzw. Muskelrelaxierung;
- Veränderte Biegung und Position des Führungsstabs;
- Kleinerer Tubusdurchmesser;
- Wechsel auf andere Laryngoskopspatel (Größe, Krümmung);
- Einsatz der Videolaryngoskopie, wenn nicht bereits initial erfolgt, ggf. Verwendung von hyperangulierten Spateln

**Tabelle 4:** Empfohlene Maßnahmen zur Verbesserung der Intubationsbedingungen.

Abkürzungen: HWS = Halswirbelsäule; OELM= optimal external laryngeal manipulation; BURP = backward, upward and rightward pressure;

**Patientenseitig**

- Blut, Sekrete oder Erbrochenes
- Traumatische oder thermische Schäden der oberen Atemwege
- Entzündung oder Schwellung der oberen Atemwegen
- Subkutane Emphyseme
- Immobilisierung der Halswirbelsäule
- Keine oder eingeschränkte Präoxygenierung
- Unzureichende Narkosetiefe
- Keine neuromuskuläre Blockade
- Meist keine Intubationsverfahren unter örtlicher Betäubung und Erhalt der Spontanatmung möglich

**Einsatzseitig**

- Simultan durchzuführende Tätigkeiten (z.B. CPR)
- Umgebungsbedingungen (z.B. Lichtverhältnisse, Lärm)
- Eingeschränkter Zugang zum Patienten
- Limitierte Ausstattung
- Unterschiedliche Teams
- Fehlende oder nicht gemeinsam kommunizierte Standards
- Fehlende, zeitnahe kompetente Unterstützung vor Ort

**Tabelle 5:** Faktoren, die häufig die prähospitale Intubation erschweren (modifiziert nach [140, 151])

- **Negativer Magenleckage („Bubble-“) Test**  
Der Drainagekanal wird mit Gel verschlossen. Wenn der SGA nicht ausreichend tief inseriert wurde strömt Luft bei der Ventilation über den Drainagekanal heraus und führt zur Blasenbildung im Gel.
- **Positiver Jugulum Test**  
Der Drainagekanal wird mit Gel verschlossen. Wenn durch leichten Druck auf das Jugulum eine synchrone Bewegung des Gels erzeugt werden kann, ist dies ein Zeichen für die korrekte Lage der SGA-Spitze im oberen Ösophagussphinkter.
- **Widerstandsfreie Einlage einer Magensonde**

**Tabelle 6:** Tests zur Bestimmung der Lage von EGA der 2. Generation mit aufblasbarem Cuff (aus [152])

- Ausschluss der ösophagealen Lage des Endotrachealtubus
- Erkennung von Fehllagen extraglottischer Atemwege
- Erkennung der Dislokation des Atemweges während des Transportes
- Erkennung von Hypo- und Hyperventilation eines spontan atmenden und kontrolliert beatmeten Patienten
- Unmittelbare Einschätzung und Therapiekontrolle von akuten und chronischen Lungenerkrankungen
- Therapieüberwachung bei der nichtinvasiven Beatmung
- Korrelation mit der kardialen Pumpleistung bei stark reduziertem HZV
- Parameter der Effektivität der Thoraxkompression

**Tabelle 7:** Übersicht der Einsatzmöglichkeiten der prähospitalen kontinuierlichen Kapnografie (nach [146]).

Beatmungsform	Möglichst druckkontrolliert
Sauerstoffkonzentration (FiO <sub>2</sub> )	0,3 – 1,0 (Ziel: SpO <sub>2</sub> >94%)
Tidalvolumen (Vt)	6-8(-10) ml/kg (Ziel: et pCO <sub>2</sub> = 35-40 mmHg)
Frequenz (AF)	Orientierung an physiolog. Werten (im Zweifel niedrigere Frequenz wählen)
Beatmungsspitzenndruck	Wenn möglich < 25 mbar (nach Thoraxhebung)

**Tabelle 8:** Grundeinstellungen für die kontrollierte maschinelle Beatmung bei Kindern

Frühgeborene:	Gestationsalter in Wochen / 10 (ungeblockt)
Reife Neugeborene:	ID 3,5 mm (ungeblockt)
Säuglinge:	ID 3,5-4,0 mm (ungeblockt) oder 3,0-3,5 mm (geblockt)
Kinder 1-2 Jahre:	ID 4,0-4,5 mm (ungeblockt) oder 3,5-4,0 mm (geblockt)
Kinder > 2 Jahre:	Alter/4 + 4 (ungeblockt) oder Alter/4 + 3,5 (geblockt)

**Tabelle 9:** Größenauswahl des Trachealtubus bei Kindern

Maskenbeatmung einschließlich Hilfsmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungen am Phantom<sup>#</sup></li> <li>• 100 Anwendungen am Patienten*, davon 5 bei Kindern</li> <li>• 10 Wiederholungen am Patienten / Jahr*</li> </ul>
Extraglottische Atemwege <sup>a</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungen am Phantom<sup>#</sup></li> <li>• 45 Anwendungen am Patienten*</li> <li>• 3 Wiederholungen am Patienten / Jahr*</li> </ul>
Endotracheale Intubation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungen am Phantom<sup>#</sup></li> <li>• 100 Anwendungen am Patienten*</li> <li>• 10 Wiederholungen am Patienten / Jahr*</li> </ul>
Videolaryngoskopie (Macintosh-Typ-Spatel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungen am Phantom<sup>#</sup></li> <li>• &gt; 50 Anwendungen am Patienten<sup>§</sup></li> <li>• &gt; 5 Wiederholungen am Patienten / Jahr<sup>§,*</sup></li> </ul>
Notfallkoniotomie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übungen am Leichenpräparat (alternativ auch Phantom oder Tierpräparate) <sup>#</sup></li> <li>• Punktion des Ligamentum conicum während der translaryngeale Anästhesie am Patienten (wenn klinisch angeboten) *</li> </ul>

**Tabelle 10:** Mindestvoraussetzungen zur Atemwegssicherung

# = bis die Technik reproduzierbar korrekt dargestellt werden kann

\* = unter klinischen Bedingungen und fachärztlicher / speziell geschulter Aufsicht mit Erfolgskontrolle;

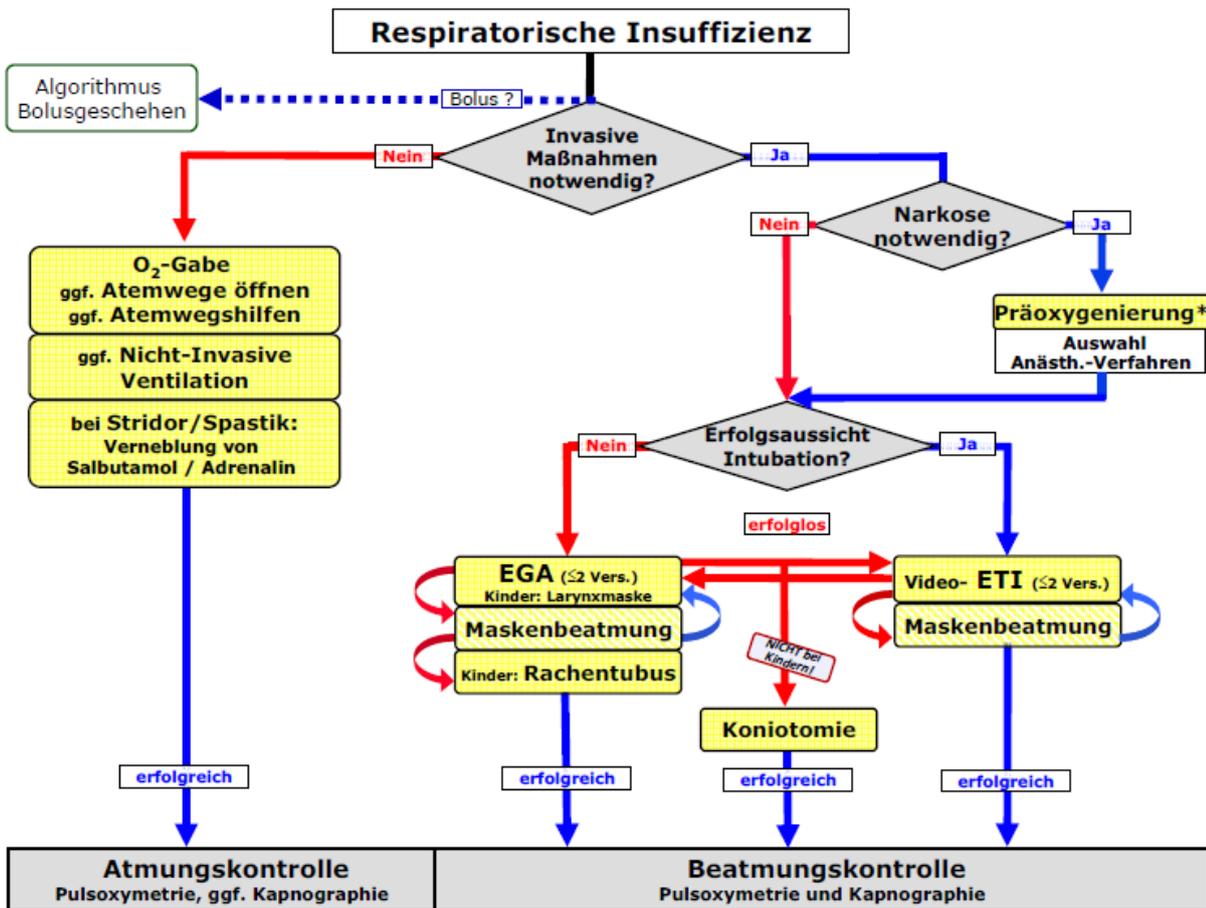
§ = Die Anwendungen können zur Erreichung der Gesamtzahl der ETI angerechnet werden







### 18.3 Abbildungen



**Abbildung 1:** Algorithmus zum prähospitalen Atemwegsmanagement

Abkürzungen: EGA = Extraglottische Atemwegshilfe; ETI = endotracheale Intubation; \* = bei ausreichender Spontanatmung;

## 19. Literatur

1. (2007) Rettungsdienstfahrzeuge und deren Ausrüstung - Krankenkraftwagen; Deutsche Fassung. Euronorm 1789 2007+A1:2010: 27
2. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Caplan RA, Blitt CD, Connis RT, Nickinovich DG, Benumof JL, Berry FA, Bode RH, Cheney FW, Guidry OF, Ovassapian A (2013) Practice guidelines for management of the difficult airway: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology* 118: 251-270
3. Apfelbaum JL, Silverstein JH, Chung FF, Connis RT, Fillmore RB, Hunt SE, Nickinovich DG, Schreiner MS, Barlow JC, Joas TA (2013) Practice guidelines for postanesthetic care: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Postanesthetic Care. *Anesthesiology* 118: 291-307
4. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, Yannopoulos D, McKnite S, von Briesen C, Sparks CW, Conrad CJ, Provo TA, Lurie KG (2004) Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 109: 1960-1965
5. Baillard C, Fosse JP, Sebbane M, Chanques G, Vincent F, Courouble P, Cohen Y, Eledjam JJ, Adnet F, Jaber S (2006) Noninvasive ventilation improves preoxygenation before intubation of hypoxic patients. *Am J Respir Crit Care Med* 174: 171-177
6. Baillard C, Prat G, Jung B, Futier E, Lefrant JY, Vincent F, Hamdi A, Vicaut E, Jaber S (2018) Effect of preoxygenation using non-invasive ventilation before intubation on subsequent organ failures in hypoxaemic patients: a randomised clinical trial. *Br J Anaesth* 120: 361-367
7. Bengert JR, Kirby K, Black S, Brett SJ, Clout M, Lazaroo MJ, Nolan JP, Reeves BC, Robinson M, Scott LJ, Smartt H, South A, Stokes EA, Taylor J, Thomas M, Voss S, Wordsworth S, Rogers CA (2018) Effect of a Strategy of a Supraglottic Airway Device vs Tracheal Intubation During Out-of-Hospital Cardiac Arrest on Functional Outcome: The AIRWAYS-2 Randomized Clinical Trial. *JAMA* 320: 779-791
8. Benoit JL, Gerecht RB, Steuerwald MT, McMullan JT (2015) Endotracheal intubation versus supraglottic airway placement in out-of-hospital cardiac arrest: A meta-analysis. *Resuscitation* 93: 20-26
9. Bergold MN, Kahle S, Schultzik T, Bucheler M, Byhahn C (2016) Intubationslarynx-tubus Suction Disposable: Erste klinische Erfahrungen mit einem neuen Hilfsmittel zur endotrachealen Intubation. *Anaesthesist* 65: 30-35
10. Bernhard M, Becker TK, Gries A, Knapp J, Wenzel V (2015) The First Shot Is Often the Best Shot: First-Pass Intubation Success in Emergency Airway Management. *Anesth Analg* 121: 1389-1393
11. Bernhard M, Behrens NH, Wnent J, Seewald S, Brenner S, Jantzen T, Bohn A, Grasner JT, Fischer M (2018) Out-of-hospital airway management during manual compression or automated chest compression devices : A registry-based analysis. *Anaesthesist* 67: 109-117

12. Bernhard M, Bein B, Böttiger BW, Bohn A, Fischer M, Gräsner JT, Hinkelbein J, Kill C, Lott C, Popp E, Roessler M, Schaumberg A, Wenzel V, Hossfeld B (2015) Handlungsempfehlung: Prähospitale Notfallnarkose beim Erwachsenen. *Anästh Intensivmed* 56: 317-335
13. Bernhard M, Beres W, Timmermann A, Stepan R, Greim CA, Kaisers UX, Gries A (2014) Prehospital airway management using the laryngeal tube. An emergency department point of view. *Anaesthesist* 63: 589-596
14. Bernhard M, Friedmann C, Aul AH, M., Mutzbauer TS, Doll S, Völkl A, Gries A (2011) Praxisorientiertes Ausbildungskonzept für invasive Notfalltechniken. Langfristige Wirkung bei Notärzten. *Notfall Rettungsmed* 14: 475-482
15. Bernhard M, Gries A, Ramshorn-Zimmer A, Wenzel V, Hossfeld B (2016) Insertion Success of the Laryngeal Tube in Emergency Airway Management. *Biomed Res Int* 2016: 3619159
16. Bernhard M, Helm M, Luiz T, Kumpch M, Halner C, Meyburg J, Gries A (2011) Pädiatrische Notfälle in der prähospitalen Notfallmedizin - Implikationen für die Notarztqualifikation. *Notfall Rettungsmed* 14: 554-566
17. Bernhard M, Matthes G, Kanz K-G, Waydhas C, Fischbacher M, Fischer MWR, Böttiger B, Raum M (2011) S3-Leitlinie Polytrauma/Schwerverletztenversorgung. *Notf.med. up2date* 6: e1,e31
18. Bernhard M, Matthes G, Kanz KG, Waydhas C, Fischbacher M, Fischer M, Böttiger BW (2011) Notfallnarkose, Atemwegsmanagement und Beatmung beim Polytrauma : Hintergrund und Kernaussagen der interdisziplinären S3-Leitlinie Polytrauma. *Anaesthesist* DOI: 10.1007/s00101-011-1957-1:
19. Bernhard M, Mohr S, Weigand MA, Martin E, Walther A (2012) Developing the skill of endotracheal intubation: implication for emergency medicine. *Acta Anaesthesiol Scand* 56: 164-171
20. Blevin AE, McDouall SF, Rechner JA, Saunders TA, Barber VS, Young JD, Mason DG (2009) A comparison of the laryngeal mask airway with the facemask and oropharyngeal airway for manual ventilation by first responders in children. *Anaesthesia* 64: 1312-1316
21. Boedeker BH, Bernhagen MA, Miller DJ, Miljkovic N, Kuper GM, Murray WB (2011) Field use of the STORZ C-MAC video laryngoscope in intubation training with the Nebraska National Air Guard. *Stud Health Technol Inform* 163: 80-82
22. Boet S, Duttchen K, Chan J, Chan AW, Morrish W, Ferland A, Hare GM, Hong AP (2012) Cricoid pressure provides incomplete esophageal occlusion associated with lateral deviation: a magnetic resonance imaging study. *J Emerg Med* 42: 606-611
23. Bouvet L, Albert ML, Augris C, Boselli E, Ecochard R, Rabilloud M, Chassard D, Allaouchiche B (2014) Real-time detection of gastric insufflation related to facemask pressure-controlled ventilation using ultrasonography of the antrum and epigastric auscultation in nonparalyzed patients: a prospective, randomized, double-blind study. *Anesthesiology* 120: 326-334

24. Brimacombe J (2005) Difficult airway. in: Brimacombe J (Hrsg) Laryngeal Mask Anesthesia. Saunders, Philadelphia, S 305-356
25. Buis ML, Maissan IM, Hoeks SE, Klimek M, Stolker RJ (2016) Defining the learning curve for endotracheal intubation using direct laryngoscopy: A systematic review. Resuscitation 99: 63-71
26. Cavus E, Callies A, Doerges V, Heller G, Merz S, Rosch P, Steinfath M, Helm M (2011) The C-MAC videolaryngoscope for prehospital emergency intubation: a prospective, multicentre, observational study. Emerg Med J 28: 650-653
27. Chanques G, Riboulet F, Molinari N, Carr J, Jung B, Prades A, Galia F, Futier E, Constantin JM, Jaber S (2013) Comparison of three high flow oxygen therapy delivery devices: a clinical physiological cross-over study. Minerva Anestesiol 79: 1344-1355
28. Cho J, Kang GH, Kim EC, Oh YM, Choi HJ, Im TH, Yang JH, Cho YS, Chung HS (2008) Comparison of manikin versus porcine models in cricothyrotomy procedure training. Emerg Med J 25: 732-734
29. Combes X, Jabre P, Margenet A, Merle JC, Leroux B, Dru M, Lecarpentier E, Dhonneur G (2011) Unanticipated difficult airway management in the prehospital emergency setting: prospective validation of an algorithm. Anesthesiology 114: 105-110
30. Cook TM, Howes B (2011) Supraglottic airway devices: recent advances. Contin Educ Anaesth Crit Care Pain 2: 56-61
31. Cook TM, Woodall N, Frerk C (2011) Major complications of airway management in the UK: results of the Fourth National Audit Project of the Royal College of Anaesthetists and the Difficult Airway Society. Part 1: anaesthesia. Br J Anaesth 106: 617-631
32. Coussa M, Proietti S, Schnyder P, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, Magnusson L (2004) Prevention of atelectasis formation during the induction of general anesthesia in morbidly obese patients. Anesth Analg 98: 1491-1495
33. Das SK, Choupoo NS, Haldar R, Lahkar A (2015) Transtracheal ultrasound for verification of endotracheal tube placement: a systematic review and meta-analysis. Can J Anaesth 62: 413-423
34. Davis DP (2008) Early ventilation in traumatic brain injury. Resuscitation 76: 333-340
35. Davis DP, Idris AH, Sise MJ, Kennedy F, Eastman AB, Velky T, Vilke GM, Hoyt DB (2006) Early ventilation and outcome in patients with moderate to severe traumatic brain injury. Crit Care Med 34: 1202-1208
36. Davis DP, Lemieux J, Serra J, Koenig W, Aguilar SA (2015) Preoxygenation reduces desaturation events and improves intubation success. Air Med J 34: 82-85
37. Davis DP, Peay J, Sise MJ, Kennedy F, Simon F, Tominaga G, Steele J, Coimbra R (2010) Prehospital airway and ventilation management: a trauma score and injury severity score-based analysis. J Trauma 69: 294-301

38. De Jong A, Futier E, Millot A, Coisel Y, Jung B, Chanques G, Baillard C, Jaber S (2014) How to preoxygenate in operative room: healthy subjects and situations "at risk". *Ann Fr Anesth Reanim* 33: 457-461
39. Deakin CD, Murphy D, Couzins M, Mason S (2010) Does an advanced life support course give non-anaesthetists adequate skills to manage an airway? *Resuscitation* 81: 539-543
40. Dodd KW, Kornas RL, Prekker ME, Klein LR, Reardon RF, Driver BE (2017) Endotracheal Intubation with the King Laryngeal Tube In Situ Using Video Laryngoscopy and a Bougie: A Retrospective Case Series and Cadaveric Crossover Study. *J Emerg Med* 52: 403-408
41. Doerges V, Sauer C, Ocker H, Wenzel V, Schmucker P (1999) Smaller tidal volumes during cardiopulmonary resuscitation: comparison of adult and paediatric self-inflatable bags with three different ventilatory devices. *Resuscitation* 43: 31-37
42. Dorges V, Ocker H, Hagelberg S, Wenzel V, Idris AH, Schmucker P (2000) Smaller tidal volumes with room-air are not sufficient to ensure adequate oxygenation during bag-valve-mask ventilation. *Resuscitation* 44: 37-41
43. Eich C, Landsleitner B (2016 ) Die kardiopulmonale Reanimation von Kindern (Paediatric Life Support). *Notf.med. up2date* 11: 51-67
44. Eich C, Roessler M, Nemeth M, Russo SG, Heuer JF, Timmermann A (2009) Characteristics and outcome of prehospital paediatric tracheal intubation attended by anaesthesia-trained emergency physicians. *Resuscitation* 80: 1371-1377
45. Eich CB, Klingebiel E, Herrmann M (2011) Gut bekannt doch oft vergessen. Effekt einer Nackenrolle auf die Freihaltung der oberen Atemwege beim tief sedierten Kind. *Anaesthesist* 60: 265-266
46. Ellis DY, Harris T, Zideman D (2007) Cricoid pressure in emergency department rapid sequence tracheal intubations: a risk-benefit analysis. *Ann Emerg Med* 50: 653-665
47. Feltbower S, McCormack J, Theilen U (2015) Fatal and near-fatal grape aspiration in children. *Pediatr Emerg Care* 31: 422-424
48. Frerk C, Mitchell VS, McNarry AF, Mendonca C, Bhagrath R, Patel A, O'Sullivan EP, Woodall NM, Ahmad I, Difficult Airway Society intubation guidelines working g (2015) Difficult Airway Society 2015 guidelines for management of unanticipated difficult intubation in adults. *Br J Anaesth* 115: 827-848
49. Gabrielli A, Wenzel V, Layon AJ, von Goedecke A, Verne NG, Idris AH (2005) Lower esophageal sphincter pressure measurement during cardiac arrest in humans: potential implications for ventilation of the unprotected airway. *Anesthesiology* 103: 897-899
50. Gander S, Frascarolo P, Suter M, Spahn DR, Magnusson L (2005) Positive end-expiratory pressure during induction of general anesthesia increases duration of nonhypoxic apnea in morbidly obese patients. *Anesth Analg* 100: 580-584
51. Gausche M, Lewis RJ, Stratton SJ, Haynes BE, Gunter CS, Goodrich SM, Poore PD, McCollough MD, Henderson DP, Pratt FD, Seidel JS (2000) Effect

- of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome: a controlled clinical trial. *Jama* 283: 783-790
52. Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T (2005) Einsatzrealität im Notarztdienst. *Notfall Rettungsmed* 391-398
  53. Gries A, Zink W, Bernhard M, Messelken M, Schlechtriemen T (2006) Realistische Bewertung des Notarztdienstes in Deutschland. *Anaesthesist* 55: 1080-1086
  54. Groombridge C, Chin CW, Hanrahan B, Holdgate A (2016) Assessment of Common Preoxygenation Strategies Outside of the Operating Room Environment. *Acad Emerg Med* 23: 342-346
  55. Grüber C, Barker M (2009) Akute Atemnot bei Kindern. *Notfall Rettungsmed* 12: 147-156
  56. Hansen M, Lambert W, Guise JM, Warden CR, Mann NC, Wang H (2015) Out-of-hospital pediatric airway management in the United States. *Resuscitation* 90: 104-110
  57. Hasegawa K, Hiraide A, Chang Y, Brown DF (2013) Association of prehospital advanced airway management with neurologic outcome and survival in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 309: 257-266
  58. Heidegger T, Starzyk L, Villiger CR, Schumacher S, Studer R, Peter B, Nuebling M, Gerig HJ, Schnider TW (2007) Fiberoptic intubation and laryngeal morbidity: a randomized controlled trial. *Anesthesiology* 107: 585-590
  59. Helm M, Biehn G, Lampl L, Bernhard M (2010) Pädiatrischer Notfallpatient im Luftrettungsdienst. Einsatzrealität unter besonderer Berücksichtigung "invasiver" Massnahmen. *Anaesthesist* 59: 896-903
  60. Helm M, Hossfeld B, Schafer S, Hoitz J, Lampl L (2006) Factors influencing emergency intubation in the pre-hospital setting--a multicentre study in the German Helicopter Emergency Medical Service. *Br J Anaesth* 96: 67-71
  61. Helm M, Kremers G, Lampl L, Hossfeld B (2013) Incidence of transient hypoxia during pre-hospital rapid sequence intubation by anaesthesiologists. *Acta Anaesthesiol Scand* 57: 199-205
  62. Helm M, Schuster R, Hauke J, Lampl L (2003) Tight control of prehospital ventilation by capnography in major trauma victims. *Br J Anaesth* 90: 327-332
  63. Herff H, Paal P, von Goedecke A, Lindner KH, Keller C, Wenzel V (2007) Fatal errors in nitrous oxide delivery. *Anaesthesia* 62: 1202-1206
  64. Hiller J, Silvers A, McIlroy DR, Niggemeyer L, White S (2010) A retrospective observational study examining the admission arterial to end-tidal carbon dioxide gradient in intubated major trauma patients. *Anaesth Intensive Care* 38: 302-306
  65. Hirabayashi Y, Fujita A, Seo N, Sugimoto H (2007) Cervical spine movement during laryngoscopy using the Airway Scope compared with the Macintosh laryngoscope. *Anaesthesia* 62: 1050-1055
  66. Hirabayashi Y, Fujita A, Seo N, Sugimoto H (2010) Distortion of anterior airway anatomy during laryngoscopy with the GlideScope videolaryngoscope. *J Anesth* 24: 366-372

67. Hossfeld B, Frey K, Doerges V, Lampl L, Helm M (2015) Improvement in glottic visualisation by using the C-MAC PM video laryngoscope as a first-line device for out-of-hospital emergency tracheal intubation: An observational study. *Eur J Anaesthesiol* 32: 425-431
68. Jarvis JL, Gonzales J, Johns D, Sager L (2018) Implementation of a Clinical Bundle to Reduce Out-of-Hospital Peri-intubation Hypoxia. *Ann Emerg Med* 72: 272-279 e271
69. Katz SH, Falk JL (2001) Misplaced endotracheal tubes by paramedics in an urban emergency medical services system. *Ann Emerg Med* 37: 32-37
70. Keil J, Jung P, Schiele A, Urban B, Parsch A, Matsche B, Eich C, Becke K, Landsleitner B, Russo SG, Bernhard M, Nicolai T, Hoffmann F (2016) Interdisziplinär konsentzierte Stellungnahme zum Atemwegsmanagement mit supraglottischen Atemwegshilfen in der Kindernotfallmedizin: Larynxmaske ist State-of-the-art. *Anaesthesist* 65: 57-66
71. Khandelwal N, Khorsand S, Mitchell SH, Joffe AM (2016) Head-Elevated Patient Positioning Decreases Complications of Emergent Tracheal Intubation in the Ward and Intensive Care Unit. *Anesth Analg* 122: 1101-1107
72. Kim J, Kim K, Kim T, Rhee JE, Jo YH, Lee JH, Kim YJ, Park CJ, Chung HJ, Hwang SS (2014) The clinical significance of a failed initial intubation attempt during emergency department resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation* 85: 623-627
73. Klein L, Paetow G, Kornas R, Reardon R (2016) Technique for Exchanging the King Laryngeal Tube for an Endotracheal Tube. *Acad Emerg Med* 23: e2
74. Kleine-Brueggeney M, Greif R, Schoettker P, Savoldelli GL, Nabecker S, Theiler LG (2016) Evaluation of six videolaryngoscopes in 720 patients with a simulated difficult airway: a multicentre randomized controlled trial. *Br J Anaesth* 116: 670-679
75. Knapp J, Wenzel VG, R., Hossfeld B, Bernhard M (2016) First-Pass Intubation Success. Bedeutung und Umsetzung in der Notfallmedizin. *Notfall Rettungsmed* 19: 566-573
76. Kohler KW, Losert H, Myklebust H, Nysaether J, Fleischhackl R, Sodeck G, Sterz F, Herkner H (2008) Detection of malintubation via defibrillator pads. *Resuscitation* 77: 339-344
77. Konrad C, Schupfer G, Wietlisbach M, Gerber H (1998) Learning manual skills in anesthesiology: Is there a recommended number of cases for anesthetic procedures? *Anesth Analg* 86: 635-639
78. Kramer-Johansen J, Eilevstjonn J, Olasveengen TM, Tomlinson AE, Dorph E, Steen PA (2008) Transthoracic impedance changes as a tool to detect malpositioned tracheal tubes. *Resuscitation* 76: 11-16
79. Kriege M, Alflen C, Eisel J, Ott T, Piepho T, Noppens RR (2017) Evaluation of the optimal cuff volume and cuff pressure of the revised laryngeal tube "LTS-D" in surgical patients. *BMC Anesthesiol* 17: 19
80. Kriege M, Alflen C, Noppens RR (2017) Using King Vision video laryngoscope with a channeled blade prolongs time for tracheal intubation

- in different training levels, compared to non-channeled blade. PLoS One 12: e0183382
81. Kristensen MS, Teoh WH, Rudolph SS, Tvede MF, Hesselfeldt R, Borglum J, Lohse T, Hansen LN (2015) Structured approach to ultrasound-guided identification of the cricothyroid membrane: a randomized comparison with the palpation method in the morbidly obese. *Br J Anaesth* 114: 1003-1004
  82. Kumle B, Merz S, Hauschel M, Kläger K, Kumle K (2015) Umgang mit Notfallrespiratoren. *Notf.med. up2date* 10: 213-221
  83. Lascarrou JB, Boisrame-Helms J, Bailly A, Le Thuaut A, Kamel T, Mercier E, Ricard JD, Lemiale V, Colin G, Mira JP, Meziani F, Messika J, Dequin PF, Boulain T, Azoulay E, Champigneulle B, Reignier J, Clinical Research in Intensive C, Sepsis G (2017) Video Laryngoscopy vs Direct Laryngoscopy on Successful First-Pass Orotracheal Intubation Among ICU Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA* 317: 483-493
  84. Lawes EG, Baskett PJ (1987) Pulmonary aspiration during unsuccessful cardiopulmonary resuscitation. *Intensive Care Med* 13: 379-382
  85. Lechleuthner A (2014) Der Pyramidenprozess. *Notarzt* 30: 112-117
  86. Lecky F, Bryden D, Little R, Tong N, Moulton C (2008) Emergency intubation for acutely ill and injured patients. *Cochrane Database Syst Rev* CD001429
  87. Lee JK, Kang H, Choi HJ (2016) Changes in the first-pass success rate with the GlideScope video laryngoscope and direct laryngoscope: a ten-year observational study in two academic emergency departments. *Clin Exp Emerg Med* 3: 213-218
  88. Lockey DJ, Crewdson K, Davies G, Jenkins B, Klein J, Laird C, Mahoney PF, Nolan J, Pountney A, Shinde S, Tighe S, Russell MQ, Price J, Wright C (2017) AAGBI: Safer pre-hospital anaesthesia 2017: Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. *Anaesthesia* 72: 379-390
  89. Lossius HM, Sollid SJ, Rehn M, Lockey DJ (2011) Revisiting the value of pre-hospital tracheal intubation: an all time systematic literature review extracting the Utstein airway core variables. *Crit Care* 15: R26
  90. Maconochie IK, Bingham R, Eich C, Lopez-Herce J, Rodriguez-Nunez A, Rajka T, Van de Voorde P, Zideman DA, Biarent D, Paediatric life support section C (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 95: 223-248
  91. Martin LD, Mhyre JM, Shanks AM, Tremper KK, Kheterpal S (2011) 3,423 emergency tracheal intubations at a university hospital: airway outcomes and complications. *Anesthesiology* 114: 42-48
  92. McMullan J, Gerecht R, Bonomo J, Robb R, McNally B, Donnelly J, Wang HE, Group CS (2014) Airway management and out-of-hospital cardiac arrest outcome in the CARES registry. *Resuscitation* 85: 617-622
  93. Mertzluft F, Zander R (1996) Optimale O<sub>2</sub>-Applikation über den naso-oralen Weg. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 31: 381-385

94. Mohr S, Weigand MA, Hofer S, Martin E, Gries A, Walther A, Bernhard M (2013) Developing the skill of laryngeal mask insertion: prospective single center study. *Anaesthesist* 62: 447-452
95. Mort TC (2004) Emergency tracheal intubation: complications associated with repeated laryngoscopic attempts. *Anesth Analg* 99: 607-613
96. Mort TC (2005) Preoxygenation in critically ill patients requiring emergency tracheal intubation. *Crit Care Med* 33: 2672-2675
97. Mort TC, Waberski BH, Clive J (2009) Extending the preoxygenation period from 4 to 8 mins in critically ill patients undergoing emergency intubation. *Crit Care Med* 37: 68-71
98. Mosier JM, Joshi R, Hypes C, Pacheco G, Valenzuela T, Sakles JC (2015) The Physiologically Difficult Airway. *West J Emerg Med* 16: 1109-1117
99. Mulcaster JT, Mills J, Hung OR, MacQuarrie K, Law JA, Pytka S, Imrie D, Field C (2003) Laryngoscopic intubation: learning and performance. *Anesthesiology* 98: 23-27
100. Nagele P, Kroesen G (2000) Kindernotfalle im Notarztdienst. Eine epidemiologische Studie am Notarztwagen Innsbruck. *Anaesthesist* 49: 725-731
101. Nakstad AR, Heimdal HJ, Strand T, Sandberg M (2011) Incidence of desaturation during prehospital rapid sequence intubation in a physician-based helicopter emergency service. *Am J Emerg Med* 29: 639-644
102. Neuhaus D, Schmitz A, Gerber A, Weiss M (2013) Controlled rapid sequence induction and intubation - an analysis of 1001 children. *Paediatr Anaesth* 23: 734-740
103. Newton A, Ratchford A, Khan I (2008) Incidence of adverse events during prehospital rapid sequence intubation: a review of one year on the London Helicopter Emergency Medical Service. *J Trauma* 64: 487-492
104. Nothnagel P, Rachut B, Timmerman A (2017) Imbalance between ambulance equipment and clinical training of emergency medical personal in two German state regions. *Trends in Anaesthesia and Critical Care* 16: 12-26
105. Oliveira JESL, Cabrera D, Barrionuevo P, Johnson RL, Erwin PJ, Murad MH, Bellolio MF (2017) Effectiveness of Apneic Oxygenation During Intubation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Emerg Med* 70: 483-494 e411
106. Ott T, Fischer M, Limbach T, Schmidtman I, Piepho T, Noppens RR (2015) The novel intubating laryngeal tube (iLTS-D) is comparable to the intubating laryngeal mask (Fastrach) - a prospective randomised manikin study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 23: 44
107. Paal P, Herff H, Mitterlechner T, von Goedecke A, Brugger H, Lindner KH, Wenzel V (2010) Anaesthesia in prehospital emergencies and in the emergency room. *Resuscitation* 81: 148-154
108. Paal P, Neurauter A, Loedl M, Brandner J, Herff H, Knotzer H, Mitterlechner T, von Goedecke A, Bale R, Lindner KH, Wenzel V (2009) Effects of stomach inflation on haemodynamic and pulmonary function during spontaneous circulation in pigs. *Resuscitation* 80: 470-477

109. Paal P, Niederklapfer T, Keller C, von Goedecke A, Luckner G, Pehboeck D, Mitterlechner T, Herff H, Riccabona U, Wenzel V (2010) Head-position angles in children for opening the upper airway. *Resuscitation* 81: 676-678
110. Paal P, Schmid S, Herff H, von Goedecke A, Mitterlechner T, Wenzel V (2009) Excessive stomach inflation causing gut ischaemia. *Resuscitation* 80: 142
111. Pehboeck D, Wenzel V, Voelckel W, Jonsson K, Herff H, Mittlbock M, Nagele P (2010) Effects of preoxygenation on desaturation time during hemorrhagic shock in pigs. *Anesthesiology* 113: 593-599
112. Peterson GN, Domino KB, Caplan RA, Posner KL, Lee LA, Cheney FW (2005) Management of the difficult airway: a closed claims analysis. *Anesthesiology* 103: 33-39
113. Piepho T, Cavus E, Noppens R, Byhahn C, Döriges V, B. Z, Timmermann A (2015) S1 Leitlinie Atemwegsmanagement. *Anaesth Intensiv* 56: 505-523
114. Piepho T, Ehrmann U, Werner C, Muth CM (2007) Sauerstofftherapie nach Tauchunfall. *Anaesthesist* 56: 44-52
115. Piepho T, Fortmueller K, Heid FM, Schmidtmann I, Werner C, Noppens RR (2011) Performance of the C-MAC video laryngoscope in patients after a limited glottic view using Macintosh laryngoscopy. *Anaesthesia* 66: 1101-1105
116. Rai MR, Popat MT (2011) Evaluation of airway equipment: man or manikin? *Anaesthesia* 66: 1-3
117. Rechner JA, Loach VJ, Ali MT, Barber VS, Young JD, Mason DG (2007) A comparison of the laryngeal mask airway with facemask and oropharyngeal airway for manual ventilation by critical care nurses in children. *Anaesthesia* 62: 790-795
118. Rehn M, Hyldmo PK, Magnusson V, Kurola J, Kongstad P, Rognas L, Juvet LK, Sandberg M (2016) Scandinavian SSAI clinical practice guideline on pre-hospital airway management. *Acta Anaesthesiol Scand* 60: 852-864
119. Rognas L, Hansen TM, Kirkegaard H, Tonnesen E (2013) Pre-hospital advanced airway management by experienced anaesthesiologists: a prospective descriptive study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21: 58
120. Ruetzler K, Gruber C, Nabecker S, Wohlfarth P, Priemayr A, Frass M, Kimberger O, Sessler DI, Roessler B (2011) Hands-off time during insertion of six airway devices during cardiopulmonary resuscitation: a randomised manikin trial. *Resuscitation* 82: 1060-1063
121. Ruetzler K, Roessler B, Potura L, Priemayr A, Robak O, Schuster E, Frass M (2011) Performance and skill retention of intubation by paramedics using seven different airway devices--a manikin study. *Resuscitation* 82: 593-597
122. Russell GB, Graybeal JM (1994) Reliability of the arterial to end-tidal carbon dioxide gradient in mechanically ventilated patients with multisystem trauma. *J Trauma* 36: 317-322
123. Russo SG, Bollinger M, Strack M, Crozier TA, Bauer M, Heuer JF (2013) Transfer of airway skills from manikin training to patient: success of

- ventilation with facemask or LMA-Supreme(TM) by medical students. *Anaesthesia* 68: 1124-1131
124. Russo SG, Wulf H (2014) Erweiterte Indikationen der Larynxmaske. Wo liegen die Limitationen? *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 49: 152-161
  125. Russotto V, Cortegiani A, Raineri SM, Gregoretto C, Giarratano A (2017) Respiratory support techniques to avoid desaturation in critically ill patients requiring endotracheal intubation: A systematic review and meta-analysis. *J Crit Care* 41: 98-106
  126. Sakles JC, Chiu S, Mosier J, Walker C, Stolz U (2013) The importance of first pass success when performing orotracheal intubation in the emergency department. *Acad Emerg Med* 20: 71-78
  127. Sakles JC, Mosier J, Chiu S, Cosentino M, Kalin L (2012) A comparison of the C-MAC video laryngoscope to the Macintosh direct laryngoscope for intubation in the emergency department. *Ann Emerg Med* 60: 739-748
  128. Schalk R, Seeger FH, Mutlak H, Schweigkofler U, Zacharowski K, Peter N, Byhahn C (2014) Complications associated with the prehospital use of laryngeal tubes--a systematic analysis of risk factors and strategies for prevention. *Resuscitation* 85: 1629-1632
  129. Schalk R, Weber CF, Byhahn C, Reyher C, Stay D, Zacharowski K, Meininger D (2012) Umintubation mithilfe des C-MAC-Videolaryngoskops. Durchführung bei Patienten mit schwierigem Atemweg und einliegendem Larynxtracheus. *Anaesthesist* 61: 777-782
  130. Schlechtriemen T, Masson R, Burghofer K, Lackner CK, Altemeyer KH (2006) Pädiatrische Notfälle in der präklinischen Notfallmedizin: Schwerpunkte des Einsatzspektrums im bodengebundenen Rettungsdienst und in der Luftrettung. *Anaesthesist* 55: 255-262
  131. Schmidt J, Strauß JM, Becke K, Giest J, Schmitz B (2007) Handlungsempfehlung zur Rapid-Sequence-Induction im Kindesalter. *Anesthesiol Intensivmed* 48: 88-93
  132. Silvestri S, Ralls GA, Krauss B, Thundiyil J, Rothrock SG, Senn A, Carter E, Falk J (2005) The effectiveness of out-of-hospital use of continuous end-tidal carbon dioxide monitoring on the rate of unrecognized misplaced intubation within a regional emergency medical services system. *Ann Emerg Med* 45: 497-503
  133. Slutsky AS, Ranieri VM (2013) Ventilator-induced lung injury. *N Engl J Med* 369: 2126-2136
  134. Soar J, Nolan JP, Bottiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, Pellis T, Sandroni C, Skrifvars MB, Smith GB, Sunde K, Deakin CD, Adult advanced life support section C (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 3. Adult advanced life support. *Resuscitation* 95: 100-147
  135. Sollid SJ, Lockey D, Lossius HM (2009) A consensus-based template for uniform reporting of data from pre-hospital advanced airway management. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 17: 58
  136. Steinmann D, Priebe HJ (2009) Krikoiddruck. *Anaesthesist* 58: 695-707

137. Stone BJ, Chantler PJ, Baskett PJ (1998) The incidence of regurgitation during cardiopulmonary resuscitation: a comparison between the bag valve mask and laryngeal mask airway. *Resuscitation* 38: 3-6
138. Sulzgruber P, Datler P, Sterz F, Poppe M, Lobmeyr E, Keferbock M, Zeiner S, Nurnberger A, Schober A, Hubner P, Stratil P, Wallmueller C, Weiser C, Warenits AM, Zajicek A, Ettl F, Magnet I, Uray T, Testori C, van Tulder R (2017) The impact of airway strategy on the patient outcome after out-of-hospital cardiac arrest: A propensity score matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2048872617731894
139. Tanigawa K, Takeda T, Goto E, Tanaka K (2001) The efficacy of esophageal detector devices in verifying tracheal tube placement: a randomized cross-over study of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Anesth Analg* 92: 375-378
140. Thierbach A, Piepho T, Wolcke B, Kuster S, Dick W (2004) Praktinische Sicherung der Atemwege. Erfolgsraten und Komplikationen. *Anaesthesist* 53: 543-550
141. Tiah L, Wong E, Chen MF, Sadarangani SP (2005) Should there be a change in the teaching of airway management in the medical school curriculum? *Resuscitation* 64: 87-91
142. Timmerman A, Russo SG (2017) Neubewertung extraglottischer Atemwege. *Notf.med. up2date* 12: 143-155
143. Timmermann A (2009) Modernes Atemwegsmanagement--Aktuelle Konzepte für mehr Patientensicherheit. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 44: 246-255
144. Timmermann A (2011) Supraglottic airways in difficult airway management: successes, failures, use and misuse. *Anaesthesia* 66: 45-56
145. Timmermann A, Bergner UA, Russo SG (2015) Laryngeal mask airway indications: new frontiers for second-generation supraglottic airways. *Curr Opin Anaesthesiol* 28: 717-726
146. Timmermann A, Brokmann JC, Fitzka R, Nickel EA (2012) Kohlenstoffdioxidmessung in der Notfallmedizin. *Anaesthesist* 61: 148-155
147. Timmermann A, Byhahn C (2009) Krikoiddruck : Schützender Handgriff oder etablierter Unfug? *Anaesthesist* 58: 663-664
148. Timmermann A, Byhahn C, Wenzel V, Eich C, Piepho T, Bernhard M, Doerges V (2012) Handlungsempfehlung für das präklinische Atemwegsmanagement. Für Notärzte und Rettungsdienstpersonal. *Anästh Intensivmed* 53: 294-308
149. Timmermann A, Chrimes N, Hagberg CA (2016) Need to consider human factors when determining first-line technique for emergency front-of-neck access. *Br J Anaesth* 117: 5-7
150. Timmermann A, Eich C, Nickel E, Russo S, Barwing J, Heuer JF, Braun U (2005) Simulation und Atemwegsmanagement. *Anaesthesist* 54: 582-587
151. Timmermann A, Eich C, Russo SG, Natge U, Brauer A, Rosenblatt WH, Braun U (2006) Prehospital airway management: A prospective evaluation of anaesthesia trained emergency physicians. *Resuscitation* 70: 179-185

152. Timmermann A, Nickel EA, Puhringer F (2015) Larynxmasken der zweiten Generation : Erweiterte Indikationen. *Anaesthesist* 64: 7-15
153. Timmermann A, Russo SG, Crozier TA, Eich C, Mundt B, Albrecht B, Graf BM (2007) Novices ventilate and intubate quicker and safer via intubating laryngeal mask than by conventional bag-mask ventilation and laryngoscopy. *Anesthesiology* 107: 570-576
154. Timmermann A, Russo SG, Eich C, Roessler M, Braun U, Rosenblatt WH, Quintel M (2007) The out-of-hospital esophageal and endobronchial intubations performed by emergency physicians. *Anesth Analg* 104: 619-623
155. Tomii K, Seo R, Tachikawa R, Harada Y, Murase K, Kaji R, Takeshima Y, Hayashi M, Nishimura T, Ishihara K (2009) Impact of noninvasive ventilation (NIV) trial for various types of acute respiratory failure in the emergency department; decreased mortality and use of the ICU. *Respir Med* 103: 67-73
156. Turkstra TP, Craen RA, Pelz DM, Gelb AW (2005) Cervical spine motion: a fluoroscopic comparison during intubation with lighted stylet, GlideScope, and Macintosh laryngoscope. *Anesth Analg* 101: 910-915
157. Turner JS, Ellender TJ, Okonkwo ER, Stepsis TM, Stevens AC, Sembroski EG, Eddy CS, Perkins AJ, Cooper DD (2017) Feasibility of upright patient positioning and intubation success rates At two academic EDs. *Am J Emerg Med* 35: 986-992
158. von Goedecke A, Keller C, Voelckel WG, Dunser M, Paal P, Torgersen C, Wenzel V (2006) Mask ventilation as an exit strategy of endotracheal intubation. *Anaesthesist* 55: 70-79
159. von Goedecke A, Voelckel WG, Wenzel V, Hormann C, Wagner-Berger HG, Dorges V, Lindner KH, Keller C (2004) Mechanical versus manual ventilation via a face mask during the induction of anesthesia: a prospective, randomized, crossover study. *Anesth Analg* 98: 260-263
160. von Goedecke A, Wagner-Berger HG, Stadlbauer KH, Krismer AC, Jakubaszko J, Bratschke C, Wenzel V, Keller C (2004) Effects of decreasing peak flow rate on stomach inflation during bag-valve-mask ventilation. *Resuscitation* 63: 131-136
161. von Ungern-Sternberg BS, Habre W, Erb TO, Heaney M (2009) Salbutamol premedication in children with a recent respiratory tract infection. *Paed Anaesth* 19: 1064-1069
162. Wagstaff TA, Soni N (2007) Performance of six types of oxygen delivery devices at varying respiratory rates. *Anaesthesia* 62: 492-503
163. Wang HE, Mann NC, Mears G, Jacobson K, Yealy DM (2011) Out-of-hospital airway management in the United States. *Resuscitation* 82: 378-385
164. Wang HE, Schmicker RH, Daya MR, Stephens SW, Idris AH, Carlson JN, Colella MR, Herren H, Hansen M, Richmond NJ, Puyana JCJ, Aufderheide TP, Gray RE, Gray PC, Verkest M, Owens PC, Brienza AM, Sternig KJ, May SJ, Sopko GR, Weisfeldt ML, Nichol G (2018) Effect of a Strategy of Initial Laryngeal Tube Insertion vs Endotracheal Intubation on 72-Hour Survival

- in Adults With Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. JAMA 320: 769-778
165. Weingart SD, Levitan RM (2012) Preoxygenation and prevention of desaturation during emergency airway management. Ann Emerg Med 59: 165-175 e161
  166. Weingart SD, Trueger NS, Wong N, Scofi J, Singh N, Rudolph SS (2015) Delayed sequence intubation: a prospective observational study. Ann Emerg Med 65: 349-355
  167. Weiss M, Engelhardt T (2010) Proposal for the management of the unexpected difficult pediatric airway. Paediatr Anaesth 20: 454-464
  168. Weiss M, Schmidt J, Eich C, Stelzner J, Trieschmann U, Müller-Lobeck L, Philippi-Höhne C, Becke K, Jöhr M, Strauß J (2011) Handlungsempfehlung zur Prävention und Behandlung des unerwartet schwierigen Atemwegs in der Kinderanästhesie. Anästh Intensivmed 52: 54-63
  169. Wenzel V, Idris AH, Banner MJ, Kubilis PS, Band R, Williams JL, Jr., Lindner KH (1998) Respiratory system compliance decreases after cardiopulmonary resuscitation and stomach inflation: impact of large and small tidal volumes on calculated peak airway pressure. Resuscitation 38: 113-118
  170. Wenzel V, Idris AH, Banner MJ, Kubilis PS, Williams JL, Jr. (1998) Influence of tidal volume on the distribution of gas between the lungs and stomach in the nonintubated patient receiving positive-pressure ventilation. Crit Care Med 26: 364-368
  171. Westhoff M, Schonhofer B, Neumann P, Bickenbach J, Barchfeld T, Becker H, Dubb R, Fuchs H, Heppner HJ, Janssens U, Jehser T, Karg O, Kilger E, Kohler HD, Kohnlein T, Max M, Meyer FJ, Mullges W, Putensen C, Schreiter D, Storre JH, Windisch W (2015) Nicht-invasive Beatmung als Therapie der akuten respiratorischen Insuffizienz. Pneumologie 69: 719-756
  172. Wirtz DD, Ortiz C, Newman DH, Zhitomirsky I (2007) Unrecognized misplacement of endotracheal tubes by ground prehospital providers. Prehosp Emerg Care 11: 213-218
  173. Xue FS, Liao X, Yuan YJ, Wang Q, Liu JH (2011) Management of unanticipated difficult airway in the prehospital emergency setting. Anesthesiology 115: 441-442;
  174. Yan Z, Tanner JW, Lin D, Chalian AA, Savino JS, Fleisher LA, Liu R (2013) Airway trauma in a high patient volume academic cardiac electrophysiology laboratory center. Anesth Analg 116: 112-117

**Erstveröffentlichung: 02/2019**

**Nächste Überprüfung geplant: 02/2024**

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

**Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online**