

# Der „schwierige“ Atemweg bei kranio-maxillo-fazialen Eingriffen

## Teil 2: Der chirurgische Atemweg

■ Sven Otto, Carl-Peter Cornelius, Sebastian Schiel, Matthias Jacob

### Zusammenfassung

Die Techniken zur Etablierung eines „chirurgischen Atemwegs“ reichen von der Punktionskoniotomie über die chirurgische Koniotomie bis zur offenen Tracheotomie und zur perkutanen Dilatationstracheotomie. Die Auswahl des geeigneten Verfahrens richtet sich danach, ob es sich um einen Notfall- oder um einen Elektiv-eingriff (z.B. zur Langzeitbeatmung) handelt. Im Rahmen ausgedehnter kranio-maxillo-fazialer Eingriffe sind die Mund- und die Nasenhöhle oftmals gleichzeitig involviert. Insbesondere wenn zusätzlich eine mandibulo-maxilläre Fixation notwendig wird, kommt eine konventionelle Intubation nicht mehr infrage. Für diese schwierige Atemwegssituation bieten die submentale Intubation oder ein Tube Switch eine brauchbare Alternative zur Tracheotomie. Alle genannten chirurgischen Zugänge zu den oberen Luftwegen werden im Einzelnen dargestellt mit Blick auf die Technik, Indikationen und Kontraindikationen sowie auf die Komplikationsmöglichkeiten.

### The Difficult Airway in Cranio-Maxillo-Facial Operations Part 2: The Surgical Airway

There are a number of different surgical approaches to the airway such as cricothyroid puncture, cricothyroidotomy and surgical or percutaneous dilatational tracheostomy. The selection of the proper procedure varies from the emergency to the elective situation (e.g., for prolonged ventilation). Major cranio-maxillo-facial interventions often involve both the oral and nasal cavities. The necessity of an additional mandibulo-maxillary fixation, in particular, will preclude an intubation along the conventional routes. A submental intubation or a surgical tube switch can offer an efficient alternative to tracheostomy in this difficult airway scenario. All the surgical airway approaches will be presented with the focus on technique, indications, contraindications and possible complications.

### Einleitung

Im Gegensatz zur Atemwegssicherung über langstreckige Passagen im Oro- oder Nasopharynx mithilfe endotrachealer Tuben wird der „chirurgische Atemweg“ mit invasiven Techniken auf direktem Weg hergestellt. Die chirurgischen Zugangsvarianten umfassen Punktionen ggf. in Kombination mit einer perkutanen Dilatation oder die operative Eröffnung des Luftwegs zwischen Schild und Ringknorpel bzw. im Bereich der supra-

sternalen Trachealknorpel. Zu den traditionellen Verfahren gehören die offene Koniotomie und Tracheotomie, während die Punktions- und Dilatationstechnik durch modernes Instrumentenzubehör immer weiter modifiziert und verfeinert wird.

Ausgehend von den anatomischen Grundlagen werden die Prinzipien der verschiedenen chirurgischen Zugangsmöglichkeiten zu den oberen Luftwegen im Folgenden dargestellt und ihre Indikationen, Kontraindikationen in der Notfall- und Elektivbehandlung einschließlich der verfahrenstypischen Komplikationen beschrieben. Die submentale Intubation und der Tube Switch, die sich bei

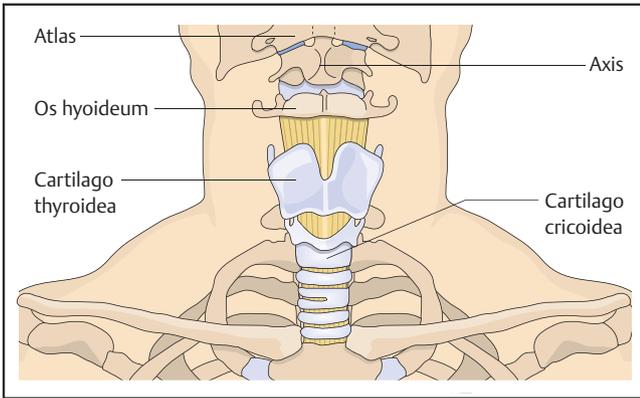
ausgedehnten kranio-maxillo-fazialen Eingriffen als Alternative zur Tracheotomie anbieten, werden erläutert.

### Anatomische Grundlagen

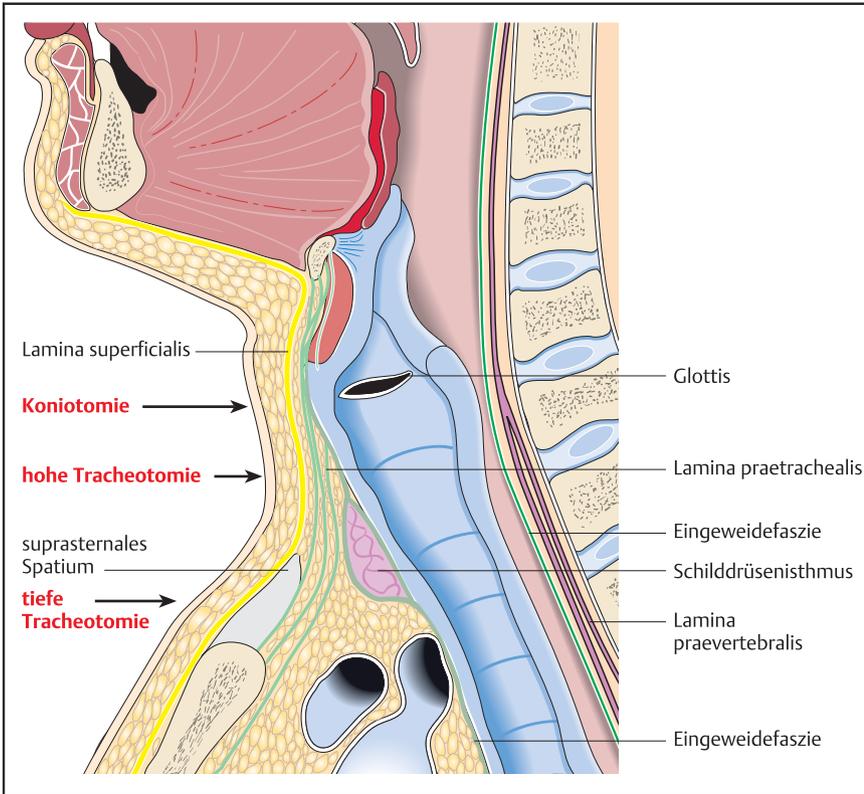
Der Kehlkopf als Ganzes projiziert sich beim Erwachsenen in Ruhe (**Abb. 1 a**) etwa auf die Höhe des 5. und 6. Halswirbels. Der Übergang zur Luftröhre beginnt in Höhe des 6./7. Halswirbels. Das Zungenbein (Os hyoideum) lokalisiert sich ungefähr auf Höhe des 3. und 4. Halswirbels [14,23,26,30]. Grundbestandteile des Kehlkopfs sind der Ring- und Schildknorpel.

Markante sichtbare und/oder tastbare Orientierungspunkte werden in der vorderen Halsmitte durch die Prominentia laryngea (Prominentia laryngea, Pomum adami) und die Außenkonturen des Schildknorpels hervorgerufen. Weitere Landmarken in der vorderen Halsregion sind der nach vorne gerichtete ringförmige Bogen (Arcus cartilaginis cricoideae) des Ringknorpels, der sich am oberen Ende der Trachea befindet, die Vorderränder der beiden Sternokleidomastoid-Muskeln und die Drosselgrube (Incisura jugularis), d.h. die Einziehung am Oberrand des Sternums. Zusammen mit dem Hyoid und den Hinterbäuchen der Digastrikmuskeln umgrenzen die genannten Strukturen das mediale Halsdreieck (Trigonum infrahyoideum). In den seitlich vom oberen Aero-Digestivtrakt (Trachea-Kehlkopf und Ösophagus-Pharynx) und nach dorsal von der Halswirbelsäule gebildeten Rinnen verlaufen die großen Leitungsbahnen (sog. Gefäß-Nerven-Strang: A. carotis, V. jugularis interna, N. vagus). Das Platysma und die platte, schichtweise angeordnete Infrahyoidal-muskulatur schließen das mediale Halsdreieck oberflächlich ab. Sowohl die Muskeln, der Aero-Digestivtrakt als auch die Gefäß-Nerven-Stränge werden von einem Faszienstrang umgeben. Diese Faszien unterteilen den Hals in verschiedene Kompartimente (**Abb. 1 b** und **3 a**).

OP-JOURNAL 2011; 27: 168–181  
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York  
DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1271035>



**Abb. 1 a** Lage von Kehlkopf, Trachea und Zungenbein (Hyoid) in Bezug zur Halswirbelsäule.



**Abb. 1 b** Faszienvhältnisse und Spatien am Hals (Mediansagittalschnitt), Zugangswege zu Kehlkopf und Trachea. Lamina superficialis (gelb), Lamina praetrachealis (hellgrün), Eingeweidefaszie (dunkelgrün).

Die oberflächliche Halsfaszie (Lamina superficialis) ist die Fortsetzung der allgemeinen Körperfaszie. Die mittlere Halsfaszie (Lamina praetrachealis) umfasst die infrahyoidalen Muskeln. Kaudalwärts entfernen sich Kehlkopf und Trachea immer mehr von der Hautoberfläche. Unterhalb des Ringknorpels liegt die Trachea in 1,5–2 cm Tiefe (Region für hohe Tracheotomie), im Bereich des Jugulums oberhalb der Sternaleinziehung dagegen 4–5 cm tief (Region für tiefe Tracheotomie). Dementsprechend lösen sich die oberflächliche und die mittlere Halsfaszie zunehmend voneinander ab

und es entsteht das Spatium suprasternale. Die Schilddrüse und die Trachea sind von einer speziellen Eingeweidefaszie [27] eingefasst. Die Schilddrüse liegt im zeltförmigen Spatium praeviscerale, einem ansonsten mit lockerem Bindegewebe gefüllten Raum, der von der Lamina praetrachealis und der Eingeweidefaszie gebildet wird und sich bis ins obere Mediastinum fortsetzt.

Die Schilddrüse hat H-Form, die beiden Seitenlappen sind über einen Isthmus verbunden (Abb. 3 c). Von der Isthmusmitte kann ein Lobus pyramidalis nach

kranial über das Krikoid bis auf den Schildknorpel gehen. Die Seitenlappen der Schilddrüse liegen der Trachea, den unteren Kehlkopfpartien und dem Ösophagus und Pharynx an und reichen normalerweise abwärts bis zur 6. Trachealspange. Der Isthmus überlagert die Vorderfläche der oberen 2 bis 3 Trachealspangen und ist fest auf der Unterlage fixiert, gelegentlich kann er fehlen. Das Schilddrüsengewebe ist stark vaskularisiert und muss bei Durchtrennung exakt unterbunden werden. Im Einzugsbereich einer Tracheotomie liegen im Regelfall nur kleinere arterielle und venöse Äste der thyreoidalen Gefäßversorgung. Zu massiven Blutungen kann es jedoch durch Varianten [27] in der Gefäßversorgung (z. B. A. thyroidea ima, V. thyroidea mediana bzw. impar beide mit Verzweigungsmustern in der Mittellinie bis zum Isthmus, auch hochstehende V. brachiocephalica sinistra) kommen.

Beim sog. Ligamentum cricothyroideum medianum (nach früherer Nomenklatur: Lig. conicum) handelt es sich um eine straffe vertikale Membran median zwischen dem Ring- und dem Schildknorpel (Abb. 2). Bei Erwachsenen hat das Ligament eine Breite von ca. 20 mm und eine Höhe von etwa 8–10 mm. In unmittelbarer Nachbarschaft liegen die Mm. cricothyroidei. Die oberen Thyreoidalarterien geben kleinere transversal über das Ligament verlaufende Äste ab.

Der Ringknorpel ist mit dem 1. Trachealknorpel über eine elastische Membran, das Ligamentum cricotracheale, verbunden. Die Trachea besteht aus 16–22 hufeisenförmigen nach hinten offenen Knorpelspannen bei einer Länge von 9–15 cm. Die Rückwand ist mit einer Bindegewebs-Muskelmembran verschlossen. Die Längselastizität der Luftröhre beruht auf den bindegewebigen Verbindungen der Knorpelspannen (Ligg. annularia) untereinander. Die Pars cervicalis der Trachea ist kurz und erstreckt sich vom Krikoid bis zur oberen Thoraxapertur nur über wenige Zentimeter. Im Durchschnitt hat die Trachea einen Querdurchmesser von 2,3 und einen Längsdurchmesser von 1,7 cm.

Bei den Zugangsweisen zu Kehlkopf und Luftröhre sind die topografischen Verhältnisse im mittleren Halsdreieck zu berücksichtigen. Die Präparation erfolgt schichtweise und in Orientierung an den Faszien und Spatien als Leitstrukturen (Abb. 3 a–c).

**Koniotomie/Krikothyreotomie**

Koniotomie (Syn. Krikothyreotomie) bedeutet die Durchtrennung (oder auch Durchstechung) des Ligamentum conicum bzw. cricothyroideum medianum zwischen dem Ring und dem Schildknorpel (**Abb. 2**), um Zugang zum infraglottischen Raum im Kehlkopf zu bekommen und damit den Atemtrakt schnellstmöglich zu eröffnen.

Die Koniotomie ist daher angezeigt, wenn akute Erstickungsgefahr durch Atemwegsobstruktionen supraglottisch oder im Glottisbereich droht [7,8,22] und andere Verfahren nicht gelingen.

- Zur Koniotomie gibt es 2 Verfahrenweisen:
  - perkutane Punktionstechnik („Nadel-“, „Kanülen-“, „Katheter-“ oder „Punktionskoniotomie“)
  - offene OP-Technik unter direkter Sicht („chirurgische Koniotomie“)

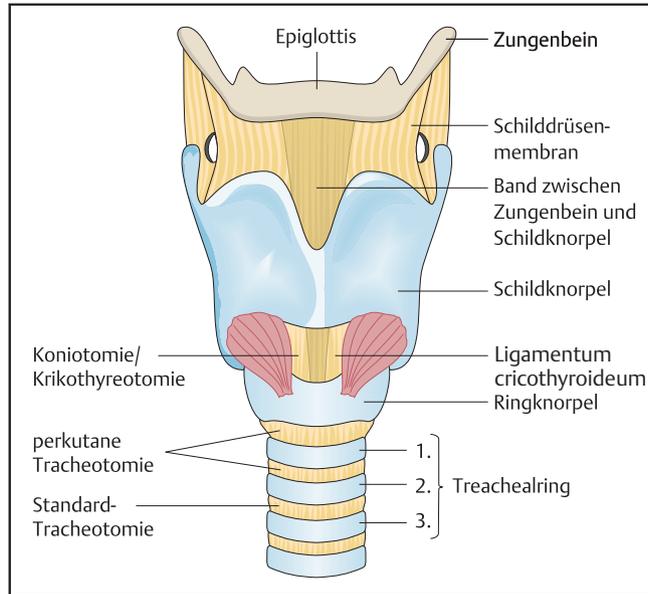
**Indikation**

Die Punktions- und die chirurgische Koniotomie sind eine exklusive Notfallmaßnahme zum Management des schwierigen mit konventionellen Mitteln nicht beherrschbaren Atemwegs und werden dementsprechend als „Ultima Ratio“ in CVCI-Szenarien (vgl. Teil 1) eingesetzt [8, 10, 21, 22].

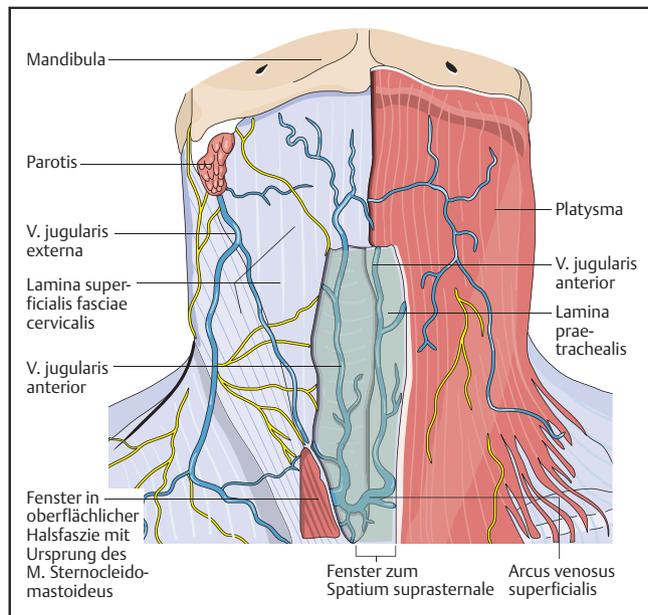
- Das Cannot-ventilate-cannot-intubate (CVCI)-Szenario beschreibt die Unmöglichkeit, einen Patienten mit Beutel und Gesichtsmaske zu beatmen und einen Tubus endotracheal zu platzieren, sodass eine ausreichende Oxygenierung nicht gelingt.

Für komplette supraglottische/glottische Atemwegsverlegungen und das resultierende CVCI-Szenario können akute CMF-Traumen (Mittelgesichtsfrakturen und SHT), Entzündungen, Allergien/Anaphylaxie, Tumoren (oft auch Sekundäreingriffe nach Neck Dissection und Bestrahlung) und anatomische Varianten bei kraniofazialen Deformitäten ursächlich sein. Auch im Rahmen einer geplanten und gut vorbereiteten Narkoseeinleitung kann der „Atemweg unerwartet verloren gehen“ [21, 22] (vgl. Teil 1).

- Vordringlich ist es zu erkennen, wann keine Zeitreserven zum Krisenmanagement mit anderen Maßnahmen mehr zu Verfügung stehen und die Entscheidung zur Koniotomie zu treffen, um



**Abb. 2** Kehlkopf und Trachea: Bestandteile, Ligamentverbindungen und Zugangsregionen.



**Abb. 3a** Hals, Ansicht von ventral. Oberflächliche Schichten. Bildhälfte – rechts: Platyisma. Bildhälfte – links: oberflächliche Halsfaszie. Bildmitte: Fenster in das Spatium suprasternale mit Blick auf die Lamina prae-trachealis (zur Anschauung hellgrün eingefärbt [wie **Abb. 1 b**]). Die vorderen Jugularvenen (Vv. jugulares ant.) können kaliberstark sein und im Mittellinienbereich des Spatium suprasternale verlaufen. Der Arcus venosus jugularis zwischen den beiden Venen ist zu beachten.

- schwere Hypoxien und den Erstickungstod zu verhindern.

Die Vorteile der Koniotomie liegen in ihrer raschen, weitgehend sicheren und technisch einfachen Durchführbarkeit. Das Ligamentum conicum liegt ganz oberflächlich unter der Haut der anterioren Halsregion und ist anders als die tiefer lokalisierte Trachea ohne Bahnung durch multiple, evtl. stark vaskularisierte (Schilddrüse) Gewebeschichten zugänglich.

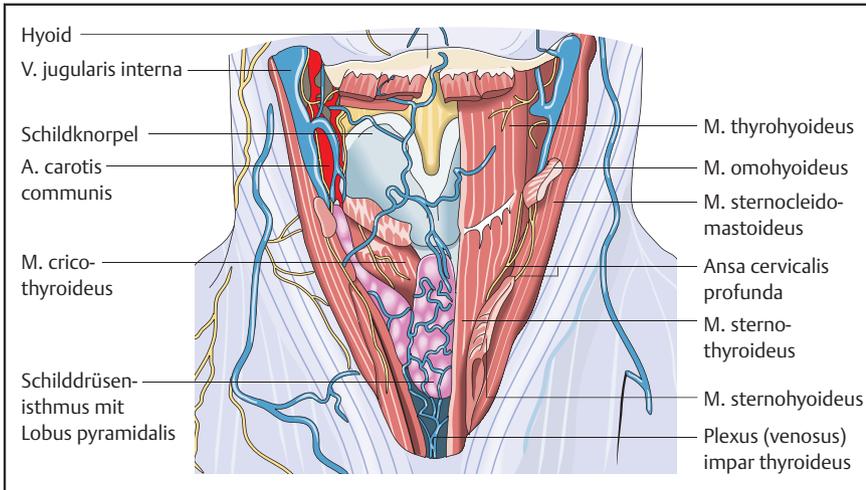
**Punktionsstechnik [7, 8, 16, 21, 22, 28]**

Zur Identifizierung der Landmarken in der laryngotrachealen Übergangsregion

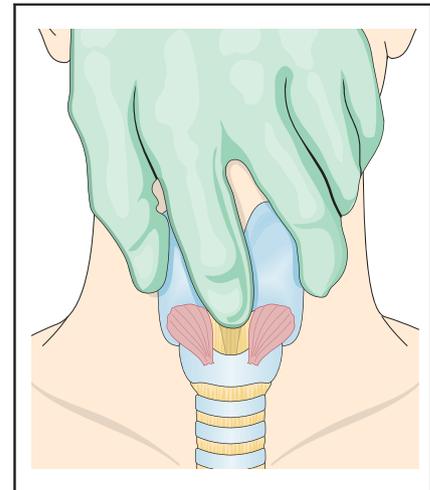
wird der Hals des Patienten leicht überextendiert.

Mit dem Daumen bzw. dem Mittel- und Ringfinger der nicht dominanten Hand wird die Haut über Schild- und Ringknorpel gestrafft (**Abb. 4a**) und die beiden Knorpel-elemente immobilisiert, während der Zeigefinger die kleine Einziehung über dem Ligamentum conicum palpiert.

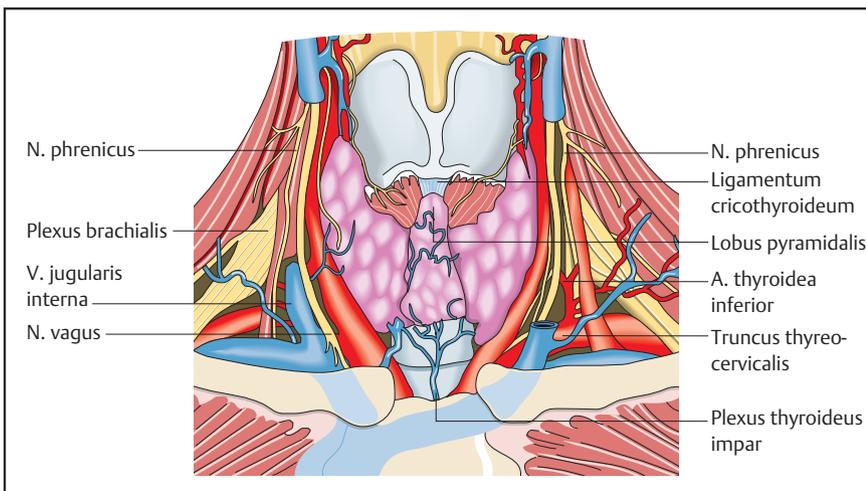
Mit einem Skalpell (Klinge No. 15) wird dann eine Längsinzision der Haut von ca. 2 cm direkt über dem Ligament vorgenommen. Die Einführung einer Kanüle/eines Katheters oder eines Tubus durch die unnachgiebigen Kollagenfa-



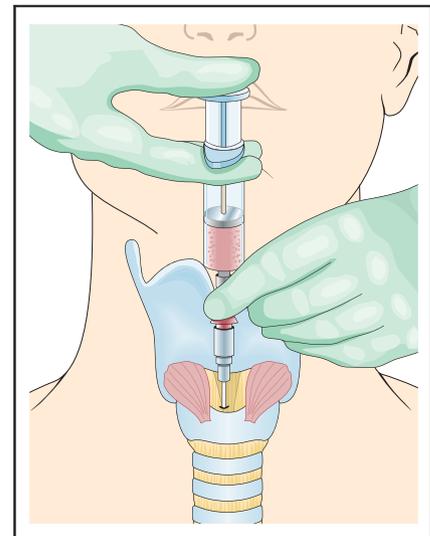
**Abb. 3b** Hals, Ansicht von ventral. Tiefe Schichten nach Entfernung der Lamina praetrachealis. Bildhälfte – links: Aus dem M. sternohyoideus und dem M. omohyoideus ist je ein Segment reseziert, dadurch wird die motorische Nervenversorgung über die Ansa cervicalis profunda sichtbar sowie die tiefe Schicht der infrahyoidalen Muskulatur, M. sternothyroideus und M. thyrohyoideus. Bildhälfte – rechts: die tiefe Schicht der infrahyoidalen Muskulatur ist abgetragen, wodurch Einsicht in das Spatium preaviscerale erreicht wird. Neben dem Schilddrüsenisthmus wird der Seitenlappen sichtbar. Zu beachten ist die venöse Drainage im kranialen und kaudalen Bereich der Schilddrüse.



**Abb. 4a** Punktionskoniotomie: Immobilisation des Larynx mit der nicht dominanten (linken) Hand und Palpation der Vertiefung zwischen Schild- und Ringknorpel mit dem Zeigefinger.



**Abb. 3c** Hals, Ansicht von ventral. Tiefe Schicht mit Schilddrüse nach Entfernung der vorderen Halsmuskulatur: Die einzelnen Strukturen der Gefäß-Nerven-Stränge liegen frei. Zu beachten ist die Ausdehnung des Lobus pyramidalis in Richtung auf das Ligamentum cricothyroideum und die venöse Drainage im Bereich der unteren Schilddrüse über einen Plexus venosus impar im Verlauf der Trachea.



**Abb. 4b** Punktionskoniotomie: Insertion der Punktionskanüle zentral und im Neigungswinkel von 30–45°. Eine Verletzung der Krikothyroidgefäßäste lässt sich durch eine Punktion im unteren Anteil der Krikothyroidmembran vermeiden. Unter Aspiration aufsteigende Blasen bestätigen den Eintritt in den Luftweg.

sen der Dermis wird durch einen ausreichend breiten Einschnitt erleichtert.

Zur Punktion wird ein großkalibriger Venenverweilkatheter (Erwachsene 12 G) – besser aber der Katheter eines kommerziell vorgefertigten Koniotomiesets (s. u.) – verwendet, der auf eine zur Hälfte mit Kochsalz gefüllte 10-ml-Spritze aufgesteckt ist (**Abb. 4b** und **d**).

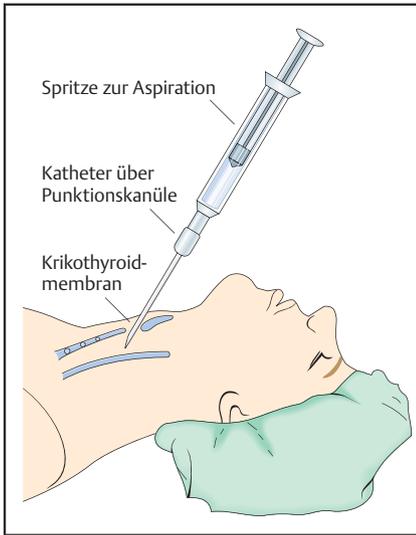
Mit der dominanten Hand wird die Metall-(Innen-)Kanüle zentral (Mittellinie) in die Inzisionswunde und in einem Winkel von 30–45° zur Hautoberfläche

in kaudaler Richtung auf das Jugulum eingestochen (**Abb. 4b** und **c**) und unter Aspiration mit dem Spritzenkolben durch das subkutane Gewebe und die Krikothyroidmembran vorgeschoben. Ein nachlassender Widerstand und in der Spritze aufsteigende Luftblasen zeigen den Eintritt der Kanülenspitze in das Kehlkopflumen an.

Sobald sich die Innenkanüle im Kehlkopflumen befindet, wird der Außenkatheter nach kaudal bis zum Anschlag in die Trachea vorgeschoben und die Kanüle entfernt. Zur Kontrolle auf die korrekte

Katheterposition (**Abb. 4e**) wird mit der entleerten Spritze noch einmal Luft daraus angesaugt und wieder zurückgepresst. Wenn dabei ein Widerstand zu spüren ist oder sich die Luft subkutan ausbreitet, wurde der Katheter zu weit bis in die Rückwand vorgeschoben oder er liegt (prätracheal) subkutan im Weichgewebe.

Falls der Katheter mit einem Cuff ausgestattet ist, wird dieser aufgeblasen und ein Ventilationsgerät/Sauerstoff-



**Abb. 4c** Punktionkoniotomie: Insertionsrichtung (Neigungswinkel 30–45°) der Kanüle – Schema im Sagittalschnitt.

quelle (Ambubeutel, Jetventilation – siehe Teil 1) angeschlossen. Nach Auskultation und Überprüfung der Thoraxexkursionen wird der Katheter mit Pflasterstreifen fixiert oder angenäht.

**Kommerzielle Koniotomiesets**

Es sind mehrere industriell vorgefertigte Koniotomiesets auf dem Markt, die sich hinsichtlich ihrer Applikations- bzw. Insertionstechnik (Troikar zur Dilatation, Drucktastvorrichtung mit Indikator, Insertion eines Führungsdrahts – Seldinger-Technik) und Eigenschaften (Innendurchmesser, Cuff, Konnektortyp) unterscheiden. Grundsätzlich muss das Instrumentarium im Notfall sofort zur Verfügung stehen. Absolut entscheidend ist aber, dass der Anwender durch regelmäßiges Training bestens mit diesem Instrumentarium vertraut ist [8,21,22].

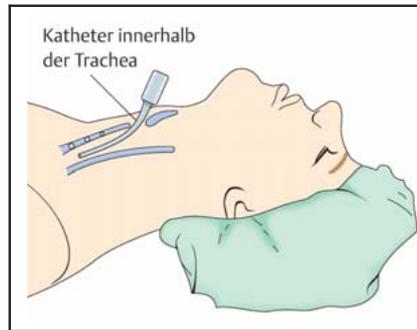
**Chirurgische Technik**

Zur Koniotomie in offener anatomisch-chirurgischer Präparationstechnik [7,8,21,22] reicht ein einfaches aus wenigen Instrumenten bestehendes Basisset vollkommen aus: Skalpell (Klinge No.11 oder No.15), Metzenbaum-Schere, Tracheaspreizer (z.B. 2-armig nach Trousseau oder Nasenspekulum), evtl. Trachealhaken und Endotrachealtubus mit Cuff, Innendurchmesser 6,5 mm oder ein kleiner Koniotomie- bzw. Trachealtubus, steriler chirurgischer Sauger [8].

In gleicher Weise wie bei der Punktionkoniotomie beschrieben wird der Hals



**Abb. 4d** Punktionkoniotomie: Mit Kochsalz gefüllte Spritze auf einem kommerziellen Koniotomiekathe- ter. Skalpell zur Hautinzision (Patil Emergency Cricothyrotomy Katheter Set, Cook®). © eigenes Foto.



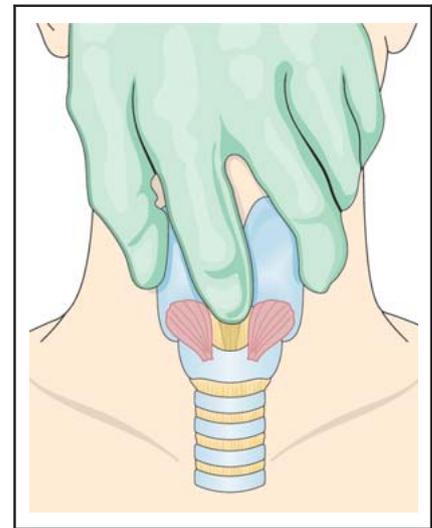
**Abb. 4e** Punktionkoniotomie: Der Katheter ist bis zum Konnektor nach kaudal in die Trachea vorgeschoben, die Insertionskanüle ist entfernt – Schema im Sagittalschnitt.

des Patienten überstreckt, die Haut desinfiziert und die Landmarken palpirt (**Abb. 5a**).

In der Mittellinie entlang des unteren Schildknorpels und etwas über den Ringknorpel hinaus nach kaudal wird mit dem Skalpell eine mindestens 3 cm lange vertikale Hautinzision bis in die Subkutis angelegt (**Abb. 5b**). Die großzügige Vertikalinzision hilft Gefäßverletzungen zu vermeiden und kann bei unübersichtlichen anatomischen Verhältnissen leicht auf die palpablen Landmarken zu erweitert werden.

Mit der Schere wird die Unterhautgewebeschicht stumpf aufgespreizt, die Fascia praetrachealis gespalten und die infrahyoideale Muskulatur beiseitegedrängt. Ein interferierender Lobus pyramidalis oder Gefäßsäste werden mobilisiert, bis die Krikothyroidmembran bzw. das Ligamentum conicum in der Zone zwischen den Mm. cricothyreoidei durch Retraktion der Wundränder dargestellt ist.

Die Membran wird in der Mitte durch eine horizontale Stichinzision mit dem Skalpell eröffnet und diese Lücke dann

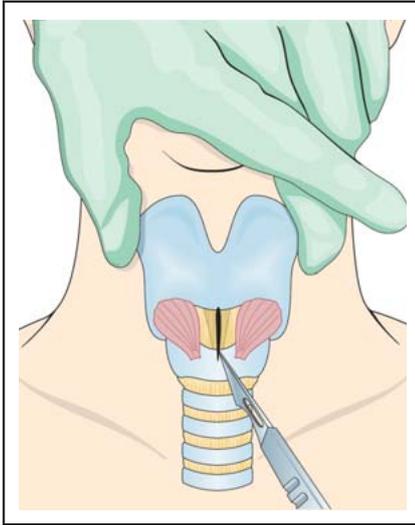


**Abb. 5a** Chirurgische Koniotomie: Immobilisierung von Schild- und Ringknorpel mit der nicht dominanten Hand vor Längsinzision der Haut über der Krikothyroidmembran.

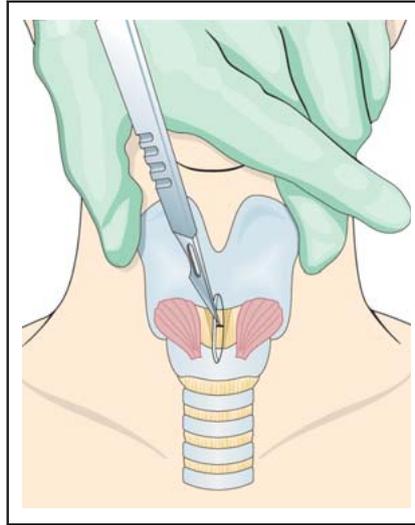
zu beiden Seiten erweitert. Die Skalpellklinge (No. 11) sollte beim Einschneiden nicht weiter als bis zur Hälfte versenkt werden [7].

Mit einem Trousseau-Tracheaspreizer oder einem Kilian-Nasenspekulum [8] wird die Öffnung in der Krikothyroidmembran dann vertikal aufgespreizt. Ersatzweise lässt sich dazu auch eine gebogene Gefäßklemme oder das Ende des Skalpellhandgriffs verwenden. Von einer Assistenz kann durch Einsetzen eines Tracheahakens in den Schnittrand am Schildknorpel Zug ausgeübt und die Öffnung zusätzlich erweitert werden (**Abb. 5d**).

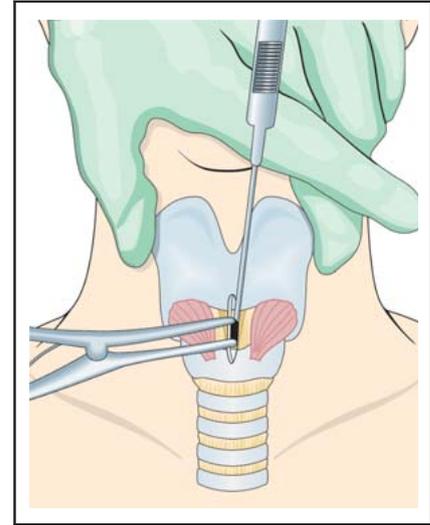
Durch Drehung des Tracheaspreizers um 90° in die Horizontale in Kombination mit dem Tracheahaken lässt sich gleichzeitig Zug am Kranial- und Kaudalrand sowie in Querrichtung ausüben und so



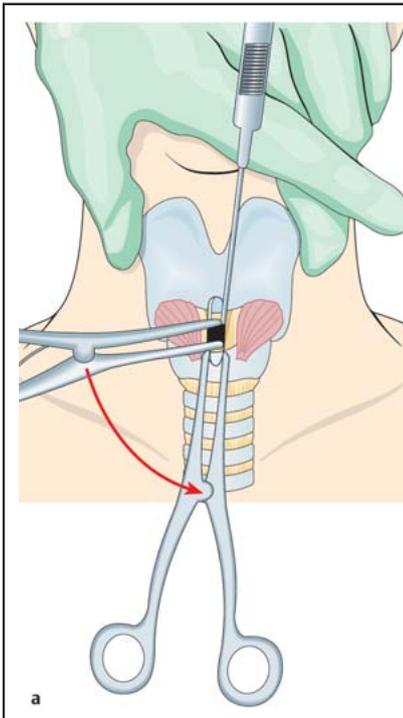
**Abb. 5b** Chirurgische Koniotomie: Vertikale Hautinzision in der Mittellinie in Höhengausdehnung der unteren Partie des Schildknorpels und über dem Ringknorpel nach kaudal.



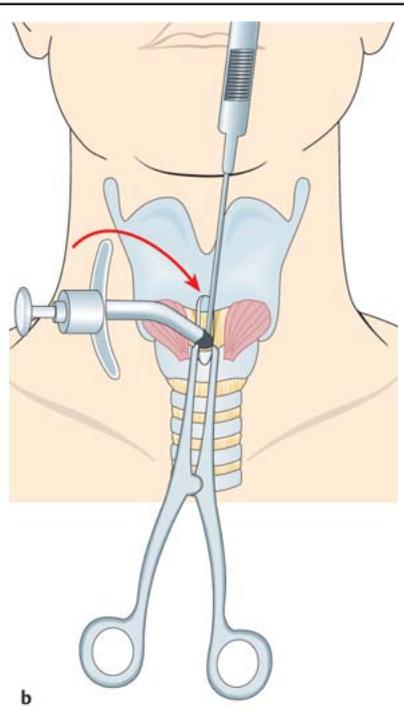
**Abb. 5c** Chirurgische Koniotomie: Die Krikothyroidmembran wird in Horizontalrichtung über eine Breite von ca. 1,5 cm inzidiert.



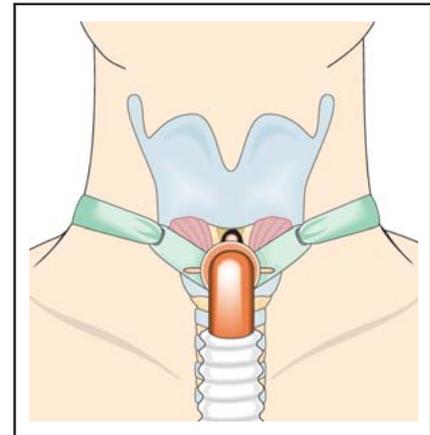
**Abb. 5d** Chirurgische Koniotomie: Durch Insertion eines Tracheaspreizers und eines Tracheahakens wird die Inzisionsöffnung in der Krikoidmembran aufgedehnt.



**Abb. 5e** Chirurgische Koniotomie: Drehung des Tracheaspreizers um 90° nach kaudal und die Kombination mit einem kranial eingesetzten Tracheahaken sorgen für eine Zugwirkung in Quer- und Längsrichtung mit maximaler Weitstellung der Öffnung in der Membran.



**Abb. 5f** Chirurgische Koniotomie: Anschluss zur Ventilation und Fixierung des Tubus mit Halsband.



**Abb. 5f** Chirurgische Koniotomie: Anschluss zur Ventilation und Fixierung des Tubus mit Halsband.

die Öffnung in der Membran größtmöglich weit stellen (**Abb. 5e**). Die Einführung eines Tubus wird dadurch wesentlich erleichtert.

Abschließend wird der Tubus an ein Ventilationsgerät (Beatmung/Sauerstoffsufflation) angeschlossen, seine korrekte Lage auskultatorisch überprüft und über

seine Manschette mit einem Halsband fixiert (**Abb. 5f**).

#### Differenzialindikation: Punktions- versus offene Technik

Die beste Technik zur Notkoniotomie sollte so einfach und schnell wie möglich durchführbar sein. Eine Punktionskoni-

tomie ist für nicht regelmäßig operativ tätige Ärzte einfacher auszuführen, sodass Anästhesisten entsprechend ihrer gewohnten Tätigkeitsmerkmale eher zur Punktions- versus offenen Technik tendieren werden. Der Zeitbedarf für die reine Prozedur (ohne Vorbereitungszeit) von Punktionskoniotomien bewegt sich nach Literaturangaben [7,21] zwischen 10 und 280 s, für das offene chirurgische Präparationsverfahren in einer Spanne zwischen 60 und 250 s, wobei ein höherer Ausbildungsstand und fortgeschrittene Lernkurven die Zeiten nach unten drücken und Komplikationen seltener werden lassen. Trotz dieser Zahlen gilt die Punktions- versus offene Technik im Allgemeinen als schneller und nebenwirkungärmer [8,

22], die chirurgische Koniotomie hinsichtlich der Ventilation und Oxygenierung insbesondere beim SHT als vorteilhaft [10]. Unterschiede im Blutungsrisiko der Techniken sind in einer lebensbedrohlichen Situation irrelevant. Nach einer Punktionskoniotomie mit einer 13 G (= 2,4 mm Außendurchmesser) Kanüle/Katheter ist die adäquate Oxygenierung eines Patienten ohne Einsatz der Jetventilation nicht möglich [18,21].

„Any airway is better than no airway“  
In einer lebensbedrohenden Situation kann auch ein engluniger Zugang zum Luftweg die Zeit bis zur Etablierung einer adäquaten Ventilationsmöglichkeit überbrücken helfen.

Industrielle Sets zur Punktionskoniotomie enthalten in aller Regel großlumige Katheter mit Innendurchmessern ab 5,0 mm und sind teilweise mit einem insufflierbaren Cuff als Aspirationschutz versehen.

**Kontraindikationen [7,28]**

Koniotomien in offen chirurgischer Technik sind bei pädiatrischen Patienten unter 12 Jahren grundsätzlich kontraindiziert, da jegliche Verletzung im Ringknorpelbereich zu subglottischen Stenosen mit erheblichen Atemwegsproblemen führt. Wenn gar nicht zu umgehen, sollte in dieser Altersgruppe eine Punktionskoniotomie mit kleinelumigen Kathetern vorgenommen werden.

Bei Erwachsenen gehören Traumamuster mit partieller Durchtrennung der Trachea, Verletzungen des Ringknorpels oder schweren Frakturen des Larynx zu den seltenen Kontraindikationen einer Koniotomie.

**Komplikationen**

Für Koniotomien werden bei präklinischen Notfalleinsätzen Komplikationsraten von bis zu 40% angegeben [8]. Mit den technischen Fortschritten im Airway-Management sind Koniotomien jedoch ein eher seltener Eingriff geworden. Die häufigsten akuten Komplikationen betreffen Blutungen und Fehlplatzierungen des Tubus (Übersicht **Tab. 1**). Nach der Sicherung des Atemwegs können die Blutungen durch Kompression oder Koagulation gestoppt werden. Übergewicht prädisponiert zur prätrachealen Fehlpositionierung des Tubus. Klinisch tritt die Fehlpositionierung durch fehlende Atemgeräusche, hohe Beatmungsdrucke

**Tab. 1** Koniotomie – Komplikationen.

<b>Akut:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefäßverletzung – venös/arteriell (Rr. cricothyreoidei, A. thyreoidea)</li> <li>- Verletzungen von Lobus pyramidalis, Schilddrüsenisthmus</li> <li>- prätracheale Tubusplatzierung</li> <li>- Verletzungen von Ringknorpel, Schildknorpel, Trachealspangen</li> <li>- Verletzung der Stimmbänder</li> <li>- Verletzungen der Tracheahinterwand</li> <li>- Punktion o. Perforation des Ösophagus</li> <li>- Kranialposition des Katheters/Tubus</li> <li>- via falsa/paratracheale Tubuslage</li> </ul>
<b>Im Verlauf:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infektion, Wundheilungsstörung</li> </ul>
<b>Spät:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- subglottische Stenose</li> <li>- Dysphonien</li> </ul>

und die Entwicklung eines subkutanen Emphysems in Erscheinung. Die akuten Komplikationen beinhalten auch das mögliche Scheitern, einen Atemweg zu etablieren. Sehr wahrscheinlich hängt die Komplikationsdichte von der Verfahrenstechnik ab [22]. So erscheint das Risiko für ein versehentliches Eindringen in die Rückwand von Kehlkopf oder Trachea durch Verschieben eines flexiblen endotrachealen Tubus nach chirurgischer Eröffnung im Vergleich zur Punktion mit einem Führungsmandrin aus Metall als gering [22].

**Verfahrenswechsel – Koniotomie zu Tracheostomie**

Die Koniotomie hat immer provisorischen Charakter. Die chirurgische Koniotomie sollte innerhalb von 48 Stunden unter Elektivbedingungen durch eine formale Tracheostomie ersetzt werden, die Punktionskoniotomie baldmöglichst, weil Ventilation und Oxygenierung des Öfteren suboptimal sind [28].

**Tracheotomie/Tracheostoma/Tracheostomie**

Als Tracheotomie wird eine Eröffnung der Luftröhre auf Höhe der 2.–4. (Tracheotomia superior) oder der 6.–7. Trachealspangen (Tracheotomia inferior) bezeichnet (**Abb. 2**).

Die dabei entstehende Verbindung zwischen Hautoberfläche und der Trachea wird Tracheostoma genannt.

Anstelle der Bezeichnung Tracheotomie wird daher auch der Begriff Tracheosto-

mie verwendet, um klarzumachen, dass neben der operativen Eröffnung auch die Hautränder der Inzisionswunde an die eröffnete Trachea angenäht werden, um ein „stabiles“ bzw. ein „plastisches“ Tracheostoma herzustellen [30].

Die Tracheotomie kommt in 2 Methoden zur Anwendung:

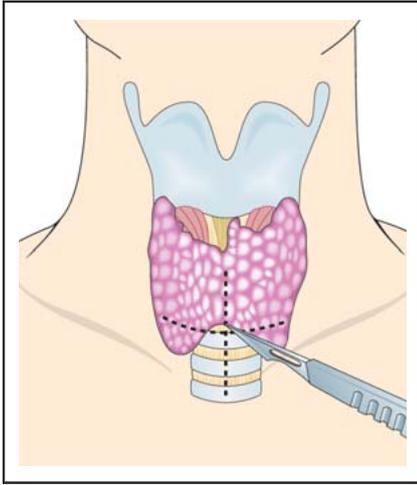
- chirurgisch-konventionelle Tracheotomie unter Sicht
- perkutane Dilatationstracheotomie

**Chirurgische Tracheotomie – Technik [15, 19, 24, 30]**

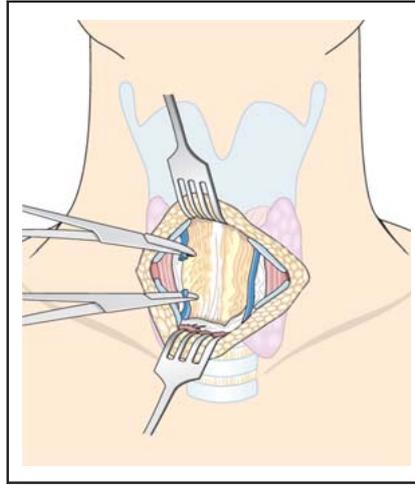
Idealerweise empfiehlt sich eine flache Rückenlage mit angehobenen Schultern und Extension von Hals und Kopf, um das Operationsfeld zu exponieren. Dazu werden die Scapulae mit einer Schulterrolle unterlegt und der Hinterkopf mit einem Ring oder Kissen abgestützt. Beim wachen Patienten in Lokalanästhesie ist eine Durchführung ggf. auch in halbsitzender oder sitzender Position nötig. Nach Desinfektion der Haut und Abdecken des OP-Gebiets werden die Außenkonturen von Ringknorpel und der Incisura jugularis markiert. Die Schnittführung erfolgt in der Regel horizontal (in Sonderfällen und bei Nottracheotomien auch Vertikalinzision in der Medianlinie) und wird meistens etwa in der Mitte dieser beiden Landmarken (parallel der Hautspaltlinien) mit einer Länge von ca. 3 cm angezeichnet (**Abb. 6a**).

Nach Durchtrennung von Haut, des subkutanen Fettgewebes sowie evtl. der medialen Platysmaränder und der oberflächlichen Halsfaszie stellt sich das Spatium suprasternale dar. Darin verlaufen die vorderen Jugulavenen möglicherweise soweit paramedian, dass sie nicht nur abgedrängt, sondern ligiert werden müssen. Für den im Kaudalbereich lokalisierten Arcus venosus jugularis (**Abb. 3a** und **6b**) gilt das Gleiche. Durch die mittlere Halsfaszie (Fascia praetrachealis) an der Rückseite des Spatiums ist die infrahyoidale Muskulatur (Mm. sternohyoidei) bereits zu erkennen (**Abb. 6b**).

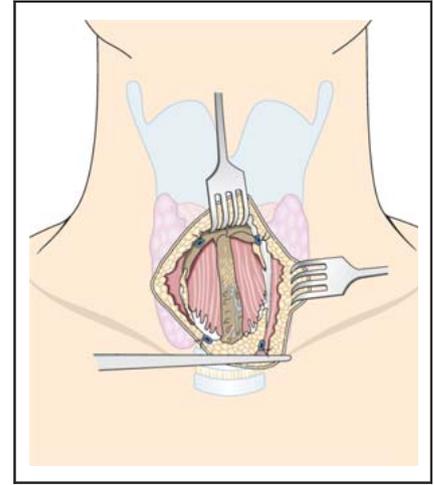
Die weitere Präparation wird senkrecht im Verlauf der Mittellinie fortgesetzt, entlang der im Klinikjargon sog. „Linea alba“, einer rapheartigen Verdichtungszone aus Fasern der mittleren Halsfaszie. Die medialen Ränder der infrahyoidealen Muskulatur (Mm. sternohyoidei und Mm. sternothyroidei medial und darunter) werden freigelegt (**Abb. 6c**).



**Abb. 6a** Chirurgische Tracheotomie: Einzeichnen des Krikoids und der Untergrenze des Jugulums zur Festlegung der Inzisionslinien. Im Regelfall wird eine Horizontalinzision geplant.



**Abb. 6b** Chirurgische Tracheotomie: Eingehen in das Spatium suprasternale, Abdrängen oder Unterbindung der Vv. jugulares anteriores (1) und Visualisierung der infrahyoidalen Muskulatur durch die Fascia praetrachealis (2).



**Abb. 6c** Chirurgische Tracheotomie: Medialränder der infrahyoidalen Muskulatur nach Freilegung in der Mittellinie und Blick auf die Schilddrüsenkapsel.

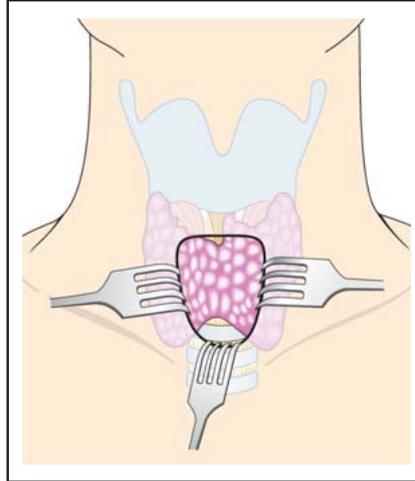
Mit Langenbeck-Haken oder einem selbsthaltenden Wundsperrerr wird die Muskulatur zur Seite gehalten, um den Schilddrüsenisthmus zugänglich zu machen und durch stumpfe Präparation schrittweise aus der Umgebung zu lösen. Die venösen Drainagegefäße werden dabei ligiert oder bipolar koaguliert (**Abb. 6d**).

Nach Mobilisation und Abheben von der Tracheavorderwand wird der Schilddrüsenisthmus entweder verdrängt oder durchtrennt. Verdrängte Isthmusportionen haben den Nachteil, postoperativ am Tubus zu scheuern, was evtl. Blutungen provozieren kann. Außerdem kann es zu Schluckbeschwerden kommen, weil der Isthmus bei den Auf- und Abwärtsbewegungen mit dem Tubus kollidiert.

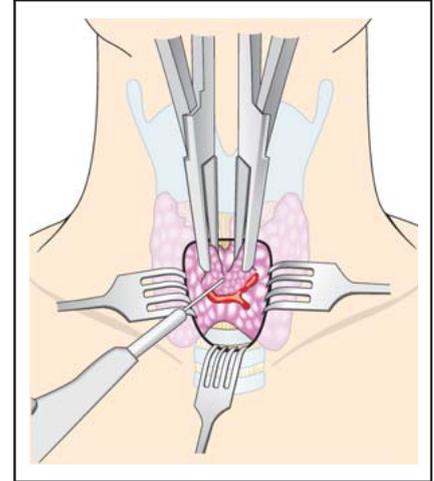
Zur Durchtrennung wird der Isthmus von oben mit 2 Gefäßklemmen gefasst und in der Mittellinie mit einer Elektrokoagulationsspitze separiert. Zur Sicherheit werden die beiden Gewebestümpfe anschließend mehrfach umstoßen (**Abb. 6e**).

Die Trachea wird mithilfe eines Hakens nach oben angehoben (**Abb. 6f**) und die Isthmusstümpfe sowie Seitenlappen der Drüse nach lateral mobilisiert, um die Tracheavorderwand über eine ausreichende Distanz von der Eingeweidefascie freipräparieren zu können.

Beim Mobilisieren sollten die Schilddrüsenanteile nicht zu weit nach lateral abgelöst werden, um kein Verletzungsrisiko für den N. laryngeus recurrens



**Abb. 6d** Chirurgische Tracheotomie: Exposition des Schilddrüsenisthmus und Lösen aus der Umgebung.



**Abb. 6e** Chirurgische Tracheotomie: Ausklemmen des Schilddrüsenisthmus in der Mittellinie und vertikale Durchtrennung mit der Elektrokoagulationsnadel.

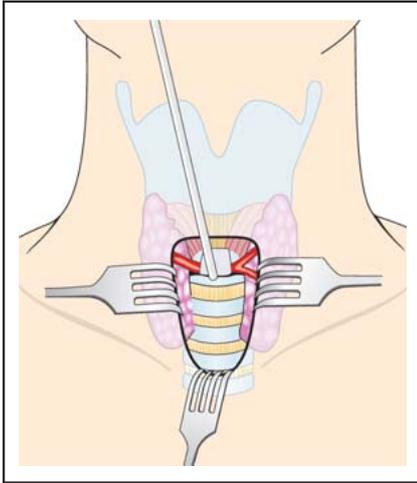
einziehen. Dieser Nerv verläuft in der Einziehung zwischen Trachea und Ösophagus in enger Beziehung zu den Ästen der A. thyroidea inferior (**Abb. 6g**).

Vor Eröffnung der Trachea muss der Ringknorpel sicher identifiziert werden, damit die 1. Trachealknorpelspanne von der Inzision ausgespart wird.

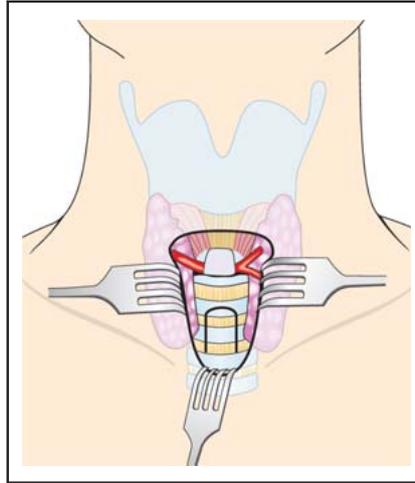
Da bei der Inzision zur Eröffnung der Trachea Perforationsgefahr für den darunter befindlichen Cuff des Endotrachealtubus besteht, sollte in Absprache mit dem Anästhesisten der Oropharynx abgesaugt und der Cuff entblockt werden. Auf Höhe des 2.-4. Trachealknorpelspanne wird

dann ein kaudal gestielter U-förmiger Tracheallappen umschnitten und nach kaudal aufgeklappt (**Abb. 6h**). Die Oberkante dieses „Björk-Lappens“ wird dann perkutan vernäht und liefert eine Führungsschiene in die Trachealöffnung („Stoma“). Es gibt zahlreiche Varianten zur Eröffnung der Trachea (z.B. Fensterung durch Resektion, Längsinzision, T- oder H-förmige Inzisionen) [28].

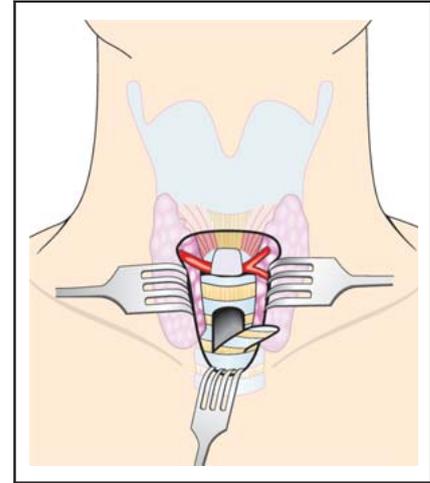
Zum Anlegen eines plastischen Tracheostomas, d.h. zum Einnähen der Hautränder, kann der Endotrachealtubus über den Stomabereich hinaus temporär nach kaudal geschoben und der Cuff wieder aufgeblasen werden [24].



**Abb. 6f** Chirurgische Tracheotomie: Vertikaltraktion der Trachea zum Mobilisieren der Isthmusstümpfe und der Schilddrüsenlappen nach seitwärts während der Freipräparation der Tracheavorderwand.



**Abb. 6g** Chirurgische Tracheotomie: Tracheavorderwand (ohne Eingeweidefaszie) und Schilddrüsenanteile. Die Mobilisation nach lateral sollte nicht bis an die Verlaufsstrecke des N. laryngeus recurrens reichen. Die geplante Inzision der Trachea (umgekehrtes U) ist bereits eingezeichnet. Ggf. werden Traktionsnähte seitlich in der Trachea angebracht.



**Abb. 6h** Chirurgische Tracheotomie: Eingangsoffnung (Stoma) in der Trachea nach Umschneidung eines Björk-Lappens. Der invertiert U-förmige Lappen wird umgeklappt und mit der Hautoberfläche vernäht.

Der postoperative Tubuswechsel kann durch seitlich angebrachte und aus der Wunde geführte Traktionsnähte erleichtert werden. Mit diesen Nähten lässt sich die Trachea auf einfache Weise anheben und während der Insertion des Tubus stabilisieren [24].

Unter visueller Kontrolle im Stoma wird der entblockte Endotrachealtubus nunmehr gerade soweit zurückgezogen, dass ein Tracheo(s)tomietubus (**Abb. 7**) in passender Größe eingebracht werden kann.

Nach Konnektierung mit der Atemgaszufuhr erfolgt die sofortige Kontrolle der korrekten Lage des Tracheo(s)tomietubus (Inspektion der Atemexkursionen des Thorax, Auskultation der Atemgeräusche sowie Kapnometrie). Erst dann wird der Endotrachealtubus vollständig aus Mund oder Nase zurückgezogen und der Tracheo(s)tomietubus durch Annaht oder Halsband gesichert.

**Perkutane Dilatationstracheotomie (PDT) – Technik [28, 29]**

Als mögliche „Bedside“-Alternative zur offen chirurgischen Tracheotomie im Operationssaal wurde vor mehr als 25 Jahren die perkutane Punktions- bzw. Dilatationstracheotomie entwickelt [6].

Inzwischen existiert eine Reihe von Modifikationen des ursprünglich in Multischritten mit einer Serie von Dilatatoren in steigenden Durchmessern ausgeführten Verfahrens. Dazu gehören u.a. die Single-Konus-Dilatator-Technik – Ciaglia



**Abb. 7** Tracheostomietubusset mit Cuff (Rüsch Tracheo Fix TFC Set, Telflex Medical). Blockierbarer Trachealtubus, Führungsstab (Obturator) und Innenkanüle.

Blue Rhino Cook<sup>®</sup>, die Ballon-Dilatation – Ciglia Blue Dolphin<sup>™</sup> Cook, die Zangen-Dilatationstechnik nach Griggs und die Dehnschrauben-Dilatationstechnik – PercuTwist<sup>®</sup> Rüsch Teleflex Medical [9, 12, 28, 29].

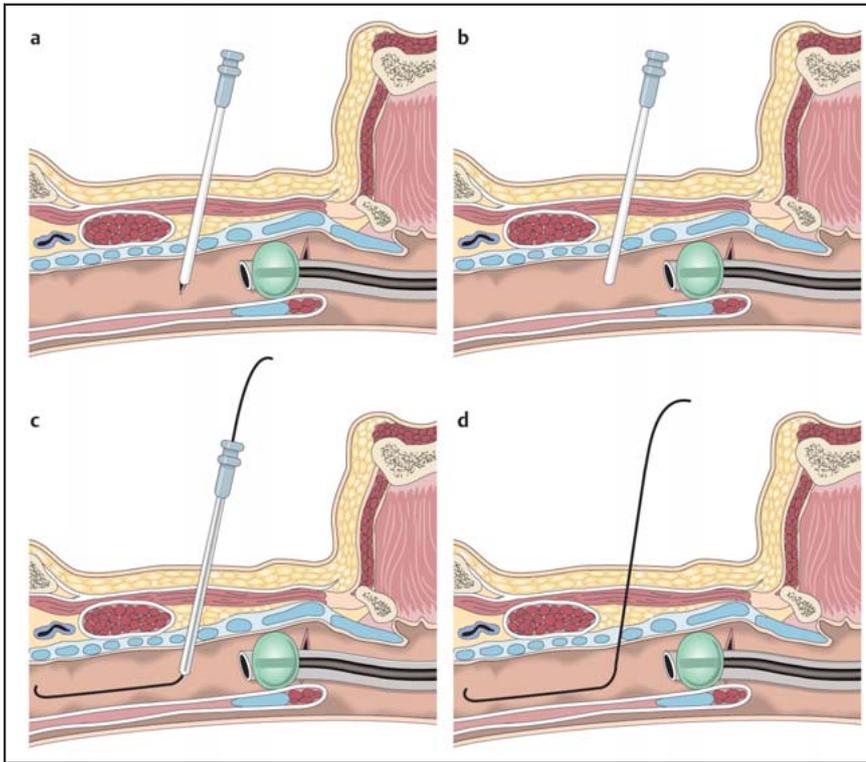
Alle genannten Techniken verwenden zu Beginn die Insertion eines Führungsdrachts nach der Seldinger-Methode [27] (**Abb. 8a–d** und **8e**).

Die Lagerung des Patienten und Vorbereitung des OP-Gebiets erfolgen genauso wie bei der chirurgischen Tracheotomietechnik. Der Endotrachealtubus wird entblockt und bis auf die Stimmbandebene zurückgezogen und der Cuff in der geänderten Position wieder aufgefüllt. Auf diese Weise werden einerseits Punktionsverletzungen von Tubus

oder Cuff vermieden, andererseits wird eine endoskopische Kontrolle einer korrekten Punktion des Tracheallumens ermöglicht.

Der Ringknorpel wird identifiziert und als Landmarke markiert und auf Höhe der 2. bis 3. Trachealknorpelspanne eine horizontale Inzision in der Größe des beabsichtigten Tracheotomietubus (Außendurchmesser) vorgenommen.

In der Mittellinie wird ein Hohladel-/Punktionskatheter (14–16 G) mit aufgesetzter Spritze zwischen dem 2. und 3. oder 3. und 4. Trachealknorpel eingestochen. Die Luftaspiration in der mit NaCl teilgefüllten Spritze kann die korrekte Insertion in das Lumen der Trachea bestätigen (**Abb. 8a**). Eine endoskopische Sicherstellung (fiberoptisches Broncho-



**Abb. 8a bis d** Perkutane Dilatationstracheotomie – Seldinger-Technik: Endoskopische Kontrolle mit der Fiberoptik innerhalb des Endotrachealtubus. Einzelschritte siehe Text.

skop durch den Endotrachealtubus) der korrekten Punktionsposition durch einen 2. Arzt ist heute obligatorisch. Die im Katheter befindliche Hohlneedle (bzw. der Punktionsmandrin) wird dann entfernt (**Abb. 8b**) und der Seldinger-Führungsdraht mit dem J-Ende voran durch den Katheter bis in die untere Trachea eingeführt (**Abb. 8c**). Anschließend folgt die Entfernung des Katheters, während der Führungsdraht in situ belassen wird (**Abb. 8c**).

Über den Führungsdraht wird der Zugang mithilfe genormter Dilatatoren (bzw. einer Zange oder Dehnschraube) sequenziell so stark aufgeweitet, bis ein ausreichend großer Tracheostomietubus eingepasst werden kann (**Abb. 8e–h**).

Exemplarisch für die verschiedenen kommerziellen Systeme sei auf die Anwendung des Ciglia Blue Rhino, Fa. Cook® näher eingegangen, das als Einmalkomplettsystem einschließlich Sterilabdeckung und Lokalanästhetika erhältlich ist (**Abb. 8i**).

Das Stoma wird beim Blue-Rhino-Einschritt-Verfahren [5, 13, 28, 29] mit einem Konusdilator auf den benötigten Durchmesser aufgeweitet. Dazu wird eine Einheit aus dem großen konischen

Blue-Rhino-Dilatator und einem Führungskatheter über den Führungsdraht bis in die Tracheaöffnung gebracht (**Abb. 8j**) und das Stoma durch Hin- und Her- sowie Drehbewegungen aufgeweitet, bis die schwarze Markierungslinie im oberen Konusteil erreicht ist. Die Einführung des Tracheostomietubus erfolgt dann wie oben beschrieben.

## Indikationen

### Elektive Tracheotomie

Die Indikation zur elektiven Tracheotomie ergibt sich insbesondere bei absehbarer Notwendigkeit zur Langzeitbeatmung im Rahmen der chirurgischen Behandlung von Tumoren, Fehlbildungen, ausgedehnten Traumen im CMF (panfaziale Frakturen) und Hals-/Larynxbereich sowie bei komplexen rekonstruktiven Eingriffen mit der Gefahr einer längerfristigen Verlegung der oberen Atemwege. Im Rahmen der Behandlung von Tumoren kann auch vor Bestrahlung sowie bei lokal fortgeschrittenem Tumorleiden im Sinne einer palliativen Behandlung das Anlegen eines Tracheostomas notwendig werden. Weitere Indikationen ergeben sich im Rahmen von neuromuskulären Erkrankungen oder HWS-Verletzungen mit Beein-

trächtigung der Larynxfunktion und des Schluckreflexes.

Üblicherweise wird eine elektive Tracheotomie bereits während eines Eingriffs vorgenommen, wenn zu erwarten ist, dass der Patient über längere Zeit nicht extubiert werden kann.

Das Tracheostoma ermöglicht die frühzeitige Verlegung auf eine Normalstation und verringert so die Inzidenz nosokomialer Infekte mit Problemkeimen. Außerdem sind damit nicht unerhebliche Kosten einzusparen.

Wesentliche Vorteile der Tracheotomie liegen in der deutlich geringeren Gefahr der Schädigung von Trachea und Larynx im Vergleich zur längerfristigen Intubation sowie in einer deutlichen Reduktion des Totraumvolumens, sodass die Ventilation des Patienten deutlich vereinfacht wird und eine Entwöhnung („weaning“) vom Beatmungsgerät erleichtert. Mithilfe einer Sprechkanüle oder eines Sprechaufsatzes kann der tracheotomierte Patient sprechen.

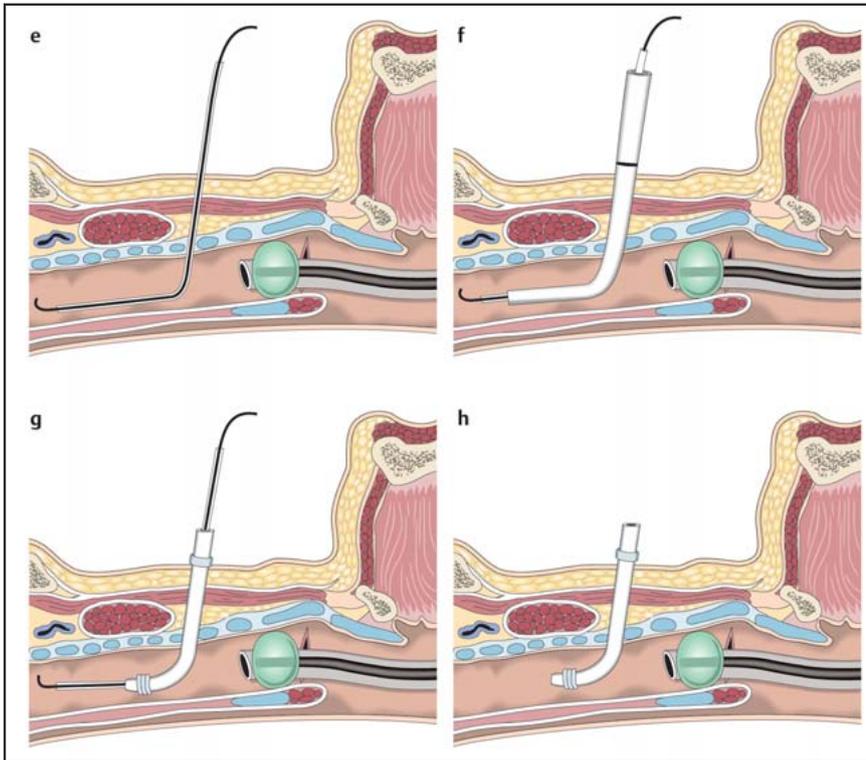
Nachteile eines Tracheostomas liegen neben der erhöhten Sekretbildung durch Reizung der Trachealschleimhaut in der fehlenden Reinigungs-, Temperierungs-, und Befeuchtungsfunktion der oberen Atemwege.

Die perkutane Dilatationstracheotomie (PDT) als Bedside-Prozedur bietet logistische Vorteile. Im Grundsatz haben die PDT und ihre Varianten dabei keine anderen Indikationen als das traditionelle chirurgische Tracheotomieverfahren [13].

Bei oberen Atemwegsobstruktionen, wie sie für CMF-Eingriffe typisch sind, wird die PDT jedoch weniger favorisiert als ein chirurgisch angelegtes Tracheostoma, da bei akzidenteller Extubation der Tracheostomietubus durch ein englumiges perkutanes Stoma nur schwer wieder einzusetzen ist [12]. Voraussetzung für eine PDT in der Intensivmedizin und Langzeitbeatmung ist die Möglichkeit, den Patienten im Notfall auch endotracheal reintubieren zu können, was nach vielen CMF-Eingriffen kritisch oder unmöglich sein kann.

### Notfalltracheotomie [28, 32]

In der Notfallsituation ist die Tracheotomie zur Insertion eines Tubus in die Trachea schnellstmöglich durchzuführen [32].



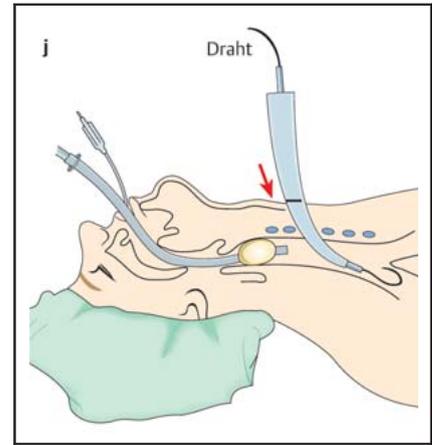
**Abb. 8e bis h** Perkutane Dilatationstracheotomie. Prinzip der Aufweitung des Gewebes um den Seldinger-Führungsdraht mit Dilatatoren. **e** Zuerst wird ein kurzer Dilatator mit kleinem Durchmesser unter leichten Drehbewegungen durch das prätracheale Gewebe bis in die Trachea vorgeschoben und gegen einen Führungskatheter aus rigidem Plastikmaterial ausgetauscht. **f** Anschließend wird ein großer Dilatator über den Führungsdraht geschoben und das Gewebe aufgebogen, damit sich ein Tracheostoma mit ausreichendem Durchmesser formt. **g** Sobald die gewünschte Aufweitung erreicht ist, wird auf einem passenden „Introducer“ (Ladedilatator) der Tracheostomietubus über den Führungskatheter bzw. den Seldinger-Draht in das Tracheostoma geschoben. **h** Nachdem der Tracheostomietubus platziert ist, werden Introducer, Führungskatheter und Draht entfernt. Der Tubus wird geblockt, die korrekte Position endoskopisch kontrolliert und dann das Beatmungsgerät angeschlossen. Der Endotrachealtubus wird abschließend entfernt.



**Abb. 8i** PDT Blue Rhino Set Cook®.

Die Indikation ergibt sich bei akuter Luftnot infolge Obstruktion oder Verlegung der oberen Atemwege und Unmöglichkeit zur Durchführung einer konventionellen oder fiberoptischen Intubation. Unter diesen Umständen gilt eine PDT

aktuell als kontraindiziert [28,29] und ein offen chirurgisches Vorgehen als unbedingt erforderlich, sofern Zeit und operative Fähigkeiten dies überhaupt erlauben. Die vitale Gefährdung und Dringlichkeit machen Blutungen und äs-



**Abb. 8j** Blue-Rhino-Konusdilatation – Funktionsweise – Schema im Sagittalschnitt.

thetische Belange beim operativen Vorgehen nachrangig.

Die Hautinzision erfolgt senkrecht in der Medianlinie zwischen Ringknorpel und Jugulum. Die Trachea wird kompromisslos durch scharfe Präparation mit dem Skalpell oder der Schere freigelegt. Die Vertikalinzision erlaubt dem Operateur, die Wunde mit den Fingern der nicht dominanten Hand selbst aufzuspreizen. Ausgangspunkt und Leitstruktur zum Eingehen in die Tiefe ist das Krikoid, weil hier die tracheokutane Distanz am geringsten ist. Die Trachea wird U-förmig eröffnet oder auch gefenstert, falls keine Assistenz präsent ist. Dann wird sofort ein endotrachealer Tubus eingeführt und umgehend die Ventilation mit reinem Sauerstoff begonnen. Nach Prüfung auf korrekte Lage (Inspektion Thoraxexkursion, Auskultation der Atemgeräusche sowie Kapnometrie) werden der Tubus gegen Dislokation gesichert und die zur Blutstillung und Wundversorgung notwendigen Maßnahmen vorgenommen.

Der Vorteil einer Nottracheotomie gegenüber der Koniotomie liegt in der Herstellung eines Tracheostomas mit großem Durchmesser, das ohne die Notwendigkeit eines Verfahrenswechsels die Möglichkeit zu einer kurz-, mittel-, und langfristigen Beatmung mit ausreichender Ventilation und Oxygenierung bietet. Der Larynx wird bei einer Nottracheotomie zuverlässig geschont, die prätrachealen Weichgewebe hingegen gar nicht, insbesondere bei ungünstigen anatomischen Verhältnissen mit Verziehungen der Trachea, Hämatomen usw.

Obwohl objektivierbare Belege zu Unterschieden in der Interventionsdauer,

**Tab. 2** Tracheotomie – Komplikationen.

Chirurgische Technik	Perkutane Dilatation
<b>Akut:</b>	
	Blutungen – venös/arteriell
	subkutanes Emphysem
	Pneumothorax
	Punktionsprobleme/Punktionsverletzungen:
	Fehlpunktion (exzentrisch) Verletzungen (auch Frakturen) von Ringknorpel, Schildknorpel, Trachealspangen Verletzungen der Tracheahinterwand Punktion oder Perforation des Ösophagus Fehlposition des Tracheostomietubus prätracheal via falsa/paratracheale Tubuslage Tracheahinterwand (Pars membranacea)!/Verletzung
	Fremdkörpergefühl, Schluckstörungen, Dysphagie
<b>Im Verlauf:</b>	
	Obstruktion des Tracheostomietubus (Verkrustung durch Sekrete, eingetrocknetes Blut; Blockade durch Fehlplatzierung in Weichgewebe bzw. Kontakt mit der Trachealwand)
	⇐ Infektion, Wundheilungsstörung Dislokation des Tubus
	Gewebeläsionen durch Tubus oder Cuff (Cuffdruck > 25 mmHg) Schleimhautulzerationen, Gefäßarrosionen, tracheaösophageale Fistelbildung
	⇐ ungünstige Narbenbildung
	Trachealgranulome (Fremdkörperreaktion)
	Trachealstenose, Tracheomalazie, persistierende tracheokutane Fistel

Blutverlust, Oxygenierung und Komplikationen fehlen, liegt der Zeitbedarf zur Durchführung einer Nottracheotomie für einen nicht regelmäßig im Halsbereich operierenden Arzt sicherlich deutlich über dem einer chirurgischen Koniotomie.

Im Allgemeinen wird die chirurgische Koniotomie und noch mehr die Punktionskoniotomie für den wenig Geübten als der am schnellsten realisierbare Zugang zum Atemtrakt daher Präferenz haben.

**Kontraindikationen – chirurgische Tracheotomie**

Absolute Kontraindikationen für eine chirurgische Tracheotomie gibt es eigentlich nicht. Limitationen in der Durchführbarkeit können aber durch große (verkalkte) Strumen, massive Einschränkungen der Halsbeweglichkeit, Kyphoskoliose und Adipositas permagna ent-

stehen und Zurückhaltung angebracht sein lassen. Relative Kontraindikationen bestehen bei Inhalationstraumen, Brandverletzungen sowie bei Infektionen im Tracheabereich [9, 28, 29].

**Kontraindikationen – PDT**

Die Kontraindikationen für die PDT werden kontrovers diskutiert und sind in ständigem Fluss, sogar ein Notfallzugang zum Atemweg durch eine PDT wird nicht mehr unumstößlich als absolute Kontraindikation betrachtet [4]. Feststehende absolute Kontraindikationen sind nach wie vor: pädiatrische Altersgruppe unter 8 Jahren, anatomische Varianten und Verziehungen durch Hämatome, Tumoren oder Strumen, HWS-Verletzungen. Als wesentliche relative Kontraindikationen werden Adipositas permagna mit nicht palpablen Landmarken und/oder ein Kurzhals sowie vorbestehende Infektionen im Tracheotomiegebiet angesehen [5, 12, 28, 29].

**Komplikationen**

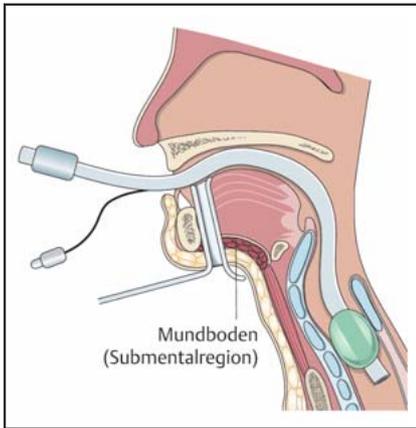
Mit einer Tracheotomie sind viele potenzielle Komplikationsmöglichkeiten verbunden.

Einzelne Risiken beschränken sich auf die chirurgische Technik oder die perkutane Dilatation bzw. sind jeweils unterschiedlich hoch. In **Tab. 2** sind Komplikationen nach ihrem peri- und postinterventionellen Vorkommen aufgelistet. Infektionen und ungünstige Narbenbildungen sind bei offener Technik (⇐) häufiger anzutreffen als nach perkutaner Dilatation.

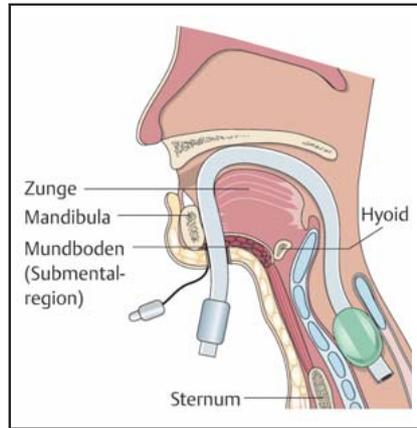
Das endoskopische Monitoring bei der PDT ist obligat zur Überprüfung des korrekten Nadeleintritts in die Trachea, d. h. zur Vermeidung exzentrischer Punktionen mit einer daraus resultierenden prä- oder paratrachealen Tubuspositionierung sowie zur Bestätigung des richtigen Tubusdurchmessers und der richtigen Tubuslage am Eingriffsende. Es wird empfohlen, die fiberoptische Bronchoskopie durch den translaryngeal liegenden Endotrachealtubus auf die Punktionsphase und die Schlussphase der PDT zu beschränken, um die Dauer etwaiger Hyperkapnien durch die Lumeneinengung nicht unnötig zu verlängern, was bei SHT komplikationsträchtig ist [9, 29].

**Die submentale Tubusausleitung**

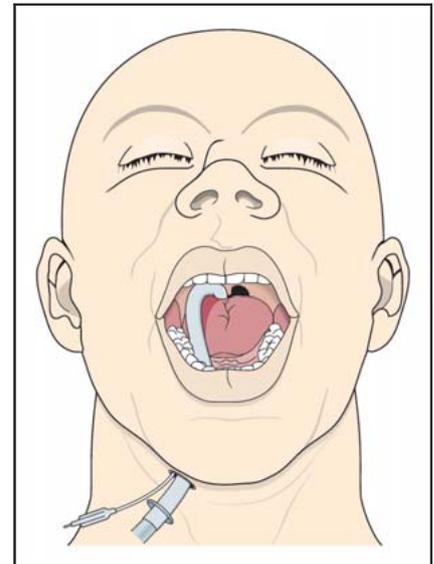
Bei Eingriffen in der CMF-Traumatologie und in der orthognathen Chirurgie ergeben sich durch die Verwendung der mandibulo-maxillären Fixation (MMF) spezielle verfahrenstechnische Erfordernisse (siehe Teil 1). Vorbedingung zur Okklusionseinstellung und MMF ist, dass es in Schlussbissstellung nicht zu Interferenzen zwischen Zähnen oder Zahnersatz und einem Endotrachealtubus kommt. Mit einer nasalen Intubation zu Beginn des Eingriffs und einer Umintubation, nachdem Reposition und Osteosynthesen in Unterkiefer und Mittelgesicht zur Wiederherstellung der okklusalen Verhältnisse beendet sind (Tube Switch – siehe unten), ist das am einfachsten zu erreichen. Bei komplexen Frakturmustern unter Beteiligung der Naso-Orbito-Ethmoidal-Region und der vorderen Schädelbasis (Lamina cribiformis, Keilbein) [11] sind grundsätzlich Vorbehalte gegen eine nasale Intubation jedoch weit verbreitet aus Furcht vor aufsteigenden Infektionen sowie aufgrund anekdotischer Fallberichte von Tubuspenetrationen nach intrakraniell [11, 18, 25].



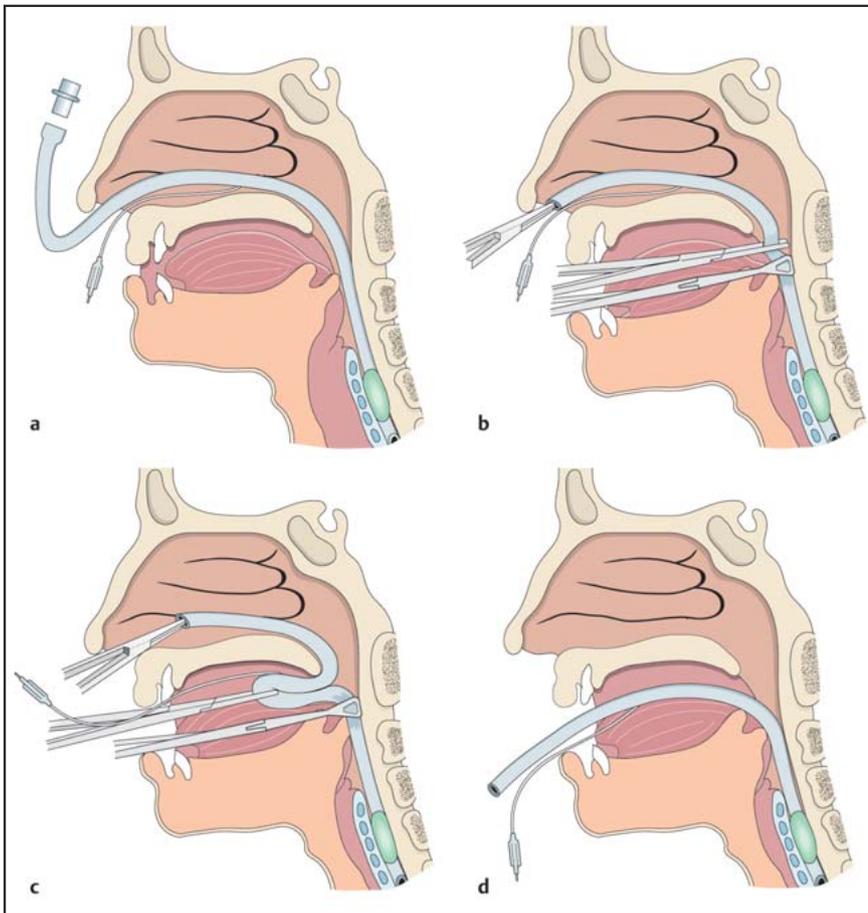
**Abb. 9a** Submentale Intubation: Nach der Hautinzision über der Medialseite des paramedianen Unterkieferrands stumpfe Präparation entlang der Innenkortikalis nach kranial bis in den Sulcus glossoalveolaris. Dabei Ablösung des M. mylohyoideus von der knöchernen Insertion.



**Abb. 9b** Submentale Intubation: Zuerst werden Cuff-Ventil und Schlauch, dann der Tubus durch den Tunnel nach submental gezogen. Dabei muss der Tubus oral gegen unbeabsichtigte Dislokation/Extubation stabilisiert werden.



**Abb. 9c** Submentale Intubation: Ausleitung des oralen Tubus nach extern in die Submentalregion. Nahtfixierung an der Haut.



**Abb. 10a bis d** Tube Switch – Intraoperativer Wechsel von nasotrachealer zu orotrachealer Intubation nach MMF Entfernung: **a** Entfernung des Konnektors am nasal liegenden Tubus. **b** Transoral wird das kaudale Tubusende mit einer Babcock Fassung auf Höhe des Zungengrunds in Position gehalten. **c** Mit Hilfe von zwei langen Gefäßklemmen wird das kraniale Tubusende gleichzeitig durch den Nasengang nach hinten geführt und aus der Mundhöhle herausgezogen. **d** Tubus oral ausgeleitet und fertig zur Rekonnektierung.

Ein oraler Tubus wird nur möglich sein, sofern der Zahnbestand (Lückengebiss?) und die Platzverhältnisse in der Retro-molarregion eine Route dafür freilassen. Zur Sicherheit sollte der orale Tubus bei einer „retromolaren Intubation“ [17] mit einer Drahtligatur (am Restgebiss oder einer Schraube) gegen Dislokation befestigt werden. Statt einer Tracheotomie, die streng genommen nur bei panfazialen Frakturen mit zusätzlichen pulmonalen oder Beatmungsproblemen indiziert ist, kommt eine orale Intubation mit submentaler Ausleitung infrage.

Zur submentalen Intubation wird nach einer orotrachealen Intubation in direktem Kontakt zur Innenseite des Unterkiefers eine Perforation zwischen vorderem Mundboden und äußerer Haut angelegt. In der Originalbeschreibung [1] geht die Tunnelierung entgegen der Namensgebung nach submandibulär und nicht nach submental. Beides kann situationsabhängig sinnvoll sein, vorteilhaft ist aber, den Tunnel nicht auf die Seite einer Unterkieferfraktur zu platzieren [2,3,20].

Das Konnektorstück wird dann vom Tubus entfernt und rasch nacheinander das Cuff-Ventil mit Schlauch und das Tubusende durch den Tunnel nach außen gezogen. Der Konnektor wird reponiert und angeschlossen, schließlich der korrekte Sitz des Tubus vor der Sicherung der Position mit einer Naht noch einmal kontrolliert (**Abb. 9a-c**). Vor der Extubation wird der Tubus nach oral zu-

rückverlagert und die Wunde mit adaptierenden Nähten verschlossen.

### Komplikationen

Befürworter der submentalen Intubation argumentieren mit besser kaschierten Narben (im „Kinnschatten“) und mit geringerer Morbidität als bei Tracheotomien. Zu den Komplikation zählen Infektionen im Inzisionsbereich, Mundbodenabszesse, Wundheilungsstörungen und hypertrophe Narbenbildung [20]. Weiterhin sind Verletzungen des submandibulären Speichelausführungsgangs, Läsionen des N. lingualis und orokutane Fistelbildungen bekannt geworden [3].

### Tube Switch [31]

Als „Tube Switch“ wird die intraoperative Umintubation von nasal nach oral durch den Chirurgen verstanden, ohne Manipulation des „unsterilen“ Anästhesisten.

Ein Tube Switch (**Abb. 10a–d**) erfolgt nach vorheriger Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff. Der Konnektor des nasal liegenden Tubus wird entfernt, wobei der Cuff nicht entblockt wird. Das kaudale (endotracheale) Tubusende wird am Zungenrund von oral mit einer geeigneten Faszange gesichert. Mit einer geraden Gefäßklemme lässt sich der kraniale Tubusanteil dann im unteren Nasengang nach dorsal in Richtung der Choanen schieben und gleichzeitig mit einer gebogenen Gefäßklemme im Oropharynx fassen und nach oral herausziehen. Nach Rekonnektierung erfolgt auskultatorisch die Lagekontrolle und die Operation kann fortgeführt werden [31].

Die typische Indikation zur Durchführung der intraoperativen Umintubation sind, wie erwähnt, panfaziale Frakturen.

### Zusammenfassung/Schlussfolgerung

Bei den invasiven Atemwegstechniken lassen sich die traditionellen offenen Vorgehensweisen und die moderneren perkutanen Verfahren unterscheiden.

Diese Verfahren sollten nicht in Konkurrenz zueinander [13] gesehen werden, sondern entsprechend ihrer Besonderheiten (Indikationen, Kontraindikationen, technische Vor- und Nachteile) sowie den organisatorischen und personellen Gegebenheiten („skilled hands“) im Notfall oder unter Elektivbedingungen eingesetzt werden. Den speziellen Erfor-

dernissen an das Atemwegsmanagement bei CMF-Eingriffen kann oftmals mit sehr einfachen Maßnahmen begegnet werden.

### Literatur

- 1 Altemir FH. The submental route for endotracheal intubation. *J Max Fac Surg* 1986; 14: 64–65
- 2 Amin M, Dill-Russell P, Manisali M et al. Facial fractures and submental tracheal intubation. *Anaesthesia* 2002; 57: 1195–1199
- 3 Anwer HMF, Zeitoun IM, Shehata EAA. Submandibular approach for tracheal intubation in patients with panfacial fractures. *Br J Anaesth* 2007; 98: 835–840
- 4 Blankenship DR, Kulbersh BD, Gourin CG et al. High-risk tracheostomy: exploring the limits of the percutaneous tracheostomy. *Laryngoscope* 2005; 115: 987–989
- 5 Byhahn C, Lischke V, Halbig S et al. Ciaglia Blue Rhino: Ein weiter entwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheotomie. *Anästhesist* 2000; 49: 202–206
- 6 Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilatational tracheotomy. A new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest* 1985; 87: 715–719
- 7 Hart KL, Thompson SH. Emergency cricothyrotomy. *Atlas Oral Maxillofacial Surg N Am* 2010; 18: 29–38
- 8 Helm M, Gries A, Mutzbauer T. Surgical approach in difficult airway management. *Best Practice Res Clin Anaesth* 2005; 19: 623–640
- 9 Hooker EA, Danzl DF, O'Brien DO et al. Percutaneous transtracheal ventilation: resuscitation bags do not provide adequate ventilation. *Prehospital Disaster Med* 2006; 21: 431–435
- 10 Katos GM, Goldenberg D. Emergency cricothyrotomy. *Operat Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 2007; 18: 110–114
- 11 Kellman RM, Losquadro WD. Comprehensive airway management of patients with maxillofacial trauma. *Craniofacial Trauma Reconstr* 2008; 1: 39–47
- 12 Koitschev A, Paasch S, Plinkert PK. Die perkutane Dilatationstracheotomie nach Ciaglia unter endoskopischer Kontrolle. Analyse von komplikationsträchtigen Schritten. *HNO* 1998; 46: 678–683
- 13 Kornblith LZ, Burlew CC, Moore EE et al. One thousand bedside percutaneous tracheostomies in the surgical intensive care unit: time to change the Gold standard. *J Am Coll Surg* 2011; 212: 163–170
- 14 Lanz T, Wachsmuth W. *Praktische Anatomie. Ein Lehr- und Hilfsbuch der anatomischen Grundlagen Ärztlichen Handelns. Erster Band/Zweiter Teil.* Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer; 1955
- 15 Leyn PD. Tracheotomy: clinical review and guidelines. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 32: 412–421
- 16 Mace SE, Khan N. Needle cricothyrotomy. *Emerg Med Clin North Am* 2008; 26: 1085–1101
- 17 Malhotra N. Retromolar intubation: a simple alternative to submental intubation. *Anaesthesia* 2006; 61: 515–516
- 18 Martin JE, Mehta R, Aarabi B et al. Intracranial insertion of a nasopharyngeal airway in a patient with craniofacial trauma. *Mil Med* 2004; 169: 496–497
- 19 McWhorter AJ. Tracheotomy: timing and techniques. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2003; 11: 473–479
- 20 Meyer C, Valfrey J, Kjartansdottir T et al. Indications for and technical refinements of submental intubation in oral and maxillofacial surgery. *J Cranio-Maxillofac Surg* 2003; 31: 383–388
- 21 Mutzbauer TS, Munz R, Helm M et al. Notfallkoniotomie – Punktion oder chirurgische anatomische Präpariertechnik? Besonderheiten zweier Verfahren zur notfallmäßigen Atemwegssicherung dargestellt am anatomischen Präparat. *Anästhesist* 2003; 52: 304–310
- 22 Mutzbauer TS, Bernhard M, Doll S et al. Die notfallmäßige Koniotomie. *Notfall + Rettungsmedizin* 2008; 11: 310–316
- 23 Ramsey CA, Dhaliwal SS. Retrograde and submental intubation. *Atlas Oral Maxillofacial Surg N Am* 2010; 18: 61–68
- 24 Rood S. *Anatomy for Tracheotomy.* In: Myers E, Stool SE, Johnson JT, eds. *Tracheotomy.* New York: Churchill Livingstone; 1985: 89–97
- 25 Rowshan HH, Baur DA. *Surgical tracheotomy.* *Atlas Oral Maxillofacial Surg N Am* 2010; 18: 39–50
- 26 Schade K, Borzotta A, Michaels A. Intracranial malposition of nasopharyngeal airway. *J Trauma* 2000; 49: 967–968
- 27 Schuenke M, Schulte E, Schumacher U et al. *Prometheus, Lernetlas der Anatomie, Hals und Innere Organe.* Stuttgart, New York: Thieme; 2005
- 28 Seidinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta Radiol* 1953; 39: 368–376
- 29 Shaw I, Kumar C, Dodds C et al. *Oxford Textbook of Anaesthesia for Oral and Maxillofacial Surgery, Chapter 5.* Oxford: Oxford University Press; 2010
- 30 Sheykholeslami K, Rezaee R, Lavertu P. Percutaneous tracheotomy. *Atlas Oral Maxillofacial Surg N Am* 2010; 18: 51–60
- 31 Thumfart WF, Platzer W, Gunkel AR et al. *Operative Zugangswege in der HNO-Heilkunde.* Stuttgart: Thieme; 1998
- 32 Werther JR, Richardson G, McIlwain MR. Nasal tube switch: converting from a nasal to an oral endotracheal tube without extubation. *J Oral Maxillofac Surg* 1994; 52: 994–996
- 33 Yuen HW, Loy AH, Johari S. Urgent awake tracheotomy for impending airway obstruction. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2007; 136: 838–842

**Dr. med. Dr. med. dent. Sven Otto**  
Assistenzarzt

**Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Carl-Peter Cornelius**  
Oberarzt

**Dr. med. Dr. med. dent. Sebastian Schiel**  
Funktionsoberarzt

**Priv.-Doz. Dr. med. Matthias Jacob**  
Oberarzt der Klinik für  
Anästhesiologie der LMU München

Klinik und Poliklinik für Mund-,  
Kiefer- und Gesichtschirurgie der LMU  
München  
Lindwurmstraße 2a  
80337 München

sven.otto@med.uni-muenchen.de