

Fresenius
Heck · Zink

Repetitorium Intensivmedizin

5. Auflage

Vorbereitung
auf die Prüfung
»Intensivmedizin«

 Springer

Repetitorium Intensivmedizin

Michael Fresenius
Michael Heck
Wolfgang Zink

Repetitorium Intensivmedizin

Vorbereitung auf die Prüfung »Intensivmedizin«

5., überarbeitete Auflage

Mit 150 Abbildungen

Dr. Michael Fresenius

Marienhäuser Klinikum Bendorf – Neuwied – Waldbreitbach, Neuwied

Dr. Michael Heck

Heidelberg

Prof. Dr. Wolfgang Zink

Klinikum der Stadt Ludwigshafen gGmbH, Ludwigshafen

ISBN-13 978-3-642-44932-1

ISBN 978-3-642-44933-8 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-642-44933-8

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Medizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001, 2006, 2008, 2011, 2014

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.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Dr. Anna Krätz, Heidelberg

Projektmanagement: Axel Treiber, Heidelberg

Lektorat: Ursula Illig, Gauting

Projektkoordination: Heidemarie Wolter, Heidelberg

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Herstellung: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Meiner Frau Stephanie und meinen Kindern Benedict, Antonia und Constance gewidmet
(Michael Fresenius)

Meiner Frau Elke und meiner Tochter Lisa gewidmet
(Wolfgang Zink)

Geleitwort zur 5. Auflage

Aus kaufmännischer Sicht ist die Intensivstation eine Station, die sehr hohe Kosten verursacht. Aus Sicht des Patienten ist die Intensivstation diejenige Station, die über die Prognose hinsichtlich seines Überlebens entscheidet. Früher bestand die Intensivmedizin am ehesten aus einer empirischen Therapie, die »aus dem Bauch heraus« gesteuert wurde. Mit der Jahrtausendwende wurden immer mehr Konzepte propagiert, die auf großen prospektiven und randomisierten Studien beruhten. Bei Patienten der Intensivstation wurde der Blutzuckerwert in einem engen Bereich eingestellt, septische Patienten erhielten Hydrokortison und auch aktiviertes Protein C. Die offensichtliche Evidenz für solche Therapiemaßnahmen konnte in späteren Jahren jedoch nicht bestätigt werden, sodass manche von einem Pendeleffekt bei den therapeutischen Optionen sprechen.

Verschiedene Therapieverfahren haben die Nachprüfung der Folgejahre überstanden, und ihre Umsetzung in der klinischen Routine ist mittlerweile Bestandteil der Qualitätssicherung in der Intensivmedizin. Zu diesen Qualitätsindikatoren zählen beispielsweise die protektive Beatmung mit niedrigen Tidalvolumina oder auch die frühzeitige und adäquate Antibiotikatherapie nach dem Schema »hit early and hit hard«. Der moderne Intensivmediziner orientiert sich heute an der Vielzahl wissenschaftlich erhobener Daten, er richtet das therapeutische Konzept jedoch immer am individuellen Patienten aus.

Wir erleben zurzeit die zunehmende Computerisierung und Automatisierung in der Intensivmedizin. Modernste Beatmungsgeräte versuchen, über Closed-loop-Mechanismen die komplette Steuerung der Beatmung von der Intubation bis zur Extubation zu übernehmen. Bei der Medikamentenverordnung und -verabreichung lässt sich über das Zwischenschalten von Computersoftware und Barcode-Scannern die Fehlerrate drastisch reduzieren. Und auch der Einsatz der Telemedizin in der Intensivtherapie rückt in greifbare Nähe, wobei in den USA inzwischen bereits mehr als 8 % der Intensivbetten telemedizinisch betreut werden.

Die Umsetzung verschiedener Therapiekonzepte erfordert vom Intensivmediziner neben Erfahrung insbesondere detaillierte Sachkenntnis. Bereits die ersten vier Auflagen des vorliegenden Repetitoriums hatten sich in den vergangenen Jahren als verlässlicher Zugang zu einer detaillierten Sachkenntnis bestens bewährt. Für die fünfte Auflage dieses Werkes wurden die Kapitel komplett neu überarbeitet, und es wurden eine ganze Reihe evidenzbasierter Konzepte und Leitlinien integriert. Somit spiegelt das Repetitorium den aktuellen Stand der Intensivmedizin wider.

Auch die fünfte Auflage ist ein sehr gut gelungenes Werk. Ich wünsche dieser Auflage eine weite Verbreitung.

Prof. Dr. med. Hubert Böhrer

Im März 2014

Caritas-Krankenhaus

97980 Bad Mergentheim

Vorwort zur 5. Auflage

Im dreijährigen Zeitraum zwischen der Voraufgabe und dieser aktuellen, 5. Auflage wurden im intensivmedizinischen Bereich zahlreiche neue Therapiekonzepte und Wirksubstanzen eingeführt, die bei der kompletten Überarbeitung unseres Repetitorium Intensivmedizin berücksichtigt wurden.

Dabei wurde, wie in der Vergangenheit, bei der Erstellung der Neuauflage auf »Evidence-based medicine«-Aspekte besonderen Wert gelegt und viele, neue Therapieempfehlungen, Tabellen und Algorithmen eingefügt.

Das erfolgreiche Konzept unserer Repetitorien – nämlich die Darstellung von ausgewähltem, knapp formuliertem, aktuellem intensivmedizinischem Wissen – haben wir beibehalten.

Bei der Neuauflage unseres Werkes sind zahlreiche neue Leitlinien und Empfehlungen der nationalen und internationalen Fachgesellschaften eingeflossen: die deutsche und amerikanische Leitlinie zur Therapie der Sepsis aus dem Jahr 2012 sowie die amerikanische Leitlinie für Analgesie, Sedierung und Delir-Management aus dem Jahr 2013, die deutsche S3-Leitlinie zur Therapie der Pneumonie, die ESCMID-Empfehlungen aus dem Jahr 2013 für die Therapie von Pilzinfektionen, aktuelle Empfehlungen zur Behandlung der Clostridium-difficile-assoziierten Diarrhö, die Leitlinien zur postoperativen Überwachung herzchirurgischer Patienten oder das Konzept des Patient-Blood-Managements, das in den letzten Jahren auch für den Intensivmediziner zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Des Weiteren wurden beispielsweise die neue Definition des ARDS (Berlin-Definition) und die modernen lungenprotektiven Beatmungskonzepte zur Hochfrequenzbeatmung (OSCAR- und OCILLATE-Studie), zur kinetischen Therapie (Proseva-Studie) und zur ultraprotektiven Beatmung (Xtravent-Studie) einschließlich neuerer Beatmungsformen wie »neuronally adjusted ventilatory assist« (NAVA) besprochen. Die neuste Einteilung der Paul-Ehrlich-Gesellschaft für multiresistente Erreger (3/4-MRGN-Einteilung) und die daraus abzuleitenden Isolierungsmaßnahmen finden sich nun auch in dieser Auflage. Die gegenwärtigen Empfehlungen zur Therapie des akuten Koronarsyndroms, des akuten Schlaganfalls und der subarachnoidalen Blutung wurden in der vorliegenden Neuauflage ebenfalls in detaillierter Form abgehandelt.

Eine Vielzahl von neuen, in die Intensivmedizin eingeführten Substanzen finden sich neu in dieser Auflage: die Antibiotika Ceftarolin (Zinforo), Fidaxomicin (Dificlir), Rifaximin (Xifaxan) oder die neuen Substanzen zur plasmatischen und thrombozytären Gerinnungshemmung wie z. B. Dabigatran (Pradaxa), Apixaban (Eliquis) oder Prasugrel (Efient) und Ticagrelor (Brilique). Dosierungsempfehlungen »alter«, uns schon lange bekannter Substanzen wie z. B. Colistin oder Tigecyclin sind aktualisiert.

Wir hoffen, damit auch in Zukunft den Erwartungen unserer anspruchsvollen Leser und Prüfungskandidatinnen/en mit diesem Werk zu entsprechen.

Für die zahlreichen, konstruktiven Hinweise zur Verbesserung der vorangegangenen Auflagen des »Repetitorium Intensivmedizin« möchten wir uns bei den Lesern sehr herzlich bedanken und freuen uns weiterhin über ihre Anregungen und Kritiken.

Sehr herzlich gedankt sei Frau Dr. Anna Krätz und Frau Ursula Illig vom Springer-Verlag in Heidelberg für ihre ausgezeichnete Lektoratsbetreuung und ihre beispiellose und stete Unterstützung bei der Realisierung unserer Buchreihe der Repetitorien.

Besonderer Dank gilt unseren Familien für ihre Rücksicht und unermessliche Geduld während der vielen Stunden, die wir sie während der Erstellung dieses Buches vernachlässigt haben.

Koblenz, Heidelberg und Ludwigshafen im März 2014

Dr. med. Michael Fresenius

Dr. med. Michael Heck

Prof. Dr. med. Wolfgang Zink, DEAA

Inhaltsverzeichnis

I Allgemeine intensivmedizinische Themen

1	Tracheotomie und Bronchoskopie	3
	<i>W. Zink</i>	
1.1	Tracheotomie	4
1.2	Bronchoskopie	10
2	Monitoring	17
	<i>W. Zink</i>	
2.1	Allgemeine klinische Überwachungsmethoden.	18
2.2	Basismonitoring	18
2.3	Postoperatives Standardmonitoring für (kardiochirurgische) Intensivpatienten . . .	18
2.4	EKG-Monitoring.	19
2.5	Pulsoxymetrie.	20
2.6	Blutdruckmessung.	21
2.7	Blutgasanalyse (BGA)	24
2.8	In- und expiratorisches Gasmonitoring.	27
2.9	Zentraler Venendruck (ZVD) – zentraler Venenkatheter (ZVK)	28
2.10	Messung des Herzzeitvolumens (HZV; CO)	34
2.11	Echokardiographie	51
2.12	Körpertemperatur	56
2.13	Urinausscheidung (Blasenkatheter)	57
2.14	Überwachung der Leberfunktion	57
2.15	Neuromonitoring.	58
2.16	Neuronenspezifische Enolase (NSE).	62
3	Kardiovaskulär wirksame Medikamente und mechanische Kreislaufunterstützung	65
	<i>W. Zink</i>	
3.1	Katecholamine	66
3.2	Phosphodiesterase-III-Hemmer (Inodilatoren)	76
3.3	Kalzium-Sensitizer (Inoprotektoren)	78
3.4	Arginin-Vasopressin (AVP).	79
3.5	Vasodilanzien.	80
3.6	Mechanische Unterstützungssysteme	83
4	Blut und Blutprodukte	89
	<i>M. Fresenius</i>	
4.1	Blutgruppen	90
4.2	Blutprodukte	91
4.3	Transfusion.	97
4.4	Transfusionsgesetz (TFG)	107

5	Analgesie, Sedierung und Delir-Management	109
	<i>M. Fresenius</i>	
5.1	Analgesie und Sedierung	110
5.2	Delir und Delir-Management	122
6	Ernährungstherapie	133
	<i>M. Fresenius</i>	
6.1	Patientensituation	134
6.2	Allgemeines	134
6.3	Parenterale Ernährung (PE)	136
6.4	Enterale Ernährung	149
7	Invasive Beatmung	157
	<i>W. Zink</i>	
7.1	Grundlagen	158
7.2	Beatmungsformen	162
7.3	Beispiele für Beatmungsformen	163
7.4	Additive Maßnahmen	171
7.5	In Entwicklung befindliche neuere Beatmungsmodi und -konzepte	179
7.6	Lungenersatzverfahren	184
7.7	Weaning	187
8	Nichtinvasive Beatmung (NIV)	193
	<i>W. Zink</i>	
8.1	Grundlagen	194
8.2	Klinische Durchführung	195
8.3	Intermittierende Selbstbeatmung (ISB)	196
9	Hyperbare Oxygenierung (HBO)	199
	<i>W. Zink</i>	
9.1	Definition	200
9.2	Formen	200
9.3	Ziele	200
9.4	Indikationen	200
9.5	Kontraindikationen	200
9.6	Nebenwirkungen	201
10	Kardiopulmonale Reanimation (CPR)	203
	<i>W. Zink</i>	
10.1	Vorbemerkungen	204
10.2	Aktuelle Reanimationsleitlinien (Oktober 2010)	205
10.3	Therapeutische Hypothermie	211
II	Infektiologie	
11	Antibiotika und Antimykotika	219
	<i>M. Fresenius</i>	
11.1	Bakteriologie	220
11.2	Antibiotika	221

11.3	Antimykotika	248
11.4	Selektive Darm- bzw. oropharyngeale Dekontamination	256
12	Infektiöse Endokarditis und Endokarditisprophylaxe	263
	<i>W. Zink</i>	
12.1	Infektiöse Endokarditis (IE)	264
12.2	Endokarditisprophylaxe	272
13	Pneumonie	277
	<i>M. Fresenius</i>	
13.1	Bakterielle Pneumonien	278
13.2	Virale Pneumonien.	290
14	Nosokomiale Infektionen	293
	<i>M. Fresenius</i>	
14.1	Grundlagen	294
14.2	Prävention	295
14.3	Therapie	296
15	Spezielle Infektionen	299
	<i>M. Fresenius</i>	
15.1	Vermeidung von Infektionen/Prävention	300
15.2	Katheterassoziierte Infektionen	300
15.3	Im Krankenhaus erworbene Infektionen	301
15.4	Infektion mit methicillinresistentem <i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	302
15.5	ESBL-Bildner	305
15.6	Vancomycinresistente Enterokokken (VRE)	306
15.7	Pilzinfektionen	307
15.8	Meningitis und Enzephalitis.	318
15.9	Hirnabszess	322
15.10	Peritonitis	323
15.11	Osteomyelitis	325
15.12	Clostridium-difficile-Infektion (CDI) bzw. Clostridium-difficile-assoziierte Diarrhö (CDAD)	326
15.13	Haut- und Weichteilinfektionen	328
15.14	Wundinfektionen	328
15.15	Tetanus	329
15.16	Meldepflicht von speziellen Infektionen im Krankenhaus	330

III Spezielle Krankheitsbilder

16	Nierenerkrankungen und Nierenersatzverfahren	337
	<i>W. Zink</i>	
16.1	Akutes Nierenversagen	338
16.2	Nierenersatzverfahren	343
16.3	Nephrotisches Syndrom	352
16.4	Röntgenkontrastmittel (KM)-induzierte Nephropathie	353

17	Lebererkrankungen	357
	<i>W. Zink</i>	
17.1	Pathophysiologie von Leberfunktionsstörungen	358
17.2	Akutes Leberversagen	361
17.3	Hepatorenales Syndrom	363
17.4	Leberersatzverfahren	366
18	Pankreatitis	371
	<i>W. Zink</i>	
18.1	Akute Pankreatitis	372
19	Gastrointestinale Probleme	383
	<i>W. Zink</i>	
19.1	Motilitätsstörungen	384
19.2	Postoperative Darmatonie.	392
19.3	Prophylaxe und Therapie der Darmischämie.	393
19.4	Ileus	398
19.5	Diarrhö	400
20	Stressulkus	405
	<i>W. Zink</i>	
20.1	Grundlagen	406
20.2	Ulkusprophylaxe	407
20.3	Ulkugetherapie	411
21	Intoxikationen	415
	<i>M. Fresenius</i>	
21.1	Allgemeine Therapiemaßnahmen.	416
21.2	Spezielle Intoxikationen	417
21.3	Wichtige Kontaktdaten von Informationszentralen für Vergiftungsfälle.	429
22	Akutes Koronarsyndrom (ACS)	431
	<i>W. Zink</i>	
22.1	Grundlagen	432
22.2	Therapie	436
23	ARDS («acute respiratory distress syndrome«)	443
	<i>M. Fresenius</i>	
23.1	Grundlagen	444
23.2	Therapie	446
24	SIRS, Sepsis und Multiorganversagen	453
	<i>M. Fresenius</i>	
24.1	SIRS und Sepsis.	454
24.2	Fieber	473
24.3	Multiorganversagen (MOV)	474
24.4	Erworbene Muskelschwäche des Intensivpatienten im Rahmen von Sepsis/MOV.	479

25	Lungenembolie	483
	<i>W. Zink</i>	
25.1	Thromboembolie	484
25.2	Luftembolie	492
25.3	Fettembolie	494
26	Pulmonale Hypertonie (PAH) und akute Rechtsherzdekompensation	497
	<i>W. Zink</i>	
26.1	Pulmonale Hypertonie	498
26.2	Akute Rechtsherzdekompensation	501
27	Neurointensivmedizinische Krankheitsbilder	507
	<i>M. Fresenius</i>	
27.1	Subarachnoidalblutung (SAB)	508
27.2	Akuter Schlaganfall	511
27.3	Neuromuskuläre Erkrankungen	513
28	Intensivtherapie bei Schädel-Hirn-Trauma (SHT)	517
	<i>M. Fresenius</i>	
28.1	Grundlagen	518
28.2	Neuromonitoring	519
28.3	Therapie	521
28.4	Sonderfall: offenes Schädel-Hirn-Trauma	523
29	Therapie zerebraler Krampfanfälle	527
	<i>M. Fresenius</i>	
29.1	Epilepsie des Erwachsenen	528
29.2	Status epilepticus (SE)	530
30	Herzinsuffizienz	535
	<i>W. Zink</i>	
30.1	Grundlagen	536
30.2	Therapie	540
31	Hirntoddiagnostik und Therapie des Organspenders	551
	<i>W. Zink</i>	
31.1	Hirntoddiagnostik bei Erwachsenen	552
31.2	Therapie des Organspenders	553
32	Abdominelles Kompartmentsyndrom (AKS)	557
	<i>W. Zink</i>	
32.1	Grundlagen	558
33	Herzrhythmusstörungen in der Intensivmedizin	565
	<i>W. Zink</i>	
33.1	Bradykarde Rhythmusstörungen	566
33.2	Tachykarde Rhythmusstörungen	568
33.3	Ventrikuläre Tachyarrhythmien bei primär elektrischen Erkrankungen des Herzens .	572

34	Schock	575
	<i>W. Zink</i>	
34.1	Hypovolämischer Schock	576
34.2	Kardiogener Schock	579
34.3	Septischer Schock	584
34.4	Anaphylaktischer Schock	584
34.5	Neurogener Schock	587

IV Physiologie

35	Physiologie der Atmung	593
	<i>W. Zink</i>	
35.1	Topographie der Lunge.	594
35.2	Muskeln der Ventilation	594
35.3	Äußere und innere Atmung	594
35.4	Lungenvolumina und Lungkapazitäten	597
35.5	Ventilationsstörungen	601
35.6	Berechnungen	603
35.7	O ₂ -Bindungskurve	607
35.8	Apnoische Oxygenierung	608
36	Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt.	611
	<i>M. Fresenius</i>	
36.1	Wasserhaushalt.	612
36.2	Störungen des Elektrolythaushalts	621
36.3	Säure-Basen-Haushalt	625
36.4	Anionenlücke	627
37	Blutgerinnung	629
	<i>M. Fresenius</i>	
37.1	Hämostase (Gerinnung, Gerinnungshemmung und Fibrinolyse).	630
37.2	Hämorrhagische Diathesen	650
37.3	Akute perioperative und intensivmedizinische Blutung	661
38	Nachschlageteil	667
	<i>M. Fresenius, W. Zink</i>	
38.1	Dosierung von parenteralen Antibiotika (nach Thalhammer, »Wiener Liste«)	668
38.2	Score-Systeme	669
38.3	Evidenzgrade	674
	Serviceteil	
	A.1 Umrechnungstabellen für Laborwerte – Normalwerte (SI-Einheiten)	676
	A.2 Umrechnungstabellen für sonstige Einheiten	680
	Stichwortverzeichnis	682

Abkürzungsverzeichnis

Nachfolgend die Erläuterung einiger Abkürzungen:

AAA	abdominelles Aortenaneurysma	CMRO₂	»cerebral metabolic rate for oxygen« (zerebraler Metabolismus)
AaDO₂	alveolararterielle Sauerstoffpartialdruckdifferenz	CO	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)
Ach	Acetylcholin	CO₂	Kohlendioxid
ACS	Akutes Koronarsyndrom	c_aO₂	arterieller Sauerstoffgehalt
ACT	»activated clotting time«	c_vO₂	venöser Sauerstoffgehalt
ADH	antidiuretisches Hormon	COLD	»chronic obstructive lung disease«
AEP	akustisch evozierte Potentiale	COPD	»chronic obstructive pulmonary disease«
AGW	Atemgrenzwert	COT	»clot observation time«
AK	Antikörper	CPAP	»continuous positive airway pressure«
ALI	»acute lung injury«	CPP	zerebraler Perfusionsdruck
ALV	acutes Leberversagen	CPR	Kardiopulmonale Reanimation
AMI	akuter Myokardinfarkt	CPPV	»continuous positive pressure ventilation«
AML	akute myeloische Leukämie	CSE	kombinierte Spinal- und Epiduralanästhesie
AMV	Atemminutenvolumen	CSF	Liquor cerebrospinalis
Anm	Anmerkung	CV	»closing volume« (Verschlussvolumen)
ANV	akutes Nierenversagen	CVI	Chronische ventilatorische Insuffizienz
AP	arterieller Systemdruck	CVVHD	kontinuierliche venovenöse Hämodialyse
APC	aktiviertes Protein C	CVVHDF	kontinuierliche venovenöse Hämodiafiltration
ARDS	»acute respiratory distress syndrome« (früher: »adult respiratory distress syndrome«)	CVVHF	kontinuierliche venovenöse Hämofiltration
AS	Aminosäuren	DBS	Double-burst-Stimulation
ASA	American Society of Anesthesiologists	DD	Differentialdiagnose
ASB	»assisted spontaneous breathing«	DHA	Docosahexaensäure (C20:6)
ASS	Acetylsalicylsäure	DIC	disseminierte intravasale Koagulopathie (Verbrauchskoagulopathie)
ATC	automatic tube compensation	DK	Blasendauerkatheter
avDO₂	arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	DL_{CO}	Diffusionskapazität der Lunge für CO (Kohlenmonoxid)
BE	»base excess« (Basenüberschuss)	DLV	»different lung ventilation« (seiten-differente Beatmung)
BEL	Beckenendlage	DO₂	Sauerstoffangebot
BGA	Blutgasanalyse oder Bundesgesundheitsamt (aus Kontext ersichtlich)	ECCO₂R	extrakorporale CO ₂ -Elimination
BIPAP	»biphasic positive airway pressure«	ECMO	extrakorporale Membranoxygenierung
BtMvV	Betäubungsmittelverordnung	ECT	»Ecarin clotting time«
BZ	Blutzucker	EDCF	»endothelium-derived contracting factor«
C	Compliance	EDRF	»endothelium-derived relaxing factor«
C_{LA}	Konzentration des Lokalanästhetikums	EDV	enddiastolisches Volumen
CAO	»chronic airflow obstruction«	EF	Ejektionsfraktion (Auswurfraction)
CAP	»community acquired pneumonia« oder ambulant erworbene Pneumonie	EK	Erythrozytenkonzentrat
CARS	»compensatory antiinflammatory response syndrome«	EKK	extrakorporaler Kreislauf
CAVHD	kontinuierliche arteriovenöse Hämodialyse	EKZ	extrakorporale Zirkulation
CAVHF	kontinuierliche arteriovenöse Hämo-filtration bzw. Spontanfiltration	EMLA	eutektische Mixtur von Lokalanästhetika
CBF	zerebraler Blutfluss (Hirndurchblutung)	EMD	elektromechanische Dissoziation bzw. Entkoppelung
CBV	zerebrales Blutvolumen	EPA	Eikosapentaensäure (C20:5)
CC	»closing capacity« (Verschlusskapazität)	ERV	expiratorisches Reservevolumen
CHE	Cholinesterase	ES	Extrasystolen
CI	Herzindex	ESV	endsystolisches Volumen
CIP	»critical illness polyneuropathy«	ESBL	extended spectrum beta-lactamases
C_m	minimale Konzentration		

ESWL	extrakorporale Stoßwellenlithotripsie	ITBV	Intrathorakales Blutvolumen
etCO₂	endexpiratorische CO ₂ -Konzentration (in Vol.-%)	ITN	Intubationsnarkose
F_{ex}CO₂	expiratorische CO ₂ -Konzentration	KBE	Kolonie-bildende Einheit
FCKW	fluorierte Chlorkohlenwasserstoffe	KF	Kammerflimmern
FDA	Food and Drug Administration	KG	Körpergewicht
FEV₁	Ein-Sekunden-Kapazität	KH	Kohlenhydrate
FEV₁/FVC	relative Ein-Sekunden-Kapazität in %	KI	Kontraindikation
FFP	Fresh-frozen Plasma	KOD	kolloidosmotischer Druck
FFS	freie Fettsäuren	KOF	Körperoberfläche
FG	Frühgeborene	LA	Lokalanästhetikum (Lokalanästhetika)
F_AO₂	alveoläre Sauerstoffkonzentration	LAP	linker Vorhofdruck
F_IO₂	inspiratorische Sauerstoffkonzentration	LBP	Lipopolysaccharid-bindendes Protein
FKW	fluorierte Kohlenwasserstoffe	LE	Lungenembolie
FRC	funktionelle Residualkapazität	LTPL	Lebertransplantation
FS	Fettsäuren	LVEDP	linksventrikulärer enddiastolischer Druck
FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis	LVEDV	linksventrikuläres enddiastolisches Volumen
FSP	Fibrin(ogen)splaltprodukte	LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurfraction)
FVC	forcierte Vitalkapazität	LVF	linksventrikuläre Pumpfunktion
GABA	γ-Aminobuttersäure	LVP	linker Ventrikeldruck
GCS	Glasgow Coma Scale	LVSWI	linksventrikulärer Schlagarbeitsindex
GFR	glomeruläre Filtrationsrate	MAC	minimale alveoläre Konzentration
GHB	γ-Hydroxybuttersäure	MAP	mittlerer arterieller Druck
GI	gastrointestinal	MCT	»middle chain triglycerides« (mittelkettige Triglyceride)
GISA	Glykopeptid-intermediär-empfindlicher Staphylococcus aureus	MEP	motorisch evozierte Potentiale
GvH-	Graft-versus-Host-Reaktion	MER	Muskeigenreflex
HAP	»hospital acquired pneumonia« oder nosokomiale erworbene Pneumonie	MG	Molekulargewicht
HCAP	»health care acquired pneumonia« oder Pneumonie bei einem Patienten, der aus einem Alten- oder Pflegeheim stammt	MM	Muttermund
HF	Herzfrequenz	MMEF	maximaler mittlerer expiratorischer Flow
HFOV	Hochfrequenzoszillationsventilation	MNS	Malignes neuroleptisches Syndrom
HFV	»high frequency ventilation« (Hochfrequenzbeatmung)	MODS	»multiple organ dysfunction syndrome«
HI	Herzindex	MOV	Multiorganversagen
HLM	Herz-Lungen-Maschine	MPAP	mittlerer Pulmonalarteriendruck
HMV	Herzminutenvolumen	MR	Muskelrelaxanzien
HPV	hypoxische pulmonale Vasokonstriktion	MRSA	methicillinresistenter Staphylococcus aureus
HRST	Herzrhythmusstörungen	MRSE	methicillinresistenter Staphylococcus epidermidis
HTPL	Herztransplantation	MS	Magensonde
HWZ	Halbwertszeit	MSSA	methicillinempfindlicher Staphylococcus aureus
HZV	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)	N₂	Stickstoff
IABP	intraaortale Ballonpumpe	ndMR	nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzien
IAP	intraabdomineller Druck	NEV	Nierenersatzverfahren
ICG-PDR	Indocyaningrün-Plasmaverschwinderate	NLA	Neuroleptanästhesie
ICP	intrazerebraler bzw. intrakranieller Druck	NMB	neuromuskuläre Blockade
ICR	Interkostalraum	NMDA	N-Methyl-D-Aspartat
ID	Innendurchmesser	NMH	niedermolekulares Heparin
IHSS	idiopathische hypertrophe Subaortenstenose	NMM	neuromuskuläres Monitoring
ILA	»interventional lung assist«	NO	Stickstoffmonoxid
Ind	Indikation	N₂O	Stickoxidul (Lachgas)
IPPV	»intermittent positive pressure ventilation« (kontrollierte Beatmung)	NSAID	»nonsteroidal anti-inflammatory drugs« (nichtsteroidale Antiphlogistika)
IRDS	»infant respiratory distress syndrome«	NTPL	Nierentransplantation
IRV	inspiratorisches Reservevolumen	NW	Nebenwirkung
		NYHA	New York Heart Association

O ₂	Sauerstoff	S _a O ₂	fraktionelle arterielle Sauerstoffsättigung
P	Druck	SPA	Spinalanästhesie
p	Partialdruck	SSEP	somatosensorisch evozierte Potentiale
PAK	Pulmonalarterienkatheter	SSW	Schwangerschaftswoche
PAP	Pulmonalarteriendruck	SV	Schlagvolumen
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit	SVES	supraventrikuläre Extrasystole(n)
PCA	patientenkontrollierte Analgesie	S _{vj} O ₂	jugularvenöse Sauerstoffsättigung
PCEA	patientenkontrollierte Epiduralanalgesie	SVR	systemischer Gefäßwiderstand
PCI	perkutane Koronarintervention	SVT	supraventrikuläre Tachykardie
pCO ₂	CO ₂ -Partialdruck	TAA	thorakales Aortenaneurysma
petCO ₂	endexpiratorischer CO ₂ -Partialdruck	TAAA	thorakoabdominelles Aortenaneurysma
PCWP	Pulmonalkapillardruck (Wedge-Mittel- druck)	TAT	Thrombin-Antithrombin-III-Komplex
PDA	Periduralanästhesie	TCD	transkranielle Dopplersonographie
PDK	Periduralkatheter	TEE	transösophageale Echo(kardio)graphie
PEA	pulslose elektrische Aktivität	TEG	Thrombelastogramm
PEEP	»positive endexpiratory pressure« (positiver endexpiratorischer Druck)	TFA	Trifluoracetylchlorid
PEG	perkutane endoskopische Gastrostomie	TG	Triglyzeride
Pha	Pharmakologie	THAM	Tris-Hydroxy-Aminomethan
pH _i	intramukosaler pH-Wert	TIVA	totale intravenöse Anästhesie
PNP	Polyneuropathie	TK	Thrombozytenkonzentrat
pAO ₂	alveolärer O ₂ -Partialdruck	TLC	totale Lungenkapazität
paO ₂	arterieller O ₂ -Partialdruck	TOF	»train-of-four«
psO ₂	partielle oder funktionelle Sauerstoff- sättigung	TRALI	»transfusion-related acute lung injury«
pvO ₂	gemischtvenöser Sauerstoffpartialdruck	TUR-Blase	transurethrale Elektroresektion der Blase
PONV	»postoperative nausea and vomiting« (postoperative Übelkeit und Erbrechen)	TUR- Prostata	transurethrale Elektroresektion der Prostata
ppm	parts per million = ml/m ³	TVT	tiefe Beinvenenthrombose
PTC	»post tetanic count« (posttetanische Zahl)	UBF	uteriner Blutfluss
PTT	partielle Thromboplastinzeit	UFH	normales (unfraktioniertes) Heparin
PTZ	Thrombinzeit	URS	Ureterorenoskopie
PVR	pulmonaler Gefäßwiderstand	VA	alveoläre Ventilation
PVT	pulslose ventrikuläre Tachykardie	VD	Totraumvolumen
Q _l	Lungenperfusion	VT	Tidalvolumen (Atemzugvolumen)
Q _s /Q _t	intrapulmonaler Shunt	VC	Vitalkapazität
R	Resistance (Atemwegswiderstand)	VCO ₂	CO ₂ -Produktion
RAP	rechter Vorhofdruck	VES	ventrikuläre Extrasystole(n)
RBF	renaler Blutfluss	VHF	Vorhofflimmern
RKI	Robert-Koch-Institut	VK	Verteilungskoeffizient
RQ	respiratorischer Quotient	VO ₂	Sauerstoffaufnahme (Sauerstoffver- brauch)
RR	systemarterieller Blutdruck (nach Riva- Rocci)	V _A /Q	Ventilations-Perfusions-Verhältnis
RV	Residualvolumen	VT	ventrikuläre Tachykardie
RVEF	rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurfraction)	VVBP	venovenöse Biopumpe (Bypass)
RVP	rechter Ventrikeldruck	vWF	Von-Willebrand-Jürgens-Faktor
RVSWI	rechtsventrikulärer Schlagarbeitsindex	WM	Wirkmechanismus
RWBS	regionale Wandbewegungsstörungen	WW	Wechselwirkung
RZ	Reptilasezeit	ZNS	Zentrales Nervensystem
SAP	systolischer arterieller Druck	ZVD	zentraler Venendruck
SHT	Schädel-Hirn-Trauma		
SI	Schlagvolumenindex		
SIADH	Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion		
SIRS	»systemic inflammatory response syndrome«		
SO ₂	fraktionelle Sauerstoffsättigung		

Allgemeine intensiv- medizinische Themen

- Kapitel 1** **Tracheotomie und Bronchoskopie** – 3
W. Zink
- Kapitel 2** **Monitoring** – 17
W. Zink
- Kapitel 3** **Kardiovaskulär wirksame Medikamenten und
kreislaufunterstützende Verfahren** – 65
W. Zink
- Kapitel 4** **Blut und Blutprodukte** – 89
M. Fresenius
- Kapitel 5** **Analgesie, Sedierung und Delir-Management** – 109
M. Fresenius
- Kapitel 6** **Ernährungstherapie** – 133
M. Fresenius
- Kapitel 7** **Invasive Beatmung** – 157
W. Zink
- Kapitel 8** **Nicht invasive Beatmung** – 193
W. Zink
- Kapitel 9** **Hyperbare Oxygenierung** – 199
W. Zink
- Kapitel 10** **Kardiopulmonale Reanimation** – 203
W. Zink

Tracheotomie und Bronchoskopie

W. Zink

1.1 Tracheotomie – 4

1.2 Bronchoskopie – 10

Ausgewählte Literatur – 16

1.1 Tracheotomie

Historie der Tracheotomie

- 1953 Erste **perkutane Tracheotomie** durch **Shelden**
- 1985 Erstbeschreibung der **Dilatationstracheotomie** durch **Ciaglia**
- 1990 Erstbeschreibung der **Dissektionstracheotomie** durch **Griggs** (stumpfe Methode oder »Guide-wire-dilating-forceps«-Methode)
- 1997 Erstbeschreibung der **translaryngealen Durchzugs-tracheotomie** durch **Fantoni**
- 2000 Modifikationen der Dilatationstechnik nach Ciaglia (Mehrschrittdilatation → Einschrittdilatation)
- 2001 Erstbeschreibung der **dilatativen Tracheotomie** mit selbstschneidender Schraube (PercuTwist) durch **Frova**
- 2008 Erstbeschreibung der **Dilatationstracheotomie** mit flüssigkeitsgefülltem Ballon (**Ciaglia Blue Dolphin**)

In Deutschland werden derzeit auf ca. 90 % der Intensivstationen Tracheotomien innerhalb der ersten 14 Beatmungstage durchgeführt. Auf 86 % der Intensivstationen kommt die perkutane Dilatationstracheotomie routinemäßig zum Einsatz, wobei die modifizierte Dilatationstechnik nach Ciaglia (Einschrittdilatation) am häufigsten angewendet wird (69 %). 98 % dieser Prozeduren werden unter bronchoskopischer Kontrolle durchgeführt.

Chirurgische Tracheotomien werden in aller Regel im Operationssaal durchgeführt (72 %), wohingegen perkutane Dilatationstechniken bevorzugt bettseitig eingesetzt werden (98 %).

■ Zeitpunkt

- **Der optimale Zeitpunkt einer elektiven Tracheotomie wird nach wie vor kontrovers diskutiert und bleibt unter Abwägung von Risiken und Erfolgsaussichten eine individuelle Einzelentscheidung.**

Den Ergebnissen der so genannten »TracMan-Studie« zufolge ist es im Hinblick auf die 30-Tage-Mortalität unerheblich, ob die Tracheotomie früh (<4 Tage) oder spät (>10 Tage) durchgeführt wird. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass selbst erfahrene Intensivmediziner nur selten valide prospektive Aussagen über die wirkliche Beatmungsdauer treffen können. Demzufolge sollte die Not-

wendigkeit einer Tracheotomie bei beatmeten Patienten Tag für Tag neu evaluiert und diskutiert werden.

■ Indikationen

- Vermeidung von laryngealen/subglottischen Schäden bei voraussichtlicher Langzeitbeatmung
- protrahiertes bzw. erfolgloses Weaning
- COPD-Patient mit zu erwartendem komplizierten Weaning
- Ulzerationen im Oropharynxbereich
- neuromuskuläre Erkrankungen
- ggf. intraoperativ nach größeren Operationen im Kopf-Hals-Bereich → Sicherung der Atemwege bei zu erwartenden länger anhaltenden Schwellungen im Bereich der oberen Luftwege

■ Tracheotomie vs. translaryngeale Langzeitintubation: Vorteile

- schnelleres und einfacheres Weaning
- geringerer Bedarf an Analgosedierung
- Reduktion des Atemwegwiderstands durch im Innendurchmesser größere (>8,5 mm) und kürzere Tuben → verminderte Atemarbeit
- Reduktion des anatomischen Totraums → verbesserte alveoläre Ventilation
- verbesserte Mund- und Trachealtoilette
- geringere Beweglichkeit der Trachealkanüle im Vergleich zu einem translaryngealen Tubus (bis zu 3,5 cm bei Flexion und Extension des Kopfes) → bessere Fixierung, weniger Trachealschäden
- keine Schädigung des Larynx nach Tracheotomie, dagegen in bis zu 10 % der Fälle Stenosen im posterioren Stimmbandritzel bzw. subglottische Vernarbungen und Stenosen translaryngeale Langzeitintubation
- gesicherter Atemweg bei oropharyngealen und laryngealen Tumoren
- Vermeidung einer bakteriellen Fokusbildung infolge von Sinusitis (im Gegensatz zur nasalen Intubation)
- höherer Patientenkomfort (Patient kann über spezielle Kanüle sprechen und leichter oralisiert werden)

➤ **Die Vorteile der Tracheotomie ergeben sich aus den Nachteilen der translaryngealen Langzeitintubation!**

- **Tracheotomie vs. translaryngeale Langzeitintubation: Nachteile**
- Operationstraumen bei Anlage und Verschluss (Gewebedefekte, Blutungen, Infektionen, Verletzung des N. recurrens, Fraktur von Trachealspangen bei dilatativer Anlage des Tracheostomas)
- Traumen durch Tuben/Kanülen (Ulzerationen, Blutungen, tracheosophageale Fisteln, Pneumothorax, Haut- und Mediastinalemphysem)
- Infektionen (bis 36 %, vor allem bei chirurgisch angelegten Tracheostomata), Mediastinitis
- Trachealstenosen (bis zu 60 %)
- Gefahr der Kanüendislokation und Kanülenobstruktion
- ! **Bei Blutungen im Tracheostomabereich und sekundären Ventilationsproblemen muss intermittierend eine Bronchoskopie zur Vermeidung eines Bronchusausgusskoagels durchgeführt werden!**

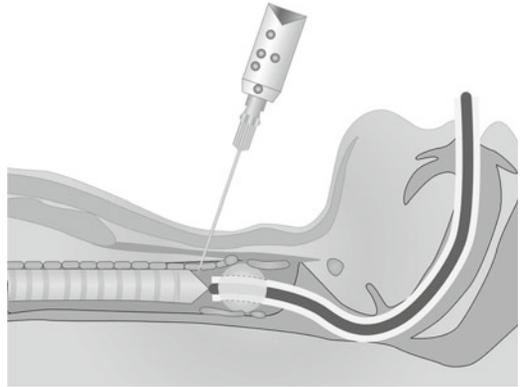
1.1.1 Chirurgische Methoden

- **epithelialisiertes Tracheostoma:** Haut wird direkt auf die Schleimhaut des trachealen Fensters (2.–4. Trachealknorpel) genäht
- **nichtepithelialisiertes Tracheostoma:** schwierigerer Kanülenwechsel, höhere Gefahr der Via falsa, höhere Infektions- und Blutungsgefahr als beim epithelialisierten Tracheostoma

1.1.2 Perkutane Dilatationstracheotomie (PDT)

Unabhängig von der jeweiligen Technik müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

- rechtskräftige Einwilligung des Patienten bzw. des gesetzlichen Betreuers liegt vor (Elektiv-eingriff!)
- Nahrungskarenz vor Anlage (dennoch: kein sicherer Aspirationsschutz)
- ggf. Heparinpause

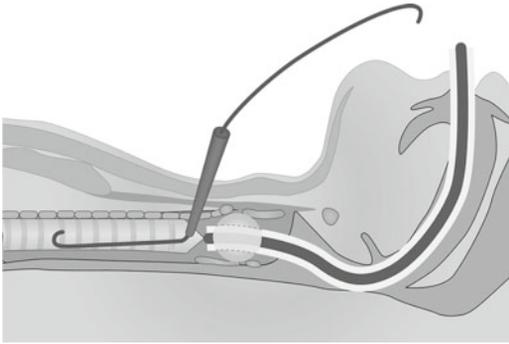


■ **Abb. 1.1** Perkutane Punktion der Trachea in Höhe der 2.–3. Trachealspange unter bronchoskopischer Kontrolle. (Aus Klemm u. Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)

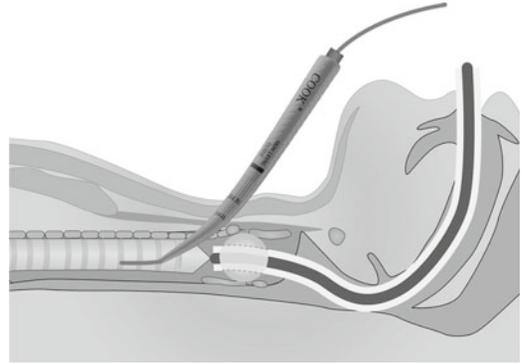
- 2. Person für die Bronchoskopie obligat erforderlich (wenn möglich Videobronchoskop mit Bildschirm) → Durchführung **niemals** ohne bronchoskopische Kontrolle
- suffiziente Sedierungstiefe, ggf. Relaxierung
- Beatmung mit 100 % Sauerstoff
- Stimmbandebene mittels direkter Laryngoskopie einsehbar
- sterile Abdeckung des OP-Gebiets und Desinfektion
- Infiltration des Punktionsareals; Lokalanästhetikum mit Vasokonstriktorenzusatz → Vermeidung von Hautblutungen

Dilatationstechnik nach Ciaglia (Mehrschrittdilatation)

- Einbringen des Bronchoskops und Zurückziehen des Tubus (Cuff kurz unter Stimmbandebene!)
- mittige Punktion des Lig. anulare zwischen 2. und 3. (1.–4.) Trachealspange unter fiberoptischer Kontrolle
- Aspiration von Luft (■ Abb. 1.1)
- Verschieben eines Seldinger-Drahtes unter fiberoptischer Kontrolle in Richtung Carina (■ Abb. 1.2)
- horizontale Hautinzision links- und rechts des Drahts (ca. 1,5–2 cm; alternativ: Hautschnitt **vor** Punktion)
- Einführen von Dilatationsstäben mit zunehmendem Durchmesser (bis 36 Charr)



■ **Abb. 1.2** Einführen des Seldinger-Drahts und Vordilatation. (Aus Klemm u. Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)



■ **Abb. 1.3** Einschnitt-Dilatationstechnik nach Ciaglia (hier: BlueRhino). (Aus Klemm u. Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)

- danach Einführen der Trachealkanüle mit Hilfe eines passenden Obturators über den Seldinger-Draht
- bronchoskopische Lagekontrolle der Trachealkanüle **vor** Konnektion an Respirator

! **Verletzung des Ringknorpels mit konsekutiver Destruktion bei zu hoher Punktion; Verletzung der Trachealhinterwand; Fraktur von Knorpelspangen!**

Modifikationen der Ciaglia-Technik (Einschrittdilatation)

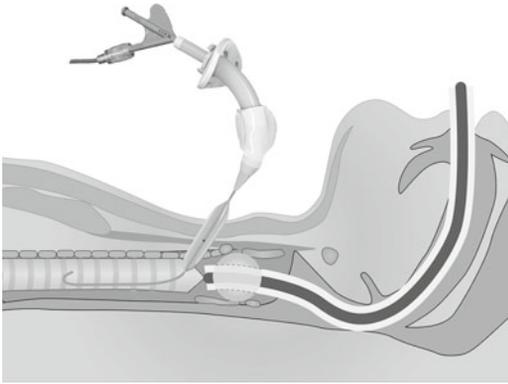
- hierzu gehören: Ciaglia BlueRhino, UltraPerc, Ciaglia BlueDolphin
- Einbringen des Bronchoskops und Zurückziehen des Tubus (Cuff kurz unter Stimmbandebene!)
- mittige Punktion des Lig. anulare zwischen 2. und 3. (1.–4.) Trachealspange unter fiberoptischer Kontrolle
- Aspiration von Luft (■ Abb. 1.1)
- Verschieben eines Seldinger-Drahtes unter fiberoptischer Kontrolle in Richtung Carina (■ Abb. 1.2)
- horizontale Hautinzision links- und rechts des Drahts (ca. 1,5–2 cm; alternativ: Hautschnitt **vor** Punktion)
- Vordilatation der Punktionsstelle mit einem kleinen Dilatator
- **Ciaglia BlueDolphin/Uttraperc:** einmalige Dilatation mit konisch zulaufendem, hydrophil

- beschichtetem und gebogenem Dilatator bis zur aufgedruckten Markierung (■ Abb. 1.3)
- Einbringen der Trachealkanüle über die im Set befindlichen Obturatoren in Seldinger-Technik
- **Ciaglia BlueDolphin:** Einbringen eines modifizierten Dilatators, der am distalen Ende einen Ballon zur Dilatation trägt und an dessen proximalem Ende bereits die Trachealkanüle aufgeladen ist, dann Inflation mit Kochsalzlösung über eine Druckspritze mit integriertem Manometer (11 bar für 10–20 s!) → zirkuläre Dilatation von Weichteilen und Trachea. Nach Evakuierung der Flüssigkeit aus dem Ballon Einbringen der Trachealkanüle in einem Schritt (■ Abb. 1.4).

! **Verletzung des Ringknorpels mit konsekutiver Destruktion bei zu hoher Punktion; Verletzung der Trachealhinterwand; Fraktur von Knorpelspangen!**

Schraubtechnik nach Frova

- Einbringen des Bronchoskops und Zurückziehen des Tubus (Cuff kurz unter Stimmbandebene!)
- mittige Punktion des Lig. anulare zwischen 2. und 3. (1.–4.) Trachealspange unter fiberoptischer Kontrolle
- Aspiration von Luft (■ Abb. 1.1)
- Verschieben eines Seldinger-Drahtes unter fiberoptischer Kontrolle in Richtung Carina (■ Abb. 1.2)



■ **Abb. 1.4** Ciaglia BlueDolphin-Technik. (Aus Klemm u. Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)

- horizontale Hautinzision links- und rechts des Drahts (ca. 1,5–2 cm; alternativ: Hautschnitt **vor** Punktion)
- Vordilatation der Punktionsstelle mit einem kleinen Dilatator
- kontrolliertes Eindrehen einer selbstschneidenden Dilatationsschraube (PercuTwist) über den Seldinger-Draht unter bronchoskopischer Kontrolle bis zur Trachealhinterwand (zuerst unter moderatem Druck, bis Schraube im Gewebe greift, dann unter Zug; ■ Abb. 1.5)
- Einbringen der Trachealkanüle über die im Set befindlichen Obturatoren in Seldinger-Technik

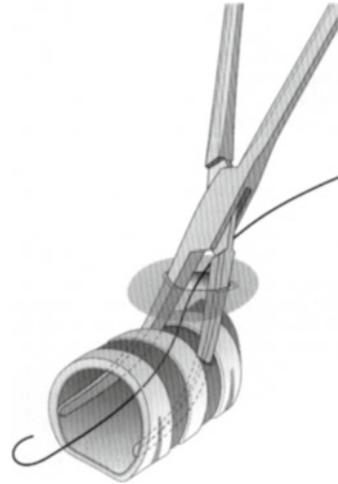
! **Verletzung des Ringknorpels mit konsekutiver Destruktion bei zu hoher Punktion; Verletzung der Trachealhinterwand; Fraktur von Knorpelspangen**

Spreiztechnik nach Griggs

- Einbringen des Bronchoskops und Zurückziehen des Tubus (Cuff kurz unter Stimmbandebene!)
- mittige Punktion des Lig. anulare zwischen 2. und 3. (1.–4.) Trachealringe unter fiberoptische Kontrolle
- Aspiration von Luft (■ Abb. 1.1)
- Verschieben eines Seldinger-Drahts unter fiberoptische Kontrolle in Richtung Carina (■ Abb. 1.2)
- horizontale Hautinzision links- und rechts des Drahts (ca. 1,5–2 cm)



■ **Abb. 1.5** Dilatationsschraube nach Frova. (Aus Klemm u. Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)



■ **Abb. 1.6** Dilatationstechnik nach Griggs

- Vordilatation der Punktionsstelle mit einem kleinen Dilatator
- Auffädeln des Dilatationszange über den Seldinger-Draht (Drahtkanal an des Spitze des Instruments in geschlossenem Zustand) und Insertion in Trachea
- Kippen der Zange nach kranial, bis Branchen parallel zur Längsachse der Trachea
- Öffnen der Zange mit beiden Händen und Aufdehnung der Trachea; anschließend Zurückziehen des Instruments in geöffnetem Zustand (■ Abb. 1.6)
- Technik mit den besten kosmetischen Ergebnissen nach Dekanülierung (spontaner Verschluss des Tracheostomas in ca. 3–4 Tagen)

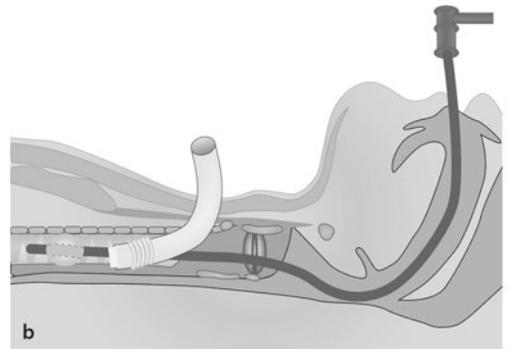
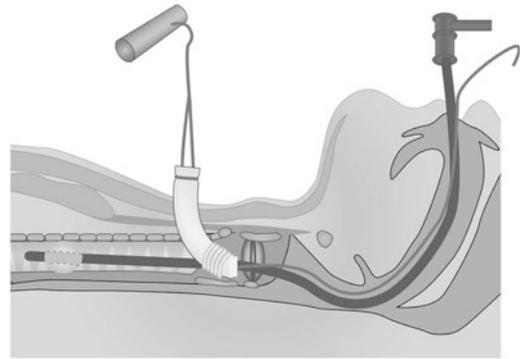
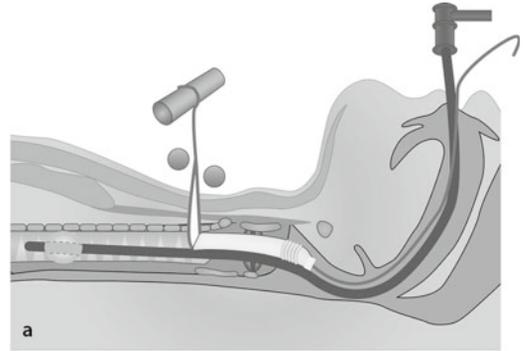
! **Verletzung des Ringknorpels mit konsekutiver Destruktion bei zu hoher Punktion; Einreißen der Trachealhinterwand auf Spannung der Hinterwand beim Dilatationsvorgang achten!**

Translaryngeale Durchzugs-tracheostomie nach Fantoni

- Einbringen des Bronchoskops und Zurückziehen des Tubus (Cuff entblocken!)
- ggf. antiseptische Mundspülung
- mittige Punktion des Lig. anulare zwischen 2. und 3. (1.–4.) Trachealspange unter fiberoptische Kontrolle
- Aspiration von Luft
- Verschieben eines Seldinger-Drahtes unter fiberoptische Kontrolle nach **kranial** am entblockten Cuff vorbei in die Mundhöhle (■ Abb. 1.7a)
- nach transoraler Ausleitung des Drahtes Fixierung eines konisch zulaufenden Spezialtubus; Anbringen eines Haltegriffs an das distale Ende des Drahtes
- Extubation des Patienten und evtl. Intubation mit dünnem Hilfstubus zur Aufrechterhaltung der Ventilation
- Durchzug der Trachealkanüle nach außen (Hypopharynx → Stimmbandebene → Trachealvorderwand → umliegendes Weichteilgewebe), zwei Finger dienen als Gegenlager (■ Abb. 1.7a)
- Abschneiden der ausgeleiteten Konusspitze des Tubus
- weiteres Herausziehen des Tubus mit leicht geblocktem Cuff und simultanes Einbringen eines Obturators, bis Kanüle senkrecht zur Längsachse der Trachea steht (■ Abb. 1.7b)
- Wendemanöver: Drehung der Kanüle um 180°, Absenken der Tubusspitze Richtung Carina und Verschieben
- Vorteile der Durchzugstechnik: Kraftwirkung von innen nach außen (im Gegensatz zu o. g. Techniken) → Anwendung bei »weicher« Trachea

Sonderform: Minitracheostoma

- Punktion des Lig. cricothyroideum zwischen Schild- und Ringknorpel wie bei klassischer Koniotomie
- Einbringen einer speziellen abgewinkelten und verschließbaren 4-mm-Kanüle in Seldinger-Technik (■ Abb. 1.8)
- Fixierung mittels Trachealkanülenband bzw. Annaht



■ **Abb. 1.7a,b** Durchführung der translaryngealen Tracheotomie nach Fantoni: **a** Einlegen des Drahtes in den Tubus unter bronchoskopischer Sicht und orales Ausleiten des Drahtes. Nach Extubation Einlegen eines speziellen Beatmungstubus zur Aufrechterhaltung der Ventilation, Durchzug der konisch zulaufenden Trachealkanüle durch die Trachealwand und das umliegende Gewebe von innen nach außen (zwei Finger dienen als Gegenlager). **b** Herausziehen des Tubus und Abschneiden der ausgeleiteten Konusspitze, anschließend Verschieben des Tubus von außen nach innen unter Einsatz eines speziellen Obturators. (Aus Klemm und Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)



■ **Abb. 1.8** Set zur Minitracheostomie. (Aus Klemm u. Nowak (Hrsg.) Kompendium der Tracheotomie, Springer 2012)

- Indikation: erleichtertes endotracheales Absaugen bei vermehrter Sekretbildung und unzureichendem Hustenstoß → kein Hilfsmittel zur Beatmung!
- **Kontraindikationen für perkutane Dilatationstracheotomien**
- ■ **Absolute Kontraindikationen**
 - Notfallsituation
 - Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren bzw. kindlicher Habitus (Ausnahme evtl. Durchzugstechnik nach Fantoni; einzelne positive Kasuistiken liegen gegenwärtig vor)
 - fehlende Einwilligung des Patienten bzw. seiner gesetzlichen Betreuer
 - bekannte oder zu erwartende schwierige Intubation
 - fehlende bronchoskopische Überwachung
 - fehlende Kapazität zur notfallmäßigen konventionellen chirurgischen Tracheotomie bzw. Blutstillung
 - Patienten mit abweichendem Tracheaverlauf (z. B. bei ausgeprägter Struma) bzw. bei nicht eindeutig identifizierbaren anatomischen Verhältnissen
 - Infektionen und bestehende Malignität im Tracheotomiebereich
 - Patienten mit instabiler bzw. fixierter HWS
 - Notwendigkeit eines permanenten Tracheostomas
 - schwerste Gasaustauschstörungen
- ■ **Relative Kontraindikationen**
 - ausgeprägte plasmatische Gerinnungsstörung
 - Thrombozytopenie/-pathie
 - hochgradige Kreislaufinstabilität
- Patienten mit extremer Adipositas
- Patienten mit Zustand nach Hirnschädigung und anzunehmender längerer Rehabilitationsphase
- sonstiges: kalzifizierende Trachealspangen, Patienten mit Hirndruck, vergrößerte Schilddrüse

Perkutane Dilatationstracheotomien

- Erster Kanülenwechsel nicht vor dem **7.–10. Tag** aufgrund möglicher Kulissenphänomene der noch nicht verklebten prätrachealen Gewebsschichten! (Seldinger-Technik ggf. mit Cook-Führungsstab bzw. Absaugkatheter!).
- Bei akzidenteller Dekanülierung innerhalb der ersten Tage **keine protrahierten Rekanülierungsversuche**, sondern konventionelle Intubation! (Durchführung der PDT bei nicht gegebener konventioneller Intubationsmöglichkeit daher kontraindiziert).
- Eine Punktion zwischen Ringknorpel und 1. Trachealrings muss bei den perkutanen Tracheotomien auf jeden Fall vermieden werden → irreversible Kehlkopfschäden.
- Vergleichende Studien zwischen einzelnen Methoden der PDT haben bisher keinen Vorteil einzelner Verfahren erbringen können, so dass alle derzeit verfügbaren Methoden gleichberechtigt nebeneinander existieren.

1.1.3 Chirurgische versus dilatative Tracheotomie

- **Vorteile Dilatationstracheotomie**
 - geringere Rate an Wundinfektionen (v. a. mit Problemkeimen wie Pseudomonas)
 - bessere kosmetische Ergebnisse, geringere Narbenbildung
 - höhere Kosteneffektivität
 - geringere Dauer der Prozedur
 - geringere Gesamtkomplikationsrate
 - geringere Rate an schweren Blutungen
 - geringere Letalität der Methode

- **Vorteile der chirurgischen Tracheotomie**
- weniger Obstruktionen nach Dekanülierung
- einfacher Kanülenwechsel (direkt nach Operation möglich)
- zur Langzeitversorgung geeignet
- (vermeintlich) geringere Rate an Fehllagen/via falsa
- geringere Rate an kleinen Blutungen

1.2 Bronchoskopie

Historie der Bronchoskopie

- 1897 Erste translaryngeale starre Bronchoskopie durch **Killian**
- 1964 Entwicklung flexibler fiberoptischer Bronchoskope durch **Ikeda**

1.2.1 Bronchoskopeinteilung

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

1.2.2 Aufbau des flexiblen Fiberendoskops

- **(1–)2 Lichtleitbündel** (10.000–15.000 Fasern, 10–30 µm), **1 Bildleitbündel** (ca. 20.000 Fasern, 7–10 µm)
- **1 Arbeitskanal** mit unterschiedlichem Durchmesser (1,2–3,2 mm)
- 2 Abwinkelungszüge (maximale Abwinkelung von 180° bzw. 130° zur anderen Seite)

1.2.3 Starre Bronchoskopie

mit Möglichkeit zur 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)

■ Kontraindikationen

- instabile oder fixierte HWS

■ Nachteile

- eingeschränkte Sicht in Peripherie
- größere Belastung für die Patienten, z. B. infolge einer notwendigen tiefen Sedierung/Narkose evtl. mit Muskelrelaxierung

1.2.4 Flexible, fiberoptische Bronchoskopie

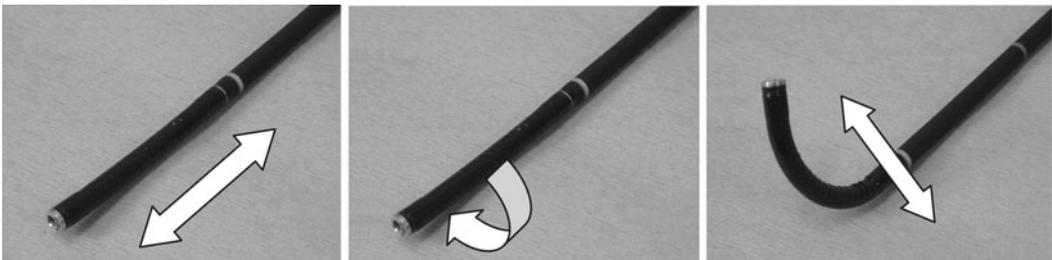
■ Indikationen

- Atemwegssicherung, z. B. fiberoptische Wachintubation
- selektive Materialentfernung
- endotracheale und endobronchiale Befunderhebung
- fiberoptische Assistenz, z. B. bei Tracheotomien
- diagnostische und therapeutische Interventionen: bronchotracheale Sekretentfernung und -gewinnung, gezielte Applikation von Medikamenten, etc.

■ Tab. 1.1 führt die häufigsten Indikationen zur **diagnostischen Bronchoskopie** und ■ Tab. 1.2 die häufigsten Indikationen zur **therapeutischen Bronchoskopie** an.

■ **Tab. 1.1** Häufige diagnostische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie bei Intensivpatienten

Pneumoniediagnostik: – Bronchoalveoläre Lavage BAL* (2- bis 3-mal Gewinnung von 20–30 ml Spüllösung; besonders bei Immunsuppression) – Bürstenabstrich – geschützte Bürste	Beurteilung der Schleimhaut, selektive Gewinnung von Sekretmaterial, Beseitigung einer Sekretretention, Ursachen-suche (intra- oder extrabronchiale Obstruktion), ggf. trans-bronchiale Biopsie (Cave: hohe Komplikationsrate!)
Atelektasen	Nachweis, Ursachenfeststellung von Gasaustausch-störungen (z. B. bronchiale Obstruktion durch Schleimpfropf, Tumor, anatomisches Hindernis, Fremdkörper wie Zähne, Nahrungspartikel etc.)
Apparente Aspiration bzw. nach prä- oder intra-hospitaler Notfallintubation: – Nachweis/Ausschluss einer Aspiration – Sicherung von aspiriertem Material (pH-Bestimmung und Bakteriologie)	Beurteilung der Schleimhaut (Lavage ist obsolet!)
Thoraxtrauma	Nachweis/Ausschluss von Trachea- oder Bronchus-verletzungen
Inhalationstrauma/Intoxikation	Beurteilung der Schleimhaut und des Ausmaßes (Rötung, Ödem, Nekrosen)
Tumorverdacht	Beurteilung der Schleimhaut, der Carina, Zytologiegewin-nung, transbronchiale oder transkarinale Biopsie, BAL
Hämoptoe	Lokalisation der Blutungsquelle
Tubuslage	Tubuslokalisierung (DLT)
Perkutane Tracheotomien	Lagekontrolle des Tubus, Nachweis von Läsionen und Blutungen
Atemwegsobstruktion	Tubusverlegung (Cuff-Hernien, Sekretverhalt, Bronchial-kollaps, Tumor, Fremdkörper)
Nicht entfaltete Lunge nach Pneumothorax	Ausschluss/Nachweis einer Obstruktion oder broncho-pleuralen Fistel
* Die endobronchiale Sekretgewinnung hat eine Sensitivität von 73–100% und eine Spezifität von nur 27–67%!	



■ **Abb. 1.9** Bedienung des Fiberbronchoskops (Erklärung siehe 1.2.5)

Tab. 1.2 Die häufigsten Indikationen zur therapeutischen Bronchoskopie

Atelektasen	Beseitigung von Aspiraten, Blut oder Sekret durch körperwarme NaCl-Lösung oder Sekretolytika
Aspiration mit ALI/ARDS	Ggf. gezielte Applikation von Surfactant
Asthma	Absaugen von Schleimpfropfen, 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 (Nor-)Adrenalinlösung (1:10.000), xylo-metazolinhaltige Lösung, Vasopressin, Fibrin; endobronchiale Blockade, Lasertherapie
Positionierung von Bronchus-blockern/Univent-Tuben	Schutz der intakten Lunge vor Blutaspiration, Einlungenventilation
Fiberbronchoskopische Assistenz	Perkutane Tracheotomie: Bestimmung der Punktionshöhe mittels Diaphanoskopie, Kontrolle der korrekten Lage des Seldinger-Drahtes; Doppellumenintubation zur Tubuslagekontrolle

1.2.5 Handhabung des Fiberbronchoskops

Bei der Bedienung eines Bronchoskops sind bis zu drei simultan auszuführende Manöver notwendig (Abb. 1.9):

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

1.2.6 Monitoring während der Bronchoskopie

- Pulsoxymetrie
- EKG
- Blutdruckmessung (evtl. invasiv)
- Registrierung des endexpiratorischen CO₂ mittels Kapnometrie/-graphie
- engmaschige Überwachung der Beatmungsparameter bei beatmeten Patienten (P_{AW}, AMV, Beatmungsdrücke, FiO₂).

1.2.7 Komplikationen der Bronchoskopie

- 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

Tab. 1.3 gibt einen Überblick über Störungen und Komplikationen, welche auf der Durchführung der Bronchoskopie beruhen.

Risikofaktoren für Komplikationen

- **Erhöhtes Risiko**
 - PEEP >10 cmH₂O
 - Auto-PEEP >15 cmH₂O
 - manifeste Gerinnungsstörungen, PTT >1,5-fach verlängert bzw. Therapie mit Antikoagulanzen



■ **Tab. 1.3** Komplikationen der Bronchoskopie

Allgemein	Fieber (proinflammatorische Zytokine ↑); SIRS mit Temperaturanstieg
Gasaustausch	$p_aO_2 \downarrow$, $S_aO_2 \downarrow$, $p_aCO_2 \uparrow$, $V_T \downarrow$, $V_A \downarrow$, $Q_2/Q_T \uparrow$
Kreislauf	MAP ↑(↓), HF ↑(↓), SVR ↑↓, PCWP ↑, PAP ↑, PVR ↑, CI ↑(↓), Arrhythmien ↑, ST-Streckenveränderungen ↑, ANP ↑, $MVO_2 \uparrow$
ZNS	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	Toxische Reaktionen (Konvulsion, Schock)
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 – mit Tubus	(F)VC ↓, FEV _{1,0} ↓ $p_{AW} \uparrow$ (↓), PEEP ↑, Atemarbeit ↑

- Hirndruck ohne ICP-Monitoring
- Urämie
- pulmonaler Hypertonus

■ **Sehr hohes Risiko**

- $p_aO_2 < 70$ mmHg bei $F_iO_2 > 0,7$
- refraktärer $p_aCO_2 > 55$ mmHg
- PEEP > 15 cmH₂O
- akuter Bronchospasmus
- akuter Myokardinfarkt < 48 h
- höhergradige Arrhythmien oder instabile Angina-pectoris-Symptomatik
- ausgeprägte refraktäre Bradykardien
- MAP < 65 mmHg
- Thrombozytenzahl $< 20.000/\mu l$

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

Patienten mit Asthma bronchiale oder chronisch obstruktiver Lungenerkrankung haben ein erhöhtes Komplikationsrisiko (bis 5 %), auch Intensivpatienten

weisen höhere Komplikationsraten auf (bis 10 %), ebenso transbronchiale Biopsien (7–14 %)!

Je schwerer die respiratorische Einschränkung/Erkrankung des Patienten vor der FB ist, desto höher ist das Risiko der Untersuchung!

1.2.8 Dokumentation

Eine standardisierte Dokumentation ist Bestandteil jeder Fiberbronchoskopie. Sie hat vergleichende sowie medikolegale Bedeutung. Inhaltlich sind hierbei zu berücksichtigen:

- Indikationsstellung und vorausgegangene Diagnostik
- individuelles Patientenrisiko
- Art und Weise der Analgesiedierung
- topographische, morphologische und funktionelle Aspekte, insbesondere zu Tracheobronchialgerüst, Schleimhaut- und Sekretverhältnissen
- Befundlokalisation und -ausbreitung
- Lumenverhältnisse und Position künstlicher Luftbrücken

■ Tab. 1.4 Lungensegmente und zugeordnete Bronchen

Rechte Lunge		
Lobus superior		Bronchus lobaris superior dexter
	Segmentum apicale (1)	Bronchus segmentalis apicalis
	Segmentum posterius (2)	Bronchus segmentalis posterior
	Segmentum anterius (3)	Bronchus segmentalis anterior
Lobus medius		Bronchus lobaris medius dexter
	Segmentum laterale (4)	Bronchus segmentalis lateralis
	Segmentum mediale (5)	Bronchus segmentalis medialis
Lobus inferior		Bronchus lobaris inferior dexter
	Segmentum superius (6)	Bronchus segmentalis superior
	Segmentum basale mediale (7)	Bronchus segmentalis basalis medialis
	Segmentum basale anterius (8)	Bronchus segmentalis basalis anterior
	Segmentum basale laterale (9)	Bronchus segmentalis basalis lateralis
	Segmentum basale posterius (10)	Bronchus segmentalis basalis posterior
Linke Lunge		
Lobus superior		Bronchus lobaris superior sinister
	Segmentum apicoposterius (1 + 2)	Bronchus segmentalis apicoposterior
	Segmentum anterius (3)	Bronchus segmentalis anterior
	Segmentum lingulare superius (4)	Bronchus lingularis superior
	Segmentum lingulare inferius (5)	Bronchus lingularis inferior
Lobus inferior		Bronchus lobaris inferior sinister
	Segmentum superius (6)	Bronchus segmentalis superior
	Segment fehlt meist (7)	
	Segmentum basale anterius (8)	Bronchus segmentalis basalis anterior
	Segmentum basale laterale (9)	Bronchus segmentalis basalis lateralis
	Segmentum basale posterius (10)	Bronchus segmentalis basalis posterior

- Untersuchungsgang sowie Maßnahmen
- Untersuchungstoleranz
- Diagnose
- und schließlich resultierende Empfehlungen

Für eine optionale Zusatzdokumentation sind Videosysteme mit der Möglichkeit von Aufzeichnungen geeignet. Videofiberbronchoskope, bei denen ein Chip die Faseroptik ersetzt, kann man derzeit am ehesten für eine qualitativ hochwertige Doku-

mentation nutzen. Neueste Technologien erlauben eine digitale Dokumentation, Nachbearbeitung, Speicherung und Archivierung endoskopischer Befunde.

1.2.9 Hygienische Aufbereitung

Die sichere Aufbereitung von medizinischem Instrumentarium sowie die Dokumentation derselben