

M. Fresenius

M. Heck

Repetitorium Intensivmedizin

2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

M. Fresenius

M. Heck

Repetitorium Intensivmedizin

Vorbereitung auf die Prüfung
»Spezielle Intensivmedizin«

2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Mit 97 Abbildungen

Dr. med. Michael Fresenius

Facharzt für Anästhesie, Spezielle anästhesiologische Intensivmedizin,
Spezielle Schmerztherapie, Notfallmedizin
Ltd. Oberarzt an der Klinik für Anästhesiologie,
operative Intensiv- und Schmerztherapie des Evangelischen Krankenhauses Düsseldorf
Kirchfeldstraße 40
D-40217 Düsseldorf
E-Mail: DrFresenius@aol.com

Dr. med. Michael Heck

Facharzt für Anästhesie, Spezielle anästhesiologische Intensivmedizin, Notfallmedizin
Niedergelassener Anästhesist
Weberstraße 10
D-69120 Heidelberg
E-Mail: Dr.M.Heck@web.de
<http://www.die-anaesthesie-praxis.de>

ISBN-10 3-540-21479-8 2. Auflage 2006 Springer Medizin Verlag Heidelberg
ISBN-13 978-3-540-21479-3 2. Auflage 2006 Springer Medizin Verlag Heidelberg
ISBN 3-540-41368-5 1. Auflage 2001 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin Verlag.

springer.de
© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2001, 2006
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.
Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Haftung übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Planung: Ulrike Hartmann, Heidelberg
Projektmanagement: Gisela Schmitt, Heidelberg
Design: deblik Berlin
SPIN 10817425
Satz: TypoStudio Tobias Schaedla, Heidelberg
Druck: Stürtz GmbH, Würzburg

Meiner Frau Stephanie
und meinen Kindern Benedict, Antonia und Constance gewidmet
(M.F.)

Vorwort zur 2. Auflage

Im intensivmedizinischen Bereich wurde in den zurückliegenden Jahren am Beginn des neuen Jahrtausends eine Reihe von bedeutenden neuen Therapiekonzepten entwickelt, welche die Mortalität und die Behandlungsdauer unserer Patienten positiv beeinflusst haben.

So führt beispielsweise beim septischen Patienten die Konstanzhaltung des Blutzuckerspiegels nach den Empfehlungen von den Berghe oder die frühzeitige Kreislaufstabilisierung anhand der Rivers-Kriterien zu einer deutlichen Senkung der Mortalität. Erstmals konnte in einer groß angelegten Studie gezeigt werden, dass durch die singuläre Gabe eines Medikamentes (aktiviertes Protein C) die Letalität bestimmter Patienten mit schwerer Sepsis deutlich gesenkt werden kann.

Die Anwendung moderner Beatmungsstrategien führte in großen multizentrischen Studien zu einer signifikanten Erhöhung der Überlebensrate unserer ARDS-Patienten. Es konnte auch in multiplen Studien der vergangenen Jahre gezeigt werden, dass der Einsatz bestimmter Substrate im Rahmen der enteralen oder parenteralen Ernährung einen positiven Effekt auf die Rekonvaleszenz unserer schwerkranken Patienten hat.

Diese zahlreichen neuen Therapiekonzepte sowie die Einführung neuer Substanzen und Medikamente in der intensivmedizinischen Therapie auf den Gebieten der Infektiologie, der Ernährung, der Herzkreislauftherapie, der Organersatzverfahren oder Beatmungsstrategien machen es notwendig, die vorhandenen Kapitel der erstmals im Jahr 2001 erschienenen Auflage des »*Repetitorium Intensivmedizin*« zu aktualisieren und durch zahlreiche klinisch und prüfungsrelevante neue Kapitel zu ergänzen.

Hierbei wird das erfolgreiche Konzept unserer »*Repetitorien*« – nämlich die Darstellung von ausgewähltem, knapp formuliertem, aktuellem intensivmedizinischem Wissen beibehalten. Wir hoffen damit auch in Zukunft den Erwartungen unserer Leser und Prüfungskandidaten zu entsprechen.

Für die konstruktiven Hinweise zur Verbesserung der vorangegangenen Auflage des »*Repetitorium Intensivmedizin*« möchten wir uns bei den zahlreichen Lesern vielmals bedanken und würden uns auch weiterhin über Anregungen und Kritik aus Ihrem Leserkreis sehr freuen.

Düsseldorf und Heidelberg im Oktober 2005

Dr. med. Michael Fresenius

Dr. med. Michael Heck

Geleitwort zur 2. Auflage

Aus verwaltungstechnischer Sicht ist die Intensivstation eine Station, die hohe bis sehr hohe Kosten verursacht. Aus Sicht des Patienten ist die Intensivstation diejenige Station, die über seine Prognose »quoad vitam« entscheidet. Die Praxis der Intensivmedizin hat sich in den letzten 10 Jahren deutlich geändert. Früher bestand die Intensivmedizin aus einer empirischen Therapie, die »aus dem Bauch heraus« gesteuert wurde. Heute orientiert sich der Intensivmediziner an einer Vielzahl wissenschaftlich erhobener Daten und richtet danach das therapeutische Konzept für den individuellen Patienten aus.

Die Umsetzung dieses modernen Konzeptes erfordert vom Intensivmediziner neben Erfahrung insbesondere detaillierte Sachkenntnis. Bereits die erste Auflage dieses *Repetitoriums* hatte sich in den vergangenen Jahren als verlässlicher Zugang zu einer detaillierten Sachkenntnis bestens bewährt. Auf den Intensivstationen vieler Kliniken sah man das *Repetitorium* liegen, und viele Kolleg(inn)en platzierten den *Fresenius/Heck* im heimischen Arbeitszimmer.

Die zweite Auflage des Werkes wurde um zahlreiche internistische und neurologische Themen erweitert, zum Beispiel wurden das akute Koronarsyndrom, die infektiöse Endokarditis und auch die Hirntoddiagnostik ins Repertoire aufgenommen. Die S2-Leitlinien zur Analgesierung werden vorgestellt, und der nichtinvasiven Beatmung wird ausreichend Bedeutung zugeordnet. Das PICCO- und das MARS-System sind in den entsprechenden Kapiteln beschrieben. Auch sind neuere Antibiotika wie das Tigecyclin oder neuere Antimykotika wie Caspofungin und Voriconazol ausführlich dargestellt. Somit spiegelt das *Repetitorium* den aktuellsten Stand der Intensivmedizin wider.

Auch die zweite, vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage ist ein sehr gut gelungenes Werk. Ich wünsche auch dieser Auflage eine weite Verbreitung.

Im Oktober 2005

Prof. Dr. Hubert Böhrer
Caritas-Krankenhaus
97980 Bad Mergentheim

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis..... XIII

Allgemeine Grundlagen

1	Atemwegsmanagement und Bronchoskopie...	3
2	Monitoring	23
3	Kardiovaskulär wirksame Medikamente	55
4	Blut und Blutprodukte	65
5	Analgosedierung	87
6	Ernährungstherapie	95
7	Invasive Beatmung	125
8	Nichtinvasive Beatmung (NIV)	163
9	Hyperbare Oxygenierung (HBO)	167
10	Kardiopulmonale Reanimation	169

Infektiologie

11	Antibiotika und Antimykotika	183
12	Infektiöse Endokarditis und Endokarditisprophylaxe	209
13	Pneumonie	217
14	Nosokomiale Infektionen	227
15	Spezielle Infektionen	231

Spezielle Krankheitsbilder

16	Nierenerkrankungen und Nierenersatzverfahren	249
17	Lebererkrankungen	263
18	Pankreatitis	273
19	Gastrointestinale Probleme	281
20	Stressulkus	299
21	Entzugssyndrome	307
22	Intoxikationen	311

23	Akutes Koronarsyndrom (ACS)	321
24	ARDS («acute respiratory distress syndrome»)	329
25	SIRS, Sepsis und Multiorganversagen	341
26	Lungenembolie	361
27	Pulmonaler Hypertonus (PH) und akute Rechtsherzdekompensation	371
28	Tetanus	377
29	Patienten mit Subarachnoidalblutung (SAB)	379
30	Intensivtherapie von Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma (SHT)	383
31	Therapie zerebraler Krampfanfälle	391
32	Herzinsuffizienz	393
33	Hirntoddiagnostik und Therapie des Organspenders	401
34	Abdominelles Kompartmentsyndrom (AKS) ..	405
35	Häufige Herzrhythmusstörungen in der Intensivmedizin	409

Physiologie

36	Physiologie der Atmung	415
37	Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen- Haushalt	433
38	Blutgerinnung	447

Anhang

39	Nachschlageteil	481
	Stichwortverzeichnis	491

Abkürzungen

Erläuterung einiger Abkürzungen

AAA	abdominelles Aortenaneurysma	CAVHF	kontinuierliche arteriovenöse Hämo- filtration bzw. Spontanfiltration
AaDO ₂	alveoloarterielle Sauerstoffpartialdruck- differenz	CBF	zerebraler Blutfluss (Hirndurchblutung)
ACh	Acetylcholin	CBV	zerebrales Blutvolumen
ACS	akutes Koronarsyndrom	CC	»closing capacity« (Verschlusskapazität)
ACT	»activated clotting time«	CHE	Cholinesterase
ADH	antidiuretisches Hormon	CI	Herzindex
AEP	akustisch evozierte Potentiale	CIP	»critical illness polyneuropathy«
AGW	Atemgrenzwert	C _{LA}	Konzentration des Lokalanästhetikums
AK	Antikörper	C _m	minimale Konzentration
ALI	»acute lung injury«	CMRO ₂	»cerebral metabolic rate for oxygen« (zerebraler Metabolismus)
AMI	akuter Myokardinfarkt	CO	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)
AML	akute myeloische Leukämie	CO ₂	Kohlendioxid
ALV	akutes Leberversagen	COLD	»chronic obstructive lung disease«
AMV	Atemminutenvolumen	COPD	»chronic obstructive pulmonary disease«
Anm	Anmerkung	COT	»clot observation time«
ANV	akutes Nierenversagen	CPAP	»continuous positive airway pressure«
AP	arterieller Systemdruck	CPP	zerebraler Perfusionsdruck
ARDS	»acute respiratory distress syndrome« (früher: »adult respiratory distress syndrome«)	CPR	kardiopulmonale Reanimation
AS	Aminosäuren	CPPV	»continuous positive pressure ventilation«
ASA	American Society of Anesthesiologists	CSE	kombinierte Spinal- und Epidural- anästhesie
ASB	»assisted spontaneous breathing«	CSF	Liquor cerebrosplanialis
ASS	Acetylsalicylsäure	CV	»closing volume« (Verschlussvolumen)
ATC	automatic tube compensation	CVI	chronische ventilatorische Insuffizienz
avDO ₂	arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	c _v O ₂	venöser Sauerstoffgehalt
BE	»base excess« (Basenüberschuss)	CVVHD	kontinuierliche venovenöse Hämodialyse
BEL	Beckenendlage	CVVHDF	kontinuierliche venovenöse Hämodiafil- tration
BGA	Blutgasanalyse oder Bundesgesundheits- amt (aus Kontext ersichtlich)	CVVHF	kontinuierliche venovenöse Hämo- filtration
BIPAP	»biphasic positive airway pressure«	DBS	Double-burst-Stimulation
BtMVV	Betäubungsmittelverordnung	DD	Differentialdiagnose
BZ	Blutzucker	DIC	disseminierte intravasale Koagulopathie (Verbrauchskoagulopathie)
C	Compliance	DK	Blasendauerkatheter
CAO	»chronic airflow obstruction«	DLCO	Diffusionskapazität der Lunge für CO
c _a O ₂	arterieller Sauerstoffgehalt	DLV	»different lung ventilation« (seitendifferente Beatmung)
CARS	»compensatory antiinflammatory response syndrome«	DO ₂	Sauerstoffangebot
CAVHD	kontinuierliche arteriovenöse Hämodialyse		

XIV Abkürzungen

ECCO ₂ R	extrakorporale CO ₂ -Elimination	HF	Herzfrequenz
ECMO	extrakorporale Membranoxygenierung	HFV	»high frequency ventilation« (Hochfrequenzbeatmung)
ECT	»Ecarin clotting time«	HFOV	Hochfrequenzoszillationsventilation
EDCF	»endothelium-derived contracting factor«	HI	Herzindex
EDRF	»endothelium-derived relaxing factor«	HLM	Herz-Lungen-Maschine
EDV	enddiastolisches Volumen	HMV	Herzminutenvolumen
EF	Ejektionsfraktion (Auswurffraktion)	HPV	hypoxische pulmonale Vasokonstriktion
EK	Erythrozytenkonzentrat	HRST	Herzrhythmusstörungen
EKK	extrakorporaler Kreislauf	HTPL	Herztransplantation
EKZ	extrakorporale Zirkulation	HWZ	Halbwertszeit
EMLA	eutektische Mischung von Lokalanästhetika	HZV	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)
EMD	elektromechanische Dissoziation bzw. Entkoppelung	IAP	intraabdomineller Druck
ERV	expiratorisches Reservevolumen	ICP	intrazerebraler bzw. intrakranieller Druck
ES	Extrasystolen	ICG-PDR	Indocyaningrün-Plasmaverschwinderate
ESV	endsystolisches Volumen	ICR	Interkostalraum
ESWL	extrakorporale Stoßwellenlithotripsie	ID	Innendurchmesser
etCO ₂	endexpiratorische CO ₂ -Konzentration (in Vol.-%)	IHSS	idiopathische hypertrophe Subaortenstenose
F _A O ₂	alveoläre Sauerstoffkonzentration	ILA	interventional lung assist
FCKW	fluorierte Chlorkohlenwasserstoffverbindungen	Ind	Indikation
FDA	Food and Drug Administration	IPPV	»intermittent positive pressure ventilation« (kontrollierte Beatmung)
FEV ₁	Ein-Sekunden-Kapazität	IRDS	»infant respiratory distress syndrome«
FEV ₁ /FVC	relative Ein-Sekunden-Kapazität in %	IRV	inspiratorisches Reservevolumen
F _{ex} CO ₂	expiratorische CO ₂ -Konzentration	ITN	Intubationsnarkose
FFP	Fresh-frozen-Plasma	ITBV	intrathorakales Blutvolumen
FFS	freie Fettsäuren	KBE	koloniebildende Einheit
FG	Frühgeborene	KG	Körpergewicht
F _i O ₂	inspiratorische Sauerstoffkonzentration	KH	Kohlenhydrate
FKW	fluorierte Kohlenwasserstoffe	KI	Kontraindikation
FRC	funktionelle Residualkapazität	KOD	kolloidosmotischer Druck
FRC	funktionelle Residualkapazität	KOF	Körperoberfläche
FS	Fettsäuren	LA	Lokalanästhetikum (Lokalanästhetika)
FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis	LAP	linker Vorhofdruck
FSP	Fibrin(ogen)spaltprodukte	LAP	linker Vorhofdruck
FVC	forcierte Vitalkapazität	LBP	Lipopolysaccharid-bindendes Protein
GABA	γ-Aminobuttersäure	LE	Lungenembolie
GCS	Glasgow Coma Scale	LTPL	Lebertransplantation
GFR	glomeruläre Filtrationsrate	LVEDP	linksventrikulärer enddiastolischer Druck
GHB	γ-Hydroxybuttersäure	LVEDV	linksventrikuläres enddiastolisches Volumen
GI	gastrointestinal	LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurffraktion)
GISA	Glykopeptid – intermediär empfindlicher Staphylokokkus	LVF	linksventrikuläre Pumpfunktion
GvH-Reaktion	Graft-versus-Host-Reaktion		

Abkürzungen

LVP	linker Ventrikeldruck	PAP	Pulmonalarteriendruck
LVSWI	linksventrikulärer Schlagarbeitsindex	pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
MAC	minimale alveoläre Konzentration	PCA	patienten-kontrollierte Analgesie
MAP	mittlerer arterieller Druck	PCI	perkutane Koronarintervention
MCT	»middle chain triglycerides« (mittelkettige Triglyzeride)	PCEA	patienten-kontrollierte Epiduralanalgesie
MEP	motorisch evozierte Potentiale	pCO ₂	CO ₂ -Partialdruck
MER	Muskeigenreflex	PCWP	Pulmonalkapillardruck = Wedgemittel- druck
MG	Molekulargewicht	PDA	Periduralanästhesie
MM	Muttermund	PDK	Periduralkatheter
MMEF	maximaler mittlerer expiratorischer Flow	PEA	pulslose elektrische Aktivität
MNS	malignes neuroleptisches Syndrom	PEEP	»positive endexpiratory pressure« (positiver endexpiratorischer Druck)
MODS	»multiple organ dysfunction syndrome«	PEG	perkutane endoskopische Gastrostomie
MOV	Multiorganversagen	p _{et} CO ₂	endexpiratorischer CO ₂ -Partialdruck
MPAP	mittlerer Pulmonalarteriendruck	Pha	Pharmakologie
MR	Muskelrelaxanzien	pH _i	intramukosaler pH-Wert
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus	PONV	»postoperative nausea and vomiting« (postoperative Übelkeit und Erbrechen)
MRSE	Methicillin-resistenter Staphylococcus epidermidis	ppm	parts per million = ml/m ³
MS	Magensonde	p _s O ₂	partielle oder funktionelle Sauerstoffsätti- gung
MSSA	Methicillin-empfindlicher Staphylococcus aureus	PTC	»post tetanic count« (posttetanische Zahl)
N ₂	Stickstoff	PTT	partielle Thromboplastinzeit
N ₂ O	Stickoxidul (Lachgas)	PTZ	Thrombinzeit
ndMR	nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien	p _v O ₂	gemischtvenöser Sauerstoffpartialdruck
NEV	Nierenersatzverfahren	PVR	pulmonaler Gefäßwiderstand
NLA	Neuroleptanästhesie	QL	Lungenperfusion
NMB	neuromuskuläre Blockade	Q _s /Q _t	intrapulmonaler Shunt
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat	R	Resistance (Atemwegswiderstand)
NMH	niedermolekulares Heparin	RAP	rechter Vorhofdruck
NMM	neuromuskuläres Monitoring	RBF	renaler Blutfluss
NO	Stickstoffmonoxid	RQ	respiratorischer Quotient
NSAID	»nonsteroidal anti-inflammatory drugs« (nichtsteroidale Antiphlogistika)	RR	systemarterieller Blutdruck (nach Riva-Rocci)
NTPL	Nierentransplantation	RV	Residualvolumen
NW	Nebenwirkung	RVEF	rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion (Aus- wurf fraktion)
NYHA	New York Heart Association	RVP	rechter Ventrikeldruck
O ₂	Sauerstoff	RVSWI	rechtsventrikulärer Schlagarbeitsindex
P	Druck	RWBS	regionale Wandbewegungsstörungen
p	Partialdruck	RZ	Reptilasezeit
PAK	Pulmonalarterienkatheter	S _a O ₂	fraktionelle arterielle Sauerstoffsättigung
p _A O ₂	alveolärer O ₂ -Partialdruck	SHT	Schädel-Hirn-Trauma
p _a O ₂	arterieller O ₂ -Partialdruck	SI	Schlagvolumenindex
		SIADH	Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion

XVI Abkürzungen

SIRS	»systemic inflammatory response syndrome«	WM	Wirkmechanismus
SO ₂	fraktionelle Sauerstoffsättigung	WW	Wechselwirkung
SPA	Spinalanästhesie	ZNS	Zentrales Nervensystem
SSEP	somatosensorisch evozierte Potentiale	ZVD	zentraler Venendruck
SSW	Schwangerschaftswoche		
SV	Schlagvolumen		
SVES	supraventrikuläre Extrasystole(n)		
S _{vj} O ₂	jugularvenöse Sauerstoffsättigung		
SVR	systemischer Gefäßwiderstand		
SVT	supraventrikuläre Tachykardie		
TAA	thorakales Aortenaneurysma		
TAAA	thorakoabdominelles Aortenaneurysma		
TAT	Thrombin-Antithrombin-III-Komplex		
TEE	transösophageale Echo(kardio)graphie		
TCD	transkranieller Doppler		
TEG	Thrombelastogramm		
TFA	Trifluoracetylchlorid		
TG	Triglyzeride		
THAM	Tris-Hydroxy-Aminomethan		
TIVA	totale intravenöse Anästhesie		
TK	Thrombozytenkonzentrat		
TLC	totale Lungenkapazität		
TOF	»train-of-four«		
TRALI	»transfusion-related acute lung injury«		
TUR-Blase	transurethrale Elektroresektion der Blase		
TUR-Prostata	transurethrale Elektroresektion der Prostata		
TVT	tiefe Beinvenenthrombose		
UBF	uteriner Blutfluss		
UFH	normales (unfraktioniertes) Heparin		
URS	Ureterorenoskopie		
V _A	alveoläre Ventilation		
V _A /Q	Ventilations-Perfusions-Verhältnis		
VC	Vitalkapazität		
VCO ₂	CO ₂ -Produktion		
V _D	Totraumvolumen		
VES	ventrikuläre Extrasystole(n)		
VHF	Vorhofflimmern		
VK	Verteilungskoeffizient		
ṠO ₂	Sauerstoffaufnahme (Sauerstoffverbrauch)		
V _T	Tidalvolumen (Atemzugvolumen)		
VT	ventrikuläre Tachykardie		
VVBP	venovenöse Biopumpe (Bypass)		
vWF	von-Willebrand-Jürgens-Faktor		

Allgemeine Grundlagen

- Kapitel 1 Atemwegsmanagement und Bronchoskopie – 3**
- Kapitel 2 Monitoring – 23**
- Kapitel 3 Kardiovaskulär wirksame Medikamente – 55**
- Kapitel 4 Blut und Blutprodukte – 65**
- Kapitel 5 Analgosedierung – 87**
- Kapitel 6 Ernährungstherapie – 95**
- Kapitel 7 Invasive Beatmung – 125**
- Kapitel 8 Nichtinvasive Beatmung (NIV) – 163**
- Kapitel 9 Hyperbare Oxygenierung (HBO) – 167**
- Kapitel 10 Kardiopulmonale Reanimation – 169**

Atemwegsmanagement und Bronchoskopie

Intubation

Intubationsarten

- orotracheale Intubation (immer bei Notfall-Intubation) und
 - nasotracheale Intubation (vor allem bei Neugeborenen und Kleinkindern zur besseren Tubusfixierung!)
- ! Die nasotracheale Intubation sollte aufgrund von Nebenwirkungen, wie z. B. Blutungen aus dem Nasen-Rachen-Bereich und einer erhöhten Rate an NNH-Infektionen nur ausnahmsweise beim Intensivpatienten erfolgen!

Intubationskriterien

- nichtnüchterne sowie alle aspirationsgefährdeten Patienten:
 - Notfallpatient
 - Patient im Schock
 - schwangere Patientinnen nach der 12. SSW
 - Patient/in mit ausgeprägter Bewusstseinsstörung
 - Patienten mit ausgeprägtem Aszites, mit Refluxkrankheit, mit Pylorusstenose, → Ileus-einleitung ohne Zwischenbeatmung und mit Krikoiddruck (Sellick-Handgriff)!
- Patienten mit Linksherzversagen z. B. nach ausgeprägtem Vorderwandinfarkt
- Patienten unter nichtinvasiver Beatmung mit klinischer und laborchemischer Verschlechterung der respiratorischen Situation

- Patient mit instabilem Thorax (z. B. nach Rippenfraktur)

Sichere Intubationszeichen

- CO₂-Nachweis mit Hilfe eines Kapnometers (4–5 Vol.-% ≈ 35–40 mmHg) in der expirierten Luft über mehrere Minuten
 - **Cave:** CO₂-produzierende Antazida, Cola-Effekt
 - niedrige CO₂-Werte trotz korrekter Intubation bei Low-output-Syndrom bzw. eingeschränkter pulmonaler Perfusion (z. B. massive Lungenembolie)
- direkte Inspektion des Tubusverlaufs durch die Stimmbänder
- bronchoskopische Verifikation der intratrachealen Tubuslage
- semiquantitativer Nachweis durch reversiblen Farbumschlag eines zwischen Tubus und Beatmungsgerät platzierten CO₂-Detektor (Fenem CO₂-Detektor oder EASY-CAP)

Unsichere Intubationszeichen

- Thoraxexkursionen
- Beschlagen der Tubusinnenwand mit Atemfeuchtigkeit
- auskultatorisches Atemgeräusch (gerade bei Kindern!)
- Konstanz der pulsoxymetrischen Sättigung über längere Zeit

Tubusarten

Bezeichnung	Kennzeichen
Magill	Standardtubus
Murphy	mit seitlichem Auge
Oxford-non-kinking (ONK)	bei schwieriger Intubation zu empfehlen!
Woodbridge	Spiraltubus zum Offenhalten des Tubuslumen
Kuhn	S-förmig vorgeformter Tubus
High-volume-low-pressure(Lanz)-Tubus	im intensivmedizinischen Bereich: selbstregulierender Cuff-Druck
Carlens-Tubus	historischer linksseitiger Tubus mit Karinasporn
White-Tubus	rechtsseitiger Tubus mit Karinasporn (Öffnung am Cuff für die Ventilation des rechten Oberlappens)
Robertshaw-Tubus	links- oder rechtsseitiger Doppellumentubus ohne Karinasporn mit schlitzförmiger Öffnung im distalen Cuff zur Belüftung des rechten Oberlappens, 3 verschiedene Modellgrößen: klein, mittel, groß (ID = 8,0; 9,5; 11 mm)
Mallinckrodt (Bronchocath)-Tubus bzw. Rüsç-Doppellumentubus	links oder rechtsseitiger Doppellumentubus, ohne Karinasporn, mit schrägverlaufenden blauen Cuff und distaler Öffnung zur Ventilation des rechten Oberlappens Größen: 35, 37–39 Ch für Frauen, 39 und 41 Ch für Männer Rüsç-Doppellumentubus ab CH 26 Mallinckroth Bronchocath ab CH 28 erhältlich
Sheridan-I-Tubus	mit zweiteiligem endobronchialen Cuff und großer dazwischenliegender Öffnung
Bronchusblocker (Univent)	Single-Lumentubus mit dünnem Seitenkanal, durch den ein Katheter mit Bronchusblockermanschette geführt werden kann
Wave-Cuff-Tubus	wellenförmiger Cuff zur Sekretaufnahme
Tracheopart	links- und rechtsseitiger Tracheostoma -Doppellumentubus 3 verschiedene Modellgrößen mit unterschiedlicher intratrachealer Strecke: 75 mm (für Körpergröße bis 165 cm), 85 mm (für Körpergröße von 165–175 cm) und 95 mm (für Körpergröße >180 cm)
Combitube oder EASY-Tube	Doppellumentubus, der die Funktionen eines Endotrachealtubus und eines Ösophagusverschlussstubs in sich vereint
RAE-Tubus	anatomisch geformte Tuben, die über die Stirn oder den Unterkiefer ausgeleitet werden können
AGT-Tubus	
Polar-Tubus	

Unterdrückung des Intubationsreizes

Insbesondere notwendig bei Patienten mit KHK

- Aussprühen des Hypopharynx mit **4%igem Xylocainspray** vor der Intubation
- i.v.-Gabe von **2%igem Lidocain** (1 mg/kg)
- Narkoseinduktion mit hohen Opioiddosen

Tubusgröße Erwachsene

Frauen: 7,0–8,0 Innendurchmesser (ID)

Männer: 7,5–8,5 ID

→ Patienten mit pulmonaler obstruktiver Ventilationsstörung sollten einen möglichst großen Tubus erhalten bzw. frühzeitig zum Weaning tracheotomiert werden!

! $Ch = (ID \times 4) + 2$

Tubusgröße Kinder

Alter	Körpergewicht (kg)	Innen-durchmesser (mm)	Tubuslänge vom Mundwinkel (cm)	Tubuslänge von Nasenöffnung (cm)
Neugeborene (<28. Gestationswoche)	<1	2,5	6,5–7	8
Neugeborene (28–34. Gestationswoche)	1–2,5	3,0	7–8	9–10
Neugeborene (34–38. Gestationswoche)	>2,5	3,5	9–10	11–12
1–6 Monate	5–6	3,5	11	13
1 Jahr	10	4,0	12	14
2 Jahre	13	4,5	13	15
4 Jahre	17	5,0	14	17
7 Jahre	25	6,0	17	20
10 Jahre	30	6,5	19	23
12 Jahre	40	7,0	21	25

Komplikationen der Intubation

- Verletzungen des Aryknorpels oder Dislokation
- Verletzung der Stimmbandebene → Granulom- und Ulzerationsbildung
- Zahnschäden/-dislokation
- Blutung und Schwellung bei forcierter Intubation
- bei einseitiger Intubation: Ausbildung einer Totlatelektase + konsekutive Hypoxämie
- bei ösophagealer Fehlintubation: Hypoxämie und Regurgitation von Magensaft → Gefahr der Aspiration
- bei Intubation mit Führungsdraht: Verletzung der Trachea
- Ruptur der Trachea und des Bronchus (vor allem bei Doppellumentuben)
- Glottisödem
- Lähmungen des N. lingualis

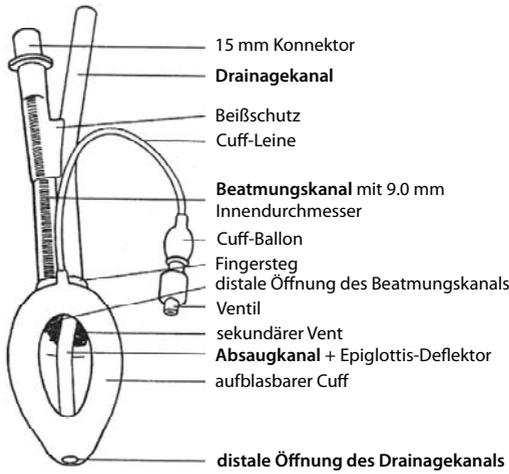
ProSeal-Larynxmaske (PLMA) (■ Abb. 1.1)

- modifizierte Larynxmaske (LMA) mit größerem Cuff und einem neben dem Beatmungskanal lateral positioniertem Absaugkanal, der an der Spitze der Larynxmaske endet
- Vermeidung von gastral Luftinsufflation, da bei korrekter Platzierung das distale Cuffende in

Höhe des oberen Ösophagussphinkter liegt und inspiriertes Gas über den zweiten Kanal nach oben entweichen kann

- außerdem dient der zweite Kanal (Absaugkanal) zur blinden Insertion einer Magensonde oder eines Absaugkatheters (geringeres Aspirationsrisiko)
- zusätzlich besitzt die ProSeal-LMA einen zweiten keilförmigen Cuff auf der dorsalen Seite der Maske. Nach Insufflation des Cuffs über ein gemeinsames Ventil kommt es zum Anpressen des elliptischen ventralen Cuffs ans periglottische Gewebe → erhöhte Dichtigkeit der PLMA gegenüber der konventionellen LMA bei nicht messbar gesteigertem Druck auf die Mukosa
- Platzierung erfolgt wie bei der LMA, ggf. mit einem Insertionshilfsgerät
- erhältlich sind die Größen 4 und 5 (50–70 kg bzw. 70–100 kg)

! Die ProSeal-Larynxmaske kann ebenso wie der nachfolgend beschriebene Laryxntubus oder LTS bei nicht intubierbaren Patienten bis zur definitiven Atemwegssicherung als Überbrückung dienen!



▣ Abb. 1.1. Schematische Darstellung der Pro Seal-Larynxmaske

Larynxtube LT oder LTS (▣ Abb. 1.2)

- leicht gebogener, nach Autoklavierung bis 134 °C ca. 40-mal wieder verwendbarer Tubus mit einem großvolumigen Pharyngeal- und einem kleinen Ösophageal-Cuff
- Einführung ohne Laryngoskop bei leichter Kopfreklination in den Pharynx bis zu einer solchen

Tiefe, dass die mittlere Tubusmarkierung auf Höhe der Zahnreihe zu liegen kommt

- Blockung mit 70–100 ml Luft bzw. auf einen Druck von 60 (-70) cmH₂O
- Indikationen und Kontraindikationen entsprechen weitgehend denen der Larynxmaske

Vorteile

- schnelle, blinde Platzierung mit hoher Sicherheit
- höhere Systemdichtigkeit auch bei höherem Beatmungsdruck im Vergleich zur Larynxmaske

Nachteile

- Gefahr der Magen- oder Ösophagusruptur durch Pressen eines nicht vollständig bewussten Patienten (für LT)
- Möglichkeit der direkten Pharynx- und Ösophagusverletzung

! Der Larynxtube LT bietet keinen sicheren Aspirationsschutz und verhindert auch nicht die Insufflation von Luft bei hohem Beatmungsdruck! Der Larynxtube LTS ist ein Ventilation- und Drainagetubus mit höherem Aspirationsschutz als der normale Larynxtube. Er besitzt im Vergleich zum LT-Typ eine zusätzliche Drainageöffnung zum Platzieren einer Magensonde bis 16 Ch.

Größeneinteilung des Larynxtube LT (nach Herstellerfirma VBM)

Größe	Patient	Gewichtskategorie/ Patientengröße	Konnektorfarbe	Cuff-Volumen (ml)
0	Neugeborene	5 kg	transparent	10
1	Babys	5–12 kg	weiß	20
2	Kinder	12–25 kg	grün	35
3	Erwachsene klein	<155 cm	gelb	60
4	Erwachsene mittel	155–180 cm	rot	80
5	Erwachsene groß	>180 cm	violett	90

Größeneinteilung des Larynxtube LTS (nach Herstellerfirma VBM)

Größe	Patient	Konnektorfarbe	Körpergröße (cm)	Cuff-Volumen (ml)
3	Erwachsene klein	gelb	<155	60
4	Erwachsene mittel	rot	155–180	80
5	Erwachsene groß	violett	>180	90



■ Abb. 1.2. Doppelläufiger LTS-Tubus

Schwierige Intubation

Die Definition ist nicht einheitlich: Häufig wird der Begriff **schwierige Intubation** mit dem der **schwierigen Laryngoskopie** gleichgesetzt.

Definitionen

Schwierige Intubation

Eine **schwierige Intubation** liegt dann vor, wenn mit konventioneller Laryngoskopie mehr als **drei** Versuche notwendig sind, den Tubus korrekt zu platzieren oder der Intubationsvorgang länger als **10 min** dauert.

Schwierige Atemwege

Schwierige Atemwege liegen dann vor, wenn ein durchschnittlich ausgebildeter Anästhesist Schwierigkeiten bei der Durchführung einer adäquaten Maskenbeatmung und/oder der Intubation hat.

Schwierige bzw. inadäquate Maskenbeatmung

- O_2 -Sättigung $< 90\%$
- Zyanose
- nichtmessbarer expiratorischer Gasflow
- keine Thoraxexkursion
- fehlendes Atemgeräusch

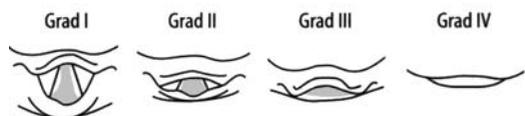
- Dilatation des Magens (Regurgitations-/Aspirationsgefahr!)
 - durch Hyperkapnie und Hypoxie bedingte hämodynamische Veränderungen ($HF \uparrow$, $RR \uparrow$, später \downarrow)
 - ▶ ob eine Maskenbeatmung schwierig oder unmöglich sein wird, kann normalerweise nicht sicher vorausgesagt werden! **5 unabhängige Faktoren der schwierigen Maskenbeatmung** nach Langeron O et al. (Anesthesiology 2000; 92: 1229–36):
 - Alter < 55 J.
 - Body Mass Index $> 26 \text{ kg/m}^2$
 - Bartträger
 - fehlende Zähne
 - Schnarcher
- bei Anwesenheit von 2 dieser Faktoren ist mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einer schwierigen Maskenbeatmung zu rechnen (Sensitivität: 0,72, Spezifität: 0,73)
- ▶ eine schwierige Maskenbeatmung kann durch das Einführen eines Guedel-Tubus erleichtert werden

Schwierige Laryngoskopie

Schwierige Laryngoskopie bedeutet, dass sonst sichtbare Larynxanteile nicht eingesehen werden können → Cormack und Lehane-Einteilung: Grad III oder IV (■ Abb. 1.3).

Einteilung »Schwierige Laryngoskopie« nach Cormack, Lehane (1984)

Grad I	Stimmbänder komplett einsehbar
Grad II	nur Aryregion und hinterer Abschnitt der Stimmlitze sichtbar
Grad III	nur Epiglottis sichtbar
Grad IV	nur weicher Gaumen einsehbar (Epiglottis nicht sichtbar)



■ Abb. 1.3. Laryngoskopisches Bild des Larynxeingangs (Einteilung nach Cormack). Grad I–IV zeigen eine zunehmend kleiner werdene Anzahl der sichtbaren Strukturen. I: Glottis, Stimmbänder und umgebende Strukturen sind sichtbar; IV: nur weicher Gaumen sichtbar

Bedeutung der Atemwegsicherung

- bei den Ursachen **anästhesiologischer Komplikationen** mit gerichtlichen Konsequenzen, die von 1985–1996 in den USA auftraten, nehmen nach Cheney **respiratorische Probleme** mit **28%** aller Fälle den ersten Platz ein
- hiervon beruhten wiederum 28% der Fälle auf inadäquate Ventilation oder Oxygenierung, 21% auf einer schwierige Intubation und 19% auf einer nichtbemerkte ösophageale Fehlintubation

Inzidenz der schwierigen Intubation

Die durchschnittliche Inzidenz der schwierigen Intubation beträgt $\approx 0,5\text{--}5\text{‰}$

! Merke:

- Schwierige Intubation vorwiegend
 - bei Schwangeren (v. a. bei Präeklampsie/Eklampsie) \rightarrow 10mal höher als bei nichtschwangeren Patientinnen
 - bei kardiochirurgischen Patienten
 - erhöhte Inzidenz auch bei Patienten mit Diabetes mellitus (stiff man syndrome) oder chronischer Polyarthritits
- Die meisten Patienten mit schwierigen Intubationsbedingungen erleiden einen Schaden, nicht infolge der Unmöglichkeit der Intubation, sondern weil man die Intubationsversuche nicht rechtzeitig einstellte und alternative Verfahren zur Patientenoxxygenierung anwendete!

Allgemeine Zeichen und warnende Hinweise für eine schwierige Intubation

- tiefsitzender und **steilgestellter Kehlkopf** (Tastbefund!) und kurzer dicker Hals
- **eingeschränkte Beweglichkeit** im Atlantookzipitalgelenk wie z.B. bei Morbus Bechterew, primärer chronischer Polyarthritits (Grade II-IV nach D'Arcy), Zustand nach HWS-Trauma oder HWS-Prolaps-Operation mit Implantation eines Knochenspahns
- **monströse Struma** und Tracheaverlagerung \rightarrow Beurteilung des Tracheaverlaufs im Thoraxröntgenbild bzw. Tracheazielaufnahme!
- vorstehende, prominente obere Schneidezähne
- **schwängere** Patientinnen infolge

- gut durchbluteter und vulnerabler Mukosa
- allgemeiner Ödemneigung (ggf. Larynx- u. Zungenödem)
- große Mammae, die schon das Einführen des Laryngoskop erschweren
- Lippen-Kiefer-Gaumenspalte
- Epiglottitis (vorwiegend Kinder)
- **Makroglossie** bei Akromegalie, M. Down, Patienten mit Quinke-Ödem, Mukopolysaccharidose, Amyloidose, Glykogenosen, Myxödem
- anatomische Varianten und Syndrome
- isolierte ausgeprägte **Mikro-/Makrognathie** oder **Prognathie**
- Mundöffnung $< 2\text{ cm}$
- Kiefergelenkankylose
- oder folgende Syndrome:

Syndrom	Anästhesie-relevante Veränderungen
Pierre-Robin	Gaumenspalte, Unterkieferpalte, Unterentwicklung des Unterkiefers \rightarrow Mikrognathie
Treacher-Collins	Mikrognathie, Choanalatresie
Franceschetti-Zwahlen = Dysostosis mandibulofacialis	Mittelgesichtshypoplasie (Vogelgesicht), Mikrognathie, Ohrmissbildung, manchmal Taubheit
Klippel-Feil	Kurzhals, Halswirbelblockbildung, ggf. Gaumenspalte
Pfaundler-Hurler	großer plumper Schädel, Makroglossie, kurzer Hals
Akromegalie	Makroglossie, Schleimhauthyperplasie, Progenie

- postoperative Blutung im Halsbereich \rightarrow frühzeitige Reintubation von Karotispatienten bei zunehmenden Schluckbeschwerden und Heiserkeit \rightarrow bei Intubationsproblemen **sterile Eröffnung** der Operationswunde zur Entlastung durch den Chirurgen (immer HNO-ärztliches oder chirurgisches »stand-by« zur Reintubation organisieren!)
- Mundbodenphlegmone, bekanntes Zungenrund- oder Larynxkarzinom, Schluckstörung

gen und Globusgefühl, Atemnot, Stridor, Heiserkeit/Aphonie

- Zustand nach Neck dissection mit subhyoidaler Ausräumung, Hemimandibulektomie
- Zustand nach Bestrahlung im HNO-Bereich
- Tumoren mit Obstruktion der Atemwege
- Verätzungen und Vernarbungen im Halsbereich
- Verbrennungen/Inhalationstrauma

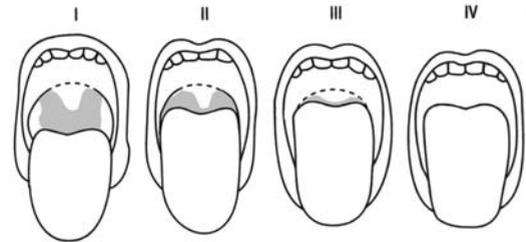
Klasse	Sichtbare Strukturen
I	weicher Gaumen, Pharynxhinterwand, Uvula, vordere + hintere Gaumenbögen sichtbar
II	weicher Gaumen, Pharynxhinterwand und Uvula sichtbar
III	weicher Gaumen und nur Uvulabasis sichtbar
IV	nur harter und nicht weicher Gaumen sichtbar

modifiziert nach Samssoon u. Young

Klinische Screeningverfahren bezüglich einer schwierigen Intubation

Wichtig ist die Anamneserhebung bei der Prämedikation bezüglich früher aufgetretener Intubationsschwierigkeiten!

- **höheres Mallampati-Stadium** (■ Abb. 1.4) (Klassifikation wurde durch Samssoon und Young in 4 Stadien modifiziert)
 - Nichtsichtbarkeit des weichen Gaumens (Stadium IV) → in > 50% der Fälle ist der Kehlkopf laryngoskopisch nicht einsehbar
 - Sensitivität je nach Untersuchung: 42–66%
 - Spezifität je nach Untersuchung: 65–84% (die Originalarbeit von Mallampati ging von einer Sensitivität > 95% und einer Spezifität von nahezu 100% aus)
 - Durchführung: Patient sitzt dem Untersucher gegenüber, Kopf in Neutralposition, maximale aktive Mundöffnung, Zunge maximal herausgestreckt



■ Abb. 1.4. Modifizierte Mallampati-Klassifikation der Atemwege nach Samssoon u. Young: Einschätzung einer schwierigen Intubation

- **multifaktorieller Risikoindex nach Arne** (■ Abb. 1.5) (1998)
 - Beurteilung einer möglichen Schwierigen Intubation anhand von 7 Kriterien und Vergabe von Punkten
 - ab > 11 Punkten ist mit einer erschwerten Intubation zu rechnen

Multifaktor-Risiko-Index

	Score
Mallampati 	0-8
Thyromentaler Abstand »Test nach Patil« (in max. Flexionsstellung des Halses) 0 ≥6,5 cm 4 <6,5 cm	0, 4
Mundöffnung (SKD/AKD*) und Fähigkeit zur Protrusion (S_{lux}) 0 SKD/AKD ≥ 5 cm oder S _{lux} > 0 cm 3 3,5 cm < SKD/AKD < 5 cm und S _{lux} = 0 13 SKD/AKD < 3,5 cm und S _{lux} < 0 (*SKD=Schneide-Kanten-Distanz, AKD=Alveolar-Kanten-Distanz, bei Zahnlosen)	0, 3, 13
Schwierige Intubation in der Anamnese 0 Nein 10 Ja	0, 10
Pathologische Veränderungen bezüglich einer schwierigen Intubation 0 Nein 5 Ja	0, 5
Klinische Symptome pathologischer Atemwegsveränderungen 0 Nein 3 Ja	0, 3
Maximal mögliche Kopf- und Halsbeweglichkeit 0 über 100° 2 um 90° (90°±10°) 3 unter 80°	0, 2, 3
> 11 Summe	

■ Abb. 1.5. Multifaktorieller Risikoindex nach Arne

- **Wilson-Index** (aus dem Jahr 1988)

Punktzahl	0	1	2
Gewicht	< 90 kg	90–110 kg	> 110 kg
Kopfbeweglichkeit zur Neutralachse	> 90°	≈ 90°±10°	< 90°
maximale Mundöffnung und maximale Protrusionsbewegung (PROT.)	> 5 cm oder PROT.: UK vor OK	< 5 cm und PROT.: UK = OK	< 5 cm und PROT.: UK hinter OK
zurückweichender Unterkiefer	normal	mäßig ausgeprägt	stark ausgeprägt
prominente OK-Schneidezähne	normal	mäßig starke Ausprägung	starke Prominenz

- bei Punktwerten ≥ 2 ist von einiger **schwierigen** Intubation auszugehen!
- Sensitivität des Tests: 75%; Spezifität von 88%
- Vorteil des Tests: geringe Variabilität bei verschiedenen Untersuchern, umfasst Aspekte, die ohnehin bei der anästhesiologischen Risikoeinschätzung erfasst werden

- **Test nach Patil:** verminderter Abstand zwischen Schildknorpeloberkante und Vorderkante des Unterkiefers bei **maximal überstrecktem Kopf**:
 - **thyreomentaler** Abstand < 7 cm → schwierige, aber meist durchführbare Intubation;
 - **thyreomentaler** Abstand < 6 cm → Intubation in aller Regel sehr schwer
 - Sensitivität je nach Untersuchung: 90–32%
 - Spezifität je nach Untersuchung: 80–81,5%
- verminderte horizontale Unterkieferlänge (< 9 cm)
- eingeschränkte Beweglichkeit im Atlanto-okzipital-Gelenk (< 15°; Norm: ≈ 30°)
- eingeschränkte Mundöffnung (< 2 cm)
- verminderter hyomentaler Abstand (< 2 Querfinger) bei Dorsalflexion

- ! Alle Patienten mit Hinweisen auf schwierige Atemwege sollten ausgiebig **oxygeniert** oder besser noch **denitrogenisiert** werden! (s. auch ► Kapitel Apnoische Oxygenierung)

Management bei unerwarteter schwieriger Intubation

Das Vorgehen sollte abteilungsintern unter Berücksichtigung des apparativen Equipments festgelegt sein und kann somit von der dargestellten Reihenfolge der zu ergreifenden Maßnahmen abweichen!

- ! **Merke:**

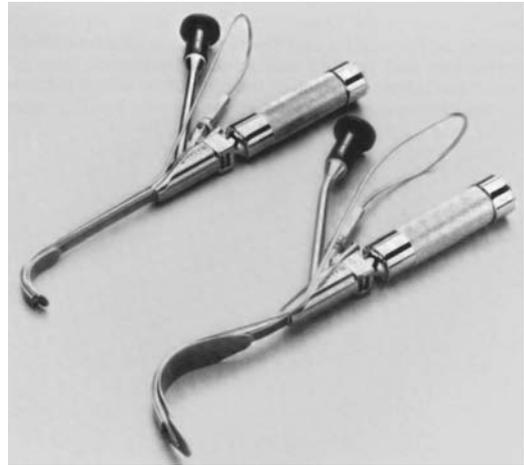
Maximal 2–3 Intubationsversuche

Cave: Schleimhautschwellungen und Blutungen

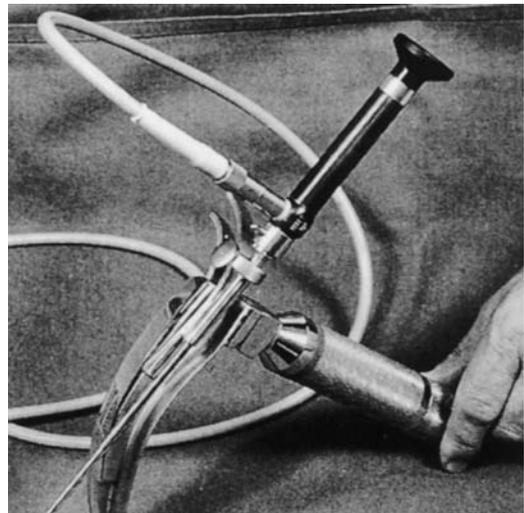
→ ggf. post intubationem Glukokortikoid- (z. B. 250 mg Prednisolon i.v.) und Antiphlogistikagabe (z. B. Indomethacin supp. 100 mg)

- sofortige personelle Unterstützung anfordern! (Ober- und/oder Facharzt)
- **Lageoptimierung** → verbesserte Jackson-Position mit Unterpolsterung des Kopfes (10–15 cm) und mäßige Überstreckung im Atlanto-okzipital-Gelenk (= Schnüffelposition) → eventuelle Nachrelaxation mit einem **kurzwirksamen** Muskelrelaxans (Succinylcholin)!
Die meisten schwierigeren Intubationsbedingungen sind durch eine nichtkorrekte Kopflagerung des Patienten bedingt → richtige Lagerung zur Intubation: Lagerung des Kopfes so, dass Mund-, Larynx- und Pharynxachse auf einer Linie liegen!
- **BURP-Manöver** nach **Knill** (backward, upward, right-sided pressure) bzw. **OELM-Manöver** nach **Benumof** (optimal external laryngeal manipulation)
- Wechsel der Laryngoskopspatels
 - Spatelgröße (überlanger MacIntosh-Spatel Nr. V oder gerader Miller-Spatel und Versuch, vorsichtig die Epiglottis aufzuladen)
 - Spateltypus (Jüngling, Scherer, Wiemers, Ibler, Bellhouse)
- Wechsel des Laryngoskoptypus
 - Hebel-Laryngoskop nach **McCoy**, durch das nach Abknickung der Laryngoskopspitze die Epiglottis noch weiter angehoben werden kann!

- Laryngoskope mit **endoskopischer Optik** nach **Bullard** oder **Bumm** → deren Anwendung erfordert vom Anwender Geschicklichkeit und eine längere Übungsphase vorab!
- **Bullard-Laryngoskop** (■ Abb. 1.6): Spatel, in dem nicht nur eine Kaltlichtquelle, sondern auch ein Absaugkanal und eine Fiberoptik zur direkten Laryngoskopie eingearbeitet sind
- **Bumm-Laryngoskop** (■ Abb. 1.7): normales McIntosh-Laryngoskop, auf das ein Zusatzinstrument in Form einer Führungshülse aufgesetzt wird. Durch die Führungshülse wird dann die mit einer Kaltlichtquelle versehene eigentliche Hopkins-Weitwinkeloptik von 30° oder 70° vorgeschoben
- **Vorteile** der speziellen Laryngoskope: Intubation unter Sicht, geringe Verletzungsgefahr, Einsatzmöglichkeit auch bei Mikrogenie
- **Nachteile:** Muskelrelaxierung und Narkose notwendig, adäquate Maskenbeatmung für den Einsatz unabdingbar
- starre Intubationshilfen: **retromolares Intubationsfiberskop nach Bonfils:**
 - ETT $\geq 6,5$ mm ID
 - hochwertige Optik
 - kein Absaugkanal
 - Einsatz des Macintosh- oder Zungenspatels, evtl. Esmarch- oder UK-Zungen-Handgriff
- vorsichtige **blinde orale Intubation** mit dünnerem Tubus und mit herausschauendem, vorgeformtem **Plastikführungsstab** ($\approx 2\text{--}3$ cm), mit dem die Stimmbandebene sondiert und der bei/nach Glottispassage zurückgezogen wird.
Cave: Blutung und Schwellung nach mehreren forcierten und frustrierten Intubationsversuchen!
- **retromolarer Intubationsversuch** (schräge Einführung des Laryngoskops)
- **fiberoptische Intubation (klassische Methode)**
 - des narkotisierten Patienten (95%ige Erfolgsrate) während Apnoe oder simultaner Maskenbeatmung über den **Mainzer-Adapter** mit dem Optosafe als Beißschutz
- **Intubationsversuch über eingelegte Larynxmaske (LMA)**
 - über eine LM Größe 4 kann ein Tubus mit 6,0 mm Innendurchmesser
 - über die LM Größe 2 ein 4,5-ID-Tubus und über die LM Größe 1 ein Tubus mit 3,5 mm Innendurchmesser **blind** oder ggf. **endoskopisch** in die Trachea vorgeschoben werden
 - Intubationsversuch neuerdings über **spezielle Intubationslarynxmaske (ILMA bzw. LMA-Fastrach)** mit abgknickter, metallener Führungshülse, über die ein 7,0- oder 8,0-ID-Tubus je nach ILMA-Größe vorgeschoben werden kann → erfolgreiche Platzierung meist erst nach dem 2.–3. Versuch!



■ Abb. 1.6. Laryngoskop nach Bullard



■ Abb. 1.7. Laryngoskop nach Bumm

► **blinder Intubationsversuch**

nach dem Prinzip der »light guided intubation« (**Transilluminationstechnik**) mit Hilfe des **Trachlight-Stilettes**: ein in der Länge an den Tubus adaptiertes, gebogenes Führungsstilet mit heller Lichtquelle an der Spitze, durch die die tracheale Lage anhand des optimalen transversalen Lichtscheins verifiziert werden kann

► notfalls **blind-nasale Intubation** (nach Rowbotham und Magill 1921) unter Spontanatmung und adäquater Oberflächenanästhesie, Tubusführung durch Tubusdrehbewegungen und/oder Kopfbewegungen des Patienten

Cave: Blutungen aus dem Locus Kieselbachii bzw. Epi- und Mesopharynxbereich! → sollte im Zeitalter der Endoskopie nicht mehr durchgeführt werden!

• **Platzierung eines ösophago-trachealen EASY-Tube (Firma Rüsch) (■ Abb. 1.8) oder Kombitubus nach Frass**

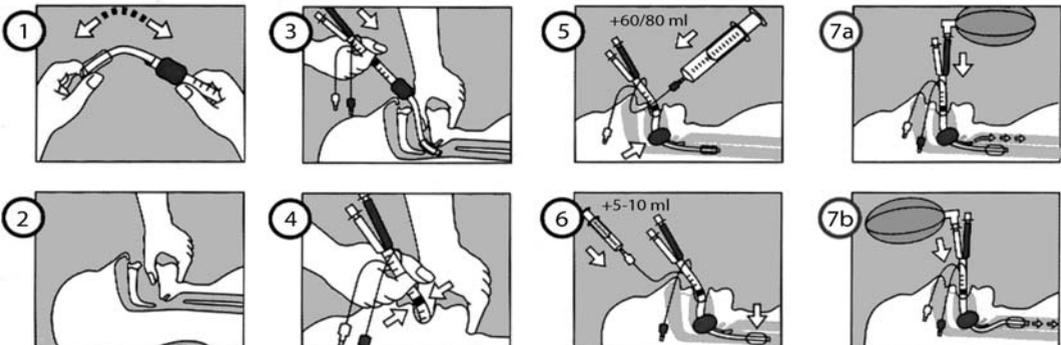
- notwendige Schneidekantendistanz zum blinden Einlegen: 25 mm
Doppellumentubus mit 2 Cuffs (proximal/distal) + 2 Pilotballons + 2 Normkonnektoren + 2 Cuffspritzen, in 2 Größen erhältlich: Größen 41 Ch (>130 cm KG) + 28 Ch (>90 cm KG), blindes Einführen, bis schwarze Markierung und Zahnreihe übereinstimmen, Reihenfolge der Ballonblockung: erst pharyngealen proximalen Tubus mit 60–80 ml, dann den distalen Ballon mit 5–10 ml

- häufig liegt der Kombitubus im Ösophagus: primär über den blauen pharyngealen Schenkel ventilieren → Luft fließt dann vom Pharynx über die Epiglottis in die Trachea (Atemgeräusch über den Lungen). Bei fehlendem Atemgeräusch und positiver Auskultation über dem Epigastrium liegt die Tubusspitze in der Trachea → Fortsetzung der Beatmung dann über den hellen, trachealen Tubusteil
- Vorteile:
technisch einfaches Einführen des Tubus, geringe Komplikationsrate, sofortige »tracheale« oder »ösophageale« Beatmungsmöglichkeit, weitgehender Schutz vor Aspiration
- Nachteile:
bei Platzierung in den Ösophagus ist eine tracheale Absaugung nicht möglich

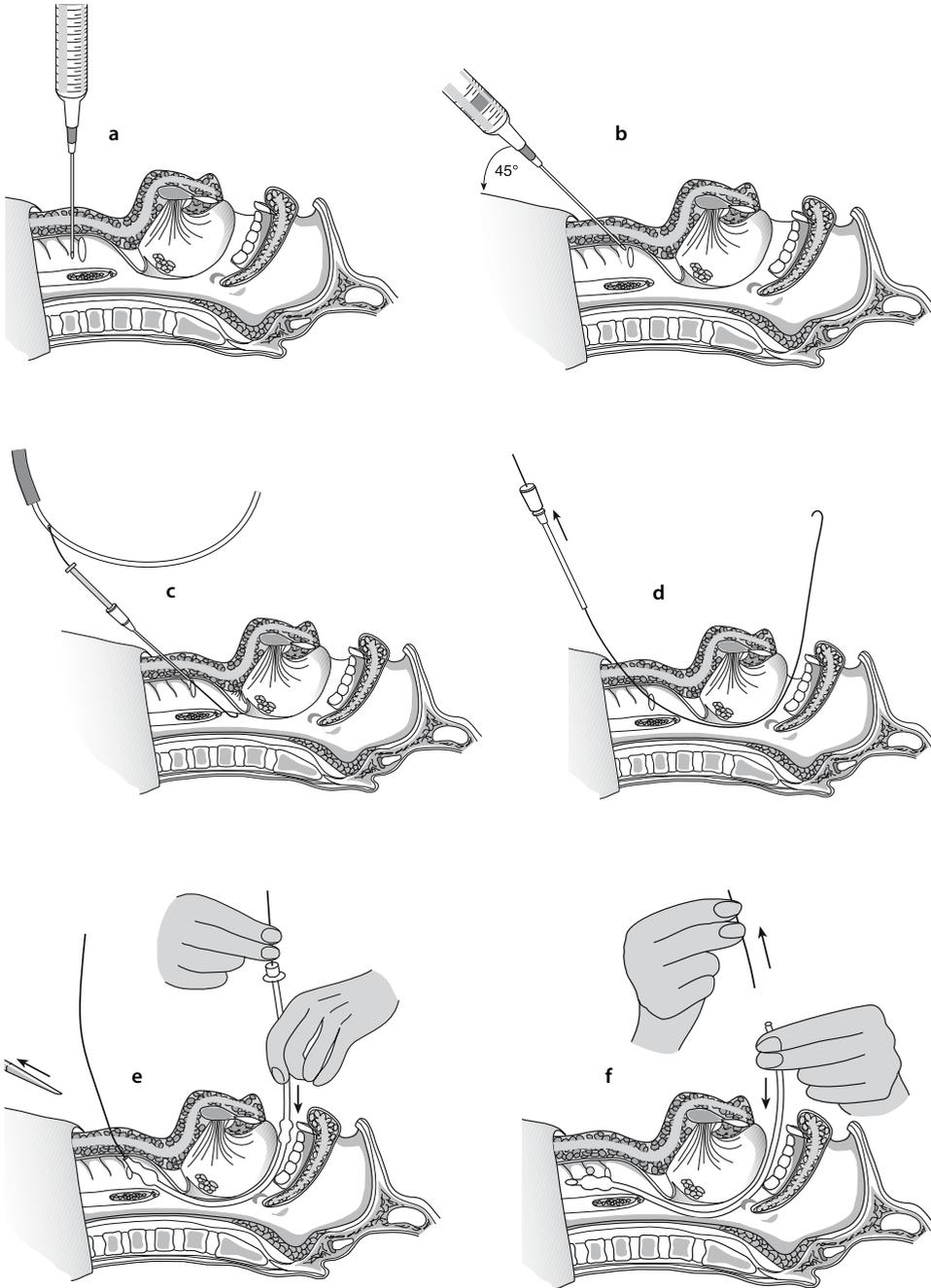
Management bei Misslingen der Intubation, aber guter Ventilationsmöglichkeit

- **Aufwachenlassen des Patienten** und Verschieben des Eingriffes → dann ggf. Regionalanästhesieverfahren
- Weiterführung der Narkose unter Berücksichtigung des geplanten Eingriffs mit Hilfe einer **Maskenbeatmung mit Krikoiddruck** oder
- **Insertion der Larynxmaske** ggf. mit Spontanatmung → letzteres Verfahren bietet einen höheren, aber keinen vollständigen Aspirationsschutz

EasyTube Quick Guide:



■ Abb. 1.8. Platzierung des EASY-Tube



■ **Abb. 1.9a–f.** Retrograde Intubation *a)* Senkrechte Punktion der Membrana cricothyroidea, nach Aspiration von Luft; *b)* Absenken des Winkels auf 45° und erneute Aspiration von Luft; *c)* Einführen eines Peridural- oder zentralen Venenkatheters bzw. eines Seldinger-Drahtes (ca. 110 cm Länge) über die Punktionskanüle; *d)* Durchziehen des Drahtes durch den

Mund (Klemme am distalen Ende) *e)* Einführen des Endotrachealtubus über den Führungsdraht und Vorschieben bis zur Membrana cricothyroidea. *f)* Der Tubus muß weiterhin unter kontinuierlichen Druck gegen die Membrana cricothyroidea gehalten werden, dabei Klemme lösen und Führungsdraht herausziehen

- wenn Eingriff unbedingt zum derzeitigen Zeitpunkt und unter Intubationsnarkose durchgeführt werden muss → **retrograde Intubation** (1963 von Waters erstmals beschrieben) (■ Abb. 1.9a–f):
 - Einführung einer 14-G-Tuohy-Kanüle durch die Membrana cricothyroidea (Ligamentum conicum)
 - Einführung eines Peridural- oder zentralen Venenkatheters durch die Tuohy-Kanüle retrograd in den Pharynx und transorale Ausleitung
 - anschließend anterogrades Einführen eines Endotrachealtubus (Ø 6,5 mm ID) über liegenden Katheter, der bei Passage der Punktionsstelle abgeschnitten wird

Management bei Misslingen von Ventilation und Intubation (Cannot intubate, cannot ventilate!)

- **Inzidenz:** < 1:10.000
- erneuter Ventilationsversuch mit Guedel-Tubus und zweitem Helfer, der mit beiden Händen die Maske optimal positioniert

Möglichkeiten bei Erfolglosigkeit

- sofortiges Einlegen einer **Larynxmaske** (dann Verfahren s. oben) oder ggf.
- Platzierungsversuch eines EASY-Tube oder
- Platzierungsversuch eines Kombitubus nach Frass

Transtracheale Ventilation über Ambu-Beutel

- über 14-G-Kanüle nach Punktion der Membrana cricothyroidea (zwischen Ring- und Schildkorpels) mit einer NaCl-gefüllten Spritze → Luftaspiration signalisiert die intratracheale Nadelspitzenlage → Konnektion der 14-G-Braunüle mit Tubusadapter (Ø 3 mm) oder über 2 ml-Spritze mit Tubusadapter (Ø 7,5 mm)
- Komplikationen: subkutanes Emphysem, pulmonales Barotrauma, Pneumothorax, Blutung, Ösophagusverletzung

Transtracheale Hochfrequenz-Jet-Ventilation (HFJV)

- über eine 14-G-Braunüle oder einen speziellen Jet-Ventilationskatheter nach **Ravussin** →

direkter Anschluss an das Hochfrequenzbeatmungsgerät mit beiden Punktionsmitteln möglich!

- über einen blind in die Trachea inserierten **Airway Exchange Catheter (z. B. Cook-Stab)**
- Beatmung mit Jet-System → O₂ wird unter einem hohen Flow und einer Frequenz von 60–100/min zugeleitet → **Venturi-Effekt:** Luft aus der Umgebung wird mitgerissen
- **Cave:** bei zu langer Inspirationszeit kommt es unter HFJV zur Behinderung der Expiration mit Gefahr von Barotrauma
- **Vorteil:** schnelles, relativ wenig traumatisierendes Verfahren

Chirurgischer Zugang zur Trachea

- **Koniotomie** (z. B. mit Fertig-Set **Quick-Trach** oder **Nu-Trake**)
- **Nottracheotomie** z. B. durch den herbeigerufenen HNO-Kollegen (Schonung des ersten Trachealknorpel → sonst Gefahr von Ringknorpelperichondritis!)
- **perkutane dilatative Krikothyrotomie** mit 4,0–5,0er-Tubus (weitere Ausführung s. unten!)

Retrograde Intubation über Mandrin

Einlegen des sogenannten Notfallrohrs (Fa. Storz)

- Kombination aus Intubationsspatel und starrem Bronchoskop mit Batteriehandgriff, distaler Glühbirne und Anschlussmöglichkeit an das Beatmungsgerät über speziellen Schlauchansatz (Intubationstracheoskop)
- Voraussetzungen zur Anwendung des Notfallrohrs: Überstreckbarkeit der HWS, ausreichende Mundöffnung und Passierbarkeit der Mundhöhle
- **Nachteil** des Notfallrohrs: ausgeprägte Gewebstraumatisierung, erfordert viel Erfahrung, um schwere Verletzungen zu vermeiden!
- Rückzug des Notfallrohrs über einen **Gummibougie** und Einlegen eines trachealen Tubus
- Verfahren ist im Rahmen der »schwierigen Intubation« bei fortgeschrittenen **Tumoren**, die mit einer **starken Blutung** vergesellschaftet sind, der Fiberoptik überlegen!
- abgestufte Rohrlängen ermöglichen auch den Einsatz im Kindesalter

Management bei erwarteter schwieriger Intubation

Bei zu erwartenden Intubationsschwierigkeiten immer einen erfahrenen Kollegen (Facharzt) hinzurufen!

Sorgfältige Vorbereitung

- Aufklärung des Patienten über das geplante Vorgehen
- Überprüfung alternativer Methoden (Regionalanästhesieverfahren)
- vor Intubationsversuch: ggf. Atropingabe, Aspirationsprophylaxe (Natriumcitrat, Metoclopramid, H₂-Blocker), ggf. Magensonde legen und Magen absaugen, Applikation von Nasen- (Nasivin, Otriven) oder 10%igen Cocaintropfen, Oberflächenanästhesie mit Lokalanästhetikum mittels speziellem Zerstäuber
- Präoxygenierung/Denitrogenisierung (>3 min mit 100% Sauerstoff) über **dicht** sitzender Maske oder mit NasOral-System, Insufflation von O₂ über Nasensonde während des Intubationsvorganges
- **fiberoptische Intubation** des **wachen**, mit Lokalanästhetika (LA) vorbehandelten **Patienten** als **Methode der Wahl** (Anästhesie des Larynx durch Instillation des LA durch den Arbeitskanal des Bronchoskopes ggf. via PDA-Katheter oder Instillation des LA durch Punktion der Membrana cricothyroidea in die Trachea → der Patient wird wach bronchoskopiert, aber sediert intubiert!
- eventuell bei Nichtvorhandensein eines Bronchoskopes:
 1. **konventioneller Intubationsversuch** nach Situsbeurteilung unter optimalen Konditionen:
 - optimale Kopflagerung
 - kompetente Assistenz
 - verschiedene einsatzbereite Laryngoskope
 - verschiedene Tuben in unterschiedlichen Größen, u.U. ONK-Tubus, Führungsstäbe, Intubationszangen oder
 2. Versuch der »**Wachintubation**« unter Spontanatmung nach ausgiebiger Lokalanästhesie des Pharynx-Larynxbereichs und nach vorsichtiger Sedierung des Patienten (Propofol)

→ so mindestens Laryngoskopie und Situsbeurteilung

- notfalls blinde (**Wach**)-Intubation des allenfalls leicht sedierten und rachenanästhesierten Patienten ggf. unter Anwendung des **Trachlight**
- Erwägung einer primären **Tracheotomie** in Lokalanästhesie durch den HNO-Kollegen, falls eine Intubation mit den genannten Maßnahmen als sicherlich unmöglich erscheint und/oder eine spätere Tracheotomie erforderlich ist

! Merke:

Bei zu erwartender schwieriger Intubationen im HNO- und MKG-Bereich, sowie bei postoperativer Extubation von Patienten nach ausgedehnter Tumorchirurgie sollte immer ein Operateur in Tracheotomiebereitschaft sein!

Detaillierte Erläuterung bestimmter Maßnahmen

Blind-nasale Intubation

Diese sollte im Zeitalter der Endoskopie nicht mehr durchgeführt werden!

- **Spontanatmung**, entweder wacher Patient in Oberflächenanästhesie oder Allgemeinnarkose, z. B. flache Inhalationsanästhesie mit Spontanatmung
- sorgfältige Oberflächenanästhesie mit **Oxybutocain (Novesine 1%)** oder Lidocain (4% Xylocain Pumpspray) evtl. Blockade des N. laryng. sup. mit 2–3 ml Lidocain 1% unter Zungenbein oder 2–3 ml Lidocain 1% durch Ligamentum cricothyroideum
- Nasentropfen (z. B. Oxymetazolin-Trp. 0,5 ml in jedes Nasenloch)
- Tubus und Naseneingang mit Lidocain-Gel einreiben
- Tubus über **unteren** Nasengang horizontal bis in Oropharynx schieben
- Ohr an Tubusende, Tubus unter leichten Drehbewegungen schieben bis Atemgeräusch maximal laut ist
- bei Inspiration Tubus in die Trachea schieben
- Tubuslage kontrollieren (Kapnographie!)

Vorteile

- Intubation ohne Mundöffnung möglich
- eventuell bei Blutungen oder starker Verschleimung der bronchoskopischen Intubation überlegen
- in der Hand des Geübten hohe Erfolgsrate

Nachteile

- häufig mehrere Versuche nötig
- keine Einsicht in Pharynx- und Glottisregion, daher u. U. traumatisierend
- Gefahr der HWS-Schädigung durch forcierte Kopfdrehungen

Notfall-Krikothyreotomie (Koniotomie)

- Unterpolsterung der Schultern und Reklination des Kopfes
- Aufsuchen der Membrana cricothyroidea zwischen Ring- u. Schildknorpel
- bei klassischer Koniotomie: **mediane** Längsinzision der Haut, stumpfes Präparieren des prä-laryngealen Weichteilgewebes bzw. horizontales Spreizen mit der Schere, quere Stichinzision der Membrana cricothyroidea mit senkrecht aufgesetztem Skalpell
- oder Punktion der Membrana cricothyroidea mit Spezialset und Verschieben der Trachealkanüle über Dilatationsschleuse (Nu-trake)

Vorteile

- letzte Möglichkeit bei Versagen anderer Methoden
- schnell (Dauer < 90 s)
- kommerziell erhältliche, gut ausgestattete Koniotomie-Fertigsets (z. B. Nu-Trake oder Quick-Trach)

Nachteile

- hohe Komplikationsrate in $\approx 30\%$ der Notkoniotomien: Verfehlen der Trachea, Perforation der Tracheahinterwand, Ringknorpelfraktur, Störungen der Stimmbandfunktion und Gefahr subglottischer Stenosen
- meist wenig praktische Erfahrung des Durchführenden

Bronchoskopische (Wach)-Intubation

Sie ist die Methode der Wahl bei vorhersehbaren Intubationsschwierigkeiten.

- **Spontanatmung**, entweder wacher Patient in Oberflächenanästhesie oder Allgemeinnarkose z. B. Inhalationsanästhesie mit Sevofluran oder Propofol/Remifentanyl-Sedierung
- sorgfältige Oberflächenanästhesie mit Oxybutyprocain (Novesine 1%) oder Lidocain (4% Xylocain Pumpspray); evtl. Blockade des N. laryng. sup. durch Infiltration mit 2–3 ml Lidocain 1% unterm Zungenbein oder 2–3 ml Lidocain 1% durch Ligamentum cricothyroideum ggf. Analgesie der Nasenschleimhaut mit gefärbter **Cocainlösung** 5–10% 0,5 ml in jedes Nasenloch → gute vasokonstringierende Wirkung; sonst Gabe von Nasentropfen (Oxymetazolin-Trp. 0,5 ml in jedes Nasenloch) oder Kombination aus Lidocain 4% und Phenylephrin 1% im Verhältnis 3:1
- ausgiebige **Präoxygenierung/Denitrogenisierung**
- Anti-Beschlagmittel auf Bronchoskopoptik
- Tubus über Bronchoskop schieben und fixieren
- Tubus und Naseneingang mit Lidocain-Gel einreiben
- sorgfältiges Absaugen des Oropharynx
- Einführung des Bronchoskops durch das weitere Nasenloch nach beidseitiger Inspektion und weiteres Verschieben entlang des unteren Nasengangs (bei der etwas schwieriger auszuführenden **oralen** fiberoskopischen Intubation muss vorab ein **Beißschutz** eingelegt werden!)
- Einstellen der Glottis und Anästhesierung des Kehlkopfinganges und der proximalen Trachea durch gezielte Lidocainapplikation durch den Arbeitskanal oder einen durch diesen vorgeschobenen PDA-Katheter (Dosis 3–4 mg/kg), ggf. Anheben des Unterkiefers (wichtig, da eine Orientierung nur im entfalteten Raum möglich ist!)
Bei schlechten Sichtverhältnissen, z. B. infolge Blut sollte die Optik über den Arbeitskanal mit 0,9%iger Kochsalzlösung freigespült und über die kontralaterale Nasenöffnung oder oral ein Absaugkatheter eingeführt werden. **Nicht** über den Biopsiekanal des flexiblen Bronchoskop absaugen → Verlegung der Optiklinse mit Sekret!
- Bronchoskop in Trachea einführen
- Narkoseeinleitung
- Tubusplatzierung

Vorteile

- Arbeiten unter Sicht
- wenig traumatisierend
- hohe Erfolgsrate

Nachteile

- nicht überall verfügbar, hohe Anschaffungskosten
- Bereitstellung benötigt einige Zeit
- nicht für kleine Tubusdurchmesser geeignet → LF1-Bronchoskop von Olympus: Außendurchmesser 4,0 mm
PM20-D-Bronchoskop von Olympus: Außendurchmesser 6,0 mm
→ je kleiner das Bronchoskop, desto geringer die Absaugleistung
- Probleme durch Beschlagen des Bronchoskops, Blutung, Schleim

Postoperative Umintubation

Bei geplanter postoperativer Umintubation (z. B. Austausch eines Bronchocath- Doppellumentubus gegen Magill-Tubus) empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

- Narkosevertiefung z. B. mit Midazolam oder Propofol, Opioidgabe
- Nachrelaxierung bzw. erneute Vollrelaxierung mit einem nichtdepolarisierenden Muskelrelaxans
- laryngoskopische Einstellung des Patienten und Beurteilung der Intubationsbedingungen
- bei schwieriger Laryngoskopie z. B. durch pharyngeale/laryngeale Schwellung sollte der Tubus über eine Führungsschiene mit Hilfe eines **Airway Exchange Catheter (z. B. Cook-Stab)** gewechselt werden → über diesen intratracheal eingeführten Plastikmandrin kann notfalls der Patient mit einem Ambu-Beutel oder einem Hochfrequenzbeatmungsgerät ventiliert werden. Meistens reicht jedoch eine O₂-Insufflation über den Stab aus.

Komplikationsmöglichkeiten sind: Perforation des Tracheobronchialbaumes und Spannungspneumothorax

Bronchoskopie**Historie**

- 1897: erste translaryngeale starre Bronchoskopie durch G. Killian
- 1964: Entwicklung flexibler fiberoptischer Bronchoskope durch Ikeda

Bronchoskopeinteilung

- nach Verwendungszweck (Intubationsbronchoskope, diagnostische Bronchoskope, Chipbronchoskope)
- nach Größe (Außendurchmesser und Durchmesser des Arbeitskanals), sowie
- nach dem Aufbau/Typ in
 - starre Bronchoskope
 - flexible, fiberoptische Bronchoskope

Aufbau des flexiblen Fiberendoskops

- **2 Lichtleitbündel** (10.000–15.000 Fasern, Ø 10–30 µm);
Ausnahme: nur 1 Lichtbündel beim LF-2-Bronchoskop von Olympus
- **1 Bildleitbündel** (ca. 20.000 Fasern, Ø 7–10 µm)
- **1 Arbeitskanal** mit unterschiedlichem Durchmesser (1,2–3,2 mm)
- **2 Abwinkelungszüge** (max. Abwinkelung von 180° bzw. 130° zur anderen Seite)

Starre Bronchoskopie (mit IPPV oder Hochfrequenzbeatmung)**Indikationen**

- massive Hämoptoe oder Fibrinausgüsse
- Entfernung größerer endobronchialer Fremdkörper (besonders bei Kindern)
- endobronchiale Lasertherapie oder Eingriffe an der Trachea
- Stentplatzierung
- Beurteilung der laryngealen und sublaryngealen Region (meist im HNO-Bereich)

Kontraindikation

Nicht bei instabiler oder fixierter HWS.

Nachteile

Nachteile sind eine eingeschränkte Sicht in der Peripherie und die größere Belastung für die Patienten, z. B. infolge einer notwendigen tiefen Sedierung/Narkose evtl. mit Muskelrelaxierung.

Flexible, fiberoptische Bronchoskopie**Indikationen**

- Atemwegssicherung z. B. fiberoptische Wachintubation
- selektive Materialentfernung
- endotracheale und endobronchiale Befunderhebung
- fiberoptische Assistenz z. B. bei Tracheotomien
- therapeutische Interventionen z. B. Applikation von Medikamenten wie N-Acetylcystein, Surfactant etc.

Durchführung der Bronchoskopie**Handhabung des Fiberbronchoskop**

Bei der Bedienung eines Bronchoskops sind bis zu drei simultan auszuführende Manöver notwendig (■ Abb. 1.10):

- achsensgerechte Längsbewegung (Vor- und Zurückziehen des Einführungsteils)
- Achsendrehung des gesamten Bronchoskops (nur bei gleichzeitiger Längsbewegung zur Vermeidung von Torsionskräften)
- Abwinkelung des distalen Einführungsteils (»Up«- oder »Down«-Bewegung in einer Ebene)

Monitoring während der Bronchoskopie

Pulsoxymetrie, EKG, Blutdruckmessung (evtl. invasiv), intravenöser Zugang, Registrierung des endexpiratorischen CO₂ mittels Kapnometrie/-graphie, engmaschige Überwachung der Beatmungsparameter bei beatmeten Patienten (P_{AW}, AMV, Beatmungsdrücke, F_iO₂).

Häufige diagnostische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie bei Intensivpatienten**Pneumoniediagnostik:**

- BAL^a (2- bis 3-mal Gewinnung von 20–30 ml Spüllösung; bes. bei Immunsuppression)
- Bürstenabstrich
- geschürzte Bürste

Atelektasen

Apperente Aspiration bzw. nach prä- oder intrahospitaler Notfallintubation: Nachweis/Ausschluss einer Aspiration, Sicherung von aspiriertem Material (pH-Bestimmung und Bakteriologie)

Thoraxtrauma**Inhalationstrauma/Intoxikation****Tumorverdacht****Hämoptoe****Tubuslage****Perkutane Tracheotomien****Atemwegsobstruktion****Nicht entfaltete Lunge nach Pneumothorax**

Beurteilung der Schleimhaut, selektive Gewinnung von Sekretmaterial, Beseitigung einer Sekretretention, Ursachensuche (intra- oder extrabronchiale Obstruktion), ggf. transbronchiale Biopsie (Cave: hohe Komplikationsrate!)

Nachweis, Ursachenfeststellung von Gasaustauschstörungen (z. B. bronchiale Obstruktion durch Schleimpfropf, Tumor, anatomisches Hindernis, Fremdkörper wie Zähne, Nahrungspartikel etc.)

Beurteilung der Schleimhaut (Lavage ist obsolet!)

Nachweis/Ausschluss von Trachea- oder Bronchusverletzungen

Beurteilung der Schleimhaut und des Ausmaßes (Rötung, Ödem, Nekrosen)

Beurteilung der Schleimhaut, der Karina, Zytologiegewinnung, transbronchiale oder transkarinale Biopsie, BAL

Lokalisation der Blutungsquelle

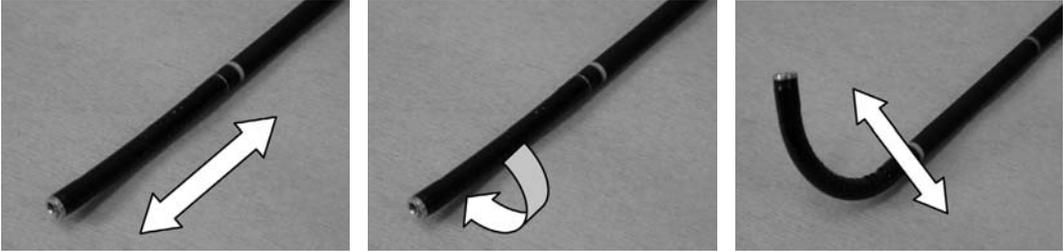
Tubuslokalisierung (DLT)

Lagekontrolle des Tubus, Nachweis von Läsionen und Blutungen

Tubusverlegung (Cuff-Hernien, Sekretverhalt, Bronchialkollaps, Tumor, Fremdkörper)

Ausschluss/Nachweis einer Obstruktion oder bronchopleuralen Fistel

^a Die endobronchiale Sekretgewinnung hat eine Sensitivität von 73–100% und eine Spezifität von nur 27–67%!



■ Abb. 1.10. Bedienung des Fiberbronchoskops

Häufige therapeutische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie bei Intensivpatienten

Atelektasen	Beseitigung von Aspiraten, Blut oder Sekret durch körperwarme NaCl-Lösung, oder Sekretolytika
Aspiration mit ALI/ARDS	gezielte Applikation von Surfactant (z. B. Alveofact)
Asthma	Absaugen von Schleimpröpfen, direkte Applikation von bronchodilatatorischen Lösungen
bronchopleurale Fisteln	Applikation von Fibrinklebern
Fremdkörper	Entfernung mit Zange oder Körbchen
Blutstillung bei Hämoptoe	Applikation von eiskalter NaCl-Lösung, 1 ml Noradrenalin-Lsg. (1:10.000), Xylometazolin-haltige Lösung, Vasopressin, Fibrin; endobronchiale Blockade, Lasertherapie
Positionierung von Bronchusblockern/Univent-Tubus	Schutz der intakten Lunge vor Blutaspiration
fiberbronchoskopische Assistenz	im Rahmen der perkutanen Tracheotomie: Bestimmung der Punktionshöhe mittels Diaphanoskopie, Kontrolle der korrekten Lage des Seldinger-Drahtes

Komplikationen der Bronchoskopie

Allgemein	Fieber (proinflammatorische Zytokine ↑) SIRS mit Temperaturanstieg
Gaswechsel	$P_aO_2 \downarrow$, $S_aO_2 \downarrow$, $P_aCO_2 \uparrow$, $V_T \downarrow$, $V_A \downarrow$, $Q_S/Q_T \uparrow$
Kreislauf	MAP ↑(↓), HF ↑(↓), SVR ↓, PCWP ↑, PAP ↑, PVR ↑, CI ↑(↓), Arrhythmie, ST-Strecke ↓, ANP ↑, $MVO_2 \uparrow$
zerebral	ICP ↑
Atemwege/Lunge	Reflektorische Broncho- und Laryngospastik Mechanische Mukosaläsion mit Blutung Auto-PEEP ↑ (Barotrauma) Resorptionsatelektasen (hohe F_iO_2) Surfactant ↓, Infiltrat, Infektion
topisch applizierte Lokalanästhetika	allergisch-toxische Reaktionen (Konvulsion, Schock), $P_aO_2 \downarrow$
Atemmechanik	$C_{tot} \downarrow$, $R_{AW} \uparrow$
Dauersog lobär-segmental	Mikroatelektasen, PEEP ↓, $V_T \downarrow$, ($V_A \downarrow$), FRC ↓, $P_aO_2 \downarrow$, $P_aCO_2 \uparrow$, Mukosaläsion bei starkem Sog
Spontanatmung	
– ohne Tubus	(F)VC ↓, $FEV_{1,0} \downarrow$
– mit Tubus	$P_{AW} \uparrow$ (↓), PEEP ↑, Atemarbeit ↑

Schwere Komplikationen treten in 0,5% der Fälle auf, z. B. Barotrauma mit Pneumothorax und/oder Mediastialempysem, Hämoptoe, Hypoxämie, Hyperkapnie, Anstieg des intrazerebralen Drucks, Aspiration, Auslösung eines postbronchoskopischen SIRS bei Patienten mit Pneumonie

Leichte Komplikationen in 0,8% der Fälle, z. B. Laryngo- und Bronchospasmus, Fieber, vasovagale Synkope, Erbrechen, Epistaxis

! Intensive Manipulationen wie Absaugen oder ausgiebige Lavage können den Gasaustausch weiter beeinflussen!

Patienten mit Asthma bronchiale oder chronisch obstruktiver Lungenerkrankung haben ein erhöhtes Komplikationsrisiko (bis 5%), auch Intensivpatienten weisen höhere Komplikationsraten auf (bis 10%), ebenso wie transbronchiale Biopsien (7–14%) auf!

Risikofaktoren für Komplikationen

1. erhöhtes Risiko:

- PEEP >10 cm H₂O
- Auto-PEEP >15 cm H₂O
- manifeste Gerinnungsstörungen, PTT >1,5-fach verlängert oder Therapie mit Antikoagulanzen
- Hirndruck ohne ICP-Monitoring
- Urämie, pulmonaler Hypertonus

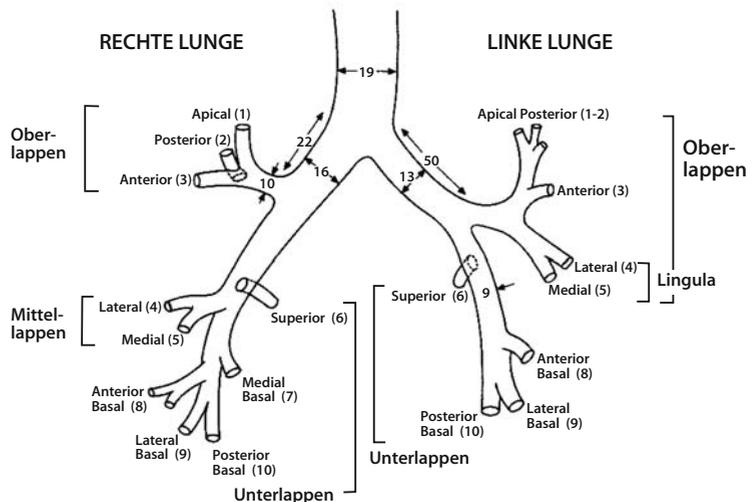
2. sehr hohes Risiko:

- p_aO₂ <70 mmHg bei FiO₂ >0,7
- refraktärer p_aCO₂ >55 mmHg
- PEEP >15 cm H₂O
- akuter unkontrollierter Bronchospasmus
- akuter Myokardinfarkt <48 h
- höhergradige Arrhythmien oder instabile AP-Symptomatik
- ausgeprägte refraktäre Bradykardien
- MAP <65 mmHg
- Thrombozytenzahl <20 000/μl

Gliederung der oberen und unteren Luftwege

- obere Luftwege: Nasopharynx und Larynx
- untere Luftwege:
 - Trachea (Generation: 0)
 - Haupt-, Lappen- und Segmentbronchien (Generation: 1–4)
 - kleine Bronchien (Generation: 5–11)
 - Bronchiolen (Generation: 12–16)
 - respiratorische Bronchiolen (Generation: 17–19)
 - Ductus alveolaris bis Alveolen (Generation: 20–23)

■ Abbildung 1.11 zeigt die Anatomie des Bronchialbaums mit den Bronchialsegmenten.



■ **Abb. 1.11.** Bronchialbaum mit durchnummerierten Bronchialsegmenten. (Aus Heck u. Fresenius 2004)