

Inhaltsverzeichnis

1	Physiologie und Pathophysiologie der Atmung	1			
	<i>Jörg Rathgeber</i>				
1.1	Anatomie des Respirationstraktes . .	1	1.8.2	Diffusion	41
1.1.1	Luftröhre und Bronchialsystem . . .	2	1.8.3	Störungen des alveolo-kapillären Gasaustausches	44
1.1.2	Alveolen	3	1.9	Sauerstoffbindung und Sauerstoffsättigung	49
1.1.3	Lunge	5	1.9.1	Sauerstoffbindungskurve	49
1.1.4	Konditionierung der Atemgase	6	1.9.2	Zyanose	50
1.1.5	Mukoziliäre Clearance	7	1.9.3	Kohlenmonoxidintoxikation	50
1.2	Atemantrieb und -regulation	7	1.9.4	Methämoglobinämie	51
1.2.1	Atmungszentren	8	1.10	O ₂ -Gehalt des Blutes	52
1.2.2	Mechanisch-reflektorische Kontrolle der Atmung	9	1.10.1	Sauerstofftransportkapazität	52
1.2.3	Chemische Kontrolle der Atmung . .	9	1.10.2	Hypoxie, Hypoxämie und Sauerstoffangebot	52
1.3	Atmung und Säure-Basen-Haushalt .	10	1.11	CO ₂ -Elimination: Normoventilation – Hypoventilation – Hyperventilation .	53
1.3.1	Regulation des pH-Wertes	10	1.12	Weiterführende Literatur	55
1.3.2	Respiratorische Azidose	12	2	Grundlagen der maschinellen Beatmung	57
1.3.3	Respiratorische Alkalose	13		<i>Jörg Rathgeber</i>	
1.3.4	Metabolische Azidose	13	2.1	Beatmungszyklus und Beatmungsmuster	57
1.3.5	Metabolische Alkalose	15	2.1.1	Beatmungsmuster	57
1.4	Atemmechanik	15	2.1.2	Beatmungszyklus	57
1.4.1	Atempumpe	16	2.2	Einstellparameter am Respirator . . .	58
1.4.2	Resistance	17	2.2.1	Sauerstoffkonzentration FiO ₂	59
1.4.3	Compliance	20	2.2.2	Atemfrequenz/Beatmungsfrequenz .	59
1.4.4	Atemarbeit	24	2.2.3	Tidalvolumen (Atemzugvolumen), Atemminutenvolumen	60
1.5	Alveoläre Ventilation, Totraumventilation	27	2.2.4	Positiv endexpiratorischer Druck, PEEP	61
1.6	Lungenfunktion	28	2.2.5	Atemzeitverhältnis, I/E-Ratio, In- und Expirationszeit, inspiratorische Pause	61
1.6.1	Lungenvolumina	28	2.2.6	Inspirationsflow	62
1.6.2	Lungenfunktionsmessungen	29	2.2.7	Triggerempfindlichkeit	63
1.6.3	Lungenfunktionsparameter	32	2.3	Hilfsfunktionen	65
1.7	Erkrankungen mit pathologischen Veränderungen der Lungenvolumina	33	2.3.1	Inspiratorischer Hold	65
1.7.1	Restriktive Lungenerkrankungen . .	34			
1.7.2	Obstruktive Lungenerkrankungen . .	35			
1.8	Der alveolo-kapilläre Gasaustausch .	37			
1.8.1	Perfusion und Ventilation	37			

2.3.2	Expiratorischer Hold	65	3.3.3	Airway Pressure Release Ventilation, APRV	122
2.3.3	Manual Breath	65	3.3.4	Biphasische positive Druckbeatmung, BIPAP	123
2.3.4	Seufzer-Funktion	65	3.3.5	Proportional Assist Ventilation, PAV	128
2.4	Überwachung der Beatmung	65	3.4	Spontanatmung	130
2.4.1	Grafische Darstellungen ventilatorischer Parameter	65	3.4.1	Automatische Tubuskompensation, ATC	130
2.4.2	Errechnete lungenmechanische Größen	81	3.4.2	Continuous Positive Airway Pressure, CPAP	132
2.4.3	Pulsoximetrie	82	3.5	Rückkoppelnde Systeme: Hybridverfahren	134
2.4.4	Transkutane pO ₂ -Messung	85	3.5.1	Mandatorische Mindest-Ventilation, MMV	134
2.4.5	Pulsoximetrie oder transkutane O ₂ -Messung?	86	3.5.2	Volume Support, VS	135
2.4.6	Transkutane pCO ₂ -Messung	87	3.5.3	Druckregulierte, volumenkontrollierte Beatmung, PRVC	136
2.4.7	Kapnometrie	88	3.5.4	Kontrolliert adaptive Beatmung, APV	137
2.5	Steuerung des Respirators	93	3.5.5	AutoFlow	138
2.5.1	Drucksteuerung	94	3.5.6	Druckregulierte volumenkonstante Beatmung: BiLevel-VG	139
2.5.2	Flowsteuerung	94	3.5.7	Adaptive Support Ventilation, ASV .	140
2.5.3	Volumensteuerung	95	3.5.8	AutoMode	141
2.5.4	Zeitsteuerung	95	3.5.9	SmartCare/PS	141
2.5.5	Triggerung der Inspiration	95	3.6	Neurally Adjusted Ventilatory Assist, NAVA	142
2.6	Anhang: Versorgung mit medizinischen Gasen	97	3.7	Biologically Variable Ventilation, BVV	144
2.6.1	Zentrale Gasversorgungsanlage . . .	97	3.8	Nichtinvasive Beatmung, NIV	145
2.6.2	Dezentrale Gasversorgung	98	3.8.1	Indikationen	146
2.6.3	Dezentrale Sauerstoffversorgung durch O ₂ -Konzentratoren	99	3.8.2	Kontraindikationen	147
2.7	Weiterführende Literatur	100	3.8.3	Durchführung	147
3	Beatmungsformen	103	3.9	CPAP-Therapie bei Schlafapnoe-Syndrom	154
	<i>Jörg Rathgeber</i>		3.9.1	Heimbeatmung mit BiLevel und BiPAP	154
3.1	Terminologie	103	3.10	Alternative Beatmungsverfahren: Hochfrequenzbeatmung, HFV	154
3.2	Kontrollierte Beatmungsverfahren .	104	3.10.1	HF-Überdruckbeatmung, HFPPV (High Frequency Positive Pressure Ventilation)	156
3.2.1	Volumenkontrollierte Beatmung, VC-CMV	104	3.10.2	HF-Jetbeatmung, HFJV (High Frequency Jet Ventilation) . . .	156
3.2.2	Assistierte Beatmung, A/C	107	3.10.3	Hochfrequenzpulsation, HFP (High Frequency Pulsation)	157
3.2.3	Druckkontrollierte Beatmung, PC-CMV	108			
3.2.4	Beatmung mit umgekehrtem Atemzeitverhältnis, IRV	110			
3.2.5	„Fighting the respirator“	111			
3.2.6	Wechseldruckbeatmung, PNPV	112			
3.3	Maschinell unterstützte Spontanatmung	114			
3.3.1	Druckunterstützte Spontanatmung, PSV	114			
3.3.2	Intermittierende mandatorische Beatmung, IMV	119			

3.10.4	Hochfrequenz-Jet-Oszillation, HFJO (High Frequency Jet Oscillation) . . .	157	5.3	Zusätzliche Behandlungs- und Beatmungsstrategien bei schweren Formen von ALI und ARDS	209
3.10.5	Forcierte Diffusionsventilation, FDV (Forced Diffusion Ventilation)	157	5.3.1	Alveoläre Rekrutmentstrategien . .	209
3.10.6	HF-Oszillation, HFOV (High Frequency Oscillation Ventilation)	158	5.3.2	Inhalation vasoaktiver Substanzen .	214
3.10.7	Kombinierte HF-Systeme, CHFV (Combined High Frequency Ventilation)	158	5.3.3	Surfactant-Substitution	216
3.10.8	Superponierte Jet-Ventilation, SHFJV (Superimposed High Frequency Jet Ventilation)	158	5.3.4	Glukokortikoide	216
3.10.9	Technische Bewertung der HF-Beatmung	159	5.3.5	Lagerungsbehandlung	217
3.10.10	Indikationen für HF-Beatmung	160	5.3.6	Flüssigkeitsbilanzierung	219
3.11	Ein-Lungen-Ventilation und seitengetrennte Beatmung . . .	161	5.3.7	Extrakorporale Lungensatzverfahren	220
3.11.1	Ein-Lungen-Ventilation	161	5.4	Weiterführende Literatur	223
3.11.2	Seitengetrennte Beatmung	165	6	Extrapulmonale Störungen der Ventilation	229
3.12	Weiterführende Literatur	166		<i>Jörg Rathgeber</i>	
4	Atemgaskonditionierung in der Intensivmedizin	169	6.1	Therapie bei ventilatorischer Insuffizienz	229
	<i>Jörg Rathgeber</i>		6.1.1	Ursachen der ventilatorischen Insuffizienz	229
4.1	Aktive Befeuchter	170	6.1.2	Chronisch-ventilatorische Insuffizienz	230
4.1.1	Vernebler	171	6.2	Kurzzeitbeatmung / postoperative Nachbeatmung	233
4.1.2	Verdunster	171	6.3	Besonderheiten bei Patienten mit erhöhtem intrakraniellm Druck	235
4.1.3	Sprudler	173	6.4	Besonderheiten bei Patienten mit Thoraxtrauma	237
4.2	Passive Befeuchter: Heat and Moisture Exchanger, HME	173	6.4.1	Diagnostik	237
4.2.1	Funktionsprinzip	173	6.4.2	Therapie	238
4.2.2	Hinweise für den Einsatz von HME .	175	6.5	Weiterführende Literatur	242
4.3	Weiterführende Literatur	176	7	Respiratorentwöhnung und Extubation	245
5	Akute respiratorische Insuffizienz und akutes Lungenversagen . . .	179		<i>Jörg Rathgeber und Peter Neumann</i>	
	<i>Jörg Rathgeber und Peter Neumann</i>		7.1	Die einfache Entwöhnung	246
5.1	Akute respiratorische Insuffizienz .	180	7.2	Die schwierige Entwöhnung	247
5.1.1	Therapiestrategien	181	7.2.1	Ursachen für die schwierige Entwöhnung	248
5.1.2	Indikation zur Intubation und Beatmung	185	7.3	Der Weg zur Extubation – welches Verfahren ist das richtige? .	249
5.1.3	Lungenprotektive Beatmung	186	7.3.1	Prädiktoren, Spontanatmungs- versuch, Protokolle	250
5.2	Akutes Lungenversagen, ARDS	204	7.3.2	Beatmungsformen	251
5.2.1	Auslöser des ARDS	206	7.3.3	Automatisierte Weaning-Modes . . .	255
5.2.2	ALI oder ARDS?	206			
5.2.3	Klinischer Verlauf	207			
5.2.4	Probleme bei der Beatmung	209			

7.4	Weaning-Versagen	255	9.5.1	Akute Desaturierung	280
7.4.1	Tracheotomie	256	9.5.2	Pulmonal-interstitielles Emphysem (PIE), Pneumomediastinum, Pneumoperikard	281
7.4.2	Ernährung bei prolongierter Entwöhnung	256	9.6	Atemgasklimatisierung	282
7.5	Besonderheiten der Pflege des intubierten Patienten	259	9.7	Monitoring der Beatmung	283
7.6	Weiterführende Literatur	261	9.7.1	Monitoring der O ₂ - und CO ₂ -Partialdrücke	283
8	Ventilator-assoziierte Pneumonie	263	9.7.2	Pulsoximetrie	284
	<i>Jörg Rathgeber</i>		9.8	Erstversorgung des Neugeborenen und häufige Krankheitsbilder in der Neonatologie	284
8.1	Pathophysiologie	263	9.8.1	Postnatale Adaptationsverzögerung Früh- und Neugeborener	284
8.2	Diagnostik	265	9.8.2	Erstversorgung des Neugeborenen	286
8.3	Therapeutische und präventive Maßnahmen	265	9.8.3	Besondere Situationen der Erstversorgung	287
8.3.1	Antibiotische Therapie	265	9.8.4	Respiratorische Insuffizienz des Frühgeborenen	287
8.3.2	Hygienemaßnahmen	265	9.8.5	Bronchopulmonale Dysplasie, BPD	290
8.3.3	Elimination von Keimreservoirien	266	9.8.6	Mekonium-Aspirations-Syndrom, MAS	292
8.3.4	Präventive Maßnahmen	268	9.9	Spezielle Krankheitsbilder der pädiatrischen Intensivmedizin	293
8.4	Weiterführende Literatur	269	9.9.1	Bronchiolitis	293
9	Beatmung in der Neonatologie und pädiatrischen Intensivmedizin	271	9.9.2	Krupp-Syndrom	294
	<i>Jan-Holger Schiffmann</i>		9.9.3	Epiglottitis	295
9.1	Definitionen	271	9.10	Weiterführende Literatur	295
9.1.1	Altersgruppen	271	10	Beatmung in der Rettungsmedizin	297
9.1.2	Respiratorische Kenngrößen	272		<i>Jörg Rathgeber</i>	
9.2	Indikationen zur Beatmung	272	10.1	Verbesserung des pulmonalen Gasaustauschs bei Notfallpatienten	297
9.3	Airway-Management	272	10.1.1	O ₂ -Insufflation	297
9.4	Praxis der maschinellen Beatmung	274	10.1.2	Indikation zur Intubation	298
9.4.1	Respiratoren in der pädiatrischen Intensivmedizin	274	10.2	Besonderheiten bei Patienten mit chronisch ventilatorischer Insuffizienz	299
9.4.2	Respiratoren in der Neonatologie	274	10.3	Präoxigenierung	300
9.4.3	Druckkontrollierte Beatmungsformen	275	10.4	PEEP-Beatmung in der Notfallmedizin	300
9.4.4	Druckunterstützte Beatmungsformen, PSV, PAV	277	10.5	Die Beatmung in der Rettungsmedizin – immer invasiv?	301
9.4.5	Volumenkontrollierte Beatmungsformen, VC-CMV	278	10.6	Atemgasklimatisierung bei Notfallpatienten	303
9.4.6	Hybridbeatmungsformen	278			
9.4.7	High Frequency Oscillation Ventilation, HFOV	278			
9.5	Komplikationen der Beatmung	280			

10.7	Notfallrespiratoren	303	11.5.5	Spontanatmungs-/ Handbeatmungssysteme zum externen Anschluss an Narkoseapparate	341
10.8	Weiterführende Literatur	304	11.6	Narkosegeräte und Patientensicherheit	342
11	Narkoseapparate und -systeme, Narkosebeatmung	307	<i>Jörg Rathgeber</i>		
	<i>Jörg Rathgeber, Jan Baum, Peter Neumann</i>		11.6.1	Sicherheitstechnische Anforderungen	342
11.1	Dosierung der Frischgaszufuhr	307	<i>Jörg Rathgeber</i>		
	<i>Jörg Rathgeber</i>		11.7	Narkosesysteme und -respiratoren für Säuglinge und Kleinkinder	345
11.2	Dosierung und Applikation volatiler Anästhetika	310	<i>Jörg Rathgeber</i>		
	<i>Jörg Rathgeber</i>		11.7.1	Handbeatmung oder maschinelle Beatmung?	345
11.2.1	Narkosemittelverdunster/ -verdampfer	310	11.7.2	Praktisches Vorgehen	346
11.2.2	Pharmakokinetik und -dynamik der volatilen Anästhetika	316	11.8	Umgebungsbelastung durch Inhalationsanästhetika	346
11.2.3	Sicherheitsvorschriften für Narkosemitteldosiervorrichtungen	318	<i>Jörg Rathgeber</i>		
11.3	Narkosesysteme	319	11.8.1	Narkosegasfortleitung	346
	<i>Jan Baum, Jörg Rathgeber</i>		11.9	Atemgasklimatisierung während der Narkose	348
11.3.1	Differenzierung der Narkosesysteme nach technisch-konstruktiven Kriterien	320	<i>Jörg Rathgeber</i>		
11.3.2	Differenzierung der Narkosesysteme nach funktionellen Kriterien	326	11.10	Kontamination und Kreuzinfektion durch Narkosesysteme	348
11.3.3	Narkosesysteme unter technischen und funktionellen Aspekten	327	<i>Jörg Rathgeber</i>		
11.3.4	Kohlendioxidabsorption	329	11.10.1	Hygiene-Richtlinien	349
11.3.5	Trägergaszusammensetzung	331	11.10.2	Atemsystemfilter, ASF	349
11.4	Niedrigfluss-Inhalationsnarkosen	333	11.10.3	Empfehlungen für die Praxis	352
	<i>Jörg Rathgeber</i>		11.11	Narkosebeatmung	352
11.4.1	Narkosen mit „normal flow“	334	<i>Peter Neumann, Jörg Rathgeber</i>		
11.4.2	Narkosen mit „low flow“	334	11.11.1	Beatmungsformen während der Narkose	352
11.4.3	Narkosen mit „minimal flow“	335	11.11.2	Pathophysiologische Besonderheiten der Narkosebeatmung	354
11.4.4	Narkosen im geschlossenen System	336	11.11.3	Einstellung der Ventilationsparameter	356
11.5	Beatmungsmodule zur manuellen / maschinellen Beatmung	337	11.11.4	Anästhesierelevante Besonderheiten bei Kleinkindern und Säuglingen	359
	<i>Jörg Rathgeber</i>		11.12	Anhang: Prüfung des Narkosegerätes auf Betriebsbereitschaft und Funktionssicherheit	360
11.5.1	Dräger Kreissystem 7a/8 ISO	337	11.13	Weiterführende Literatur	364
11.5.2	Narkoserespiratoren ohne Frischgasflow-Kompensation	338			
11.5.3	Narkosegeräte mit Frischgasflow- Kompensation	340			
11.5.4	Closed-Loop-Feedback-Systeme	341			

12	Beatmung und Analgosedierung	369	12.5	Prophylaxe und Therapie von Entzugs-	
	<i>Jörg Rathgeber</i>			syndromen nach Langzeitsedierung	396
12.1	Sedierungs-Scores	370	12.6	Beatmung und Muskelrelaxation	397
12.1.1	Subjektive Scores	371	12.7	Weiterführende Literatur	397
12.1.2	Objektive Scores: Bispektral-Index	372	13	Monitoring: Messmethoden	399
12.2	Schmerzscores	373		<i>Jörg Rathgeber</i>	
12.3	Gebräuchliche Substanzen		13.1	Messung von Atemvolumina	
	und ihre Pharmakologie	374		und Flow	400
12.3.1	Pharmakokinetik		13.1.1	Messgenauigkeit	400
	und kontextsensitive Halbwertszeit	374	13.1.2	Differenzdruckverfahren	401
12.3.2	Sedativa	374	13.2	Messung der Beatmungsdrücke	407
12.3.3	Analgetika	385	13.2.1	Pneumatische Druckmanometer	407
12.4	Empfehlungen		13.2.2	Elektronische Drucktransducer	407
	für die klinische Praxis	393	13.3	Messung von Gaskonzentrationen	407
12.4.1	Analgetika – intermittierend		13.3.1	Sauerstoff	408
	oder kontinuierlich	394	13.3.2	CO ₂ , N ₂ O und volatile Anästhetika	411
12.4.2	On-Demand-Analgesie	394	13.4	Weiterführende Literatur	416
12.4.3	Stufenkonzept der Analgosedierung		Sachverzeichnis		417
	bei beatmeten Patienten	394			
12.4.4	Kurzzeitsedierung	395			
12.4.5	Mittellange Sedierung	395			
12.4.6	Langzeitanalgosedierung	396			