

Anaesthesist 2019 · 68:30–38
<https://doi.org/10.1007/s00101-018-0511-9>
 Eingegangen: 29. April 2018
 Überarbeitet: 26. August 2018
 Angenommen: 21. Oktober 2018
 Online publiziert: 16. November 2018
 © Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018



H. Vogelsang · N. M. Botteck · J. Herzog-Niescery · J. Kirov · D. Litschko · T. P. Weber · P. Gude

Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivtherapie, Katholisches Klinikum Bochum, Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

Übertragung einer „Cockpit-Strategie“ in die Anästhesie

Klinisches Beispiel: Einführung von „canned decisions“ zur Lösung von Atemwegsnotfällen

Sicherheitsstrategien der zivilen Luftfahrt sind weit entwickelt, da sie systematisch und kontinuierlich in die Ausbildung und tägliche Routine integriert wurden. Das Risiko, als Flugpassagier zu verunglücken, liegt derzeit bei 1:52 Mio. und ist 10.000-mal geringer als für einen gesunden Patienten, während einer Allgemeinanästhesie zu versterben [15, 20]. Hauptursache der anästhesiebedingten Mortalität ist die Hypoxie bei fehlgeschlagener Atemwegssicherung. In der hier vorgestellten Untersuchung zeigen die Autoren einen Weg, die Anästhesieeinleitung so zu strukturieren, dass sicherheitsrelevante Maßnahmen aus der zivilen Luftfahrt integriert sind, quasi die Cockpit-Strategie in den anästhesiologischen Alltag überführt wird.

Hintergrund

In seltenen Fällen ist die Atemwegssicherung durch eine Notkoniotomie alternativlos, um eine hypoxische Schädigung des Patienten abzuwenden. Diese Situation muss in einem engen Zeitfenster erkannt und gelöst werden. In der zivilen Luftfahrt sind dem Team auch für seltene Notfallsituationen systematisch geschulte Strategien bekannt. Schon seit längerem wird versucht, „Crew-resource-management“ (CRM)-Elemente aus dem Flugzeug-Cockpit in die Anästhesiologie

zu übertragen. Checklisten sind bereits in perioperative Abläufe integriert, um die Patientensicherheit zu verbessern [2, 12, 23]. Die im Cockpit angewandten Strategien bestehen allerdings aus einer Vielzahl von Einzelelementen, wie beispielsweise geschlossener Kommunikation, Vier-Augen-Prinzip, sequenziellen Arbeiten oder einer eindeutigen Aufgabenverteilung im Team [8]. Das wichtigste Element im Rahmen eines Notfalls im Cockpit ist die „canned decision“ (CD; engl. „can“: Dose; „canned“: gebrauchsfertig in der Dose befindlich). Unter einer CD verstehen Piloten vorgefertigte, auf Messwerten und Zahlen basierende alternative Prozesse, wie beispielsweise das Durchstarten einer Maschine, wenn die Landebahn für einen Bremsvorgang zu kurz ist [14]. Durch Anwendung von CD werden einerseits Entscheidungsprozesse und damit verbundene Maßnahmen schneller durchgeführt, da keine Lösungsmöglichkeiten diskutiert werden müssen. Andererseits werden Entscheidungen auf dem Boden eines definierten Messwerts getroffen. Beides reduziert den Stress und die damit verbundenen Fehlentscheidungen oder Fixierungsfehler. Der Einsatz einer CD setzt voraus, dass die durchgeführten Prozesse vorher in kleinstmögliche Prozessbestandteile zerlegt worden sind und eindeutige Zahlenwerte festgelegt wurden, die eine CD auslösen. Die CD wird in Simulationsszenarien („check flight simulations“) detailliert und repetitiv eingeübt.

Klinikintern wurde eine strukturierte Routineanästhesieeinleitung mit Elementen des CRM der zivilen Luftfahrt, im Weiteren als „Cockpit-Strategie“ bezeichnet, entwickelt. Für die Notfallsituation „cannot intubate – cannot oxygenate“ (CICO) wurden CD definiert und in den Atemwegsalgorithmus integriert. Dafür wurden zunächst unkomplizierte Anästhesieeinleitungen am Simulator aufgezeichnet und in kleinste Prozesse dichotom zerlegt, bevor die Cockpit-Strategie implementiert und 6 Monate geschult wurde. Danach erfolgte eine Analyse der Prozesskonformität am Simulator. Seit 2010 fanden regelmäßige interdisziplinäre und interprofessionelle Workshops zur Schulung der Cockpit-Strategie und zur Vorgehensweise bei CICO-Situationen statt.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welchen Einfluss die Cockpit-Strategie auf die Prozessqualität unkomplizierter Anästhesieeinleitungen hat (prospektiv-experimentelles Studiendesign). Außerdem wird die Ergebnisqualität dieser Maßnahmen am klinischen Beispiel von CICO-Situationen mit Notkoniotomie bei unerwartet schwierigem Atemweg zwischen 2010 und 2016 evaluiert (retrospektives Design). Dabei soll neben dem Patienten-Outcome insbesondere beurteilt werden, ob die Teams konform zum Algorithmus handelten und die CD beachteten.

Tab. 1 „Crew-resource-management“(CRM)-basierte Teamkommunikation

CRM-Werkzeug	Beispiel
Vor Beginn der Einleitung	
Standardisierung	Z. B. Standard ITN Erw., Standard RSI Erw.
Checklisten	Z. B. WHO-Safety-Checklist, DGAI-Gerätecheckliste
Briefing	Vorbereitungen und Überprüfungen vollständig, individuelle Besonderheiten des Pat. im Team kommuniziert, weiteres Vorgehen kommuniziert
Situation awareness	Konzentration auf Einleitung
Einleitungsphase	
Arbeitsplatzbeschreibung Pilot-flying/Pilot-not-flying	<i>Anästhesist</i> Präoxygenierung Anordnen der Medikamentengaben Manuelle Beatmung Endotracheale Intubation <i>Anästhesiepflege</i> Bestätigt $F_{et}O_2 \geq 0,9$ als Voraussetzung zum Induktionsbeginn Bestätigt $etCO_2 \geq 10$ mm Hg Meldet $S_pO_2 < 90\%$ bzw. $< 80\%$ Gibt Medikamente nach Ansage durch den Anästhesisten Überprüft Tubuslage mittels Auskultation und Ansage $etCO_2 \geq 10$ mm Hg
Teamkommunikation	
Geschlossene Kommunikation (Read-back/hear-back)	Medikamentengabebeispiel: „Gib 10 µg Sufentanil“ – „10 µg Sufentanil“ – „10 µg Sufentanil sind richtig“ – Applikation – „10 µg Sufentanil sind gegeben“ – „Das ist verstanden“
Sterile cockpit principle Vier-Augen-Prinzip	Keine Kommunikation ohne Bezug zur Einleitung $F_{et}O_2 \geq 0,9$ und $etCO_2 \geq 10$ mm Hg werden durch beide Teammitglieder bestätigt
Sequenzielles Arbeiten	Beginn einer Handlung erst, wenn die vorhergehende abgeschlossen ist und dieses im Team kommuniziert wurde
Notfallchecklisten Canned decision	Atemwegsnotfallalgorithmus $etCO_2 < 10$ mm Hg und $S_pO_2 < 80\%$ Beginn Notfallkoniotomie, wenn beide Kriterien erfüllt

ITN Intubationsnarkose, RSI „rapid sequence induction“, WHO World Health Organization, DGAI Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, $F_{et}O_2$ endexpiratorische Sauerstofffraktion, $etCO_2$ endexpiratorischer Kohlendioxidgehalt, S_pO_2 pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung

Methoden

Für die Studie liegen positive Ethikvoten der Ethikkommission der Ruhr-Universität Bochum vor (Registrier-Nr. 5080-14 und 5292-15). Jeder Teilnehmer der prospektiv-experimentellen Studie wurde ausführlich aufgeklärt und stimmte schriftlich zu. Die Mitarbeitervertretung des Klinikums stimmte den Videoaufzeichnungen während der simulierten Narkoseeinleitungen zu. Den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki wurde entsprochen.

Das Katholische Klinikum Bochum ist Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum mit einem hohen Anteil an Ärzten in Weiterbildung. Das fachliche Spektrum umfasst u. a. die HNO-Klinik sowie die Gynäkologie und Geburtshilfe.

Prozessanalyse von simulierten Anästhesieeinleitungen

Freiwillig teilnehmende und per Los zusammengestellte Anästhesieteams führten 27 Narkoseeinleitungen am Resusci Anne Simulator™ (Fa. Laerdal Medical AS, Stavanger, Norwegen) durch. Die

audiovisuelle Aufzeichnung der Szenarien begann mit dem ersten Arzt-Patient-Kontakt und endete mit der Verifizierung der endotrachealen Tubuslage. Zur Bestimmung der Prozessqualität wurde anhand folgender Kriterien ein Auswerteformular erstellt:

- Der Prozessbestandteil
- muss nach gängiger Fachliteratur Bestandteil einer Anästhesieeinleitung sein,
- muss Qualitätsmanagementkriterien (QM-Kriterien) erfüllen (relevant, unmissverständlich, messbar, beeinflussbar, erreichbar),
- muss einen sicherheitsrelevanten Aspekt aufweisen,
- muss nach dichotomen Kriterien (ja/nein) codiert werden können,
- muss durch audiovisuelle Aufzeichnungen einer Auswertung zugänglich sein.

Das Auswerteformular umfasste 44 Items (Abb. 1). Die Analyse der audiovisuellen Aufnahmen erfolgte durch ein wissenschaftliches Team ohne Verbindung zur Klinik für Anästhesiologie.

Die Einleitung wurde in 3 Phasen unterteilt (Checkphase 20 Items, Medikamentenphase 15 Items, Intubationsphase 9 Items). Ein erfülltes Item entsprach einem Punkt, und die Summe aller Punkte entsprach einer numerischen Prozessqualität, sodass ein Vergleich vor und nach Etablierung der Cockpit-Strategie möglich war. Die Dauer der 3 Phasen wurde erfasst.

Cockpit-Strategie

Nach umfangreichen Diskussionen mit erfahrenen Flugkapitänen wurden folgende CRM-Elemente in die Anästhesieeinleitung integriert (Tab. 1):

1. Einsatz einer Checkliste vor Beginn der Einleitung,
2. Teamabsprache mit Berücksichtigung individueller Besonderheiten des Patienten („briefing“),
3. Konzentration auf die Einleitung („situation awareness“),
4. eindeutige Aufgabenverteilung, Arbeitsplatzbeschreibung (Arzt: „pilot flying“, Pflegekraft: „pilot not-flying/copilot“),

Übertragung einer „Cockpit-Strategie“ in die Anästhesie. Klinisches Beispiel: Einführung von „canned decisions“ zur Lösung von Atemwegsnotfällen

Zusammenfassung

Hintergrund. Sicherheitsstrategien in der zivilen Luftfahrt sind weit entwickelt. Die Autoren stellen eine Möglichkeit vor, Anästhesieeinleitungen so zu strukturieren, dass sie mehrere Elemente einer „Cockpit-Strategie“ enthalten. Ziel ist es, die anästhesiebedingte Mortalität im Rahmen des unerwartet schwierigen Atemwegs durch frühzeitiges Erkennen und Lösen der Situation „cannot intubate – cannot oxygenate“ (CICO) zu senken.

Methode. Nach Zustimmung der zuständigen Ethikkommission wurde eine Pilotstudie zur Analyse der Prozessabläufe unkomplizierter Anästhesieeinleitungen am Simulator anhand audiovisueller Aufzeichnungen durchgeführt. Eine Auswerteliste mit 44 Items, die nach gängiger Lehrmeinung während einer Einleitung zu beachten sind, einer Videoanalyse zugänglich und dichotom auswertbar sind, wurde zur Analyse der Prozessqualität erstellt. Die Anästhesieeinleitung wurde durch mehrere

„Crew-resource-management“-Elemente ergänzt („Cockpit-Strategie“). Zwei „canned decisions“ (CD; CD 1: $\text{etCO}_2 < 10 \text{ mm Hg}$, CD 2: $\text{SpO}_2 < 80\%$) signalisieren den Notfall „unerwartet schwieriger Atemweg“ bzw. „CICO und Notkoniotomie“. Das Konzept wurde repetitiv geschult und in den Klinikalltag überführt. Eine Kontrolle der Prozessqualität erfolgte nach 6 Monaten in entsprechenden Simulationsszenarien. Um zu überprüfen, ob die Cockpit-Strategie mit den CD zur Lösung von CICO-Situationen beitragen kann, wurden retrospektiv alle Notkoniotomien bei unerwartet schwierigem Atemweg zwischen 2010 und 2016 in der eigenen Klinik ausgewertet.

Ergebnisse. Durch die Cockpit-Strategie konnte die Prozessqualität während der simulierten Anästhesieeinleitungen signifikant gesteigert werden (78 % vs. 36 % erfüllte Items), während sich die Dauer der Einleitung um 36 % verkürzte. In dem anschließenden

6-jährigen Untersuchungszeitraum traten 7 CICO-Situationen mit Notkoniotomie auf. Es kam zu keiner hypoxischen oder sonstigen Schädigung der Patienten. Alle Teams handelten konform zum Algorithmus und beachteten die CD.

Schlussfolgerung. Die Implementierung einer Cockpit-Strategie in die Anästhesiologie zur Verbesserung der Patientensicherheit ist möglich. Voraussetzung ist die Akzeptanz der Sicherheitsphilosophie der Luftfahrt in der Medizin. Zudem müssen eine fundierte Ausbildung in technischen und nichttechnischen Fertigkeiten sowie regelmäßige Team-Trainings des schwierigen Atemwegs in die anästhesiologische Weiterbildung integriert werden.

Schlüsselwörter

Unerwartet schwieriger Atemweg · Crew Resource Management · Patientensicherheit · Notkoniotomie

Transfer of a cockpit strategy to anesthesiology. Clinical example: introduction of canned decisions to solve cannot intubate cannot oxygenate situations

Abstract

Background. Safety strategies in civil aviation are well-established. The authors present a possible structure for induction of anesthesia, which includes elements of the so-called cockpit strategy. The objective is to reduce anesthesia-related mortality caused by the unexpected difficult airway through early detection and solution of cannot intubate cannot oxygenate (CICO) situations.

Methods. After approval by the responsible ethics committee, a prospective pilot study was conducted to analyze the process quality of uncomplicated induction of anesthesia on a simulator using audiovisual recording. An evaluation list with 44 items was created, which met the following requirements: items were dichotomous, accessible to an audiovisual evaluation and according to current scientific consensus should be considered during induction of anesthesia. Standard induction of anesthesia was

supplemented by several crew resource management elements (cockpit strategy). Two canned decisions (CD, CD 1: end tidal CO_2 , $\text{etCO}_2 < 10 \text{ mm Hg}$, CD 2: $\text{SpO}_2 < 80\%$) signaled the emergency of an unexpected difficult airway and CICO with emergency coniotomy. This concept was repetitively trained and transferred to the daily routine. After 6 months the process quality was re-evaluated in simulated scenarios. In order to review whether the effect of the cockpit strategy with the CD can contribute to solving the CICO situation, all emergency coniotomies carried out in this clinic between 2010 and 2016 were retrospectively analyzed.

Results. The cockpit strategy significantly improved the process quality during the simulated induction of anesthesia (78 % vs. 36 % items fulfilled), while the duration of induction was reduced by 36 %. In the subsequent 6-year study period, 7 CICO

situations with emergency coniotomy occurred. All teams performed in accordance with the algorithm and with respect to the CDs. No patient suffered from hypoxia or any other damage.

Conclusion. The transfer and implementation of a cockpit strategy in anesthesiology for improvement of patient safety is possible. The acceptance of the aviation safety strategy in medicine is a necessary prerequisite. A profound training in technical and non-technical skills and regular team training to solve CICO situations must be an integral part of advanced training in anesthesiology.

Keywords

Unexpected difficult airway · Crew resource management · Patient safety · Emergency coniotomy

Phase	Item	Ja	Nein
Kontrollphase	1 Ist die erfolgte Durchführung des Gerätecheck W durch den Arzt dem Team mitgeteilt worden oder ist (bei der 1. Einleitung des Tages) nach dem Gerätecheck A gefragt worden?		
	2 Ist der Check des i.v.-Zugangs dem Team mitgeteilt worden?		
	3 Ist der Patient aufgefordert worden, seinen Vor- und Nachnamen zu nennen?		
	4 Ist der Patient aufgefordert worden sein Geburtsdatum zu nennen?		
	5 Ist eine Übereinstimmung von Pat.-Namen und Geburtsdatum mit der Akte und dem Armband mitgeteilt worden?		
	6 Ist der Patient aufgefordert worden, die Art des geplanten Eingriffs zu nennen bzw. auf die zu operierende Stelle zu zeigen?		
	7 Wurde der Pat. nach Verträglichkeit / besonderen Problemen bei vorherigen Operationen / Narkosen gefragt?		
	8 Ist der Pat. nach dem Vorhandesein eines gelben Anästhesieausweises gefragt worden?		
	9 Wurden vor Gabe des ersten Medikamentes die geplanten anästhesiologischen Maßnahmen besprochen (z.B. ITN / Larynxmaske / Arterie / ZVK / Magensonde / Blasenkatheter / Medikamente)		
	10 Ist der Patient nach dem Zeitpunkt seiner letzten Mahlzeit gefragt worden (Nüchternheit)?		
	11 Ist der Patient nach bekannten Allergien vor Gabe von Medikamenten gefragt worden?		
	12 Ist der Patient nach Zahnprothesen und/oder lockeren Zähnen gefragt worden?		
	13 Ist der Patient aufgefordert worden, den Mund zu öffnen (MÖF-Kontrolle)?		
	14 Wurde der Befund über die Pupillenweite des Patienten im Team angesprochen?		
	15 Wurde im Team über das Aktenstudium (z.B. Operationseinwilligung, Anästhesieeinwilligung, EK, Labor) kommuniziert?		
	16 Wurde das Bestehen des Anästhesie-TTO laut mitgeteilt?		
	17 Ist das Feststellen der Bremse im Team laut mitgeteilt worden?		
	18 Ist die Funktionsprüfung des Laryngoskops vor der Medikamentengabe durch den Anästhesisten sichtbar durchgeführt worden oder ist nach dieser gefragt worden?		
	19 Ist die Fixierung des Patienten mit einem Bauch-/Beckengurt vor Med.-Gabe geprüft oder ist danach gefragt worden?		
	20 Ist die Fixierung des Patienten mit Armgurt oder Armschiene vor Med.-Gabe geprüft oder ist danach gefragt worden?		

Abb. 1 ◀ Auswerteformular zur Ermittlung der Prozessqualität der Anästhesieeinleitungen. Gerätecheck A bzw. W: Prüfung des Narkosegerätes auf ordnungsgemäßen Zustand und Funktionsfähigkeit vor geplantem Betrieb (Check A) bzw. bei Patientenwechsel (Check W). i.v.-Zugang intravenöser Zugang, ITN Intubationsnarkose, ZVK zentraler Venenkatheter, MÖF Mundöffnung, EK Erythrozytenkonzentrat, TTO „team time out“, $F_{et}O_2$ endexpiratorische Sauerstofffraktion, RSI „rapid sequence induction“

- geschlossene Kommunikation bei Medikamentenapplikation („read back – hear back“),
- keine Kommunikation ohne Bezug zur Einleitung („sterile cockpit principle“),
- Vier-Augen-Prinzip („cross checks“),
- Beginn einer Handlung erst, wenn die vorhergehende abgeschlossen ist und dieses kommuniziert wurde (sequenzielles Arbeiten),
- Notfallchecklisten (Atemwegsnotfallalgorithmus),
- Einführung der CD $etCO_2 < 10$ mm Hg und der CD $SO_2 < 90$ % bzw. < 80 %.

Nach einem 6-monatigen Schulungszeitraum wurden nochmals 27 Anästhesieeinleitungen am Simulator durchgeführt und die Prozessqualität mit den Ausgangswerten verglichen.

Atemwegsalgorithmus

Der Algorithmus ist in **Abb. 2** dargestellt. Stets erfolgt vor der Induktion die Präoxygenierung bis $F_{et}O_2 > 0,9$. Vor Publikation der S1-Leitlinie Atemwegsmanagement der DGAI 2015 erfolgte die Präoxygenierung routinemäßig bis $F_{et}O_2 > 0,8$. Die Schritte der Atemwegsicherung bei unerwartet schwierigem Atemweg sind leitlinienkonform (Maskenbeatmung, i-gel™-LM als extraglottisches

Instrument, direkte und indirekte Laryngoskopie) [18]. Ein Hilferuf muss bei Erkennen einer möglichen Notfallsituation sofort abgesetzt werden. Auf die Notfallsituation weist als erste CD ein einstelliges $etCO_2$ hin („ CO_2 -negativ“). Erst ein mindestens 3-maliges $etCO_2 > 10$ mm Hg wird als suffiziente Beatmung gewertet und im Team als „ CO_2 -positiv“ bestätigt. Die CO_2 -Ansaage erfolgt unabhängig von der Methode der Atemwegssicherung, ist also bei der Maskenbeatmung, bei Einsatz der Larynxmaske und bei der endotrachealen Intubation durchzuführen.

Sind Atemwegssicherung und Beatmung trotz Optimierung aller Maßnahmen nicht möglich, wird der „Atemwegs-

Phase		Item	Ja	Nein
Einleitungsphase	21	Hat der Anästhesist vor der Präoxygenierung eine Händedesinfektion durchgeführt?		
	22	Trägt das gesamte Team Handschuhe, sobald die Präoxygenierung beginnt?		
	23	Ist vor der Präoxygenierung über den Vitalwert Sättigung im Team kommuniziert worden?		
	24	Ist vor der Präoxygenierung über den Vitalwert Blutdruck im Team kommuniziert worden?		
	25	Ist vor der Präoxygenierung über den Vitalwert Herzfrequenz im Team kommuniziert worden?		
	26	Sind die zu verabreichende Menge und der Wirkstoff des Medikaments (Analgetikum) angesagt worden?		
	27	Sind unmittelbar nach Applikation des Medikaments die verabreichte Menge und der verabreichte Wirkstoff (Analgetikum) bestätigt worden?		
	28	Sind die zu verabreichende Menge und der Wirkstoff des Medikaments (Hypnotikum) angesagt worden?		
	29	Sind unmittelbar nach Applikation des Medikaments die verabreichte Menge und der verabreichte Wirkstoff (Hypnotikum) bestätigt worden?		
	30	Sind die zu verabreichende Menge und der Wirkstoff des Medikaments (Muskelrelaxans) angesagt worden?		
	31	Sind unmittelbar nach Applikation des Medikaments die verabreichte Menge und der verabreichte Wirkstoff (Muskelrelaxans) bestätigt worden?		
	32	Ist vor Gabe des Muskelrelaxans der $F_{et}O_2$ / die endtidale Sättigung im Team angesprochen worden?		
	33	Ist der Wirkeintritt des Hypnotikums durch Überprüfung des Lidreflexes des Pat. bestätigt worden?		
	34	Ist eine manuelle Beatmung mit Gesichtsmaske einschließlich Guedel-Tubus durchgeführt worden? -> entfällt bei RSI		
	35	Ist der Pat. nach Gabe des Muskelrelaxans für mindestens 90 s weiter manuell beatmet worden? -> entfällt		
Intubationsphase	36	Ist das Blocken des Tubus innerhalb von 10 s nach Herausziehen des Laryngoskops dem Team mitgeteilt worden?		
	37	Ist ein Stethoskop innerhalb von bis zu 10 s griffbereit vorhanden?		
	38	Ist eine Tubuslagekontrolle durch Auskultation durchgeführt worden, und ist das Ergebnis laut mitgeteilt worden?		
	39	Ist die Reihenfolge der auskultatorischen Tubuslagekontrolle korrekt durchgeführt worden? (1. Magen -2. li. Lungenlappen -3. re. Lungenlappen)		
	40	Wurde ein positiver CO_2 -Rückstoß laut mitgeteilt?		
	41	Wurde die Lage des Tubus bezogen auf Zahnreihe oder Mundwinkel laut mitgeteilt?		
	42	Ist der Tubus bis Beginn der Fixierung durchgängig am Tubus festgehalten worden?		
	43	Ist entweder eine manuelle oder maschinelle Beatmung spätestens 10 s nach Fixierung des Tubus erfolgt?		
	44	Ist ein Tubusschutz (z.B. Guedel-Tubus) nach erfolgter Intubation verwendet worden?		

Abb. 1 ◀ (Fortsetzung)

notfall“ durch ein Mitglied des Teams ausgerufen, wenn $etCO_2 < 10$ mm Hg und $SpO_2 < 90\%$ sind. Anästhesie, OP-Pflege und Operateure fokussieren sich jetzt auf die invasive Sicherung des Atemwegs, zu der es keine Alternative mehr gibt.

Die Notfallkoniotomie wird vorbereitet und bei Vorliegen beider CD ($etCO_2 < 10$ mm Hg und $SpO_2 < 80\%$) unverzüglich begonnen. Ist kein Operateur anwesend, muss der Anästhesist die Koniotomie durchführen. Verwendet wird

ein standardisiertes, kommerziell erhältliches Notkoniotomieset (Surgicric II™; Fa. VBM medical, Sulz, Deutschland). Der Anästhesist beendet die Notfallsituation, wenn $etCO_2 > 10$ mm Hg und $SpO_2 > 90\%$ liegen.

Dieser Algorithmus beschreibt das Vorgehen bei Standardanästhesieeinleitungen. Bei Patienten mit vorbestehender schwerer Oxygenierungsstörung ($SpO_2 < 90\%$ trotz Präoxygenierung) oder Kreislaufstillstand ($etCO_2 <$

10 mm Hg) sind individuelle Absprachen im Team mit adaptierten CD erforderlich.

Seit 2010 werden Cockpit-Strategie und Atemwegsalgorithmus interdisziplinär und interprofessionell am Simulator geschult, wobei sowohl technische Skills als auch CRM-Elemente geübt werden (Pflichtveranstaltung). Teilnehmende sind Ärzte der Anästhesiologie, der HNO-Klinik, OP- und Anästhesie-Pflegekräfte. Das Szenario gilt als bestanden,

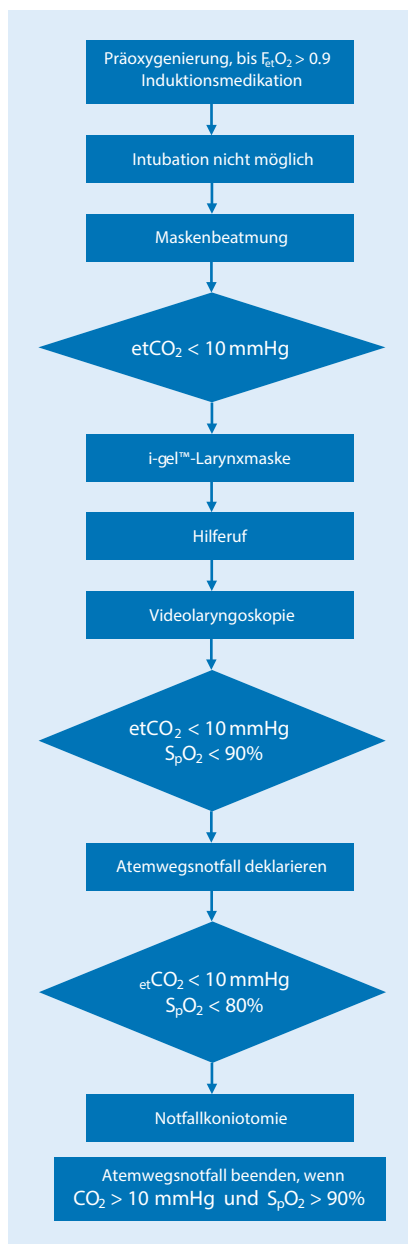


Abb. 2 ▲ Atemwegsalgorithmus mit „canned decisions“: Übergang in den Notfallalgorithmus bei unerwartet schwierigem Atemweg im Rahmen einer „rapid sequence induction“. $F_{I\text{O}_2}$ endexpiratorische Sauerstofffraktion, $et\text{CO}_2$ endexpiratorischer Kohlendioxidgehalt, $S_{p\text{O}_2}$ pulsoxymetrische Sauerstoffsättigung

wenn das Team den Handlungsalgorithmus befolgt und den Atemweg innerhalb von 10 min sichert.

Retrospektive Auswertung aller Notkoniotomien 2010–2016

Nach Einführung des Atemwegsalgorithmus wurden im Untersuchungszeitraum

2010–2016 in unserer Klinik 101.777 Allgemeinanästhesien durchgeführt. In die detaillierte retrospektive Auswertung wurden alle Patienten aus diesem Kollektiv mit CICO-Situation bei unerwartet schwierigem Atemweg und Notkoniotomie eingeschlossen. Untersucht wurde das Patienten-Outcome (Hypoxie, sonstiger Schaden) sowie das Befolgen des Algorithmus durch die Teams. Bei Patienten mit präoperativen Hinweisen auf eine erwartet schwierige Atemwegssicherung wurde die Vorgehensweise entsprechend angepasst [18]. Sie sind daher nicht Teil dieser Auswertung.

Statistik

Die statistische Analyse wurde mit Excel 2007™ (Fa. Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) durchgeführt. Die Prozessqualität (Summe positiver Items) der simulierten Anästhesieeinleitungen vor und nach Intervention wurde mit dem Welch-Test, die Dauer der Einleitung mit Student's t-Tests berechnet (Signifikanzniveau $p < 0,05$). Für die Auswertung der Videos durch ein unabhängiges Team ohne Verbindung zur Anästhesie wurde eine „Intrarater“-Variabilität von 0,95 Fleiss' κ und Interrater-Variabilität von 0,87 Fleiss' κ ermittelt.

Ergebnisse

Simulierte Anästhesieeinleitungen

Die simulierten Anästhesieeinleitungen wurden in 3 Phasen unterteilt: Kontrollphase (Item 1–20), Einleitungsphase (Item 21–35) und Intubationsphase (Item 36–44). Von den 27 präinterventionell durchgeführten Anästhesieeinleitungen konnten hinsichtlich der Dauer alle Videos ausgewertet werden, hinsichtlich der Prozessqualität 25. Die Cockpit-Strategie verbesserte die Prozessqualität signifikant (präinterventionell 36 % vs. postinterventionell 78 % erfüllte Items). Gleichzeitig verkürzte sich die Dauer der Einleitung um 36 % (Tab. 2).

Retrospektive Auswertung

Im Untersuchungszeitraum traten 7 CICO-Situationen bei unerwartet schwie-

rigem Atemweg mit Notkoniotomie auf. Vier Patienten mussten im Rahmen einer Erkrankung notfallmäßig operiert werden (2-mal HNO, einmal Gefäßchirurgie, einmal Geburtshilfe); ein Patient der Intensivstation musste unverzüglich intubiert werden. Bei 2 HNO-Patienten sollten elektive Operationen stattfinden. Keine Situation ließ eine Rückwärtsstrategie durch Rückkehr zur Spontanatmung zu. Fünf Koniotomien wurden durch Chirurgen durchgeführt, 2 durch Anästhesisten. Bei 2 Patienten konnte mit einer Larynxmaske kurzzeitig suffizient beatmet werden ($et\text{CO}_2 > 10 \text{ mmHg}$, $S_{p\text{O}_2} > 90\%$), sodass der Notfallalgorithmus unterbrochen und eine fiberoptische Intubation versucht wurde. Aufgrund anatomischer Besonderheiten (Schleimhautödem, verlagerte Glottis) gelangen die fiberoptischen Intubationen aber nicht. Es kam zum Verlust der Beatmungsmöglichkeit mit Entsättigung (beide CD erfüllt), sodass die Notkoniotomie durchgeführt wurde. Kein Patient erlitt eine hypoxische Schädigung. Die minimale gemessene $S_{p\text{O}_2}$ variierte zwischen 17 und 74 %. Es traten keine Komplikationen durch die chirurgische Atemwegssicherung auf. Der Notfallalgorithmus wurde von allen Teams befolgt. Alle nichtinvasiven Maßnahmen zur Atemwegssicherung wurden im vorhandenen Zeitfenster vor der Koniotomie eingesetzt (Tab. 3).

Diskussion

Die vorgestellte Arbeit zeigt, dass die Cockpit-Strategie bei unkomplizierten simulierten Anästhesieeinleitungen die Prozessqualität unabhängig vom eingesetzten Team signifikant verbessert. Als Nebeneffekt der Strukturierung und Standardisierung wurde die Gesamtdauer der Einleitung signifikant verkürzt. Damit minimiert sich auch die Zeit bis zum Erkennen einer Notfallsituation mittels CD 1 ($et\text{CO}_2 < 10 \text{ mmHg}$) und CD 2 ($S_{p\text{O}_2} < 80\%$) mit Entscheidung zur Notkoniotomie, was im Hinblick auf die drohende Hypoxie (spätestens nach 6–8 min Apnoe nach optimaler Präoxygenierung) von besonderer Bedeutung ist [1, 4].

Tab. 2 Ergebnisse der Pilotstudie: Analyse der Prozessqualität und der Dauer unkomplizierter Anästhesieeinleitungen am Simulator ohne und mit Cockpit-Strategie

	Erfüllte Items ohne CRM (n = 25) [MW ± SD]	Erfüllte Items mit CRM (n = 25) [MW ± SD]	Sign	Dauer ohne CRM (n = 27) [s ± SD]	Dauer mit CRM (n = 27) [s ± SD]	Sign.
Kontrollphase	5,3 ± 2,2	14,6 ± 2,0	p < 0,05	333 ± 322	211 ± 94	0,06
Einleitungsphase	4,6 ± 2,1	12,1 ± 1,3	p < 0,05	248 ± 76	187 ± 66	p < 0,001
Intubationsphase	6,0 ± 1,7	7,6 ± 0,7	p < 0,05	233 ± 208	122 ± 43	p < 0,001
Gesamt	15,8 ± 5,0	34,2 ± 2,5	p < 0,05	813 ± 349	519 ± 137	p < 0,001

Die retrospektive Auswertung der CICO-Situationen zeigte, dass sich alle Beteiligten an den Algorithmus hielten. Die Koniotomien wurden rechtzeitig und technisch korrekt durchgeführt. Eine Patientenschädigung wurde nicht beobachtet. Die Entscheidungsmöglichkeit anhand von CD führte zur Handlungssicherheit im Team.

Bislang ist es nicht gelungen, die Patientensicherheit in der Anästhesiologie durch Integration von CRM-Elementen zu verbessern. Lediglich Checklisten haben Einzug in den klinischen Alltag gefunden, obwohl ein anästhesiologisches CRM-Training bereits 1992 beschrieben wurde; dies beschränkt sich aber bis heute auf Simulationsszenarien [13, 16, 17]. Ob aus den simulierten Fällen ein Benefit für den Patienten hervorgeht, ist noch unklar, und das Potenzial der Cockpit-Strategie bleibt ungenutzt [3, 22]. Gleichzeitig wird die Bedeutung der Anästhesiologie für die perioperative Patientensicherheit hervorgehoben und die Rolle des „human factor“ bei der Entstehung von Fehlern betont [7–9, 24, 25]. Während die Sicherheit von Flugzeugpassagieren kontinuierlich verbessert wird, stagniert die anästhesiebedingte Mortalität bei Patienten ohne Risikofaktoren bei 0,4–0,7/100.000 Patienten, wobei ca. 90 % der schweren Zwischenfälle auf Probleme bei der Atemwegssicherung zurückzuführen sind [10, 15, 20].

In der zivilen Luftfahrt sind Detailkenntnisse der Handlungsabläufe, Standardisierung durch dichotome Einzelschritte und Kontrolle der Prozessqualität wesentliche Prinzipien. Abläufe werden stets mit den gleichen Sicherheitschecks durchgeführt, auch wenn die Bedingungen optimal sind [21]. Eine

analoge Vorgehensweise in der klinischen Anästhesie ist ungewöhnlich und stößt auf Widerstände, obwohl die Etablierung der Cockpit-Strategie bei jeder Einleitung den Teams helfen kann, in der Notfallsituation kontrolliert zu handeln. Frühzeitiges Erkennen und Lösung des Notfalls müssen allerdings repetitiv geschult werden. Viele anästhesiologisch Tätige werden eine CICO-Situation während ihres Berufslebens nicht erleben, ebenso wie die meisten Piloten keinen Ausfall eines Triebwerks erleben. Dennoch ist es für Piloten selbstverständlich, Routineprozeduren im Berufsalltag stets nach Vorschrift abzuarbeiten und auf Notfallsituationen in repetitiven Simulationstrainings mit Handlungsalgorithmen und CD vorbereitet zu werden. Um die Sicherheitsstrategien der zivilen Luftfahrt in anästhesiologische Prozesse zu integrieren, muss auch die zugrunde liegende Philosophie übernommen werden. Das ist eine Herausforderung, da sich Medizin und Luftfahrt natürlich auch unterscheiden.

Die CD sind von uns erstmalig als fester Bestandteil der routinemäßigen Anästhesieeinleitung eingeführt worden. Es handelt sich um Parameter, die messbar, immer vorhanden, im Team kommunizierbar und relevant für die durchzuführende Maßnahme sind. Bleibt der etCO₂ trotz Optimierungsmaßnahmen <10 mm Hg, wird der Routineablauf in den Notfallalgorithmus „unerwartet schwieriger Atemweg“ überführt (CD 1). Tritt eine CICO-Situation auf, ist eine Koniotomie alternativlos, wenn die S_pO₂ < 80 % sinkt (CD 2). Die Festlegung der Schwellenwerte entstand aus psychologischen Überlegungen bzw. aufgrund physiologischer Abläufe. Ein mindestens zweistelliger Zahlenwert für

etCO₂ ist für das Team eine eindeutige Vorgabe und auch bei Stress auf dem Display ablesbar. Sinkt die S_pO₂ < 80 %, ist der steile Abfall der O₂-Sättigungskurve erreicht, und es liegt eine kritische Desaturierung vor. Die Zeit bis zur schweren Gewebhypoxie ist sehr kurz und muss für die Etablierung des chirurgischen Atemwegs genutzt werden. Patienten, die bereits vor Einleitung CD 1 und/oder CD 2 erfüllen, bedürfen einer individuellen Absprache im Team mit adaptierten CD.

Der Atemwegsalgorithmus und die CD wurden für den Einsatz bei Erwachsenen konzipiert. Eine unkritische Übertragung in die Kinderanästhesie ist ohne weitere Studien nicht möglich.

Eine Limitierung der Untersuchung ist sicherlich das monozentrische, retrospektive Design zur Überprüfung der Ergebnisqualität. Allerdings ist eine randomisierte, prospektive Studie zum unerwartet schwierigen Atemweg kaum durchführbar. Die Ergebnisqualität der beschriebenen Maßnahmen lässt sich daher nur durch die Auswertung der Atemwegsnotfälle in der eigenen Klinik und durch einen Literaturvergleich beurteilen. Die Inzidenz des unerwartet schwierigen Atemwegs mit CICO-Situation wird mit 0,02–0,2/1000 und bei HNO-Patienten mit 1,6/1000 angegeben [5, 19]. Damit liegt die Inzidenz in unserem Kollektiv mit 0,07/1000 Patienten im Rahmen der Literaturangaben. Unbeabsichtigte Organ- oder Gewebeverletzungen treten in 0–52 % der Fälle auf [11]. Cook et al. berichten von misslungenen Atemwegssicherungen in 16–63 % der Fälle [6]. In den hier dargestellten Fällen traten keine Komplikationen auf. Die Patienten wurden

Tab. 3 Übersicht über die durchgeführten Notkoniomotomien bei unerwartet schwierigem Atemweg mit CICO-Situation

	Indikation für Allgemeinanästhesie	Besonderheiten	Fachabteilung	Notfall	Ereignis im B-Dienst	Fiberoptik eingesetzt bei pos. CO ₂ ^a	Erwartet schwieriger Atemweg ^b	Induktion	Ursache der misslungenen Intubation	Definitiver Atemweg	Koniotomie durchgeführt von	Niedrigste SpO ₂ in %	Hypoxische Schädigung	Komplikationen	Konform zum Algorhythmus
1	Larynx papillomatose	Schwangerschaft	HNO	Nein	Nein	Nein	Nein	RSI	Subglottische Stenose	Notfallkoniotomie	HNO	45	Nein	Nein	Ja
2	Exstirpation der Gl. submandibularis	–	HNO	Nein	Nein	Ja	Nein	RSI	Schleimhaut-ödem	Notfallkoniotomie	Anästhesist	35	Nein	Nein	Ja
3	Akute Luftnot unklarer Genese	–	HNO	Ja	Ja	Nein	Nein	RSI	Subglottische Stenose	Notfallkoniotomie	HNO	56	Nein	Nein	Ja
4	Revisions-Operation nach Mikrolaryngoskopie	Akute Blutung	HNO	Ja	Nein	Nein	Nein	RSI	Massivorales Blut	Notfallkoniotomie	HNO	17	Nein	Nein	Ja
5	Revisions-Operation nach Carotis-TEA	Akute Blutung	GCH	Ja	Ja	Ja	Nein	RSI	Verlagerung der Glottis/Ödem	Notfallkoniotomie	Gefäßchirurg	18	Nein	Nein	Ja
6	Not-Sectio	–	GH	Ja	Nein	Nein	Nein	RSI	Anatomie oberer Atemweg	Notfallkoniotomie	Anästhesist	65	Nein	Nein	Ja
7	Intubation auf Intensivstation	Akutes resp. Versagen	ICU	Ja	Ja	Nein	Nein	RSI	Schleimhaut-ödem	Notfallkoniotomie	Chirurg	74	Nein	Nein	Ja

CICO „cannot intubate – cannot oxygenate“, Carotis-TEA Thrombendarteriektomie der A. carotis, B-Dienst Bereitschaftsdienst, GCH Gefäßchirurgie, GH Geburtshilfe, ICU „intensive care unit“, RSI „rapid sequence induction“

^aBei positivem CO₂ findet eine suffiziente Beatmung statt. Der Notfallalgorithmus kann unterbrochen werden, um alle Möglichkeiten der nichtinvasiven Atemwegssicherung zu prüfen. Tritt im Rahmen dieser Versuche wieder eine Situation mit negativem CO₂, insuffizienter Beatmung und fallender Sättigung ein, wird bei SpO₂ < 80 % die Koniotomie unverzüglich durchgeführt

^bErwartet i. S. der in der Krankenakte bei Voroperationen erhobenen Befunde hinsichtlich der oberen Atemwege

postoperativ intensivmedizinisch mit Beteiligung der HNO-Klinik betreut.

Eine Überführung der Cockpit-Strategie mit Integration mehrerer CRM-Elemente und CD in den anästhesiologischen Klinikalltag ist möglich. Ziel ist es, die Patientensicherheit zu erhöhen und die anästhesiebedingte Mortalität in Notfallsituationen bei unerwartet schwierigem Atemweg zu reduzieren. Darüber hinaus müssen eine fundierte Ausbildung in technischen und nichttechnischen Fertigkeiten sowie regelmäßige Team-Training-Einheiten des schwierigen Atemwegs fest in die anästhesiologische Weiterbildung integriert sein.

Fazit für die Praxis

- Die Cockpit-Strategie der zivilen Luftfahrt ist wesentlich umfangreicher als der Einsatz von Checklisten. Sie umfasst CRM-Elemente wie geschlossene Kommunikation, eindeutige Aufgabenverteilung, Vier-Augen-Prinzip oder sequenzielles Arbeiten.
- Canned decisions können in den Atemwegsalgorithmus integriert werden. Sie dienen dazu, bei geschulten Teams die CICO-Situation bei unerwartet schwierigem Atemweg zu erkennen und so frühzeitig zu beenden, dass eine Schädigung der Patienten durch Hypoxie vermieden wird.
- Die Notkoniomotomien in der eigenen Klinik bei unerwartet schwierigem Atemweg (Inzidenz 0,07/1000) führten zu keiner Patientenschädigung. Alle Notkoniomotomien wurden rechtzeitig und technisch korrekt durchgeführt.
- Die Umsetzung einer umfassenden Cockpit-Strategie zur Verbesserung der Patientensicherheit in der Anästhesiologie ist möglich. Voraussetzung ist die Akzeptanz der Sicherheitsphilosophie der Luftfahrt in der Medizin.

Korrespondenzadresse



Dr. med. H. Vogelsang
Klinik für Anästhesiologie und
Operative Intensivtherapie,
Katholisches Klinikum
Bochum, Universitätsklinikum
der Ruhr-Universität Bochum
Gudrunstraße 56,
44791 Bochum, Deutschland
h.vogelsang@klinikum-
bochum.de

Danksagung. Unser Dank gilt der Anästhesiepflege des Kath. Klinikums Bochum, besonders Frau Sandra Birkholz und Herrn Jean-Noël Antoinette, Herrn Holger Jost, Flugkapitän, Herrn Heinz Riekert, Flugkapitän a. D., Frau Britta Weber, Dipl.-Ing. (FH) Biomedizinische Technik, MBA, Herrn Prof. Dr. Dr. Gerhard Brodner.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. H. Vogelsang, N. M. Botteck, J. Herzog-Niescery, J. Kirov, D. Litschko, T. P. Weber und P. Gude geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Ein positives Votum der Ethikkommission der Ruhr-Universität Bochum mit dem Aktenzeichen 15-5292 vom 22.04.2015 und eines mit dem Aktenzeichen 5080-14 vom 22.10.2015 liegen vor.

Literatur

1. Benumof J, Dagg R, Benumof R (1997) Critical hemoglobin desaturation will occur before return to an unparalyzed state following 1 mg/kg intravenous Succinylcholine. *Anesthesiology* 87:979–982
2. Böhmer A, Wappler F, Tinschmann T et al (2012) The implementation of a perioperative checklist increases patients' perioperative safety and staff satisfaction. *Acta Anaesthesiol Scand* 56:332–338
3. Boet S, Bould M, Fung L et al (2014) Transfer of learning and patient outcome in simulated crisis resource management: a systematic review. *Can J Anaesth* 61:571–582
4. Bourouche G, Bourgan J (2015) Preoxygenation and general anesthesia: a review. *Minerva Anesthesiol* 81:910–920
5. Cook T, MacDougall-Davis S (2012) Complications and failure of airway management. *Br J Anaesth* 109:i68–i85
6. Cook T, 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
7. Fletcher G, McGeorge P, Flin R et al (2002) The role of non-technical skills in anaesthesia: a review of current literature. *Br J Anaesth* 88:418–429
8. Flin R, Patey R (2011) Non-technical skills for anaesthetists: developing and applying ANTS. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 25:215–227
9. Flin R, Fioratou E, Frerk C et al (2013) Human factors in the development of complications of airway management: preliminary evaluation of an interview tool. *Anaesthesia* 68:817–825
10. Gottschalk A, Van Aken H, Zenz M et al (2011) Is anesthesia dangerous? *Dtsch Arztebl Int* 108:469–474
11. Hamaekers A, Henderson J (2011) Equipment and strategies for emergency tracheal access in the adult patient. *Anaesthesia* 66:65–80
12. Haynes A, Weiser T, Berry W et al (2009) A surgical safety checklist to reduce morbidity and mortality in a global population. *N Engl J Med* 360:491–499
13. Howard S, Gaba D, Fish K et al (1992) Anesthesia crisis resource management training: teaching anaesthesiologists to handle critical incidents. *Aviat Space Environ Med* 63:763–770
14. International Civil Aviation Organization (2006) Flight procedures, 5. Aufl. Aircraft operations, Bd. 1. ICAO, Montreal
15. International Civil Aviation Organization (2017) Safety report 2017, 5–6. Aufl.
16. Krombach J, Edwards W, Marks J et al (2015) Checklists and other cognitive aids for emergency and routine anesthesia care—a survey on the perception of anesthesia providers from a large academic US institution. *Anesth Pain Med*. <https://doi.org/10.5812/aamp.26300v2>
17. Marshall S (2013) The use of cognitive aids during emergencies in anesthesia: a review of the literature. *Anesth Analg* 117:1162–1171
18. Piepho T, Cavus E, Noppens R et al (2015) S1-Leitlinie: Atemwegsmanagement. *Anasth Intensivmed* 56:505–523
19. Rosenstock C, Nørskov A, Wetterslev J et al (2016) Emergency surgical airway management in Denmark: a cohort study of 452 461 patients registered in the Danish Anaesthesia Database. *Br J Anaesth* 117:i75–i82
20. Schiff J, Welker A, Fohr B et al (2014) Major incidents and complications in otherwise healthy patients undergoing elective procedures: results based on 1.37 million anaesthetic procedures. *Br J Anaesth* 113:109–121
21. Schmitt-Sausen N (2018) Mut zur Offenheit. *Dtsch Arztebl* 115:A285–A287
22. Sun X, Pan C, Li T et al (2017) Airway management education: simulation based training versus non-simulation based training—a systematic review and meta-analyses. *BMC Anesthesiol* 17:17
23. von Dossow V, Zwissler B (2016) Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin zur strukturierten Patientenübergabe in der perioperativen Phase: SBAR-Konzept. *Anaesthesist* 65:148–150
24. Wacker J, Staender S (2014) The role of the anesthesiologist in perioperative patient safety. *Curr Opin Anaesthesiol* 27:649–656
25. Williamson J, Webb R, Szekely S et al (1993) The Australian Incident Monitoring Study. Difficult intubation: an analysis of 2000 incident reports. *Anaesth Intensive Care* 21:602–607

Stationäre Krankenhauskosten um fast 4% gestiegen

Die Kosten der stationären Krankenhausversorgung betrugen im Jahr 2017 laut Statistischem Bundesamt rund 91,3 Milliarden Euro.

Die stationären Krankenhauskosten belaufen sich für 2017 um 3,9% mehr als im Jahr 2016 (87,8 Milliarden Euro). Umgerechnet auf rund 19,4 Millionen Patientinnen und Patienten, die 2017 vollstationär im Krankenhaus behandelt wurden, lagen die stationären Krankenhauskosten je Fall bei durchschnittlich 4 695 Euro und damit um 4,4% höher als im Jahr zuvor (4 497 Euro).

Fallkosten erstmals >5.000 Euro

Die durchschnittlichen stationären Kosten je Fall waren in Brandenburg mit 4 235 Euro am niedrigsten und in Hamburg mit 5 408 Euro am höchsten. Auch in Baden-Württemberg, Berlin und Bremen übersteigen die durchschnittlichen Fallkosten erstmals den Betrag von 5 000 Euro. Regionale Unterschiede sind auch strukturell bedingt: Sie werden vom Versorgungsangebot sowie von der Art und Schwere der behandelten Erkrankungen beeinflusst. Am deutlichsten stiegen die stationären Kosten je Fall im Vergleich zum Vorjahr in Hessen und Rheinland-Pfalz mit jeweils +5,3%. In Mecklenburg-Vorpommern gab es mit +2,9% den geringsten Kostenanstieg.

Gesamtkosten: 105,7 Milliarden Euro

Zusammen mit den Ausgaben für nicht-stationäre Leistungen (zum Beispiel für Ambulanz, wissenschaftliche Forschung und Lehre) in Höhe von 14,5 Milliarden Euro beliefen sich die Gesamtkosten der Krankenhäuser im Jahr 2017 auf 105,7 Milliarden Euro (2016: 101,7 Milliarden Euro). Sie setzten sich im Wesentlichen aus den Personalkosten von 63,8 Milliarden Euro (+4,5% gegenüber 2016) und den Sachkosten von 39,1 Milliarden Euro (+3,1%) zusammen.

**Quelle: Statistisches Bundesamt
(www.destatis.de)**